

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.18.007
文章编号: 1005-8982 (2026) 18-0043-08

老年疾病专题·论著

长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗Ⅲ期 Kummell病的临床研究*

楼婧, 吴广, 徐文华, 吴根发, 郑能方

(中国融通医疗健康集团有限公司鹰潭一八四医院 骨科, 江西 鹰潭 335000)

摘要: **目的** 探讨长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗Ⅲ期Kummell病的临床疗效。**方法** 选取2020年2月—2025年2月鹰潭一八四医院收治的136例Ⅲ期Kummell病患者, 采用随机数字表法分为常规组(68例, 传统椎弓根螺钉治疗)和研究组(68例, 长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗), 术后随访6个月, 比较两组围手术期指标、疼痛程度、脊柱功能情况、影像学指标、生物力学指标和并发症发生率。**结果** 研究组手术时间长于常规组($P<0.05$), 术中出血量高于常规组($P<0.05$), 住院时间短于常规组($P<0.05$)。常规组与研究组术前视觉模拟评分法(VAS)评分、Oswestry功能障碍指数(ODI)比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$)。研究组术后6个月VAS评分、ODI均低于常规组($P<0.05$)。研究组术前与术后6个月VAS评分、ODI的差值均大于常规组($P<0.05$)。常规组与研究组术前椎体前缘高度比、椎体楔变角、脊柱整体Cobb角比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$)。研究组术后6个月椎体前缘高度比高于常规组($P<0.05$), 椎体楔变角、脊柱整体Cobb角低于常规组($P<0.05$)。研究组术前与术后6个月椎体前缘高度比、椎体楔变角、脊柱整体Cobb角的差值均大于常规组($P<0.05$)。传统固定组最大轴向拔出力 and 抗扭转力矩均低于骨水泥强化组($P<0.05$)。研究组并发症总发生率低于常规组($P<0.05$)。**结论** 长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉内固定力学稳定性更优, 应用于Ⅲ期Kummell病患者可缓解疼痛, 促进脊柱功能恢复, 恢复椎体高度, 矫正脊柱畸形, 降低并发症发生率。

关键词: Kummell病; 椎弓根螺钉; 骨水泥强化; 长节段固定; 椎体塌陷

中图分类号: R687.3

文献标识码: A

Clinical study on long-segment cement-augmented pedicle screw fixation for the treatment of stage III Kummell disease*

Lou Jing, Wu Guang, Xu Wen-hua, Wu Gen-fa, Zheng Neng-fang

(Department of Orthopedics, Yingtan 184 Hospital, China RongTong Medical Healthcare Group Co.Ltd.,
Yingtan, Jiangxi 335000, China)

Abstract: **Objective** To investigate the clinical efficacy of long-segment cement-augmented pedicle screw fixation in the treatment of stage III Kummell disease. **Methods** A total of 136 patients with stage III Kummell disease admitted to Yingtan 184 Hospital between February 2020 and February 2025 were selected and randomly assigned via a random number table to either the conventional group ($n = 68$, treated with traditional pedicle screw fixation) or the study group ($n = 68$, treated with long-segment cement-augmented pedicle screw fixation). All patients were followed up for 6 months postoperatively. Perioperative indicators, pain intensity, spinal function,

收稿日期: 2025-12-31

* 基金项目: 江西省卫生健康委科技计划项目(202611364); 鹰潭市公立医院学科建设与卫生健康人才能力提升专项行动2024年度科技计划项目(20244-640749; 20244-640712)

[通信作者] 郑能方, E-mail: zheng660707@163.com

radiographic parameters, biomechanical indicators, and complication rates were compared between the two groups.

Results The study group had a longer operative time, greater intraoperative blood loss, and a shorter hospital stay than the conventional group (all $P < 0.05$). Preoperative visual analog scale (VAS) and Oswestry Disability Index (ODI) scores did not differ significantly between the two groups ($P > 0.05$). At 6 months postoperatively, VAS and ODI scores were lower in the study group than in the conventional group, and the preoperative-to-postoperative changes in both scores were greater in the study group (all $P < 0.05$). Preoperative anterior vertebral body height ratio, vertebral wedge angle, and global spinal Cobb angle did not differ significantly between the groups ($P > 0.05$). At 6 months postoperatively, the study group had a higher anterior vertebral body height ratio and lower vertebral wedge angle and global spinal Cobb angle than the conventional group; the preoperative-to-postoperative changes in all three parameters were also greater in the study group (all $P < 0.05$). The maximum axial pullout force and torsional resistance were lower in the traditional fixation group than in the cement-augmented group ($P < 0.05$). The total complication rate was lower in the study group than in the conventional group ($P < 0.05$). **Conclusion** Long-segment cement-augmented pedicle screw fixation provides superior stability. Its application in patients with stage III Kummell disease can effectively alleviate pain, promote the recovery of spinal function, restore vertebral height, correct spinal deformity, and reduce the incidence of complications.

