

骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术对脊柱骨折合并脊髓损伤的近远期疗效分析

徐子彧, 刘俊鹏, 黎萌

(首都医科大学附属北京朝阳医院骨科 北京 100020)

摘要 **目的:** 探讨天玑[®]骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术对脊柱骨折合并脊髓损伤的近远期疗效。**方法:** 选取 2020—2023 年首都医科大学附属北京朝阳医院收治的 120 例脊柱骨折合并脊髓损伤患者, 应用抽签法分为传统术式组与机器人辅助组, 各 60 例。传统术式组实施传统后正中入路椎弓根螺钉固定术治疗, 机器人辅助组实施天玑[®]骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术治疗。对比两组围手术期指标, 置钉准确率, 术后并发症发生率, 术后 3 d 及术后 3 个月椎体后凸角、椎体后凸角矫正率、椎体高度恢复率, 日本骨科协会评分 (JOA) 及脊柱功能指数量表 (SFI) 评分。**结果:** 机器人辅助组围手术期指标低于传统术式组 ($P<0.05$); 机器人辅助组置钉准确率高于传统术式组 ($P<0.05$); 机器人辅助组术后并发症发生率低于传统术式组 ($P<0.05$); 术后 3 d 及术后 3 个月机器人辅助组椎体后凸角低于传统术式组, 椎体后凸角矫正率、椎体高度恢复率高于传统术式组 ($P<0.05$); 术后 3 d 及术后 3 个月机器人辅助组 JOA 评分、SFI 评分高于传统术式组 ($P<0.05$)。**结论:** 天玑[®]骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术治疗脊柱骨折合并脊髓损伤近远期效果显著, 可减少患者手术时间, 减轻手术损伤, 提升置钉准确率, 降低术后早期并发症发生率, 同时可提升近远期固定效果, 提升患者腰椎功能。

关键词 骨科手术机器人; Wiltse 入路; 椎弓根螺钉固定术; 脊柱骨折; 脊髓损伤

中图分类号 R683.2 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 04-0552-06

Analysis of short-term and long-term efficacy orthopedic surgical robot-assisted pedicle screw fixation via Wiltse approach in spinal fractures with spinal cord injury

XU Ziyu, LIU Junpeng, LI Meng

(Department of Orthopedics, Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China)

Abstract **Objective:** To investigate the short-term and long-term efficacy of TiRobot[®] orthopedic surgical robot-assisted pedicle screw fixation via Wiltse approach in spinal fractures with spinal cord injury. **Methods:** 120 patients with spinal fractures and spinal cord injury who were admitted to Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University from 2020 to 2023 were selected and divided into the traditional surgery group and the robot-assisted group using the lottery method, with 60 cases in each group. The traditional surgery group underwent conventional pedicle screw fixation via posterior midline approach, while the robot-assisted group received orthopedic surgical robot-assisted pedicle screw fixation via Wiltse approach. The perioperative indicators, screw placement accuracy, incidence of postoperative complications, vertebral kyphosis angle, vertebral kyphosis correction rate, vertebral height recovery rate at 3 days and 3 months after surgery, as well as JOA and SFI scores were compared between the two groups. **Results:** The robot-assisted group showed lower perioperative indicators compared to the traditional surgery group ($P<0.05$). The screw placement accuracy was higher in the robot-assisted group ($P<0.05$), and the incidence of postoperative complications was lower ($P<0.05$). At 3 days and 3 months postoperatively, the vertebral kyphosis angle in the robot-assisted group was lower than that in the traditional surgery group, while the vertebral kyphosis correction rate and vertebral height recovery rate were higher ($P<0.05$). The JOA and SFI scores in the robot-assisted group were also higher than those in the traditional surgery group at 3 days and 3 months after surgery ($P<0.05$). **Conclusion:** TiRobot[®] orthopedic surgical

基金项目: 国家自然科学基金 (81071515)

Foundation Item: National Natural Science Foundation of China (81071515)

引用格式: 徐子彧, 刘俊鹏, 黎萌. 骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术对脊柱骨折合并脊髓损伤的近远期疗效分析 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2025, 6(4): 552-557.

