

· 临床论著 ·

开放获取

Wiltse 入路与经皮椎弓根固定单节胸腰椎骨折比较[△]

张涛, 刘华, 高红亮, 李松凯*

(联勤保障部队第九四〇医院脊柱外科, 甘肃兰州 730050)

摘要: [目的] 比较 Wiltse 入路与经皮椎弓根固定治疗单节段胸腰段骨折的疗效。[方法] 回顾性分析 2013 年 1 月—2020 年 12 月本科收治的无神经损伤胸腰段骨折 97 例患者的临床资料。根据医患沟通结果, 51 例采用 Wiltse 入路 (Wiltse 组), 46 例采用经皮入路 (经皮组)。比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] 两组患者均顺利完成手术。Wiltse 组手术时间 [(75.5±8.6) min vs (103.5±9.0) min, $P<0.001$]、术中透视次数 [(6.4±0.9) 次 vs (15.4±1.6) 次, $P<0.001$]、住院费用 [(4.3±0.3) 万元 vs (5.0±0.2) 万元, $P<0.001$] 显著优于经皮组, 但前者的切口总长度显著大于后者 [(7.0±0.7) cm vs (6.3±0.5) cm, $P<0.001$]。术后第 1 d Wiltse 组 CK 水平显著低于经皮组 [(155.7±9.9) U/L vs (174.3±15.8) U/L, $P<0.001$]。随时间推移, 两组术后腰痛 VAS、ODI 评分均显著减少 ($P<0.05$), 术后 3 d 经皮组 ODI 评分显著少于 Wiltse 组 ($P<0.05$)。影像方面, 两组患者置钉准确率比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。与术前相比, 两组患者术后各时间点局部后凸 Cobb 角均显著减小 ($P<0.05$), 伤椎前缘高度百分比显著增加 ($P<0.05$)。术后 3 d、内固定取出前、后, Wiltse 组局部后凸 Cobb 角均显著小于经皮组 ($P<0.05$), 术后 3 d Wiltse 组伤椎前缘高度百分比显著大于经皮组 ($P<0.05$)。[结论] Wiltse 入路及经皮内固定术均是胸腰段骨折微创术式, 可获得满意临床疗效。相比之下, Wiltse 入路手术耗时更短、医患射线暴露更少、住院费用更低, 改善胸腰段后凸角及恢复伤椎高度更满意。

关键词: 胸腰段骨折, 微创手术, Wiltse 入路, 经皮螺钉内固定术

中图分类号: R683.2 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2025) 05-0392-06

Wiltse approach versus percutaneous pedicle screw fixation of single-segment thoracolumbar fracture // ZHANG Tao, LIU Hua, GAO Hong-liang, LI Song-kai. The 940th Hospital, Joint Logistics Support Force of PLA, Lanzhou, Gansu 730050, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical efficacy of Wiltse approach pedicle screw fixation (WAPSF) versus percutaneous pedicle screw fixation (PPSF) in the treatment of single-level thoracolumbar fracture. **[Methods]** A retrospective study was conducted on 97 patients who received surgical treatment for single-segment thoracolumbar fracture without nerve injury in our department from January 2013 to December 2020. According to the preoperative doctor-patient exchange, 51 patients underwent WAPSF, while other 46 patients were with PPSF. The data of perioperative period, follow-up and imaging were compared between the two groups. **[Results]** The operation was successfully completed in both groups. The WAPSF group was significantly better than the PPSF group in operation time [(75.5±8.6) min vs (103.5±9.0) min, $P<0.001$], intraoperative fluoroscopy times [(6.4±0.9) vs (15.4±1.6), $P<0.001$], the hospitalization cost [(4.3±0.3) 10 k yuan vs (5.0±0.2) 10 k yuan, $P<0.001$], but the former had significantly longer total incision length than the latter [(7.0±0.7) cm vs (6.3±0.5) cm, $P<0.001$]. In addition, the WAPSF group had significantly lower blood creatine kinase (CK) than the PPSF group 1 day after surgery [(155.7±9.9) U/L vs (174.3±15.8) U/L, $P<0.001$]. The VAS for back pain and ODI scores significantly decreased in both groups with time ($P<0.05$), and ODI scores in WAPSF group were significantly higher than that in the PPSF group 3 days after surgery ($P<0.05$). In term of imaging, there was no significant difference in the accuracy of screw placement between the two groups ($P>0.05$). The local kyphotic Cobb angle decreased significantly ($P<0.05$), while the percentage of anterior vertebra height increased significantly in both groups postoperatively compared with those preoperatively ($P<0.05$). The WAPSF group proved significantly superior to the PPSF group regarding the local kyphotic Cobb angle at all time points after operation ($P<0.05$), and the percentage of anterior vertebral height 3 days after operation ($P<0.05$). **[Conclusion]** Both Wiltse approach pedicle screw and percutaneous pedicle screw are minimally invasive fixation of thoracolumbar fractures, and do achieve satisfactory clinical consequence. In contrast, the Wiltse approach is less time-consuming, less doctor and patient radiation exposure, less hospitalization costs, and more satisfactory in improving thoracolumbar kyphosis angle and restoring the height of the

