

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.10.016  
文章编号: 1005-8982 (2026) 10-0106-07

临床研究·论著

## 打印模型结合多媒体技术后路复位固定椎体间植骨融合治疗C型胸腰椎骨折的效果\*

李丽丽, 魏巍, 王君, 李芬

(衡水市人民医院 骨科, 河北 衡水 053000)

**摘要:** **目的** 探讨打印模型结合多媒体技术后路复位固定椎体间植骨融合治疗C型胸腰椎骨折的效果。**方法** 回顾性分析2023年1月—2024年12月衡水市人民医院骨科收治的80例C型胸腰椎骨折患者的临床资料, 按照不同的手术方法将患者分为对照组(38例, 后路复位固定椎体间植骨融合)和观察组(42例, 打印模型结合多媒体技术后路复位固定椎体间植骨融合)。观察两组螺钉植入情况(螺钉数、植入每颗螺钉的时间、平均出血量及透视次数)、螺钉角度(内倾角、头倾角偏差值)、椎体滑脱率、一次性植钉成功率、并发症发生率, 以及术前、术后3个月的伤椎高度恢复比、Cobb角、日本骨科协会评估治疗分数(JOA)、功能障碍指数问卷表(ODI)评分。**结果** 观察组置入每颗螺钉的时间短于对照组( $P<0.05$ ), 平均出血量低于对照组( $P<0.05$ ), 透视次数少于对照组( $P<0.05$ )。观察组内倾角、头倾角偏差值均小于对照组( $P<0.05$ )。观察组椎体滑脱率低于对照组( $P<0.05$ )。观察组一次性植钉成功率高于对照组( $P<0.05$ )。观察组术后3个月伤椎高度恢复比、JOA评分均高于对照组( $P<0.05$ ), Cobb角、ODI评分均低于对照组( $P<0.05$ )。观察组术前与术后3个月伤椎高度恢复比、Cobb角、JOA评分的差值均大于对照组( $P<0.05$ )。对照组并发症总发生率高于观察组( $P<0.05$ )。**结论** 打印模型结合多媒体技术在辅助后路复位固定椎体间植骨融合术效果显著, 可缩短置入每颗螺钉的时间、内倾角及头倾角偏差值, 降低平均出血量、透视次数、椎体滑脱率、并发症发生率, 提高一次性植钉成功率, 有利于伤椎高度恢复, 促进功能的恢复。

**关键词:** 胸腰椎骨折; 后路复位固定椎体间植骨融合; 多媒体技术; C型

**中图分类号:** R683.2

**文献标识码:** A

## Effect of 3D-printed models combined with multimedia technology-assisted posterior reduction, fixation, and intervertebral bone graft fusion in C-type thoracolumbar fractures\*

Li Li-li, Wei Wei, Wang Jun, Li Fen

(Department of Orthopedics, Hengshui People's Hospital, Hengshui, Hebei 053000, China)

**Abstract: Objective** To investigate the effect of 3D-printed models combined with multimedia technology in assisting posterior reduction, fixation, and intervertebral bone graft fusion for the treatment of C-type thoracolumbar fractures. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 80 patients with C-type thoracolumbar fractures treated in the Department of Orthopedics at Hengshui People's Hospital between January 2023 and December 2024. According to different surgical methods, patients were divided into a control group ( $n = 38$ ), who underwent posterior reduction, fixation, and intervertebral bone graft fusion, and an observation group ( $n = 42$ ), who underwent surgery assisted by 3D-printed models combined with multimedia technology. The

收稿日期: 2025-09-25

\* 基金项目: 河北省中医药类科学研究课题计划项目(2023446)

[通信作者] 魏巍, E-mail: weiwei6662@163.com

screw implantation conditions (number of screws, time per screw placement, intraoperative blood loss, and fluoroscopy frequency), screw placement accuracy (deviation of medial inclination angle and cephalad inclination angle), vertebral slippage rate, one-time screw placement success rate, complication rate, and preoperative and 3-month postoperative outcomes including injured vertebral height restoration ratio, Cobb angle, Japanese Orthopaedic Association (JOA) scores, and Oswestry Disability Index (ODI) scores were compared between the two groups.