Citation: XU Z Y, LIU J P, LI M. Analysis of short-term and long-term efficacy orthopedic surgical robot-assisted pedicle screw fixation via Wiltse approach in spinal fractures with spinal cord injury[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(4): 552-557.

通讯作者 (Corresponding Author): 徐子彧 (XU Ziyu), Email: xziyu19810304@163.com

robot-assisted pedicle screw fixation via Wiltse approach has significant short-term and long-term efficacy in treating spinal fractures with spinal cord injury. It can reduce operative time, minimize surgical trauma, improve screw placement accuracy, lower early postoperative complications, enhance short-term and long-term fixation outcomes, and promote recovery of lumbar function.

Key words Orthopedic Surgical Robot; Wiltse Approach; Pedicle Screw Fixation; Spinal Fracture; Spinal Cord Injury

脊柱骨折为胸腰椎常见骨折之一，多由高处坠落、车祸等暴力性损伤导致，且患者多合并脊髓损伤等并发症，轻者可随时间推移出现后凸畸形、腰痛等症状，重者可能出现功能障碍，甚至瘫痪^[1-2]。当前针对脊柱骨折合并脊髓损伤多以手术治疗为主，其中后入路椎弓根螺钉固定术为常见治疗方案。但随着临床应用增多，发现该手术方式可对椎旁肌肉产生强力牵拉和广泛剥离，不仅术中出血量较多，也易引发椎旁肌损伤，患者术后恢复进程缓慢^[3-4]。近年来，Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术的应用逐渐增多，其损伤小、术后恢复快等优势逐渐凸显。然而，临床实践发现，Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术由于操作繁琐，对术者要求较高，置入螺钉准确率有待提升^[5]。随着微创技术发展，机器人手术系统被广泛应用于经皮椎弓根螺钉固定术，可进一步提升固定置入精度，减少患者术后恢复时间，但其是否可辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术尚存在一定争议^[6]。因此，为进一步提升脊柱骨折合并脊髓损伤患者近远期疗效，本研究针对该类患者采取天玑[®]骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术治疗，以期为临床提供参考意见。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020—2023 年首都医科大学附属北京朝阳医院收治的 120 例脊柱骨折合并脊髓损伤患者，应用抽签法分为传统术式组与机器人辅助组，各 60 例。传统术式组：男 41 例，女 19 例；年龄（41.25 ± 4.24）岁；骨折部位（L3/L2/L1）为 3/16/41 例。机器人辅助组：男 46 例，女 14 例；年龄（41.31 ± 3.65）岁；骨折部位（L3/L2/L1）为 2/18/40 例。两组患者一般资料对比，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ），具有可比性。本研究经本院伦理委员会批准。

1.2 纳排标准

1.2.1 纳入标准 ①经 CT、X 线、MRI 等影像学诊断为脊柱骨折合并脊髓损伤^[7]；②具备手术治疗指征；③脊柱骨折 ≤ 2 个节段；④临床资料完整；⑤对本研究知情并签署同意书。

1.2.2 排除标准 ①骨折脱位椎管占位为 30% 以上；②合并凝血功能障碍者；③术前合并全身感染者；④以往有脊柱手术史者；⑤合并骨质疏松者；⑥合并椎体结核、肿瘤等其他脊柱相关疾病者；⑦不能配合研究或中途退出者；⑧合并其他位置骨折者；⑨合并精神疾病者。

1.3 方法

1.3.1 复位处理 患者取仰卧位，用体位垫牵引双下肢。对其进行常规消毒铺巾与全身麻醉，麻醉生效后在透视下用手掌按压骨折对应棘突，利用前纵韧带作用开展牵引背伸复位。在透视下使伤椎前缘高度恢复 80% 以上，以降低器械复位难度。体位复位之后，准备实施手术治疗。