DOI:10.20184/j.cnki.issn1005-8478.100930

△基金项目: 甘肃省重点研发计划项目 (编号: 21YF1FA179); 甘肃省卫生健康行业科研项目 (编号: GSWSKY2020-05); 军队医学科技青年培育计划项目 (编号: 2023HQZZ-08, 2021yxky008, 2023YXKY021)

作者简介: 张涛, 副主任医师, 研究方向: 脊柱外科基础与临床研究, (电子信箱) zhangtao940@126.com

* **通信作者:** 李松凯, (电话) 0931-8994318, (电子信箱) lisongkai1204@qq.com

injured vertebrae.

Key words: thoracolumbar fracture, minimally invasive surgery, Wiltse approach, percutaneous screw fixation

胸腰段骨折 (T₁₁~L₂) 约占脊柱骨折的 54.9%, 且其中 55.7% 的患者往往不合并神经损伤^[1], 因此, 胸腰段骨折半数以上患者经过保守或单纯复位内固定术即可获得良好临床疗效。传统后路切开复位椎弓根螺钉内固定术可满意重建胸腰段稳定性并恢复伤椎高度, 但其需行椎旁肌剥离及术中反复牵拉操作, 手术创伤较大, 术后椎旁肌更易发生脂肪浸润、纤维瘢痕化、失神经支配而残留腰背部僵硬及疼痛等不适^[2, 3], 不利于患者术后早期康复。

随着微创脊柱外科技术及内固定器械的快速创新发展, 目前经椎旁肌间隙 (Wiltse) 入路及经皮椎弓根螺钉内固定术是治疗无神经损伤胸腰段骨折的主要微创手段, 较传统后路切开复位内固定术具有出血量少、对椎旁肌等软组织损伤小、利于术后早期康复锻炼等优势^[4-7], 而关于该两种微创技术优势的比较鲜有文献报道。因此, 本文回顾总结 Wiltse 入路及经皮内固定术治疗单节段无神经损伤胸腰段骨折的临床疗效, 从而为选用便于临床操作且有效的脊柱内固定术提供临床参考。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) T₁₁~L₂ 单节段胸腰椎骨折; (2) AO 骨折分型均为 A 型; (3) 年龄 18~60 岁; (4) 神经功能正常, ASIA 分级为 E 级; (5) MRI 提示无后方韧带复合体损伤; (6) 骨折至手术时间 ≤ 7 d; (7) 无胸腰椎疾病及手术史。

排除标准: (1) 病理性骨折; (2) 合并骨质疏松; (3) 多节段骨折; (4) 多发伤, 合并其他组织器官损伤; (5) 随访时间不足 1 年。

1.2 一般资料

回顾性分析 2013 年 1 月—2020 年 12 月收治的胸腰椎骨折患者的临床资料, 其中 97 例患者符合上述纳入标准, 纳入本研究。根据医患沟通结果, 51 例采用 Wiltse 入路 (Wiltse 组), 46 例采用经皮入路 (经皮组)。两组患者术前一般资料比较见表 1, 两组患者年龄、性别、BMI、损伤至手术时间、损伤部位等一般资料比较差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究由本院伦理委员会批准 (批准号: 2023KYLL045), 所有患者均知情同意。

表 1. 两组患者术前一般资料比较

Table 1. Comparison of general data between the two groups

指标	before treatment		
	Wiltse 组 (n=51)	经皮组 (n=46)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	47.9±6.4	46.8±5.0	0.368
性别 (例, 男/女)	37/14	30/16	0.435
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	22.6±0.9	22.3±0.9	0.084
损伤至手术时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	1.5±0.8	1.4±0.6	0.594
部位 (例, T ₁₁ /T ₁₂ /L ₁ /L ₂)	7/15/19/10	8/13/16/9	0.156