**Results** The time required for placement of each screw in the observation group was significantly shorter than that in the control group ( $P < 0.05$ ). Intraoperative blood loss and fluoroscopy frequency were also significantly lower in the observation group ( $P < 0.05$ ). The deviations of medial inclination angle and cephalad inclination angle were smaller in the observation group than in the control group ( $P < 0.05$ ). The vertebral slippage rate was lower, while the one-time screw placement success rate was higher in the observation group ( $P < 0.05$ ). At 3 months postoperatively, the observation group showed a higher injured vertebral height restoration ratio and JOA scores, and lower Cobb angle and ODI scores compared with the control group ( $P < 0.05$ ). The improvements in the injured vertebral height restoration ratio, Cobb angle, and JOA scores from preoperative to postoperative values were also greater in the observation group ( $P < 0.05$ ). The overall complication rate was significantly higher in the control group than in the observation group ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion** The application of 3D-printed models combined with multimedia technology in assisting posterior reduction, fixation, and intervertebral bone graft fusion demonstrates significant clinical benefits. It can shorten the time required for screw placement, improve screw placement accuracy, reduce intraoperative blood loss, fluoroscopy frequency, vertebral slippage rate, and complication rate, and increase the success rate of one-time screw placement. Moreover, it facilitates the restoration of the injured vertebral height and promotes functional recovery.

**Keywords:** thoracolumbar fracture; posterior reduction, fixation, and intervertebral bone graft fusion; multimedia technology; C-type

C 型胸腰椎骨折是胸腰椎骨折的一种类型, 主要表现为有整体的移位或变形, 断裂的骨组织会刺激骨膜导致疼痛, 血管和软组织损伤则会引起肿胀, 而神经损伤则会导致活动障碍<sup>[1]</sup>。在治疗上, 该类型的患者均需采用手术治疗, 以减轻神经压力, 最大限度地恢复神经功能, 重建脊柱的稳定性。前路复位固定联合椎体间植骨融合技术可通过单一前方入路同时完成骨折椎体复位、脊髓减压和前中柱稳定性重建, 与传统前后路联合手术相比, 骨性融合效果相当, 且手术创伤更小、简化了手术步骤、术后恢复更快<sup>[2-3]</sup>, 但需要同时完成骨折椎体复位、脊髓减压和前中柱稳定性重建等步骤, 对技术的要求较高, 手术难度较大, 恢复时间长。而打印模型结合多媒体技术可根据患者的具体 CT 数据, 精准地重建骨折椎体及其周围结构的模型, 术前的模拟手术可规划最佳的手术路径和植入物位置, 从而实现个体化治疗方案, 比传统手术更加精确, 能确保植入物与患者的骨骼结构完美匹配, 提高手术效果<sup>[4-5]</sup>。基于此, 本研究分析了打印模型结合多媒体技术辅助手术的治疗效果, 以便于为患者提供更佳的手术方案。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2023 年 1 月—2024 年 12 月衡水市人民医院收治的 80 例 C 型胸腰椎骨折患者临床资料。按照不同的手术方法将患者分为对照组和观察组, 分别有 38、42 例。两组性别构成、年龄、致伤原因构成、受伤至手术时间和损伤节段构成比较, 经  $\chi^2/t$  检验, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 具有可比性。本研究经医院医学伦理委员会审批通过 (2025051)。见表 1。

### 1.2 纳入与排除标准

**1.2.1 纳入标准** ①符合《中国医师协会骨科医师分会骨科循证临床诊疗指南: 成人急性胸腰段脊柱脊髓损伤循证临床诊疗指南》<sup>[6]</sup>中 C 型胸腰椎骨折诊断标准, 并经影像学确诊; ② AO 骨折分型为 C 型 (移位-不稳定); ③单节段胸腰椎骨折, 损伤节段 T<sub>11</sub>~L<sub>2</sub>; ④存在神经功能障碍, 与脊髓损伤情况相符; ⑤无严重脊柱畸形或既往脊柱手术史; ⑥无颅脑、胸腹腔脏器损伤; ⑦年龄 18~80 岁; ⑧身体可耐受手术; ⑨临床资料完整。

