

后路 C₂₋₃ 固定结合顶棒置入与单纯后路 C₂₋₃ 固定治疗不稳定 Hangman 骨折的比较

张浩, 王清, 张建, 李广州, 王高举

<https://doi.org/10.12307/2025.120>

投稿日期: 2023-11-27

采用日期: 2024-01-13

修回日期: 2024-02-09

在线日期: 2024-02-29

中图分类号:

R459.9; R318; R681

文章编号:

2095-4344(2025)09-01848-07

文献标识码: A

文章快速阅读: 后路 C₂₋₃ 固定结合经口顶棒技术治疗不稳定 Hangman 骨折

对象:

纳入符合标准的后路 C₂₋₃ 固定手术治疗的不稳定 Hangman 骨折患者 55 例。

方法:

根据手术方式分为 A 组 (C₂₋₃ 固定结合经口顶棒技术 23 例) 和 B 组 (后路单纯 C₂₋₃ 固定 32 例)。

观察指标:

- 手术时间、术中出血量、相关并发症;
- 疼痛目测类比评分及末次随访颈椎功能障碍指数;
- C₂₋₃ 成角与位移、C₂ 关节突间部复位。

结论:

后路 C₂₋₃ 固定结合经口顶棒技术有利于枢椎体复位和稳定, 减少畸形愈合, 可获得更好的复位。

文题释义:

Hangman骨折: 是指枢椎上、下关节突之间的部分在暴力作用下发生的骨折, 常伴周围韧带和椎间盘损伤, 继而出现枢椎椎体不稳或脱位, 又称为枢椎创伤性滑脱。其发病率占 C₂ 骨折的 20%–22%, 占有颈椎骨折的 4%–7%。Hangman 骨折神经损伤的概率为 6.5%–23%。
疼痛目测类比评分: 在纸上面划一条 10 cm 的横线, 横线的一端为 0 cm, 表示“完全无痛”; 另一端为 10 cm, 表示“疼痛到极点”; 疼痛程度由 0 cm 到 10 cm 逐级递增, 评分越高代表疼痛程度越剧烈。该方法用于患者的疼痛程度评估、不同时间的疼痛评估、治疗后的疼痛程度对比等。

摘要

背景: Hangman 骨折中 II、IIA、III 型常需手术治疗, 手术方式选择存在较大争议, 目前均存在术后复位不全及畸形愈合等不足; 前期作者团队使用 C₂₋₃ 拉力螺钉结合经口顶棒技术间歇性推顶 C₂ 椎体治疗不稳定 Hangman 骨折, 取得了满意的临床疗效, 但前期研究样本少, 且缺少对照组比较。

目的: 比较后路 C₂₋₃ 固定结合经口顶棒技术和单纯后路 C₂₋₃ 固定治疗不稳定 Hangman 骨折的临床疗效。

方法: 回顾性分析西南医科大学附属医院收治的行后路 C₂₋₃ 固定手术治疗的 55 例不稳定 Hangman 骨折患者临床及影像学资料, 根据手术方案分为 2 组, 其中 23 例患者接受后路 C₂₋₃ 固定结合经口顶棒技术治疗 (A 组), 32 例接受单纯后路 C₂₋₃ 固定术 (B 组)。比较两组患者的手术时间、术中出血量、并发症、术前及末次随访时疼痛目测类比评分、颈椎功能障碍指数、美国脊髓损伤协会脊髓损伤分级和患者满意度 (Odom's 分级); 另外对比各观察时间点 C₂₋₃ 移位和成角及其他影像学指标的变化。

结果与结论: ① 两组患者手术时间、术中出血量和术后并发症发生情况比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$); ② 两组患者末次随访疼痛目测类比评分和颈椎功能障碍指数较术前获得显著改善 ($P < 0.05$), Odom's 分级显示 A 组优良 21 例 (91%); B 组优良 29 例 (91%); 两组各项临床疗效指标比较差异均无显著性意义 (均 $P > 0.05$); ③ 两组术前 C₂₋₃ 成角和位移差异无显著性意义 ($P > 0.05$); 术后及末次随访时, 两组患者 C₂₋₃ 成角和位移均较术前明显减小, 差异有显著性意义 ($P < 0.01$); 术后和末次随访上述指标比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$); 术后及末次随访时, A 组 C₂₋₃ 位移和成角较 B 组明显减小, 差异有显著性意义 ($P < 0.05$); ④ 末次随访时, A 组患者均未发生残余畸形, B 组发生残余畸形 4 例 (13%, 4/32); ⑤ 因此, 后路 C₂₋₃ 固定结合经口顶棒技术可能有利于枢椎体复位和稳定, 减少畸形愈合, 获得更好的复位。

关键词: Hangman 骨折; 顶棒技术; 后路拉力螺钉; 骨折复位; 内固定

Comparison of posterior C₂₋₃ fixation combined with bucking bar technique and posterior C₂₋₃ fixation alone in treatment of unstable Hangman fractures

Zhang Hao, Wang Qing, Zhang Jian, Li Guangzhou, Wang Gaoju

Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan Province, China

Zhang Hao, Master candidate, Physician, Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan Province, China

Corresponding author: Wang Gaoju, Master, Associate chief physician, Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan Province, China

Co-corresponding author: Li Guangzhou, PhD, Associate chief physician, Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan Province, China

Abstract

BACKGROUND: Types II, IIA, and III of Hangman fractures often require surgical treatment, and the selection of surgical methods is controversial. Current

西南医科大学附属医院骨科, 四川省泸州市 646000

第一作者: 张浩, 男, 1996 年生, 四川省宜宾市人, 汉族, 西南医科大学在读硕士, 医师, 主要从事脊柱外科方面的研究。

通讯作者: 王高举, 硕士, 副主任医师, 西南医科大学附属医院骨科, 四川省泸州市 646000

并列通讯作者: 李广州, 博士, 副主任医师, 西南医科大学附属医院骨科, 四川省泸州市 646000

<https://orcid.org/0000-0001-5569-9638> (张浩)

基金资助: 泸州市人民政府——西南医科大学科技战略合作项目 (2020LZXNYDJ40), 项目负责人: 王高举

引用本文: 张浩, 王清, 张建, 李广州, 王高举. 后路 C₂₋₃ 固定结合顶棒置入与单纯后路 C₂₋₃ 固定治疗不稳定 Hangman 骨折的比较 [J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(9):1848-1854.



surgeries have shortcomings such as incomplete reduction and malunion after surgery. In the early stage, our team used C_{2-3} lag screws combined with a bucking bar. Intermittent pushing of the C_2 vertebral body in the oropharynx has achieved satisfactory clinical results. However, the preliminary studies included few samples and lacked a control group for comparison.