1.3.2 手术治疗

1.3.2.1 传统术式组：实施传统后正中入路椎弓根螺钉固定术治疗。患者于全身麻醉下采取俯卧位将腹部悬空，以伤椎棘突作为中心实施后正中皮肤切口，将多裂肌在棘突起点切断，沿骨膜下降到关节突、横突进行多裂肌剥离，从横突基底与上关节突外缘中点进针，胸椎从小关节中线与小关节突下缘交点外侧 3 mm 进针，置入椎弓根螺钉与固定棒进行复位固定，去除伤椎一侧上下关节突关节囊、椎板皮质，置入异体骨和自体骨粒，常规放置引流管，缝合切口。

1.3.2.2 机器人辅助组：实施天玑[®]骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术治疗。患者麻醉方法、体位与传统术式组相同，并以伤椎棘突作为中心实施后正中皮肤切口，达到腰背筋膜后，在棘突根部将腰背筋膜切开，暴露棘突，安装天玑[®]骨科手术机器人导航示踪器及机器人定位器（生产企业：北京天智航医疗科技股份有限公司）与 O 型臂，对骨折位置进行扫描，利用机器人显示器进行置钉规划。随后，由骨科机器人操作臂进行定位套筒安装，在螺钉位置行 2 cm 切口到下方筋膜，将多裂肌与最长肌间隙进行钝性分离，应用电凝剥离显露两侧上关节突外侧缘与横突根部，应用 Weinstein 定位法，以腰椎取横突水平中线和所连接上关节突外缘垂线交点作为进针点，胸椎采取小关节中线与小关

节突下缘交点外侧 3 mm 进针，将导丝插入椎弓根，逐步将套筒插入，采用 4.5 mm 丝锥通过椎弓根，进入椎体后将适宜大小空心椎弓根螺钉拧入椎体。注意同侧螺钉诱捕 U 型开口对齐。随后进行导航确认，无误后将 2 根钛棒从同侧螺钉 U 型开口处分别插入，并应用配套中空套筒固定螺钉。随后再次对椎间隙进行撑开复位，拧紧螺钉，确认椎体高度后放置引流管，缝合切口（如图 1）。

1.3.3 术后处理 术后 1 d 预防性静脉滴注抗生素，卧床休息，术后 24~48 h 后引流量小于 20 mL/d 可拔出引流管，术后 3~5 d 允许戴支具保护下床活动，术后支具固定 3 个月。

1.4 观察指标 ①记录两组患者手术时间、切口长度、术中出血量、术后引流量、首次下床活动时间及住院时间；②采用 Gertzbein-Robbins 分类标准^[8]评估两组患者骨折置钉准确率，无皮质侵及为 A 类；皮质穿透 2 mm 以内为 B 类；皮质穿透 2~4 mm 为 C 类；皮质穿透 4~5 mm 为 D 类；皮质穿透 6 mm 以上为 E 类。置入螺钉准确率 = 无皮质侵及且完全位于椎弓根内（A 类）数量 / 总螺钉数量 × 100%；③记录两组患者下肢深静脉血栓、切口感染、神经损伤、螺钉松动等并发症发生率；④术后 3 d、术后 3 个月对所有患者进行胸腰椎 X 线检查，记录椎体后凸角、椎体后凸角矫正率及椎体高度恢复率；