**1.2.2 排除标准** ①合并可引发病理性骨折的疾

表 1 两组一般资料比较

| 组别           | n  | 男/女/<br>例 | 年龄/(岁,<br>$\bar{x} \pm s$ ) | 致伤原因 例(%) |           |         | 受伤至手术时间/<br>(d, $\bar{x} \pm s$ ) | 损伤节段 例(%)       |                 |                |                |
|--------------|----|-----------|-----------------------------|-----------|-----------|---------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|              |    |           |                             | 车祸        | 坠落伤       | 重物砸伤    |                                   | T <sub>11</sub> | T <sub>12</sub> | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> |
| 对照组          | 38 | 23/15     | 46.28 ± 8.16                | 21(55.26) | 14(36.84) | 3(7.89) | 4.17 ± 1.21                       | 3(7.89)         | 18(47.37)       | 12(31.58)      | 5(13.16)       |
| 观察组          | 42 | 20/22     | 44.46 ± 7.84                | 25(59.52) | 13(30.95) | 4(9.52) | 3.76 ± 1.13                       | 4(9.52)         | 17(40.48)       | 15(35.71)      | 6(14.29)       |
| $\chi^2/t$ 值 |    | 1.337     | 1.576                       |           | 0.329     |         | 1.567                             |                 |                 | 0.397          |                |
| P 值          |    | 0.248     | 0.119                       |           | 0.849     |         | 0.121                             |                 |                 | 0.941          |                |

病；②骨密度 T 值 < -2.5 SD；③椎管占位 > 40%；④病理性骨折；⑤骨质疏松性骨折；⑥患有心脑、肝肾等重要器官不全；⑦失访。

### 1.3 方法

**1.3.1 手术适应证及植骨方式选择** C 型胸腰椎骨折的手术指征：影像学提示胸腰段 (T<sub>11</sub> ~ L<sub>2</sub>) 单节段 C 型不稳定骨折，合并不同程度神经功能障碍，经保守治疗不能维持伤椎高度及对线，需手术减压、复位及重建前中柱稳定性。根据术前 CT、MRI 及三维重建影像，对椎体及椎间盘损伤程度进行综合评估后选择植骨方式。①椎体间植骨指征：a. CT/MRI 显示伤椎前、中柱明显塌陷或粉碎，椎体前缘高度丢失 > 30%；b. 椎间盘结构破坏明显，存在椎间盘撕裂、脱出或终板骨折塌陷；c. 伤椎节段后凸畸形较重，需要重建前柱支撑以恢复椎体高度及矢状面对线。以椎体间植骨为主，在彻底清理椎间盘组织和软骨板后，将自体骨块（必要时联合植入椎体间支撑块）紧密植入椎体间隙，以重建前中柱稳定性。②横突间植骨指征：a. 椎体终板和椎间盘基本完整，仅见轻中度压缩，无明显终板塌陷；b. 主要损伤累及椎板、棘突、关节突等后方结构，需要加强后柱张力带；c. 患者骨质较差或椎体前柱已通过复位和内固定获得满意高度，对前柱补强需求不高。以横突间植骨为主，将修整后的自体骨块植入横突间及椎弓后方形成骨桥，以增强后柱稳定性。③联合植骨方式：对同时存在前中柱破坏及后方结构损伤较重的病例，同时行椎体间植骨和横突间植骨，以获三柱立体稳定。两组患者植骨方式的选择原则一致，由同一脊柱外科团队根据术前影像及术中探查情况综合判断。

**1.3.2 对照组** 对照组行后路复位固定联合椎体间植骨融合。患者取俯卧位或侧俯卧位，全身麻醉。以伤椎为中心行后正中切口，逐层切开皮肤、皮下组织及筋膜，沿椎板外侧分离 Paraspinal 肌肉，

显露伤椎及其上、下位椎板、关节突及横突根部。透视确认目标节段后，在伤椎上、下各 1 个节段通过徒手技术确定椎弓根螺钉进钉点，使用开皮器、探子逐步建立椎弓根钉道，C 臂透视证实方向与深度无误后置入椎弓根螺钉，依据骨折节段和稳定需求每例置入 6 ~ 8 枚。随后松解伤椎周围瘢痕及软组织，必要时部分切除黄韧带、椎板及小关节突，完成椎管减压和神经根探查。以伤椎为中心，通过撑开和加压复位技术恢复椎体高度和后凸角度，C 臂透视确认复位满意后锁定连接杆。符合椎体间植骨指征者，从伤椎一侧或双侧开窗，切除椎间盘，刮除软骨板直至暴露出渗血的软骨下骨，彻底冲洗后将自体骨块（来源于切除的椎板、关节突）紧密填充于椎体间隙，可根据缺损程度适当加压以增加前柱支撑；符合横突间植骨指征或需加强后柱稳定者，于横突间及椎板后方松解软组织，刮除骨皮质表面，置入修整好的自体骨块形成骨性桥接，增强后柱强度；对前、中、后柱均需强化的病例，可同时行椎体间和横突间植骨。植骨完成后再次确认螺钉及植骨位置，彻底止血，放置引流管，分层缝合切口。