OBJECTIVE: To compare the clinical efficacy of posterior C_{2-3} fixation combined with the bucking bar technique and posterior C_{2-3} fixation alone in the treatment of unstable Hangman fractures.

METHODS: The clinical and imaging data of 55 patients with unstable Hangman fractures who underwent posterior C_{2-3} internal fixation in Affiliated Hospital of Southwest Medical University were retrospectively analyzed. According to the surgical plan, the patients were divided into two groups. Among them, 23 patients received posterior cervical C_{2-3} internal fixation combined with the bucking bar technique (group A), and 32 patients received simple posterior C_{2-3} internal fixation (group B). Operation time, intraoperative blood loss, complications, pain visual analog scale score, neck disability index, American Spinal Injury Association classification, and patient satisfaction (Odom's classification) preoperation and during follow-up were compared between the two groups. The changes in C_{2-3} displacement and angulation and other imaging indicators were compared at each observation time point.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) There was no statistically significant difference in operation time, intraoperative blood loss, and postoperative complications between the two groups ($P > 0.05$). (2) The neck pain visual analog scale and neck disability index scores of the two groups of patients at the final follow-up were significantly improved compared with those before surgery ($P < 0.05$). The Odom standard classification showed that 21 cases (91%) in group A were excellent and 29 cases (91%) were excellent and good in group B. There was no statistically significant difference in the clinical efficacy indicators between the two groups (all $P > 0.05$). (3) There was no significant difference in C_{2-3} angulation and displacement between the two groups before operation ($P > 0.05$). Postoperation and at the last follow-up, the angle and displacement of C_{2-3} in both groups were significantly smaller than before surgery, and the difference was statistically significant ($P < 0.01$). There was no statistically significant difference in the above indicators after surgery and at the last follow-up ($P > 0.05$). After surgery and at the last follow-up, the displacement and angle of C_{2-3} in group A were significantly smaller than those in group B ($P < 0.05$). (4) At the last follow-up, no patients in group A had residual deformity, and 4 cases (13%, 4/32) in group B had residual deformity. (5) Therefore, posterior C_{2-3} fixation combined with transoral bucking bar technology may be beneficial to the reduction and stabilization of the vertebral body, reduces malunion, and can achieve better reduction.

Key words: Hangman's fracture; bucking bar technique; posterior lag screw; fracture reduction; internal fixation

Funding: Luzhou Municipal People's Government-Southwest Medical University Science and Technology Strategic Cooperation Project, No. 2020LZXNYDJ40 (to WGJ)

How to cite this article: ZHANG H, WANG Q, ZHANG J, LI GZ, WANG GJ. Comparison of posterior C_{2-3} fixation combined with bucking bar technique and posterior C_{2-3} fixation alone in treatment of unstable Hangman fractures. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2025;29(9):1848-1854.

0 引言 Introduction

Hangman 骨折也被称为创伤性枢椎滑脱或枢椎环骨折, 其发病率占 C_2 骨折的 20%–22%, 占有颈椎骨折的 4%–7%^[1-4]。不稳定性 Hangman 骨折包括 Levine-Edwards 分型的 II、II A、III 型骨折, 常常伴有 C_{2-3} 椎间盘及前纵韧带、后纵韧带不同程度的损伤。对于不稳定 Hangman 骨折, 大多数学者更倾向于早期手术治疗^[5-7]。目前, 前路手术选择仍存在较大争议, 常用手术方式有颈前路 C_{2-3} 椎间盘切除固定融合术、单纯后路 C_2 椎弓根螺钉固定术、后路 C_{2-3} 钉棒系统固定融合术和前后路联合固定术等, 每种术式各有优势和不足。目前较为广泛应用的是后路 C_{2-3} 钉棒系统固定融合和颈前路椎间盘切除固定融合两种术式^[8-10], 但两种术式均存在术后复位不全及畸形愈合等不足^[11-14]。

前期作者团队应用后路 C_{2-3} 拉力螺钉结合经口顶棒技术治疗不稳定 Hangman 骨折, 即在后路 C_2 椎弓根骨折端的钻孔、导针置入、攻丝和螺钉拧入过程中, 采用顶棒间歇性推顶枢椎体前表面的咽后壁, 以期维持骨折远、近端的稳定, 减少 C_{2-3} 复位不全或枢椎前移加重, 提高椎弓根骨折复位固定的可靠性和安全性, 其初步的临床疗效是令人满意的^[13]。但前期研究内容样本少, 且缺少对照组进行比较。因而, 此次研究回顾性分析西南医科大学附属医院脊柱外科接受后路 C_{2-3} 固定手术的不稳定性 Hangman 骨折患者的资料, 比较后路 C_{2-3} 固定结合经口顶棒技术和单纯后路 C_{2-3} 固定两种术式治疗不稳定 Hangman 骨折的临床疗效, 为不稳定 Hangman 骨折的治疗提供帮助。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性研究, 计数资料组间比较采用卡方检验或 Fisher 确切概率法; 计量资料符合正态分布的采用独立样本 t 检验; 不符合正态分布采用非参数检验 (Mann-Whitney U 检验); 组内比较采用配对样本 t 检验, 组间比较采用独立样本 t 检验。