1.3 手术方式

全身麻醉, 取俯卧位, 腹部悬空。C 形臂 X 线机透视定位骨折节段, 以过伸体位及手法辅助伤椎复位。

Wiltse 组: 透视标记伤椎及相邻椎弓根的皮肤投射点, 以伤椎为中心, 取后正中切口, 依次切开皮肤及皮下组织, 在皮肤和深筋膜之间向两侧分离, 棘突旁开 1.5 cm 切开肌筋膜层, 寻找多裂肌与最长肌间隙, 钝性分离, 透视确定伤椎后, 经伤椎及上下椎体行常规椎弓根钉固定。透视证实螺钉位置良好后, 选择合适长度连接棒并预弯弧度, 依次适度撑开、锁紧螺帽 (图 1)。透视确认骨折椎体复位满意后, 冲洗切口并依次缝合。

经皮组: 透视标记伤椎及相邻椎弓根皮肤投射点, 于标记点外缘做纵切口, 依次穿刺伤椎上下椎弓根, 透视确定位置良好后, 依次置入导丝、攻丝, 置入经皮椎弓根钉。透视确定螺钉位置良好后, 置入合适预弯弧度的连接棒, 依次适度撑开、锁紧螺帽 (图 2)。透视确认骨折椎体复位满意后, 冲洗切口并依次缝合。

1.4 评价指标

记录围手术期资料, 包括手术时间、术中出血量、术中透视次数、下地行走时间、肌酸激酶 (CK)、住院费用及早期并发症等。采用恢复完全负重活动时间、疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 评价临床效果。行影像学检查, 复查 CT 评估置钉准确率, CT 评估 4 个方向上椎弓根钉是否存在穿透骨皮质, 详细标准^[8]: A 类, 无皮质侵犯; B 类, 皮质穿透 < 2 mm; C 类, 2 mm ≤ 皮质穿透 < 4 mm; D 类, 4 mm ≤ 皮质穿透 < 6 mm; E 类,

皮质穿透 ≥ 6 mm; 置钉准确率=(A类+B类螺钉数目)/所有螺钉数目 $\times 100\%$ 。记录局部后凸 Cobb 角、伤椎前缘高度百分比及内固定相关并发症等。Cobb 角为伤椎上位椎体下终板延长线与下位椎体上终板延长线垂线的夹角^[9]。侧位 X 线片上测量伤椎前缘实际高度 A, 相邻上下位椎体前缘实际高度 A1 和 A2, 伤椎前缘高度 (%) = $A / [(A1 + A2) / 2] \times 100\%$ 。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验; 组内时间点间比较采用单因素方差分析, 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。计数资料比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