**1.3.3 观察组** 观察组行打印模型结合多媒体技术辅助后路复位固定椎体间植骨融合术。麻醉方式、体位、切口入路、减压与复位原则以及椎体间/横突间植骨指征同对照组。①术前计划：CT 扫描（层厚 0.625 ~ 1.000 mm）伤椎及其上下各 2 个节段。将 DICOM 数据导入三维重建软件（Mimics 17.0，比利时 Materialise 公司）进行阈值分割、区域生长及噪声去除，重建椎体、椎弓根、关节突及椎管的三维骨性结构模型。在 Mimics 及其配套多媒体工作站上，对重建模型进行旋转、透明化和分层观察，从轴位、矢状位及冠状位同时评估椎弓根形态和骨折线走向。根据椎弓根横断面形态，在椎弓根背侧解剖标志（上关节突根部与横

突交界区)确定理论进钉点,并在软件中放置虚拟圆柱体,模拟椎弓根螺钉轨迹。①直径:根据椎弓根最窄内径选择合适螺钉直径,使螺钉在椎弓根骨皮质内居中通过;②长度:使虚拟螺钉末端接近但不突破椎体前缘或外侧壁,预留2~3 mm安全距离;③内倾角与头倾角:通过多平面重建观察,使螺钉轴线位于椎弓根骨质通道中1/3~中线附近,避免内侧壁和下壁突破,记录每枚螺钉的内倾角和头倾角规划值。完成每例患者个体化的最佳螺钉路径规划,在保证安全的前提下尽可能增加螺钉长度和径向骨性包绕度,提高固定强度。规划结果以三维模型及多平面截图的形式导出,并在术前多媒体讨论中由手术团队共同研读,完成包括减压范围、复位方向、植骨区域和螺钉置入顺序等虚拟手术推演。在完成数字化规划后,于三维模型上选取关节突、棘突根部和横突等骨性突起作为定位标志,利用布尔运算构建与椎板后方骨面高度贴合的定位模块,并在模块上嵌入与预规划螺钉轨迹同轴的圆柱形导向孔(虚拟钉道)。通过几何匹配度误差分析,确保定位模块与骨面贴合误差控制在 $\pm 0.3$  mm内。随后导出立体光刻文件,采用聚乳酸材料(长春圣博玛生物材料有限公司)按1:1比例打印(RP-400D型,上海普利生机电科技有限公司)出目标节段椎体模型及相应导航模板。术先在实体模型上反复试装导航模板,确认其定位稳定性及导向孔方向与规划轨迹一致。手术显露目标节段后,对照术前三维模型和多媒体影像,识别导航模板对应的骨性标志点,将打印定位模板准确贴合于关节突、椎板及横突表面,确认无明显晃动后临时固定。采用直径2 mm的克氏针或开槽钻沿定位孔缓慢钻入,深度控制在预规划长度的80%~90%,C臂透视确认方向和深度符合术前规划后,扩孔并置入椎弓根螺钉。其后复位、减压及椎体间/横突间植骨步骤与对照组相同。

#### 1.4 观察指标

**1.4.1 螺钉植入情况** 包括螺钉数、植入每颗螺钉的时间、平均出血量及透视次数。

**1.4.2 螺钉角度** 与术前设计的理想螺钉角度相比,统计术后螺钉的内倾角、头倾角偏差值。螺钉角度偏差通过术后CT影像(BrightSpeed Elite型,

美国GE Healthcare公司),利用RadiAnt DICOM Viewer 2023(波兰Medixant公司)测量螺钉的实际内倾角、头倾角,并与术前规划值比对,计算偏差值。伤椎高度恢复比=(术后伤椎前缘高度/术前伤椎前缘高度) $\times 100\%$ 。