1.2 时间及地点 试验于 2011 年 7 月至 2021 年 10 月在西南医科大学附属医院脊柱外科完成。

1.3 对象 纳入 2011 年 7 月至 2021 年 10 月西南医科大学附属医院收治的 Hangman 骨折患者 55 例, 根据手术方式不同分为 A 组 (23 例, C_{2-3} 固定 + 经口顶棒术) 和 B 组 (32 例, 单纯 C_{2-3} 固定术)。两组患者性别、年龄、Levine-Edwards 分型、致伤原因、伤后枕颈部疼痛目测类比分、颈椎功能障碍指数 (neck disability index, NDI) 及美国脊髓损伤协会 (American Spinal Injury Association, ASIA) 脊髓损伤分级相比差异均无显著性意义 ($P > 0.05$), 具有可比性。

纳入标准: ① Hangman 骨折诊断明确且不伴有颈椎其他节段的骨折; ②影像学检查提示骨折类型为 Levine-Edwards 分型的 II、II A、III 型骨折; ③接受后路 C_{2-3} 固定手术治疗的患者; ④临床疗效和影像学资料完整。

排除标准: ①既往有颈椎手术史或其他颈椎疾病史, 包括炎症、感染、结核、肿瘤、畸形等; ②合并严重的内科疾病、严重的骨质疏松症; ③有影响脊髓损伤评估的严重颅脑损伤或其他疾病。

该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和西南医科大学附属医院对研究的相关伦理要求 (批准号: KY2023120, 审批时间: 2023-04-07)。所有患者均知情

同意并签署知情同意书。

1.4 材料 两组患者的 C₂, C₃ 椎弓根螺钉均采用西南医科大学附属医院自主研发的半螺纹拉力螺钉 (专利号: ZL201420487957.9), 由上海三友医疗器械股份有限公司生产, 见表 1。

表 1 | 试验应用的骨科植入物介绍

Table 1 | Introduction of orthopedic implants used in the trial

指标	颈椎 C ₂ 和 C ₃ 螺钉及连接棒
生产厂家	上海三友医疗器械股份有限公司
批准号	国械注准 20173130719
组成	提拉钉 / 椎弓根螺钉、螺母、棒及横连等
材质	钛合金 (TC4、TC4ELI) 和纯钛 (TA3) 材料
型号	V 型 (RSS 型)-2RSS I 型-RSS VI 型
适应证	骨科手术时作脊柱后路内固定用
功能	固定所选椎骨的关节
不良反应	过敏、活动受限等
生物相容性	无异物排斥反应

1.5 方法 两组患者手术均由同一手术团队完成。

1.5.1 术前准备 患者入院后予以颈围制动并完善相关辅助检查, 在医生陪同下完成颈椎 X 射线正侧位片、CT 三维重建 + 血管成像、磁共振扫描等相关检查。Hangman 骨折伴脊髓损伤及 C₂₋₃ 显著移位和 / 或成角的患者行床旁颅骨牵引, 颈椎 CT 三维重建 + 血管成像 + 钉道设计观察上颈椎椎弓根发育及椎动脉行程和变异, 设计 C₂、C₃ 钉道并排除相关手术禁忌。

1.5.2 顶棒设计 顶棒由不锈钢金属组成, 分为顶棒头和顶棒杆, 质量为 20 g。顶棒头呈圆形, 直径 10 mm; 空心顶棒杆呈圆形, 直径 5 mm, 长度 260 mm, 末端为木质结构, 可行高温高压消毒^[13], 见图 1。



图注: 图 A 为顶棒模型图, 质量 20 g, 顶棒头呈圆形, 直径 10 mm; 空心顶棒杆呈圆形, 直径 5 mm, 长度 260 mm, 末端为木质结构, 可行高温高压消毒; 图 B 示术中台下助手在钻孔、导针放置、攻丝和螺钉拧入的过程中, 使用顶棒经口咽间歇性推顶 C₂ 椎体。

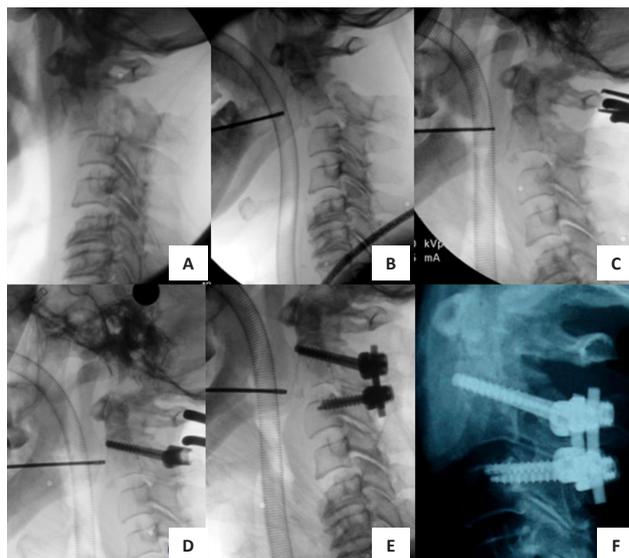
图 1 | 顶棒图示和术中使用的

Figure 1 | Bucking bar illustration and intraoperative use

1.5.3 手术方法

A 组方法: 气管插管全麻后, 张口器协助下经口腔将顶棒置于咽后壁前方, 用胶带将顶棒杆固定于嘴角两侧, 为术中经口咽采用顶棒技术施加于枢椎体前方的作用力做准备。患者俯卧于特制颈椎手术床上, 并行持续颅骨牵引及电生理监测, C 形臂 X 射线机透视观察 C₂ 椎弓根

复位情况。常规消毒铺巾, 取颈后正中切口, 暴露置钉点。用神经剥离器沿 C₂ 椎弓根上缘剥离, 暴露并探查 C₂ 椎弓根上内缘, 直视下以 C₂ 侧块中心点稍偏外上方为椎弓根) 进钉点。骨皮质开口后, 一助手用 Kocker 钳夹住 C₂ 棘突维持 C₂ 椎弓根于复位状态; 此时, 另一助手在 C 形臂 X 射线机透视下将顶棒置于枢椎体表面用力向上顶, 初步恢复 C₂₋₃ 之间的颈椎序列, 在 C₂ 椎弓根复位满意后, 主刀医师用电钻带 2.5 mm 直径的钻头沿 C₂ 椎弓根钉道钻 26-30 mm, 用 2 mm 直径的克氏针插入行临时固定, 放松顶棒 C 形臂 X 射线机透视位置满意后在顶棒推顶下维持 C₂ 椎弓根复位和 C₂₋₃ 之间的序列, 行钉道攻丝并拧入螺钉, C₃ 采用 Magerl 法置钉^[15]。透视满意后同法置入对侧螺钉, 见图 2。上好预弯的连接棒临时固定, 待 C 形臂 X 射线机透视 C₂、C₃ 椎体间复位满意后锁紧螺帽。置引流管常规关闭切口。