Keywords: Kummell disease; pedicle screw fixation; cement augmentation; long-segment fixation; vertebral collapse

Kummell病又称创伤后迟发性椎体骨坏死，是一种由轻微脊柱创伤后椎体骨坏死引发的迟发性椎体塌陷疾病，其临床特征主要表现为顽固性背痛和进行性脊柱后凸^[1]。随着人口老龄化加剧及影像学技术不断进步，Kummell病检出率和发病率呈逐年上升趋势。相关研究表明，在骨质疏松性椎体压缩骨折患者中，Kummell病的发病率高达7%~37%，且患者常合并中重度骨质疏松^[2]。

Kummell病根据疾病发展进程可分为3期，其中，Ⅲ期Kummell病患者常伴有明显的神经症状和严重脊柱后凸畸形，椎体骨折不愈合，椎体缺血性坏死加重，导致椎体塌陷和椎管狭窄，对脊髓和神经造成严重压迫^[3-4]。传统椎弓根螺钉治疗作为脊柱外科经典内固定术式，在非严重骨质疏松或简单脊柱病变治疗中可快速实现脊柱稳定性重建，但因骨质疏松导致把持力不足，易出现内固定失效等问题^[5]。长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉通过在多个椎体节段植入椎弓根螺钉，并在钉道内注入骨水泥，有助于提高脊柱稳定性，减轻神经压迫^[6]。然而，关于长节段固定联合骨水泥钉道强化技术治疗Ⅲ期Kummell病的系统性临床研究尚不多见。本研究旨在探讨长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗Ⅲ期Kummell病的临床疗效。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2020年2月—2025年2月鹰潭一八四医院收治的136例Ⅲ期Kummell病患者，采用随机表法分为常规组（68例，传统椎弓根螺钉治疗）和研究组（68例，长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗）。其中常规组男性25例，女性43例；年龄50~84岁，平均 (72.57 ± 6.85) 岁；病程2~12个月，平均 (5.89 ± 1.34) 个月；病变节段： T_{11} 8例， T_{12} 22例， L_1 30例， L_2 8例。研究组男性22例，女性46例；年龄52~85岁，平均 (71.89 ± 6.87) 岁；病程2~13个月，平均 (5.93 ± 1.44) 个月；病变节段： T_{11} 10例， T_{12} 20例， L_1 31例， L_2 7例。两组上述资料比较，经 χ^2/t 检验，差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。本研究经医院医学伦理委员会批准（184YY-2020-LL-069）。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 符合Ⅲ期Kummell病^[7]诊断标准：①有明确的轻微外伤史，伤后有一段无症状的间歇期（通常为数月或数年）；②出现进行性加重的腰背部疼痛、脊柱后凸畸形，伴或不伴神经功能障碍（如下肢放射痛、麻木、无力等）；③影像学证据（X射线、CT）显示单一椎体（多见于胸腰段 $T_{11} \sim L_2$ ）椎体内真空征、椎体塌陷（椎体高度丢失 $>15\%$ ）及动态不稳定（过伸过屈

位X射线显示椎体角度或高度变化);④MRI表现: T_1WI 呈低信号, T_2WI 及压脂序列呈高信号,提示椎体内液体聚集(积液征)或骨髓水肿;⑤年龄50~85岁;⑥单一节段病变;⑦经过至少3个月的系统性保守治疗(包括但不限于卧床休息、镇痛药物、支具外固定等),疼痛或神经症状无明显缓解或持续加重;⑧患者或家属知情并签署同意书。