**1.4.3 统计椎体滑脱率及一次性植钉成功率** 术后运用正侧位X射线和CT检查,统计椎体滑脱率及一次性植钉成功率。一次性植钉成功率:以首次穿刺且椎弓根钉完全在椎弓根内或皮质突破 $\leq 2$  mm为植钉成功,调整后再次植钉者不计入。

**1.4.4 疗效观察** 随访3个月,统计患者术前、术后3个月的伤椎高度恢复比、Cobb、日本骨科协会评估治疗分数(Japanese Orthopaedic Association, JOA)、功能障碍指数问卷表(oswestry disability index, ODI)。JOA评分包括主观症状、临床体征、日常活动受限、膀胱功能4项,满分29分,得分越低表示病情越重。ODI评分是评估腰痛对个人生活、睡眠等情况受影响的程度,包括腰腿疼痛、个人生活料理、社会生活等10项,满分100分,分数与功能障碍呈正比。

**1.4.5 并发症** 统计患者发生的并发症,包括感染、出血、植入物松动。

#### 1.5 统计学方法

数据分析采用SPSS 22.0统计软件。计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 $\chi^2$ 检验;计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,比较用 $t$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组螺钉植入情况比较

对照组与观察组置入每颗螺钉的时间、平均出血量和透视次数比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );观察组置入每颗螺钉的时间短于对照组,平均出血量低于对照组,透视次数少于对照组。见表2。

### 2.2 两组螺钉角度偏差值比较

对照组与观察组内倾角、头倾角偏差值比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );观察组内倾角、头倾角偏差值均小于对照组。见表3。

### 2.3 两组椎体滑脱率、一次性植钉成功率比较

观察组椎体滑脱率为 $(1.82 \pm 0.51)\%$ ,对照

表2 两组螺钉植入情况比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别  | n  | 螺钉数/枚 | 置入每颗螺钉的时间/min | 平均出血量/mL     | 透视次数        |
|-----|----|-------|---------------|--------------|-------------|
| 对照组 | 38 | 273   | 12.35 ± 1.47  | 14.38 ± 1.26 | 1.58 ± 0.34 |
| 观察组 | 42 | 269   | 8.79 ± 0.34   | 9.15 ± 0.28  | 1.16 ± 0.24 |
| t值  |    |       | 38.712        | 66.479       | 16.592      |
| P值  |    |       | 0.000         | 0.000        | 0.000       |

表3 两组螺钉角度偏差值比较 ( $^{\circ}, \bar{x} \pm s$ )

| 组别  | n  | 内倾角偏差值      | 头倾角偏差值      |
|-----|----|-------------|-------------|
| 对照组 | 38 | 5.24 ± 0.53 | 2.53 ± 0.41 |
| 观察组 | 42 | 2.51 ± 0.37 | 1.62 ± 0.35 |
| t值  |    | 69.438      | 27.772      |
| P值  |    | 0.000       | 0.000       |

组为 (8.34 ± 1.21) %，经  $t$  检验，差异有统计学意义 ( $t=31.942$ ,  $P=0.000$ )；观察组椎体滑脱率低于对照组。观察组一次性植钉成功率为 91.45% (246/269)，对照组为 78.02% (213/273)，经  $\chi^2$  检验，差

异有统计学意义 ( $\chi^2=18.838$ ,  $P=0.000$ )；观察组一次性植钉成功率高于对照组。

#### 2.4 两组手术前后伤椎高度恢复比、Cobb、JOA 评分、ODI 评分的变化

对照组与观察组术前伤椎高度恢复比、Cobb 角、JOA 评分及 ODI 评分比较，经  $t$  检验，差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。对照组与观察组术后 3 个月伤椎高度恢复比、Cobb 角、JOA 评分及 ODI 评分比较，经  $t$  检验，差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ )；观察组术后 3 个月伤椎高度恢复比、JOA 评分均高于对照组，Cobb 角、ODI 评分均低于对照组。对照组与观察组手术前后伤椎高度恢复比、Cobb 角、JOA 的差值比较，经  $t$  检验，差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ )；观察组术前与术后 3 个月伤椎高度恢复比、Cobb 角、JOA 评分的差值均大于对照组。对照组与观察组手术前后 ODI 评分的差值比较，经  $t$  检验，差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表 4。