图注: 该顶棒设计为改良前的顶棒。A 为术前未顶棒时 X 射线片; B 为正进行顶棒; C 为顶棒后的 C₂ 复位情况; D 为顶棒结合 C₂ 拉力螺钉置入后的情况; E 为手术完成时 C₂₋₃ 固定复位情况; F 为术后 3 个月 C₂₋₃ 内固定情况。

图 2 | 术中顶棒前后 C₂₋₃ 成角移位恢复示意图

Figure 2 | Schematic diagram of C₂₋₃ angular shift recovery before and after bucking bar during operation

B 组方法: C₂₋₃ 固定组采用常规置钉法置钉^[12, 15]。

1.5.4 术后处理 A 组患者术后 3 d 复查喉镜观察咽后壁情况, 两组患者术后常规使用抗生素 24-48 h, 术后 24-48 h 视引流情况拔出切口引流管, 术后 5-7 d 复查颈椎 X 射线正侧位片、CT 三维重建, 复查结果无异常者佩戴颈围逐渐下地活动, 常规佩戴 8-12 周。

1.6 主要观察指标

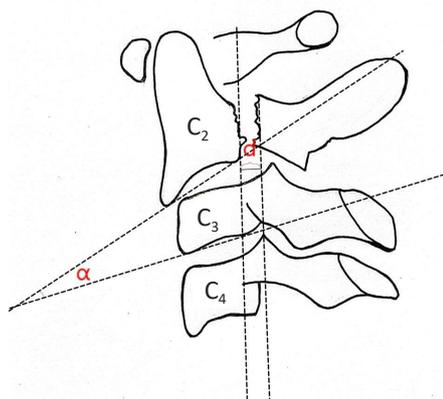
1.6.1 临床疗效观察 所有临床疗效数据来源于电子病历、问卷及电话调查。收集两组患者手术时间、术中出血量及并发症发生等情况; 获得疼痛目测类比评分、NDI 及 Odom 标准分级等指标进行临床疗效评价。

目测类比评分评估标准：病患需要在直线上标记出他们疼痛的位置，然后根据标记的位置给出一个数值评分，常见的是0-10分的评分。0分代表无疼痛，10分代表最剧烈的疼痛。

NDI 评估标准：NDI 是一种用于评估颈椎疾病患者功能障碍程度的量表，它包含 10 个不同的日常活动，患者需要根据自己的情况选择在各项目上的障碍程度，评分从 0%(没有功能障碍)到 100%(严重功能障碍)。

Odom 标椎分级评估标准：共分为优、良、一般、差 4 级。优：术前颈椎病症全部缓解，可进行日常活动；良：仍残留很少的不适症状，但没有明显影响工作；一般或者可：术前症状有部分改善，但日常活动明显受到限制；差：症状无明显改善或临床状况恶化。将 Odom 评分为优、良定义为术后症状改善理想，将一般、差定义为术后症状改善不理想。

1.6.2 影像学观察 观察两组患者各时间点螺钉放置情况，测量并比较 C₂₋₃ 成角及位移、C₂ 关节突间部复位位移状况及其他影像学指标的变化。其中 C₂₋₃ 移位和成角测量参考 Li 等^[4]的方法，C₂₋₃ 成角和位移用于评价术区局部颈椎曲度改变及骨折复位效果，见图 3。



图注：C₂₋₃ 成角为 C₂ 椎体下终板延长线与 C₃ 椎体下终板延长线的夹角或垂线所成的夹角(α)；C₂₋₃ 移位距离采用 C₂ 椎体后壁垂线与 C₃ 椎体后壁垂线的垂直距离(d)表示。

图 3 | Schematic diagram of Hangman fracture displacement angle measurement

1.7 统计学分析 应用 SPSS 24.0 统计学软件进行数据分析。计数资料采用例或百分率表示，组间比较采用卡方检验或 Fisher 确切概率法。计量资料先进行正态性检验(Shapiro-Wilk 检验)，符合正态分布的用 $\bar{x} \pm s$ 表示，采用独立样本 t 检验；不符合正态分布采用中位数，极差(M, range)表示，用非参数检验(Mann-Whitney U 检验)；两组组内比较采用配对样本 t 检验，组间比较采用独立样本 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。文章统计学方法已经西南医科大学医院生物统计学专家审核。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 根据纳入排除标准，132 例患者共排除 77 例，其中 25 例稳定骨折接受保守治疗、28 例接受前路手术、10 例接受前后路联合手术、3 例接受后路 C₁₋₂ 内固定手术、3 例接受后路 C₁₋₃ 内固定术、8 例资料不完整，最终纳入符合要求的患者 55 例，试验过程中无脱落。

2.2 试验流程图 见图 4。

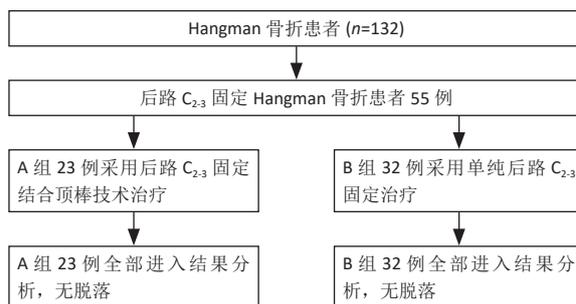


图 4 | 两组患者分组流程图
Figure 4 | Flow chart of patient allocation

2.3 基线资料比较 两组共 55 例患者均顺利完成手术及随访，术后随访(3.5±2.5)年。A 组 23 例，其中男 17 例，女 6 例；平均年龄(44.5±15.4)岁(22-75 岁)；Levine-Edwards 分型：II 型 19 例，II A 型 2 例，III 型 2 例；ASIA 分级：D 级 3 例，E 级 20 例。B 组 32 例，其中男 28 例，女 4 例；年龄(46.3±15.4)岁(15-78 岁)；Levine-Edwards 分型：II 型 27 例，II A 型 3 例，III 型 2 例；ASIA 分级：B 级 1 例，C 级 1 例，D 级 5 例，E 级 25 例。两组在性别、年龄、骨折类型、致伤原因、随访时间等方面相比，差异均无显著性意义($P > 0.05$)，具有可比性，见表 2。