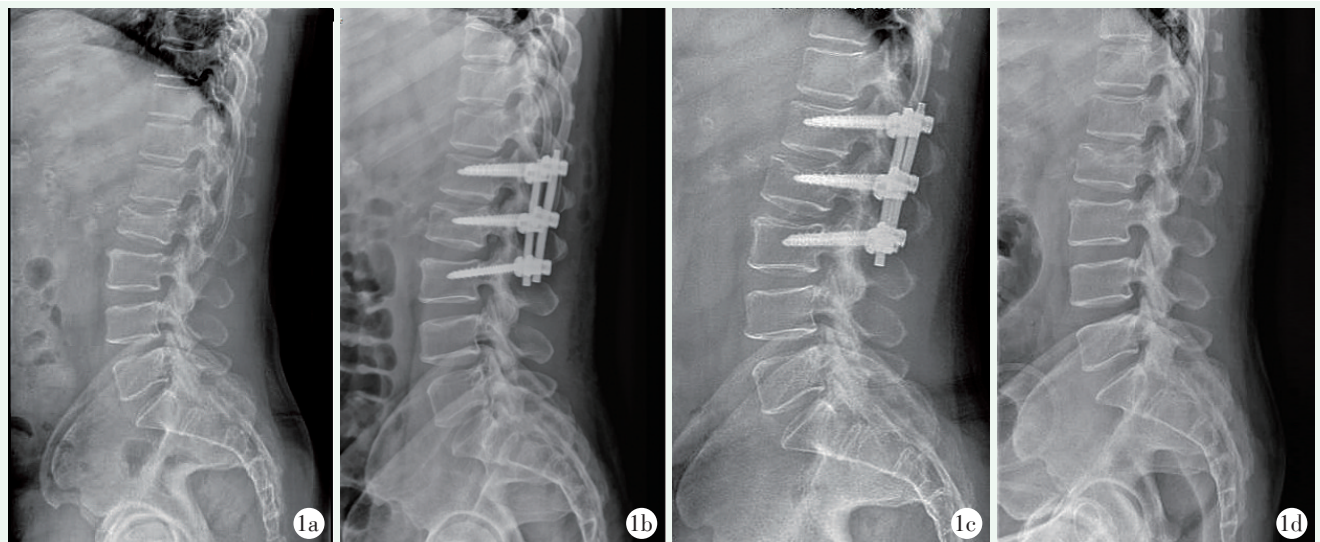


图 1. 患者男性, 57 岁。1a: X 线片示 L₂ 椎体压缩性骨折; 1b: 术后 X 线片示 L₂ 椎体复位满意; 1c: 术后 21 个月 X 线片示 L₂ 椎体高度维持及内固定位置良好; 1d: 取出内固定后示 L₂ 椎体高度无明显丢失。

Figure 1. A 57 years-old male. 1a: Preoperative X-ray showed L₂ compression fractures; 1b: X-ray after surgery showed the L₂ vertebral body height restored satisfactorily; 1c: X-ray 21 months after surgery showed L₂ height maintained with implants in good position; 1d: No significant loss of L₂ vertebral height was observed after removal of internal fixation.

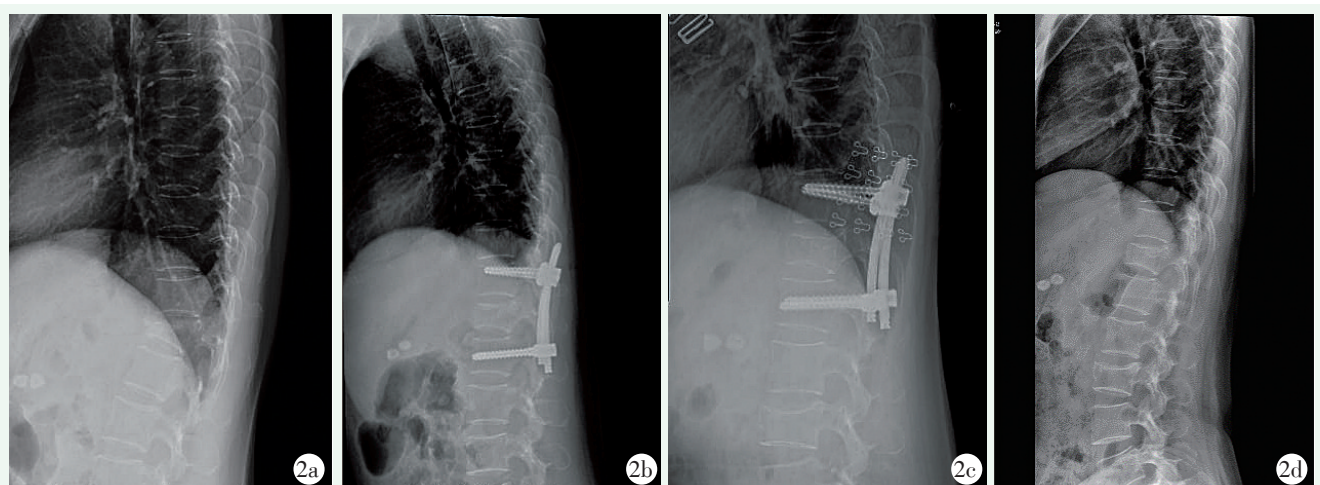


图 2. 患者女性, 59 岁。2a: 术前 X 线片示 T₁₂ 椎体压缩性骨折; 2b: 术后 X 线片示 T₁₂ 椎体复位满意; 2c: 术后 27 个月 X 线片示 T₁₂ 椎体高度维持及内固定位置良好; 2d: 取出内固定后示 T₁₂ 椎体高度无明显丢失。

Figure 2. A 59 years-old female. 2a: Preoperative X-ray showed compression fracture of T₁₂; 2b: X-ray after surgery showed satisfactory reduction of T₁₂; 2c: X-ray 27 months after surgery showed the T₁₂ height maintained with implants in proper position; 2d: No significant loss of T₁₂ vertebral height was observed after removal of implants.