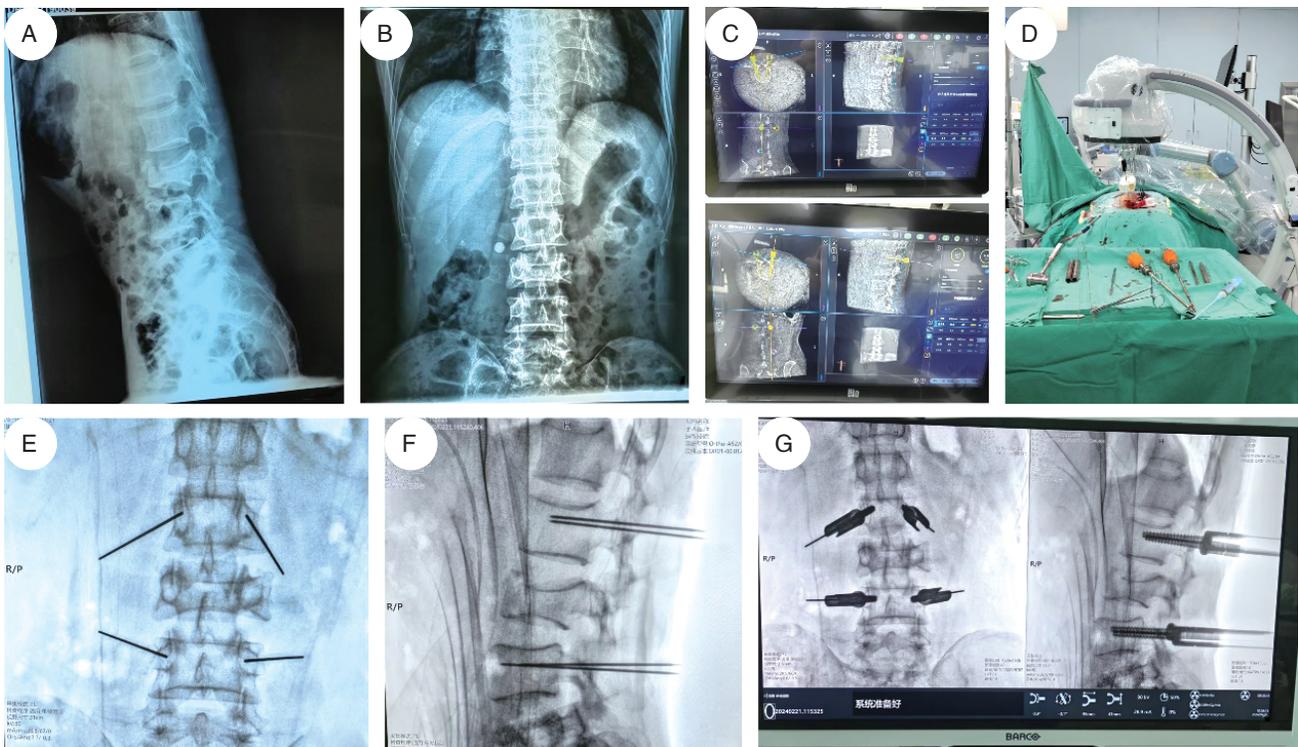


图 1 L3 椎体爆裂骨折患者手术治疗

Figure 1 Surgical treatment of L3 vertebral burst fracture

注：此患者男性，52 岁；A~B. 患者术前正侧位脊柱图像；C. 机器人规划术中置钉轨迹；D. 机械臂执行系统命令，辅助导针置入；E~F. 术中透视机器人导针置入位置良好；G. 术中透视机器人螺钉置入位置良好

表 1 两组患者围手术期指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of perioperative indicators between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	手术时间 (min)	切口长度 (cm)	术中出血量 (mL)	术后引流量 (mL)	首次下床活动 时间 (d)	住院时间 (d)
机器人辅助组	60	85.15 ± 6.47	6.34 ± 1.58	75.82 ± 6.08	47.85 ± 5.28	3.64 ± 0.49	8.52 ± 1.31
传统术式组	60	95.05 ± 6.34	10.54 ± 1.52	163.15 ± 17.12	116.12 ± 8.23	4.22 ± 0.31	13.69 ± 2.24
t 值		7.751	9.744	12.726	10.478	6.569	9.107
P 值		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

⑤术后 3 d、术后 3 个月采用日本骨科协会 (Japanese Orthopaedics Association, JOA) 评分对患者腰椎功能进行评价, JOA 共 25 个问题, 满分 100 分, 分数与脊柱功能成正比^[9]; 采用脊柱功能指数量表 (Spine Functional Index, SFI) 评价患者功能障碍程度, 包括主观症状、临床症状和日常活动受限程度三个维度, 满分 29 分, 分数越高代表功能障碍程度越轻^[10]。