表4 两组手术前后伤椎高度恢复比、Cobb、JOA 评分、ODI 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别  | n  | 伤椎高度恢复比/%    |              |              | Cobb角/( $^{\circ}$ ) |              |              |
|-----|----|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|
|     |    | 术前           | 术后3个月        | 差值           | 术前                   | 术后3个月        | 差值           |
| 对照组 | 38 | 51.35 ± 7.24 | 91.25 ± 1.32 | 39.90 ± 3.59 | 22.64 ± 1.57         | 12.37 ± 1.23 | 10.27 ± 0.92 |
| 观察组 | 42 | 53.76 ± 8.13 | 97.17 ± 1.25 | 43.41 ± 3.91 | 23.17 ± 1.62         | 8.67 ± 0.72  | 14.50 ± 1.31 |
| t值  |    | 1.394        | 20.599       | 4.168        | 1.483                | 16.608       | 16.548       |
| P值  |    | 0.167        | 0.000        | 0.000        | 0.142                | 0.000        | 0.000        |

  

| 组别  | JOA 评分       |              |              | ODI 评分       |              |              |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|     | 术前           | 术后3个月        | 差值           | 术前           | 术后3个月        | 差值           |
| 对照组 | 15.26 ± 2.13 | 24.37 ± 2.04 | 9.11 ± 0.82  | 68.24 ± 4.15 | 18.34 ± 1.72 | 49.90 ± 4.49 |
| 观察组 | 14.54 ± 2.41 | 26.05 ± 2.11 | 11.51 ± 1.04 | 67.18 ± 3.57 | 16.27 ± 1.53 | 50.91 ± 4.58 |
| t值  | 1.410        | 3.613        | 11.379       | 1.228        | 5.697        | 0.994        |
| P值  | 0.163        | 0.001        | 0.000        | 0.223        | 0.000        | 0.323        |

#### 2.5 两组并发症比较

对照组与观察组并发症总发生率比较，经  $\chi^2$  检验，差异有统计学意义 ( $\chi^2=4.492$ ,  $P=0.034$ )；对照组并发症总发生率高于观察组。见表 5。

表5 两组并发症比较 例(%)

| 组别  | n  | 感染      | 出血      | 植入物松动   | 总计       |
|-----|----|---------|---------|---------|----------|
| 对照组 | 38 | 2(5.26) | 3(7.89) | 1(2.63) | 6(15.79) |
| 观察组 | 42 | 0(0.00) | 1(2.38) | 0(0.00) | 1(2.38)  |

### 3 讨论

胸腰椎骨折是常见的脊柱损伤，老年人群本身存在骨质疏松，低暴力损伤，或青壮年的高能量损伤，也可造成胸腰椎骨质连续性破坏，严重影响患者的日常生活<sup>[7-8]</sup>。如患者骨折节段头尾端的移位超出了正常的生理范围即为 C 型损伤<sup>[9]</sup>，此类型骨折较为严重，且大多合并脊髓、椎间盘等复杂损伤，需以手术进行治疗，在恢复和维持脊

柱的高度和曲线、保持脊柱的稳定性的同时, 为脊髓恢复创造最佳条件。梁波等<sup>[10]</sup>认为前路长节段固定联合椎间隙植骨治疗疗效显著, 但该手术的难度较大, 更易引发并发症, 延长恢复时间。近年来, 计算机辅助设计和 3D 打印技术在骨科手术应用方面迅猛发展, 且获得了较好的手术效果<sup>[11-12]</sup>。