2 结果

2.1 围手术期资料

两组患者均顺利完成手术，术中无神经、血管损伤等严重并发症。两组患者围术期资料比较见表 2。Wiltse 组手术时间、术中透视次数、住院费用显著少于经皮组 ($P < 0.05$)，而切口总长度显著长于经皮组 ($P < 0.05$)。两组患者术中出血量、下地行走时间、住院天数比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。与术前相比，术后第 1 d 两组患者 CK 均显著增加 ($P < 0.05$)，但术后第 3 d 两组患者 CK 均显著降低 ($P < 0.05$)。术前及术后第 3 d 两组 CK 比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，但术后第 1 d Wiltse 组 CK 水平显著低于经皮组 ($P < 0.05$)，所有患者均未发生伤口感染。

表 2. 两组患者围手术期资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 2. Comparison of perioperative documents between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	Wiltse 组 (n=51)	经皮组 (n=46)	P 值
手术时间 (min)	75.5±8.6	103.5±9.0	<0.001
切口长度 (cm)	7.0±0.7	6.3±0.5	<0.001
术中出血量 (mL)	68.4±15.7	64.6±15.4	0.225
术中透视次数 (次)	6.4±0.9	15.4±1.6	<0.001
下地行走时间 (d)	0.6±0.5	0.5±0.5	0.138
CK (U/L)			
术前	103.3±8.7	101.8±9.7	0.434
术后 1 d	155.7±9.9	174.3±15.8	<0.001
术后 3 d	95.6±10.6	94.1±9.7	0.470
P 值	<0.001	<0.001	
住院天数 (d)	7.0±1.0	7.1±1.0	0.644
住院费用 (万元)	4.3±0.3	5.0±0.2	<0.001

2.2 随访结果

所有患者均获随访 15~27 个月，两组患者随访资料比较见表 3。两组恢复完全负重活动时间比较的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。随时间推移，两组术后腰痛 VAS、ODI 评分均显著减少 ($P < 0.05$)，术前，两组患者腰痛 VAS、ODI 评分的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)，术后 3 d 经皮组 ODI 评分显著少于 Wiltse 组 ($P < 0.05$)，术后其余随访时间点，两组间 VAS、ODI 评分比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 3. 两组患者随访资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 3. Comparison of follow-up documents between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	Wiltse 组 (n=51)	经皮组 (n=46)	P 值
恢复完全负重活动时间 (月)	3.7±0.7	3.5±0.6	0.207
腰痛 VAS 评分 (分)			
术前	7.2±0.9	7.0±1.0	0.258
术后 3 d	2.3±0.6	2.3±0.6	0.689
术后 3 个月	0.6±0.6	0.6±0.6	0.898
末次随访	0.2±0.4	0.3±0.4	0.881
P 值	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)			
术前	89.3±2.5	88.5±3.1	0.202
术后 3 d	38.2±4.7	34.6±5.5	<0.001
术后 3 个月	14.7±2.8	14.7±3.1	0.986
末次随访	4.2±1.6	4.1±1.8	0.938
P 值	<0.001	<0.001	

2.3 影像评估

两组患者影像评估结果见表 4，两组患者置钉准确率比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。与术前相比，两组患者术后各时间点，局部后凸 Cobb 角均显著减小 ($P < 0.05$)，伤椎前缘高度百分比显著增加 ($P < 0.05$)。两组患者术前局部后凸 Cobb 角、伤椎前缘高度百分比比较的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)，术后 3 d、内固定取出前、后，Wiltse 组局部后凸 Cobb 角均显著小于经皮组 ($P < 0.05$)，术后 3 d Wiltse 组伤椎前缘高度百分比显著大于经皮组 ($P < 0.05$)，术前、内固定取出前、后两组间伤椎前缘高度百分比的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。随访过程中均无内固定松动等并发症，Wiltse 组 1 例患者、经皮组 3 例患者发生内固定断裂，但骨折均已愈合，无需翻修手术。