1.5 统计学方法 所有数据采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析, 计数资料用例数 (百分比) [n (%)] 表示, 进行 χ^2 检验; 符合正态分布的计量资料用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 描述, 行 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期指标 两组患者围手术期各项指标比较, 机器人辅助组低于传统术式组 ($P < 0.05$), 差异有统计学意义 (见表 1)。

2.2 骨折置钉准确率 两组患者骨折置钉准确率比

较, 机器人辅助组高于传统术式组 ($P < 0.05$), 差异有统计学意义 (见表 2)。

2.3 术后并发症发生率 两组患者术后并发症发生率比较, 机器人辅助组低于传统术式组 ($P < 0.05$), 差异有统计学意义 (见表 3)。

2.4 椎体后凸角、椎体后凸角矫正率、椎体高度恢复率 术后 3 d、术后 3 个月机器人辅助组椎体后凸角低于传统术式组, 椎体后凸角矫正率、椎体高度恢复率高于传统术式组 ($P < 0.05$), 差异有统计学意义 (见表 4)。

2.5 JOA 与 SFI 评分 术后 3 d、术后 3 个月机器人辅助组 JOA 评分、SFI 评分均高于传统术式组 ($P < 0.05$), 差异有统计学意义 (见表 5)。

3 讨论

脊柱由于生理解剖结构特殊, 冠状径、矢状径较小, 因此受外力易发生骨折, 且多伴随脊髓损伤^[11], 从而引起不同程度的神经功能障碍, 如未采取有效

表 2 两组患者骨折置钉准确率比较 [n (%)]

Table 2 Comparison of screw fixation accuracy between the two groups of patients [n (%)]

组别	例数	置钉数	A 类	B 类	C 类	D 类	置钉准确率
机器人辅助组	60	327	316 (96.63)	11 (3.36)	0 (0.00)	0 (0.00)	316 (96.63)
传统术式组	60	331	298 (90.03)	19 (5.74)	8 (2.42)	6 (1.81)	298 (90.03)
χ^2 值							11.500
P 值							0.001

表 3 两组患者术后并发症发生率比较 [n (%)]

Table 3 Comparison of incidence of postoperative complication between the two groups of patients [n (%)]

组别	例数	下肢深静脉血栓	切口感染	神经损伤	螺钉松动	总计
机器人辅助组	60	1 (1.67)	1 (1.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	2 (3.33)
传统术式组	60	2 (3.33)	4 (6.67)	2 (3.33)	1 (1.67)	9 (15.00)
χ^2 值						4.900
P 值						0.027

表 4 椎体后凸角、椎体后凸角矫正率、椎体高度恢复率比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of vertebral kyphosis angle, correction rate, and height restoration rate ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	椎体后凸角 ($^\circ$)		椎体后凸角矫正率 (%)		椎体高度恢复率 (%)	
		术后 3 d	术后 3 个月	术后 3 d	术后 3 个月	术后 3 d	术后 3 个月
机器人辅助组	60	7.64 \pm 1.31	8.56 \pm 2.11	60.36 \pm 9.32	57.93 \pm 6.03	62.73 \pm 5.16	57.54 \pm 4.37
传统术式组	60	11.51 \pm 3.46	15.87 \pm 3.13	42.26 \pm 3.41	26.01 \pm 5.15	51.69 \pm 3.12	29.59 \pm 4.16
t 值		9.482	10.513	14.216	18.677	7.265	16.430
P 值		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

表 5 两组患者 JOA 与 SFI 评分比较 ($\bar{x} \pm s$)Table 5 Comparison of JOA and SFI scores between the two groups of patient ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	JOA 评分		SFI 评分	
		术后 3 d	术后 3 个月	术后 3 d	术后 3 个月
机器人辅助组	60	9.24 ± 1.49	19.52 ± 2.31	24.36 ± 2.32	65.93 ± 4.03
传统术式组	60	7.22 ± 1.31	16.69 ± 3.24	21.26 ± 3.41	51.01 ± 5.15
t 值		5.569	7.107	4.216	8.677
P 值		0.001	0.001	0.001	0.001