1.2.2 排除标准 ①由脊柱原发性或转移性肿瘤、感染(如脊柱结核、化脓性脊柱炎)或病理性骨折引起的椎体塌陷;②有既往脊柱手术史,且可能影响本次手术效果或评估;③合并严重的脊柱滑脱、椎管狭窄或脊柱侧凸;④存在严重的心、肺、肝、肾功能不全,无法耐受全身麻醉及手术创伤;⑤手术区域存在活动性感染或皮肤破损;⑥手术区域存在活动性感染或皮肤破损;⑦椎体后壁骨质严重缺损或不完整,存在较高的骨水泥向椎管内渗漏的风险;⑧患有严重的精神或认知障碍疾病(如痴呆、精神分裂症),无法配合完成手术前后评估及随访。

1.3 治疗方法

常规组采用传统椎弓根螺钉治疗,治疗流程遵循骨科常规手术操作规范。术前完善X射线、CT及MRI等影像学检查,明确椎体病变范围、脊柱后凸畸形程度及骨密度情况,同时对患者进行健康教育与心理支持,讲解手术流程与康复目标,并指导其练习俯卧位及床上活动。排除手术禁忌证后,于全身麻醉下取俯卧位,保持胸腹部悬空以减少脊柱压迫。通过解剖标志定位椎弓根进钉点,结合C型臂X线机(德国西门子公司,型号:ARCADIS Orbic 3D,国械注准20193060666)初步确认位置后,逐级钻孔、攻丝,置入适配规格的椎弓根螺钉(山东威高骨科材料股份有限公司,批号:20200105)(根据椎体大小选择直径5.5~7.0 mm、长度35~50 mm螺钉)。安装连接棒并适当加压固定以恢复脊柱序列。术后常规止血、逐层缝合切口,给予抗生素预防感染(术后24~48 h)。术后6 h内患者去枕平卧,监测生命体征至平稳;指导患者术后3~5 d开始床上四肢活动及简单腰背肌训练;加强疼痛管理与并发症预防(如鼓励深呼吸、踝泵运动等);患者逐步过渡至

佩戴支具下床活动。

研究组采用长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉的方式进行治疗。术前除常规影像学检查外,额外进行病变椎体及相邻节段的三维CT重建,精准规划椎弓根钉道路径、骨水泥注射点位及最佳剂量(根据钉道容积预估2~4 mL/钉道)。手术在全身麻醉联合C型臂X射线机实时引导下进行,患者取俯卧位,通过三维导航系统进一步确认椎弓根进钉点(偏差控制在1 mm以内)及进钉角度,先以细钻沿规划路径钻孔至预设深度,随后用专用骨水泥推杆将调配至“牙膏期”的骨水泥(德国贺利氏医疗有限公司,型号:Palacos® R,批号:20200408)缓慢注入钉道,注入过程中持续监测血压、心率变化以警惕骨水泥植入综合征,并实时观察患者肢体感觉、运动功能,及时报告异常。确保骨水泥在钉道内均匀分布且不向椎体间隙、椎管内渗漏,待骨水泥达到初凝状态(注入后3~5 min),置入匹配规格的椎弓根螺钉(美国强生医疗器材有限公司,批号:20200312)(直径6.0~7.5 mm、长度35~55 mm,具体根据椎体高度调整),并采用长节段固定方式(固定范围涵盖病变椎体上下各1~2个健康椎体),安装连接棒后根据脊柱后凸畸形矫正需求适度加压,使脊柱序列恢复至接近生理曲度。术中详细记录每枚螺钉的规格、骨水泥实际注入量及螺钉最终位置,术后常规缝合切口并放置引流管(24~48 h后拔除),术后24 h内每小时评估双下肢感觉、运动及反射,严密观察有无骨水泥渗漏所致神经损伤;保持引流管通畅,记录引流液性状;术后第1天即开始指导踝泵运动、股四头肌及腰背肌等长收缩训练;同时加强抗骨质疏松的健康指导。术后1周左右评估脊柱稳定性,符合条件者佩戴定制支具下床活动,定期影像学复查。

患者出院后随访6个月,须定期回院复查,并接受规范的抗骨质疏松治疗,方案包括:至少注射1次唑来膦酸,或使用鲑鱼降钙素 ≥ 3 个月,同时持续补充口服钙剂与维生素D。