3 讨论

单节段无神经损伤的胸腰椎骨折，半数以上患者可经过保守或单纯复位内固定术而获得良好预后，虽然部分患者 TLICS 评分 ≤ 4 分可采取保守治疗，但赵轶波等^[10]比较了微创手术与保守治疗的临床效果显示，经椎旁肌间隙入路内固定术临床效果显著优于保守治疗，尤其对于患者术后腰背痛的改善更佳。因此，对于无神经损伤的胸腰椎骨折，尤其对于后凸 Cobb 角 $> 15^\circ$ 、有骨折块突入椎管等，强烈建议手术治疗^[10]。

表 4. 两组患者影像资料与比较

Table 4. Comparison of imaging documents between the two groups

指标	Wiltse 组 (n=51)	经皮组 (n=46)	P 值
置钉准确率 [钉 (%)]	300/306 (98.1)	183/188 (97.3)	0.609
局部后凸 Cobb 角 ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)			
术前	16.8 \pm 2.1	16.7 \pm 1.9	0.716
术后 3 d	4.5 \pm 1.4	5.3 \pm 1.4	0.008
取出前	5.9 \pm 1.5	6.6 \pm 1.7	0.023
取出后	6.8 \pm 1.7	7.8 \pm 1.7	0.006
P 值	<0.001	<0.001	
伤椎前缘高度百分比 (% , $\bar{x} \pm s$)			
术前	63.0 \pm 4.0	63.2 \pm 3.7	0.888
术后 3 d	90.1 \pm 1.9	89.2 \pm 2.0	0.023
取出前	88.6 \pm 1.7	88.9 \pm 2.1	0.380
取出后	88.5 \pm 1.7	88.4 \pm 2.1	0.739
P 值	<0.001	<0.001	

对于无神经损伤的胸腰椎骨折常用微创术式包括 Wiltse 入路内固定术及经皮内固定术^[11]。既往研究比较显示, 微创内固定术具有创伤小、出血少、疼痛更轻、康复更快等优势^[12-15], 临床应用广泛。而关于该两种微创技术到底那种易于临床普遍推广且有效恢复伤椎高度及改善后凸畸形鲜有报道。

本研究 Wiltse 组手术时间、术中透视次数、住院费用显著低于经皮组, 这主要是由于 Wiltse 入路是在直视下完成置钉, 相较于经皮内固定术避免了术中反复透视操作, 节约了手术时间、减少医患射线暴露, 且 Wiltse 入路可选用普通钉棒, 患者住院费用也显著低于经皮组, 从而为患者减轻经济负担。因此, 从时间及经济成本来讲, Wiltse 入路内固定术更经济节约, 便于临床普遍开展。

Gong^[16] 和 Ren^[17] 报道经皮内固定术后 CK 水平较开放手术更低, 但 Matějka^[18] 研究显示, 经皮内固定术后 CK 水平却显著高于开放手术。本研究显示, 术后第 1 d Wiltse 组 CK 水平显著低于经皮组, 与 Matějka 研究结论基本一致。分析原因: Wiltse 入路内固定采用自然肌间隙, 无需肌肉剥离及过度牵拉, 而经皮内固定并非经肌间隙, 置钉过程中可能损伤肌纤维, 且连接棒可能挤压损伤肌束, 从而导致术后 CK 水平较 Wiltse 组更高。另外, Wiltse 入路患者术后 VAS、ODI 评分与经皮组相当, Wiltse 入路虽切口同传统后正中入路, 但筋膜层以下操作符合微创理念, 无需椎旁肌的剥离, 有效避免椎旁肌萎缩、脂肪浸润及瘢痕化^[19], 从而降低术后腰痛的发生。因此, 从术后早期 CK 评估椎旁肌损伤来讲, Wiltse 入

路对椎旁肌损伤更小。但进一步关于椎旁肌损伤影像学评估需要借助术后 MRI, 而缺乏 MRI 资料是本研究一大缺陷。

另外, 术后 3 d 经皮组 ODI 评分显著低于 Wiltse 组, 说明经皮内固定在术后早期更有利于患者快速康复, 而其他时间点两组 ODI 评分相当, 说明两组患者中长期恢复无差异。但随访过程中 Wiltse 组 Cobb 角显著低于经皮组, 与张波波等^[20] 研究结论一致, 且术后早期伤椎前缘高度百分比也优于经皮组, 说明 Wiltse 入路更有利于纠正后凸畸形并恢复伤椎高度。分析原因: Wiltse 入路均行伤椎内固定, 而经皮内固定未行伤椎固定, Wiltse 入路椎体间撑开操作时力臂更短, 利于伤椎高度恢复及后凸矫正; 另外, Wiltse 入路需要切开皮肤、皮下及筋膜层, 撑开装置直接作用于椎体后部, 椎体间撑开操作简单可靠; 而经皮内固定撑开操作作用于钉尾, 且有筋膜等组织阻挡, 不利于椎体间撑开操作。因此, 从影像评估角度来讲, Wiltse 入路内固定术对改善后凸畸形及恢复伤椎高度更有效。