措施进行干预容易导致残疾等后遗症,对患者日常工作与生活产生严重负面影响^[12-13]。因此,针对脊柱骨折合并脊髓损伤患者需早期采取手术治疗,促进脊髓神经功能恢复,降低致残率。脊柱骨折的手术治疗以传统正中入路、Wiltse 椎旁入路椎弓根螺钉内固定术为主。传统入路易引发患者后背疼痛,呈现“蛋壳样”椎体,甚至螺钉松动及断裂^[14-15]。Wiltse 椎旁入路于 1968 年被首次提出,需经最长肌和多裂肌间隙入路。临床研究发现,与后正中入路相比,Wiltse 椎旁入路创伤性更低,出血量更少^[16],患者术后住院时间短^[17-18]。另外,椎弓根螺钉固定术需在 C 臂透视机下进行,对于椎体高度与脊柱后凸畸形具有一定恢复作用,但使用过程中需反复穿刺,术中创伤较大,且易造成神经功能损伤,影响术后恢复^[19-20]。随着临床医疗技术发展,天玑®骨科手术机器人逐渐应用于胸腰椎骨折的手术辅助治疗,其符合微创理念的同时,可进一步减少术后并发症的发生,改善患者术后生活质量^[21]。

基于此,本研究探讨脊柱骨折合并脊髓损伤患者行天玑®骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术治疗的近远期疗效。结果显示,天玑®骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术创伤更低,患者住院时间更短,这与张治水等人^[22]研究结果相似。分析原因为,骨科机器人能够提升椎弓根螺钉置入精准度,细化手术操作,在提升手术安全性的同时,对术后康复产生指导作用,减少患者住院时间。另外,Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术符合微创理念,可对软组织进行钝性分离,避免开放性大切口,减少术中出血量^[23-24]。本研究表明,天玑®骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术的螺钉置入准确度更高。孟磊等人^[25]报道了

骨科机器人辅助骨科手术治疗可提升螺钉置入准确度,与本研究结果相符。本研究还发现,机器人辅助组患者术后并发症发生率更低。分析原因为,天玑®骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术不仅解决了传统手术的人为操作缺陷,还减少了切口长度与患者损伤,降低术后感染发生率,同时提升螺钉置入精度,降低神经损伤及螺钉松动等并发症发生风险,促进患者早日下床,预防下肢深静脉血栓的发生^[26-28]。本研究进一步分析表明,采取天玑®骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术患者近远期固定效果更优,可减轻患者疼痛程度,提升其腰椎功能。分析原因为,本研究制定的手术方案可沿用 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术优势,并采用天玑®骨科手术机器人辅助的 3D-C 臂系统扫描将患者病灶处图像上传到工作台,依照图像对椎弓根螺钉参数进行规划,不仅能准确置入螺钉,还可减少透视次数,减少不必要的放射损伤,防止对脊柱周边组织造成损害,减轻机体神经和脊髓损伤,有效调节椎体前缘高度,纠正脊柱畸形,促进正常骨性结构修复,重建受损脊柱^[29-31]。另外,由于天玑®骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术创伤性较低,可使患者早日下床活动进行康复锻炼,促进椎体生理功能恢复和组织修复,进一步改善脊柱功能。

综上所述,天玑®骨科手术机器人辅助 Wiltse 入路椎弓根螺钉固定术治疗脊柱骨折合并脊髓损伤近远期效果显著,可减少患者手术时间,减轻手术损伤及术后疼痛,提升置钉准确率,降低术后早期并发症发生率,同时改善近远期固定效果和患者腰椎功能。但是本研究也存在一些不足之处,如样本量较小,结果可能存在一定偏倚,后续将增大样本量进一步分析。

利益冲突声明： 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明： 徐子彧负责设计论文框架，拟定写作思路，指导撰写文章并最后定稿；徐子彧、刘俊鹏负责起草论文，论文修改；徐子彧、黎萌负责研究过程的实施，数据收集，统计学分析，绘制图表。