1.4 观察指标

1.4.1 围手术期指标 比较两组患者围手术期手术时间、术中出血量、住院时间。

1.4.2 疼痛程度和功能情况 分别于术前及术后 6 个月采用视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) [8] 评估两组患者疼痛程度, 使用一条长约 10 cm 的游动标尺, 一端标有“0”分代表“无痛”, 另一端标有“10”分代表“难以忍受的最剧烈疼痛”, 患者根据自身主观疼痛感受在标尺相应位置进行标记, 评分者根据标记位置对应的刻度值 (0~10 分) 进行量化评估, 分数越高表示疼痛程度越严重。采用 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) [9] 评估两组患者功能障碍情况, 该指数包含疼痛强度、生活自理、提物、行走、坐立、站立、睡眠、性生活、社交活动和旅行共 10 个方面, 每项 0~5 分, 总分 50 分, 得分越高表示功能障碍越严重。

1.4.3 影像学指标 所有患者于术前及术后 6 个月进行站立位脊柱正侧位 X 射线及 CT 扫描检查, 测量两组患者椎体前缘高度比、椎体楔变角、脊柱整体 Cobb 角。

1.4.4 生物力学指标 采用人工骨质疏松椎体模型 (美国 Pacific Research Laboratories 公司, 型号: Sawbones® #1522-505) 20 个, 随机分为骨水泥强化组与传统固定组, 每组 10 个模型, 进行生物力学测试。将椎弓根螺钉置入椎体后, 使用电子万能材料试验机 (美国 Instron 公司, 型号: Instron 8874) 以 5 mm/min 恒定速率沿螺钉长轴方向进行拔出测试。记录螺钉被完全拔出或发生显著位移 (位移超过 5 mm) 时所承受的最大力值。固定椎体, 对螺钉尾部施加扭转力, 记录螺钉发生明显松动或旋转时的最大扭矩值。

1.4.5 并发症发生率 统计两组患者骨水泥渗漏、感染、神经损伤、螺钉松动等并发症发生情况。

1.5 统计学方法

数据分析采用 SPSS 28.0 统计软件。计数资料以率 (%) 表示, 比较用 χ^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 两组围手术期指标比较

常规组与研究组手术时间、术中出血量和住院时间比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 研究组手术时间长于常规组 ($P < 0.05$), 术中出血量高于常规组 ($P < 0.05$), 住院时间短于常规组 ($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 两组围手术期指标比较
($n=68$, $\bar{x} \pm s$)

组别	手术时间/min	术中出血量/mL	住院时间/d
常规组	85.46 $\pm$ 12.33	92.58 $\pm$ 20.26	10.24 $\pm$ 2.65
研究组	118.34 $\pm$ 15.68	115.32 $\pm$ 24.83	8.26 $\pm$ 1.87
t 值	13.593	5.851	5.034
P 值	0.000	0.000	0.000

2.2 两组手术前后 VAS 评分、ODI 的变化

常规组与研究组术前 VAS 评分、ODI 比较, 经 t 检验, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。常规组与研究组术后 6 个月 VAS 评分、ODI 比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 研究组术后 6 个月 VAS 评分、ODI 均低于常规组 ($P < 0.05$)。常规组与研究组术前与术后 6 个月 VAS 评分、ODI 的差值比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 研究组术前与术后 6 个月 VAS 评分、ODI 的差值均大于常规组 ($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 两组手术前后 VAS 评分、ODI 比较 ($n=68$, 分, $\bar{x} \pm s$)

组别	VAS 评分			ODI		
	术前	术后 6 个月	差值	术前	术后 6 个月	差值
常规组	7.69 $\pm$ 1.10	3.24 $\pm$ 0.86	4.45 $\pm$ 0.98	37.48 $\pm$ 6.73	16.89 $\pm$ 5.13	20.59 $\pm$ 5.21
研究组	7.76 $\pm$ 1.13	2.10 $\pm$ 0.57	5.66 $\pm$ 1.05	37.85 $\pm$ 6.32	10.87 $\pm$ 3.11	26.98 $\pm$ 4.87
t 值	0.366	9.111	6.947	0.330	8.275	7.389
P 值	0.715	0.000	0.000	0.742	0.000	0.000

2.3 两组手术前后影像学指标的变化

常规组与研究组术前椎体前缘高度比、椎体楔变角、脊柱整体 Cobb 角比较, 经 t 检验, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。常规组与研究组术后 6 个月椎体前缘高度比、椎体楔变角、脊柱整体 Cobb 角比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 研究组术后 6 个月椎体前缘高度比高于