综上所述, 对于无神经损伤单节段胸腰段骨折, 相较于经皮内固定术, Wiltse 入路内固定术耗时更短、医患射线暴露更少、住院花费更低、对改善胸腰段后凸角及恢复伤椎高度更满意, 因此, Wiltse 入路内固定术是胸腰段骨折便于普遍推广的微创手术选择。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 张涛: 酝酿和设计实验、实施研究、起草文章; 刘华: 采集数据、统计分析; 高红亮: 分析和解释数据、支持性贡献; 李松凯: 酝酿和设计实验、文章审阅、获取研究经费、指导、支持性贡献

参考文献

- [1] Wang H, Zhang Y, Xiang Q, et al. Epidemiology of traumatic spinal fractures: experience from Medical University - Affiliated Hospitals in Chongqing, China, 2001 - 2010 [J]. J Neurosurg Spine, 2012, 17 (5): 459-468. DOI: 10.3171/2012.8.Spine111003.
 - [2] Fan S, Hu Z, Zhao F, et al. Multifidus muscle changes and clinical effects of one-level posterior lumbar interbody fusion: minimally invasive procedure versus conventional open approach [J]. Eur Spine J, 2010, 19 (2): 316-324. DOI: 10.1007/s00586-009-1191-6.
 - [3] 戴胡明, 方诗元, 夏睿, 等. 椎旁肌间隙入路和传统入路在治疗胸腰段骨折对椎旁肌损伤的比较研究 [J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21 (14): 1379-1383. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2013.14.01.
- Dai HM, Fang SY, Xia R, et al. Comparison of paraspinal muscle injury due to paraspinal approach or conventional open approach treatment of thoracolumbar fractures [J]. Orthopedic Journal of China, 2013, 21 (14): 1379-1383. DOI: 10.3977/j.issn.1005-