表 2 | 两组患者基线资料及手术指标比较
Table 2 | Comparison of baseline data and surgical indicators of patients between the two groups

指标	A 组 (n=23)	B 组 (n=32)	统计值	P 值
男/女 (n)	17/6	28/4	1.661	0.198
年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	44.5±15.4	46.3±15.4	0.610	0.55
Levine-Edwards 分型 (II / II A / III, n)	19/2/2	27/3/2	0.122	0.941
致伤原因 (n)			0.284	0.594
交通事故	18	25		
高处坠落伤和其他合并损伤 (n)	5	7	0.004	0.949
头面部软组织损伤	16	22		
四肢骨折	7	10		
美国脊髓损伤协会分级 (B/C/D/E, n)	0/0/3/21	1/1/5/25	1.740	0.682
手术时间 ($\bar{x} \pm s$, min)	122.2±28.0 (80-200)	123.8±30.5 (85-200)	-0.622	0.537
手术出血量 ($\bar{x} \pm s$, mL)	112.8±24.4 (50-170)	121.7±56.1 (50-300)	0.216	0.830
随访时间 ($\bar{x} \pm s$, 年)	3.2±2.1 (0-6.7)	2.8±2.7 (0-10)	0.712	0.480

表注：A 组患者接受后路 C₂₋₃ 固定结合经口顶棒手术，B 组接受单纯后路 C₂₋₃ 固定术。

2.4 临床疗效及并发症比较 两组患者末次随访时颈痛及颈部活动受限等症状均较术前有明显改善。A 组手术时间(122.2±28.0) min (80-200 min)，术前 ASIA D 级 3 例，

术后神经损伤症状缓解，恢复至 ASIA E 级；B 组手术时间 (123.8±30.5) min (85–200 min)，术前 ASIA B 级恢复至 ASIA D 级 1 例，D 级恢复至 E 级 3 例。两组患者手术时间和术中出血量比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$)。两组患者末次随访颈痛目测类比评分、NDI 较术前显著改善 ($P < 0.05$)。末次随访的 Odom 标准分级显示 A 组优良 21 例 (91%，21/23)，B 组优良 29 例 (91%，29/32)，两组比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$)，见表 3。A 组术后出现过轻度咽部疼痛 4 例，喉镜提示 I 度黏膜损伤，术后 1 周均缓解消失。B 组出现术后颈部疼痛 1 例，但不影响生活。两组患者均未出现植入物周围感染、过敏反应、免疫反应、排斥反应、神经功能恶化、切口感染等并发症。

表 3 | 两组患者术前与末次随访时目测类比评分、颈椎功能障碍指数与 Odom 分级情况

Table 3 | Visual analog scale score, neck disability index, and Odom criteria between two groups of patients before operation and at final follow-up

指标	A 组 (n=23)		B 组 (n=32)	
	术前	末次随访	术前	末次随访
目测类比评分 ($\bar{x}\pm s$)	6.2±0.7	1.0±0.2 ^a	6.0±0.9	1.1±0.4 ^a
颈椎功能障碍指数 ($\bar{x}\pm s$)	26.4±2.9	3.4±0.5 ^a	26.6±2.8	3.8±2.0 ^a
Odom 分级 (n)				
优		15		21
良		6		9
一般		2		1
差		0		0
优良率 (%)		91		91

表注：A 组患者接受后路 C₂₋₃ 固定结合经口顶棒手术，B 组接受单纯后路 C₂₋₃ 固定术。与同组术前比较，^a $P < 0.01$ 。

2.5 影像学比较 A 组成功置入 C₂ 椎弓根螺钉 46 枚，C₃ 椎弓根螺钉 26 枚，侧块螺钉 20 枚；B 组成功置入 C₂ 椎弓根螺钉 64 枚，C₃ 椎弓根螺钉 38 枚，侧块螺钉 26 枚，两组均未发现内固定松动、失败等情况。两组术前 C₂₋₃ 成角和位移差异无显著性意义 ($P > 0.05$)。术后及末次随访时，两组 C₂₋₃ 成角和位移均较术前明显减小，差异有显著性意义 ($P < 0.01$)；术后和末次随访上述指标比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$)。术后及末次随访时，A 组 C₂₋₃ 位移和成角较 B 组明显减小，差异有显著性意义 ($P < 0.05$)。见表 4。末次随访时，A 组患者均没有发生残余畸形^[14]，B 组中发生残余畸形 4 例 (13%，4/32)。

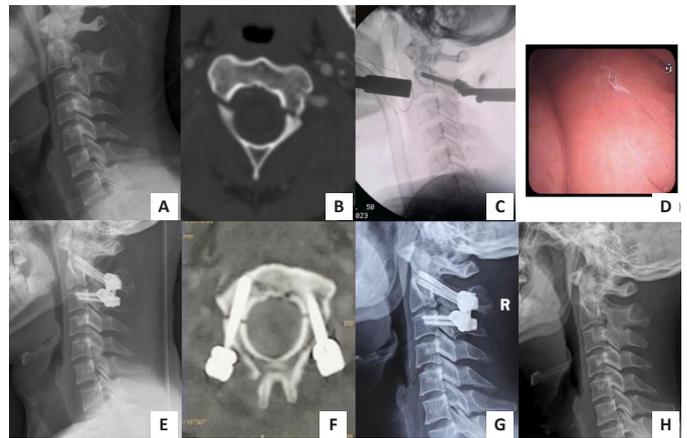
表 4 | 两组患者术前与末次随访时颈椎矢状面平衡指标比较 ($\bar{x}\pm s$)