打印模型结合多媒体技术是一种集成了打印技术和导航辅助功能的综合性系统, 在医疗领域具有广泛的应用<sup>[13-14]</sup>。在骨科手术中, 随着打印定位辅助系统的广泛应用, 其可以利用打印技术, 根据患者的具体 CT 数据, 精准地重建骨折椎体及其周围结构的模型, 并在术前进行模拟手术, 规划最佳的手术路径和植入物位置, 制订个性化的治疗方案。在进行手术的过程中, 可利用定位模板或导板, 实现精准定位, 降低手术风险, 同时实现精确的复位操作, 减少术中的误差及对周围组织的损伤, 提高骨折复位的准确性, 降低了并发症发生风险<sup>[15-16]</sup>。在本研究中, 观察组可通过制作的导板, 结合患者自身的 CT 影像数据进行三维建模和设计, 精准定位椎弓根钉的置入点, 减少手术误差, 提高置钉的准确性和效率, 从而缩短置入每颗螺钉的时间、降低平均出血量和透视次数, 提高了手术安全性。制作出与患者椎体解剖结构相匹配的螺钉, 提高了螺钉与椎体的贴合度, 这种匹配性可减少螺钉的松动和移位, 降低了椎体滑脱率<sup>[17-19]</sup>。在进行螺钉植入时, 可根据患者的具体情况, 运用定位模块设计出理想的螺钉角度, 并在定位模块的辅助下精确控制螺钉的置入角度, 减少螺钉内倾角及头倾角的偏差值, 这能够使医生更准确地判断螺钉的植入位置和角度, 从而提高一次性植钉成功率<sup>[20-21]</sup>。定位辅助系统的应用, 能够为患者提供个性化的治疗方案, 使植入物更好地适应患者的骨骼结构, 有助于促进患者术后的恢复, 有利于术后伤椎高度的恢复, 能减少因手术不当导致的椎体高度丢失现象; 且能够更好地复位成功并固定椎体, 使脊髓受到的压迫得到了更好的缓解, 促进神经功能的恢复, 从而提高 JOA 评分。Cobb 角是用于评估脊柱侧弯严重程度的指标, 导航辅助手术后, 椎体可得到更为精确的复位和固定, 更利于脊柱侧弯的纠正, 从而降低

Cobb 角<sup>[22-23]</sup>。ODI 评分可用于评估腰椎功能, 打印模型结合多媒体技术更好地改善了患者的腰椎稳定性和神经功能, 提高了患者的日常生活活动能力, 从而降低了 ODI 评分<sup>[24-25]</sup>。

综上所述, 打印模型结合多媒体技术辅助前路复位固定椎体间植骨融合更为安全有效, 还可显著改善患者的腰椎功能及神经功能。本研究的不足之处是: 为单中心回顾性研究、样本量较小, 可能存在选择偏倚及影响结论的外推性; 此外, 该技术的术前准备时间较长、设备与材料成本较高, 在基层医院的推广仍受限制。后续可通过多中心、大样本的前瞻性研究进一步验证结果的稳定性与临床经济性。

#### 参 考 文 献 :

- [1] SZABÓ V, NAGY M, BÜKI A, et al. Percutaneous spine fusion combined with whole-body traction in the acute surgical treatment of AO A- and C-type fractures: a technical Note[J]. *World Neurosurg*, 2022, 159: 13-26.
- [2] 张国旺, 连小峰, 徐建广. I 期前路椎弓根螺钉固定结合经椎弓根椎体间植骨融合治疗 C 型胸腰椎骨折[J]. *中华创伤杂志*, 2017, 33(12): 1080-1086.
- [3] KAPOEN C, LIU Y, BLOEMERS F W, et al. Pedicle screw fixation of thoracolumbar fractures: conventional short segment versus short segment with intermediate screws at the fracture level—a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Spine J*, 2020, 29(10): 2491-2504.
- [4] MULLINS R A, ESPINEL RUPERÉZ J, BLEEDORN J, et al. Accuracy of pin placement in the canine thoracolumbar spine using a free-hand probing technique versus 3D-printed patient-specific drill guides: an ex-vivo study[J]. *Vet Surg*, 2023, 52(5): 648-660.
- [5] 蒋维利, 刘涛, 张青波, 等. 基于 3D 打印技术改良单边经皮穿刺椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折[J]. *中国骨伤*, 2024, 37(1): 7-14.
- [6] 中国医师协会骨科医师分会, 中国医师协会骨科医师分会《成人急性胸腰段脊柱脊髓损伤循证临床诊疗指南》编辑委员会. 中国医师协会骨科医师分会骨科循证临床诊疗指南: 成人急性胸腰段脊柱脊髓损伤循证临床诊疗指南[J]. *中华外科杂志*, 2019, 57(3): 161-165.
- [7] DENG Z C, FENG T, WU X X, et al. Thoracolumbar fascia injury in osteoporotic vertebral fracture: the important concomitant damage[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 166.
- [8] 盛伟超, 廖文胜, 张敬乙, 等. O 形臂导航辅助与徒手置钉治疗 AO 分型 C 型胸腰椎骨折的疗效比较[J]. *中华创伤杂志*, 2023, 39(4): 341-348.
- [9] PRAJAPATI H P, KUMAR R. Thoracolumbar fracture classification: evolution, merits, demerits, updates, and concept of