参考文献

- [1] Caterino C, Aragosa F, Della Valle G, et al. Canine Seventh Lumbar Vertebra Fracture: A Systematic Review[J]. *Animals (Basel)*, 2022, 12(2): 193.
- [2] 杜媛媛, 杨好, 陈程程, 等. 脊柱骨折伴急性脊髓损伤 NOD 样受体蛋白 3 炎症小体及相关因子变化及其与预后的相关性[J]. *中国骨伤*, 2024, 37(7): 684-688.
- [3] Liebsch C, Wilke H J. Which traumatic spinal injury creates which degree of instability? A systematic quantitative review[J]. *Spine J*, 2022, 22(1): 136-156.
- [4] 宋鑫, 张锋, 韩帅, 等. 后正中入路 Quadrant 通道下椎管减压复位联合经皮椎弓根螺钉内固定术治疗合并神经损伤的节段 AO 分型 A3 型胸腰段脊柱骨折[J]. *脊柱外科杂志*, 2021, 19(5): 289-295.
- [5] 易柏州, 杨冬, 姜磊, 等. 经皮与 Wiltse 入路椎弓根钉治疗单节段胸腰椎骨折的临床疗效观察[J]. *生物骨科材料与临床研究*, 2023, 20(3): 64-67.
- [6] 朱括响, 朱悦, 刘欣春, 等. 机器人辅助可视化椎弓根置钉技术的精准性及安全性分析[J]. *中华骨科杂志*, 2024, 44(12): 811-816.
- [7] 潘登, 张长江, 李洪珂, 等. 胸腰椎多节段脊柱骨折的临床诊断及治疗探讨[J]. *中国医药指南*, 2014, 12(11): 94-95.
- [8] 吕晨, 邹建玲, 沈淑华, 等. 视觉模拟量表和语言评价量表用于术后疼痛评估的比较[J]. *全科医学临床与教育*, 2004, 2(4): 214-219.
- [9] 蔡业珍, 邢晓伟, 殷锋, 等. CT 影像学和 JOA 评分在腰椎间盘突出症病情程度诊断评估中的应用价值[J]. *中国实验诊断学*, 2021, 25(7): 1042-1045.
- [10] 伍少玲, 马超, 伍时玲, 等. 颈椎功能障碍指数量表的效度与信度研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2008, 23(7): 625-628.
- [11] JIAO Y X, YUAN C L, WU T, et al. Incidence of pressure injuries in fracture patients: A systematic review and meta-analysis[J]. *J Tissue Viability*, 2022, 31(4): 726-734.
- [12] Moniz-Garcia D, Stoloff D, Akinduro O, et al. Two-versus multi-rod constructs for adult spinal deformity: A systematic review and Random-effects and Bayesian meta-analysis[J]. *J Clin Neurosci*, 2023. DOI: org/10.1016/j.jocn.2022.11.011.
- [13] 王玉波, 田文龙, 朱涛, 等. 血清神经突起因子和转化生长因子- β 1 对脊柱骨折合并脊髓损伤患者神经功能恢复的预测作用[J]. *脊柱外科杂志*, 2023, 21(5): 326-330.
- [14] Klei D S, Öner F C, Leenen L P H, et al. Current treatment and outcomes of traumatic sternovertebral fractures: a systematic review[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2021, 47(4): 991-1001.