Table 4 | Comparison of cervical sagittal balance between two groups of patients before surgery and in the final follow-up

组别	n		C ₂₋₃ 成角 (°)	C ₂₋₃ 位移 (mm)
A 组	23	术前	8.5±5.0	6.0±2.0
		术后	1.4±1.0	0.3±1.0
		末次随访	1.3±1.0 ^{ab}	0.3±1.0 ^{ab}
B 组	32	术前	8.2±5.0	5.6±1.0
		术后	2.2±2.0	1.4±1.0
		末次随访	2.3±2.0 ^a	1.4±1.0 ^a

表注：A 组患者接受后路 C₂₋₃ 固定结合经口顶棒手术，B 组接受单纯后路 C₂₋₃ 固定术。与同组术前时比较，^a $P < 0.01$ ；与 B 组同时点比较，^b $P < 0.05$ 。

2.6 典型病例 见图 5。



图注：患者车祸致颈痛伴活动受限 2 d 以上，诊断为 Hangman 骨折 II 型。该顶棒设计为改良后的顶棒。图 A，B 为颈椎侧位 X 射线片和 CT 横断位示 C₂ 椎弓根峡部骨折，C₂ 椎体移位伴 C₂₋₃ 成角畸形；C 为术中顶棒使用 C 臂 X 射线透视图；D 示术后喉镜未见咽后壁损伤；E，F 示术后 1 周复查 X 射线片、CT 见复位良好，钉道满意；G 示术后 6 个月复查，内固定位置良好，未见螺钉松动，C₂ 椎体复位良好；H 示术后 2 年复查，患者已取出内固定装置，X 射线片示骨折愈合。

图 5 | 男性 28 岁 Hangman 骨折 II 型患者的影像学图片

Figure 5 | Imaging images of a 28-year-old male patient with type II Hangman fracture

3 讨论 Discussion

3.1 不稳定 Hangman 骨折的外科治疗并不完美 治疗不稳定 Hangman 骨折的常用手术方式包括 C₂₋₃ 颈前路椎间盘切除固定融合术、单纯后路 C₂ 椎弓根螺钉固定术、后路 C₂₋₃ 钉棒系统内固定术和后前路联合固定术^[11, 16-20]。颈前路椎间盘切除固定融合术因能直接处理严重损伤的椎间盘，恢复颈椎前柱的稳定性，同时保留了颈椎的大部分活动而被应用^[16-17, 21-22]，但颈前路椎间盘切除固定融合术不能直接固定 C₂ 后弓脱离，骨折间隙仍可能明显，且复位不满意可能造成 C₂₋₃ 残余畸形^[14, 23]。许多学者也报道了后路螺钉固定的优越性^[12, 24-27]，DUGGAL 等^[28]对 Hangman 骨折的不同手术入路进行生物力学比较，发现后路 C₂₋₃ 螺钉固定比前路 C₂₋₃ 颈椎钢板以及 C₂ 峡部螺钉更有效，与前路 C₂₋₃ 钢板相比，后路 C₂₋₃ 螺钉固定提供了更好的生物力学稳定性，特别是在侧向弯曲和轴向旋转期间，后路手术对矢状面失衡矫正的长期效果整体要优于前路手术^[25, 29-32]。但不稳定 Hangman 骨折导致 C₂ 椎体和后方的椎板关节突处于不同程度的漂浮状态^[11, 13]，后路固定置钉时，在 C₂ 椎体钻孔、导针放置、攻丝和螺钉拧入的过程中，后方施加向前的力可能导致前方漂浮状态下的 C₂ 椎体难以控制，出现螺钉固定失败、术后复位不全及畸形愈合的可能^[8, 33-34]。前后路联合手术既能直接处理损伤的椎间盘，也能处理分离的骨折间隙，手术复位效果满意^[35]，但前路联合手术相比于单纯前路或者后路创伤大，出血和手术时间增加^[16]。

3.2 后路 C₂₋₃ 固定结合经口顶棒技术的可行性及优势 鉴于目前治疗 Hangman 骨折常用的术式都有术后 C₂₋₃ 残留畸形的问题, 作者团队基于后路 C₂₋₃ 固定的基础上, 使用经口顶棒技术间歇性推顶 C₂ 椎体前表面来治疗不稳定 Hangman 骨折, 即在进行钻孔、置钉等操作之前, 通过咽后壁推顶 C₂ 椎体, 使 C₂₋₃ 的位移和成角减少, 在术中颅骨牵引的作用下, 维持 C₂₋₃ 的解剖序列。操作时, 根据作用力与反作用力的原理, 避免 C₂₋₃ 的成角和位移加重, 更好地恢复 C₂₋₃ 的解剖序列。该技术既有效避免因 C₂ 椎体分离和移位、假关节形成和 C₂/C₃ 脱位而导致的畸形, 也降低了手术过程中在稳定棘突时, 由于 C₂₋₃ 韧带和椎间盘以及浮动的颅颈交界处的严重损伤而引起的脊髓和椎动脉损伤的风险, 并且防止了由浮动的 C₂ 椎板和骨折移位引起的螺钉纵向脱位^[36]。目前研究表明颈椎矢状位排列不良与颈椎前路或后路手术中的疼痛和残疾相关^[25, 37]。对于 Hangman 骨折, C₂₋₃ 成角和位移具有特别的临床意义: 它们不仅能评估骨折区域的稳定性^[38], 也能评估骨折复位的满意程度, 复位满意程度直接影响着整个颈椎序列^[38]。术后 C₂₋₃ 骨折复位不满意会加速 C₃₋₄ 的退变^[39], 从而导致上颈椎曲度发生改变, 上颈椎曲度的改变也会引起下颈椎曲度代偿性的发生变化, 加速邻椎病的发生, 造成颈椎矢状位的失衡^[40]。所以, Hangman 骨折的 C₂₋₃ 成角和移位的矫正对恢复颈椎的整体矢状位平衡起着非常重要的作用^[41]。