- 8478.2013.14.01.
- [4] Chang W, Zhang D, Liu W, et al. Posterior paraspinal muscle versus post-middle approach for the treatment of thoracolumbar burst fractures: A randomized controlled trial [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97 (25): e11193. DOI: 10.1097/MD.00000000000011193.
- [5] 刘刚, 刘斌, 田乐, 等. 机器人辅助下微创经皮椎弓根螺钉固定治疗多节段胸腰椎骨折的疗效分析 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23 (10): 877-883. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20210613-00277.
- Liu G, Liu B, Tian L, et al. Robot-assisted percutaneous minimally invasive pedicle screwing for multi-segmental thoracolumbar fractures [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2021, 23 (10): 877-883. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20210613-00277.
- [6] 邢泽军, 冀俊祥, 郝帅, 等. 经皮与开放椎弓根螺钉短节段固定治疗 A1~A3 型胸腰椎骨折近期疗效比较 [J]. *中华创伤杂志*, 2019, 35 (1): 14-21. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2019.01.005.
- Xing ZJ, Ji JX, Hao S, et al. Comparison of short-time clinical efficacy of percutaneous and open pedicle screw fixation for type A1-A3 thoracolumbar fractures [J]. *Chinese Journal of Trauma*, 2019, 35 (1): 14-21. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2019.01.005.
- [7] 陈爽, 廉晓东, 黄载国, 等. 韧带复位法经皮椎弓根钉固定治疗单节段胸腰椎 A 型骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (22): 2068-2072. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.22.10.
- Chen S, Lian XD, Huang ZG, et al. Ligamentotaxis combined with percutaneous pedicle screw fixation for single level type A thoracolumbar fracture [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2018, 26 (22): 2068-2072. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.22.10.
- [8] Molina CA, Phillips FM, Colman MW, et al. A cadaveric precision and accuracy analysis of augmented reality-mediated percutaneous pedicle implant insertion [J]. *J Neurosurg Spine*, 2020, 34 (2): 316-324. DOI: 10.3171/2020.6.SPINE20370.
- [9] Lee SW, Hong JT, Son BC, et al. Analysis of accuracy of kyphotic angle measurement for vertebral osteoporotic compression fractures [J]. *J Clin Neurosci*, 2007, 14 (10): 961-965. DOI: 10.1016/j.jocn.2006.08.005.
- [10] 赵轶波, 赵晓峰, 范志峰, 等. 经椎旁肌间隙入路椎弓根螺钉固定与保守治疗轻中度中青年胸腰椎骨折的疗效比较 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23 (1): 39-46. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20201126-00729.
- Zhao YB, Zhao XF, Fan ZF, et al. Pedicle screw internal fixation via the Wiltse approach versus conservative treatment for young patients with moderate thoracolumbar fracture [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2021, 23 (1): 39-46. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20201126-00729.
- [11] 全仁夫, 韩雷. 胸腰椎骨折手术策略的若干争议问题 [J]. *中华创伤杂志*, 2019, 35 (6): 490-493. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2019.06.002.
- Quan RF, Han L. Some controversial issues on surgical strategies for thoracolumbar fractures [J]. *Chinese Journal of Trauma*, 2019, 35 (6): 490-493. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2019.06.002.
- [12] Liu B, Li Q, Xie H, et al. Evaluation of vertebral function and long-term quality of life after percutaneous minimally invasive surgery in patients with thoracolumbar spine fractures [J]. *Comput Math Methods Med*, 2022, 2022: 2723542. DOI: 10.1155/2022/2723542.
- [13] Chang J, Cao J, Huang Z, et al. Comparison of the modified Wiltse's approach with spinal minimally invasive system and traditional approach for the therapy of thoracolumbar fracture [J]. *J Biomed Res*, 2020, 34 (5): 379-386. DOI: 10.7555/JBR.34.20200008.
- [14] Li Y, Du Y, Ji A, et al. The Clinical Effect of Manual Reduction Combined with Internal Fixation Through Wiltse Paraspinal Approach in the Treatment of Thoracolumbar Fracture [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13 (8): 2206-2215. DOI: 10.1111/os.13090.
- [15] 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): 2097-2100. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.22.18.
- Li WH, Liu YT, Li CM, et al. Minimally invasive percutaneous pedicle screw fixation versus open counterpart for thoracolumbar fractures [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (22): 2097-2100. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.22.18.
- [16] Gong Y, Fu G, Li B, et al. Comparison of the effects of minimally invasive percutaneous pedicle screws osteosynthesis and open surgery on repairing the pain, inflammation and recovery of thoracolumbar vertebra fracture [J]. *Exp Ther Med*, 2017, 14 (5): 4091-4096. DOI: 10.3892/etm.2017.5036.
- [17] Ren K, Tang J, Jiang X, et al. Therapeutic effect of MIPPSO in the thoracolumbar vertebra fracture [J]. *Exp Ther Med*, 2018, 16 (3): 1784-1789. DOI: 10.3892/etm.2018.6368.
- [18] Matějka T, Zeman J, Belatka J, et al. Creatine kinase and myoglobin levels as indicators of perioperative muscle damage during open- and mini-invasive stabilization of thoracic and lumbar spine fracture - a prospective randomized study [J]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2020, 87 (1): 9-16.
- [19] 庞正宝, 庞帮镭, 汤优民, 等. Wiltse 入路治疗单节段胸腰椎骨折对多裂肌影响的研究 [J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36 (2): 72-80. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2016.02.002.
- Pang ZB, Pang BL, Tang YM, et al. Influence of short-segment pedicle fixation of thoracolumbar fractures by Wiltse approach on the multifidus muscle [J]. *Chinese Journal of Orthopaedics*, 2016, 36 (2): 72-80. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2016.02.002.
- [20] 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. DOI: 10.7652/jdyxb202201010.
- Zhang BB, Song ZW, Li QL, et al. Comparison of the effects of Wiltse approach and minimally invasive percutaneous approach in the treatment of thoracolumbar fracture patients without neurological deficit [J]. *Journal of Xi'an Jiao Tong University (Medical Sciences)*, 2022, 43 (1): 57-62. DOI: 10.7652/jdyxb202201010.

(收稿:2023-12-20 修回:2024-08-11)

(同行评议专家: 钱列, 邵为, 康学文, 赵海燕, 屈涛)

(本文编辑: 闫承杰)