- [15] Soliman M A R, Aguirre A O, Khan S, et al. Complications associated with subaxial placement of pedicle screws versus lateral mass screws in the cervical spine (C2-T1): systematic review and meta-analysis comprising 4, 165 patients and 16, 669 screws[J]. *Neurosurg Rev*, 2023, 46(1): 61.
- [16] 林森, 周涛, 李健. 经皮与 WILTSE 入路椎弓根螺钉治疗无神经症状型胸腰椎骨折的疗效对比[J]. *临床和实验医学杂志*, 2022, 21(7): 735-739.
- [17] 汪凡栋, 郑佳状, 陈宇, 等. 不同入路椎弓根螺钉内固定术对胸腰椎骨折患者的影响比较[J]. *实用临床医药杂志*, 2023, 27(21): 83-87.
- [18] 张立志, 张阳, 张志成, 等. 经皮微创入路与 Wiltse 椎旁肌入路椎弓根钉内固定术治疗胸腰段骨折临床疗效对比研究[J]. *中国骨与关节杂志*, 2020, 9(12): 913-918.
- [19] 赵光辉, 陈小龙, 辛坤. Wiltse 入路椎弓根螺钉固定联合硫酸钙治疗胸腰椎单椎骨折的临床分析[J]. *颈腰痛杂志*, 2020, 41(4): 448-451.
- [20] 刘俊, 陈星, 梁佳佳, 等. 后路经皮微创椎弓根螺钉内固定术对脊柱骨折患者围术期指标、创伤应激指标及并发症的影响[J]. *实用医院临床杂志*, 2021, 18(3): 139-142.
- [21] 刘畅, 李伟, 曹云, 等. 骨科机器人示踪器安装优化方案在胸腰椎骨折手术中的应用[J]. *颈腰痛杂志*, 2023, 44(4): 517-520.
- [22] 张治水, 王玉景, 崔鹏. 机器人辅助经皮置钉治疗胸腰椎骨折的临床疗效[J]. *颈腰痛杂志*, 2024, 45(2): 358-361.
- [23] 林森, 周涛, 李健. 经皮与 WILTSE 入路椎弓根螺钉治疗无神经症状型胸腰椎骨折的疗效对比[J]. *临床和实验医学杂志*, 2022, 21(7): 735-739.
- [24] 汪晓宁, 徐东, 何燕飞, 等. 经皮椎弓根螺钉内固定术与小切口 Wiltse 入路椎弓根螺钉内固定术治疗胸腰椎骨折的短期疗效比较[J]. *创伤外科杂志*, 2021, 23(12): 896-899.
- [25] 孟磊, 张贯林, 李东风, 等. “天玑”骨科手术机器人辅助下经皮椎弓根钉内固定治疗胸腰椎骨折的疗效观察[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2022, 37(7): 705-708.
- [26] 赵经纬, 张琦, 韦祎, 等. 基于 5G 的远程机器人辅助胸腰椎骨折内固定术的临床应用研究[J]. *中国数字医学*, 2022, 17(6): 10-14.
- [27] 张波波, 宋忠伟, 黎巧玲, 等. 经皮椎弓根螺钉与 Wiltse 入路复位内固定术治疗无神经症状胸腰椎骨折的疗效对比[J]. *西安交通大学学报(医学版)*, 2022, 43(1): 57-62.
- [28] 宋达玮, 于浩, 杨明, 等. 椎弓根螺钉 3 种入路内固定治疗胸腰段骨折: 脊柱功能、椎体高度复位与局部 Cobb 角的恢复[J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(36): 5844-5848.
- [29] 俞阳, 唐六一, 胡虹, 等. 机器人辅助椎体成形骨水泥注射治疗胸腰椎多椎体病理性骨折[J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(16): 2467-2472.
- [30] 殷翔, 王颖博, 刘佰易, 等. 经 Wiltse 肌间隙入路置入椎弓根螺钉固定治疗多节段非连续性胸腰椎骨折的疗效观察[J]. *创伤外科杂志*, 2020, 22(2): 105-107, 120.
- [31] 孙忠良, 翟旭, 陶利江, 等. Wiltse 入路与经皮椎弓根螺钉内固定术治疗无神经损伤胸腰椎骨折的比较研究[J]. *浙江医学*, 2020, 42(14): 1520-1523, 1528.

收稿日期：2024-05-22

编辑：赵敏

郑重声明

近期有不法分子利用虚假非法网站借本刊编辑部名义进行诈骗活动，发送组稿、录用通知和期刊订阅等信息，请各位作者认清本刊唯一官方网站 www.jqrwxzz.com，邮箱：jqrwxzz@163.com，以避免给您造成不必要的麻烦。咨询电话：029-87286478。

本刊编辑部