此次研究结果显示, 纳入的病例中均未发生椎动脉损伤及椎弓根或侧块植钉失败的情况, 全部患者未出现神经功能恶化、切口感染等并发症, 提示后路 C₂₋₃ 固定结合经口顶棒技术是可行且安全的。A 组患者术后及随访时 C₂₋₃ 位移和成角改善较 B 组明显, 后路 C₂₋₃ 固定结合顶棒技术矫正 C₂₋₃ 成角和移位更有优势, 既保持前柱的稳定的同时, 又兼顾了后路 C₂₋₃ 固定的优势, 减少了因复位不全而导致的残余畸形等问题。当然, 术后 A 组有 4 例患者出现咽后壁 I 度黏膜损伤, 术后 1 周均缓解。周虹羽等^[42]已经证实, 后路固定结合经口顶棒技术不会对咽后壁黏膜造成严重的损伤。目前对颈椎矢状位平衡的影响暂时还不清楚, 还需要更长期的研究。

3.3 后路内固定结合经口顶棒技术的使用建议 后路固定结合经口顶棒技术总体上是安全的^[13, 34, 36, 42], 在此次纳入的病例中患者术后未出现置钉失败、骨折复位不理想、神经功能恶化等情况, 但有 4 例患者在术后出现过轻度咽部疼痛, 术后喉镜提示 I 度咽后壁损伤, 术后 1 周症状均缓解消失。出现这种情况的原因可能是术中推顶咽后壁的压力强度和时长控制不佳造成的, 所以在经口顶棒使用过程中建议: ①经口腔顶压咽后壁的动作一定要缓慢、轻柔, 不能施加过大的力, 防止咽后壁的损伤;

②为了减少顶压咽后壁的时间, 应该间歇性的推顶咽后壁, 减少持续顶压时间; ③术后应常规使用喉镜观察咽后壁情况, 及时发现咽后壁水肿、损伤的情况。

此次研究仍有以下不足: ①此文为单中心回顾性研究, 病例数少, 需要进一步完善长期、大样本、随机对照的前瞻性研究; ②此次研究为回顾性研究, 并非每一个随访时间节点所有患者都获得随访资料; ③顶棒过程中助手遭受 X 射线曝光次数增加, 将来可以继续研究人工智能顶棒技术, 减少曝光风险; ④对复位效果的满意程度后续还可以通过生物力学研究验证。

总结: 综上所述, 后路 C₂₋₃ 固定治疗不稳定性 Hangman 骨折均可获得满意的疗效。C₂₋₃ 固定结合顶棒技术在改善 C₂₋₃ 成角和位移方面可能更具有优势, 有利于枢椎复位和稳定, 减少畸形愈合, 对咽后壁黏膜等软组织不会造成明显损伤, 相较于单纯后路固定可获得更好的疗效。

致谢: 感谢西南医科大学脊柱外科研究生导师王高举副教授、李广州副教授、王清教授。

作者贡献: 王高举副教授、李广州副教授、王清教授负责试验设计、实施及评估、审校, 张浩负责试验实施、成文, 李广州副教授负责评估, 张浩、张建负责数据统计分析。

利益冲突: 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让: 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范: 该研究遵守《非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND 声明)。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次文字和图表查重, 文章经小同行外审专家双盲审稿, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

4 参考文献 References

- SCHOLZ M, KANDZIORA F, KOBBE P, et al. Treatment of Axis Ring Fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J.* 2018; 8(2 Suppl):18S-24S.
- CHAUDHARY SB, MARTINEZ M, SHAH NP, et al. Traumatic atlantoaxial dislocation with Hangman fracture. *Spine J.* 2015;15(4):e15-e18.
- AL-MAHFOUDH R, BEAGRIE C, WOOLLEY E, et al. Management of Typical and Atypical Hangman's Fractures. *Global Spine J.* 2016;6(3): 248-256.
- YUNDE A, FURUYA T, ORITA S, et al. Hangman's Fracture in Geriatric Population: A Nationwide Multicenter Study in Japan. *Global Spine J.* 2023;21925682231216925. doi: 10.1177/21925682231216925.
- PROST S, BARREY C, BLONDEL B, et al. Hangman's fracture: Management strategy and healing rate in a prospective multi-centre observational study of 34 patients. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019; 105(4):703-707.
- HUR H, LEE JK, JANG JW, et al. Is it feasible to treat unstable hangman's fracture via the primary standard anterior retropharyngeal approach? *Eur Spine J.* 2014;23(8):1641-1647.