- stability[J]. *Br J Neurosurg*, 2021, 35(1): 92-97.
- [10] 梁波, 朱延娥. 后路长节段固定联合椎间植骨治疗 C 型胸腰椎骨折的疗效分析[J]. *颈腰痛杂志*, 2022, 43(6): 934-935.
- [11] RODRIGUEZ COLON R, NAYAK V V, PARENTE P E L, et al. The presence of 3D printing in orthopedics: a clinical and material review[J]. *J Orthop Res*, 2023, 41(3): 601-613.
- [12] MAGLARA E, ANGELIS S, SOLIA E, et al. Three-dimensional (3D) printing in orthopedics education[J]. *J Long Term Eff Med Implants*, 2020, 30(4): 255-258.
- [13] 王一迪, 范利娟, 刘永辉, 等. 3D 打印导航模板与计算机导航系统在辅助椎弓根螺钉置入准确性与安全性的 Meta 分析[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2024, 27(3): 311-319.
- [14] COLES-BLACK J, BOLTON D, ROBINSON D, et al. Utility of 3D printed abdominal aortic aneurysm phantoms: a systematic review[J]. *ANZ J Surg*, 2021, 91(9): 1673-1681.
- [15] 张丹龙, 梁少博, 魏巍, 等. 3D 打印技术联合机器人导航掌侧入路微创加压螺钉内固定术治疗腕舟骨骨折[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2024, 17(3): 246-251.
- [16] MCCULLOCH R A, FRISONI T, KURUNSKAL V, et al. Computer navigation and 3D printing in the surgical management of bone sarcoma[J]. *Cells*, 2021, 10(2): 195.
- [17] 陈华瑾, 俞阳, 林书, 等. 3D 个体化打印导向器在强直性脊柱炎胸腰椎骨折中的应用[J]. *中国现代医学杂志*, 2025, 35(20): 89-95.
- [18] 甘涛, 李巍, 赵军民, 等. 3D 打印个体化模型在复杂踝关节骨折术中的应用[J]. *局解手术学杂志*, 2025, 34(7): 570-574.
- [19] 张必欢, 蔡兴博, 王斌, 等. 个性化 3D 打印钛合金舟骨部分置换术后有限元模型的建立及生物力学分析[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2024, 42(3): 293-303.
- [20] 梁利川, 刘列华, 赵晨, 等. 机器人辅助与 C 型臂 X 线机透视经皮椎弓根螺钉内固定术治疗胸腰椎爆裂骨折的疗效对比[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2025, 35(3): 236-242.
- [21] 李宗师, 康志宇, 尤文阳, 等. 超声辅助定位在老年髌骨骨折患者椎管内麻醉中的应用: 前瞻性随机对照研究[J]. *中国微创外科杂志*, 2025, 25(1): 1-7.
- [22] 董骐源, 曾岩, 陈仲强, 等. 脊柱侧凸手术中徒手置钉、3D 打印导板和导航技术辅助置钉的准确性对比[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31(8): 683-692.
- [23] CAO J, ZHANG X J, LIU H N, et al. 3D printed templates improve the accuracy and safety of pedicle screw placement in the treatment of pediatric congenital scoliosis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 1014.
- [24] HE K, DONG C K, WEI H Y, et al. A minimally invasive technique using cortical bone trajectory screws assisted by 3D-printed navigation templates in lumbar adjacent segment degeneration[J]. *Clin Interv Aging*, 2021, 16: 1403-1413.
- [25] 潘玉军, 时长江, 穆怀昭, 等. 3D 打印个体化导航模板在腰椎螺钉植入中的应用效果及对患者腰椎功能应激激素的影响[J]. *河北医学*, 2022, 28(7): 1188-1194.

(李科 编辑)

**本文引用格式:** 李丽丽, 魏巍, 王君, 等. 打印模型结合多媒体技术后路复位固定椎体间植骨融合治疗 C 型胸腰椎骨折的效果[J]. *中国现代医学杂志*, 2026, 36(10): 106-112.

**Cite this article as:** LI L L, WEI W, WANG J, et al. Effect of 3D-printed models combined with multimedia technology-assisted posterior reduction, fixation, and intervertebral bone graft fusion in C-type thoracolumbar fractures[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2026, 36(10): 106-112.