- [7] LI S, DU J, HUANG Y, et al. Comparison of the efficacies of TINAVI robot-assisted surgery and conventional open surgery for Levine-Edward type IIA (postreduction) hangman fractures. *Sci Rep.* 2023;13(1):15934.
- [8] 王清, 王松, 钟德君, 等. 不稳定性 Hangman 骨折手术入路选择 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2012,22(6):526-530.
- [9] LI G, WANG Q, LIU H, et al. Individual Surgical Strategy Using Posterior Lag Screw-Rod Technique for Unstable Atypical Hangman's Fracture Based on Different Fracture Patterns. *World Neurosurg.* 2018;119:e848-e854.
- [10] ZHANG J, LI G, WANG Q. Is it feasible to treat unstable traumatic spondylolisthesis of the axis via posterior fixation without fusion? *BMC Musculoskelet Disord.* 2023;24(1):122.
- [11] JEONG DH, YOU NK, LEE CK, et al. Posterior C2-C3 Fixation for Unstable Hangman's Fracture. *Korean J Spine.* 2013;10(3):165-169.
- [12] WANG S, WANG Q, YANG H, et al. A novel technique for unstable Hangman's fracture: lag screw-rod (LSR) technique. *Eur Spine J.* 2017;26(4):1284-1290.
- [13] 王高举, 王清, 王松, 等. 后路椎弓根置钉顶棒技术治疗 C2 椎弓根骨折的疗效 [J]. *中华创伤杂志*, 2017,33(4):327-331.
- [14] LI G, YANG Y, LIU H, et al. Residual Deformity After Anterior Cervical Discectomy and Fusion for Unstable Hangman's Fractures. *World Neurosurg.* 2017;108:216-224.
- [15] MAGERL FP. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 1984;(189):125-141.
- [16] XIE N, KHOO LT, YUAN W, et al. Combined anterior C2-C3 fusion and C2 pedicle screw fixation for the treatment of unstable hangman's fracture: a contrast to anterior approach only. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(6):613-619.
- [17] LI Z, LI F, HOU S, et al. Anterior discectomy/corpectomy and fusion with internal fixation for the treatment of unstable hangman's fractures: a retrospective study of 38 cases. *J Neurosurg Spine.* 2015;22(4):387-393.
- [18] BRISTOL R, HENN JS, DICKMAN CA. Pars screw fixation of a hangman's fracture: technical case report. *Neurosurgery.* 2005;56(1 Suppl):E204; discussion E.
- [19] MAHMOUD A, SHANMUGANATHAN K, MONTGOMERY A. Surgical Management of Hangman's Fracture: A Systematic Review. *Int J Spine Surg.* 2023;17(3):454-467.
- [20] 张帅, 张引, 李新武, 等. 两种非融合术式治疗 II 型和 II a 型 Hangman 骨折的疗效比较 [J]. *实用骨科杂志*, 2022,28(2):97-102.
- [21] SEO HY, KO JH, PARK JB, et al. Anterior C2-3 fusion surgery alone for highly displaced Hangman's fracture with severe angulation of C2-3 of more than 30°. *Clin Neurol Neurosurg.* 2021;206:106701.
- [22] 勾瑞恩, 母心灵, 崔京福, 等. 颈前路间盘切除植骨融合治疗不稳定性 Hangman 骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021,29(14):1269-1272.
- [23] 陈荣滋, 郑耿阳, 王顺民, 等. C2/C3 颈椎前路椎间盘切除融合术治疗 Hangman 骨折对下位颈椎椎间盘高度及颈椎曲度的影响 [J]. *脊柱外科杂志*, 2021,19(6):411-415.
- [24] 谭军, 贾连顺, 侯黎升, 等. C2 椎弓根拉力螺钉选择性治疗 Hangman 骨折 [J]. *中华骨科杂志*, 2002,22(11):653-656.
- [25] JIN C, XIE N, REN Y, et al. How Does Cervical Sagittal Balance Change After Hangman Fracture Treated with Anterior or Posterior Approach Surgery? *World Neurosurg.* 2020;138:e767-e77.
- [26] XU D, GAN K, WANG Y, et al. Comparison of C2-3 Pedicle Screw Fixation With C2 Spinous Muscle Complex and Iliac Bone Graft for Instable Hangman Fracture. *Front Surg.* 2021;8:723078.
- [27] 阮汉江, 金根洋, 李新武, 等. 三种后路单节段固定方式治疗 II 型 Hangman 骨折的生物力学性能 [J]. *中国组织工程研究*, 2021,25(15):2309-2314.
- [28] DUGGAL N, CHAMBERLAIN RH, PEREZ-GARZA LE, et al. Hangman's fracture: a biomechanical comparison of stabilization techniques. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(2):182-187.
- [29] 徐昊, 马迅. 手术治疗 III 型 Hangman 骨折的研究进展 [J]. *实用骨科杂志*, 2023,29(3):234-238.
- [30] 张腾飞, 梅伟. Hangman 骨折的诊断与治疗进展 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2021,10(4):281-286.
- [31] 方艳志, 徐志强, 迟寿远, 等. Hangman 骨折两种气管插管全麻下短节段固定融合 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023,31(16):1482-1487.
- [32] LONG Z, YU H, YANG H, et al. Biomedical analysis of four fixation systems in treatment of type II traumatic spondylolisthesis of the axis: a finite element analysis. *Med Biol Eng Comput.* 2024;62(3):843-852.
- [33] 雷舒澳, 王清, 李广州, 等. 机动车事故致 Hangman 骨折的临床特征分析: 一项基于多中心数据的回顾性研究 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2023,33(7):577-583.
- [34] LI G, WANG Q. Application of novel self-designed surgical tools for the safe C2 pedicle screw placement in 12 patients with Hangman fracture. *Asian J Surg.* 2023;46(6):2419-2420.
- [35] WANG J, CHEN H, CAO P, et al. Combined Anterior-Posterior Fixation and Fusion for Completely Dislocated Hangman's Fracture: A Retrospective Analysis of 11 Cases. *Clin Spine Surg.* 2017;30(8):E1050-E1054.
- [36] WANG G, JIANG D, WANG Q, et al. A novel technique using a pedicle screw and bucking bar for the treatment of hangman's fracture. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019;105(4):709-711.
- [37] IYER S, NEMANI VM, NGUYEN J, et al. Impact of Cervical Sagittal Alignment Parameters on Neck Disability. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016;41(5):371-377.
- [38] EFFENDI B, ROY D, CORNISH B, et al. Fractures of the ring of the axis. A classification based on the analysis of 131 cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1981;63-B(3):319-327.
- [39] TAKEUCHI K, YOKOYAMA T, ABURAKAWA S, et al. Inadvertent C2-C3 union after C1-C2 posterior fusion in adults. *Eur Spine J.* 2006;15(3):270-277.
- [40] 金晨, 任亦龙, 徐委, 等. 两种不同手术方式治疗不稳定性 Hangman 骨折的疗效对比 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2020,30(1):20-29.
- [41] KONG W, YANG X, LI Z, et al. Analysis of the Cervical Sagittal Alignment in Patients with Unstable Hangman Fracture Under C2-3 Anterior Discectomy and Fusion. *World Neurosurg.* 2020;137:e1-e8.
- [42] 周虹羽, 汪姝玥, 王清, 等. 解剖型顶棒辅助后路 C2 椎弓根钉内固定治疗寰枢椎不稳对咽后壁软组织的影响 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2022,37(3):246-249.

(责任编辑: GD, ZN, QY, LJY)