常规组 ($P<0.05$), 椎体楔变角、脊柱整体 Cobb 角低于常规组 ($P<0.05$)。常规组与研究组术前与术后 6 个月椎体前缘高度比、椎体楔变角、脊柱整体 Cobb 角的差值比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 研究组术前与术后 6 个月椎体前缘高度比、椎体楔变角、脊柱整体 Cobb 角的差值均大于常规组 ($P<0.05$)。见表 3。

表 3 两组手术前后影像学指标比较 ($n=68, \bar{x} \pm s$)

组别	椎体前缘高度比/%			椎体楔变角/(°)			脊柱整体 Cobb 角/(°)		
	术前	术后 6 个月	差值	术前	术后 6 个月	差值	术前	术后 6 个月	差值
常规组	58.23 ± 7.24	78.69 ± 7.73	20.46 ± 5.21	27.46 ± 4.37	15.38 ± 3.24	12.08 ± 3.11	30.47 ± 6.79	18.74 ± 3.91	11.73 ± 4.12
研究组	57.95 ± 7.76	88.94 ± 6.43	30.99 ± 4.98	27.78 ± 4.25	9.98 ± 2.76	17.80 ± 3.24	30.68 ± 6.46	12.83 ± 3.13	17.85 ± 3.89
t 值	0.218	8.406	12.048	0.433	10.462	10.503	0.185	9.730	8.907
P 值	0.828	0.000	0.000	0.666	0.000	0.000	0.854	0.000	0.000

2.4 两种治疗方式的生物力学指标比较

传统固定组与骨水泥强化组最大轴向拔出力、抗扭转力矩比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 传统固定组最大轴向拔出力和抗扭转力矩均低于骨水泥强化组 ($P<0.05$)。见表 4。

表 4 两种治疗方式的生物力学指标比较
($n=10, \bar{x} \pm s$)

组别	最大轴向拔出力/N	抗扭转力矩/(N·m)
传统固定组	245.38 ± 33.45	3.83 ± 0.86
骨水泥强化组	428.76 ± 45.33	6.47 ± 1.24
t 值	10.294	5.532
P 值	0.000	0.000

2.5 两组并发症总发生率比较

常规组与研究组并发症总发生率比较, 经 χ^2 检验, 差异有统计学意义 ($\chi^2=4.561, P=0.033$); 研究组并发症总发生率低于常规组 ($P<0.05$)。见表 5。

表 5 两组并发症总发生率比较
[$n=68$, 例(%)]

组别	骨水泥渗漏	感染	神经损伤	螺钉松动	总发生率
常规组	0(0.00)	3(4.41)	2(2.94)	10(14.71)	15(22.06)
研究组	2(2.94)	2(2.94)	1(1.47)	1(1.47)	6(8.82)

2.6 典型病例

男性患者, 64 岁, 因腰部疼痛伴活动受限 3 个月入院。患者诉 3 个月前摔伤致腰部疼痛伴活动受限, 在外院行椎体成形术, 术后疼痛缓解约 1 个月, 随后出现持续性腰部疼痛, 翻身活动时疼痛剧烈, 无法独立行走。术前评估: VAS 评分为 8.2 分, ODI 为 68.5%, 提示重度疼痛及严重功能受限。术前影像学检查: X 射线、CT 及 MRI 显示 T₁₂ 椎体内骨水泥占位, 椎体前缘高度塌陷约 1/3, 椎体内可见典型“真空征”(见图 1A~D), 结合病史及影像学表现, 明确诊断为Ⅲ期 Kummell 病(T₁₂ 椎体)。患者行后路长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉内固定术, 术后第 2 天, 患者疼痛明显缓解, VAS 评分降至 3.1 分, 可佩戴支具下床活动, ODI 指数改善至 32.7%。复查 X 射线显示伤椎高度恢复良好, 椎体前缘高度比提升至 86.5%, 椎体楔变角矫正至 12.3°, 脊柱整体 Cobb 角改善至 15.8°(见图 1E、F)。术后 12 个月随访时, 患者腰背部无疼痛, 日常生活完全自理, VAS 评分稳定在 1.2 分, ODI 指数进一步改善至 12.8%, 提示功能恢复良好。影像学复查显示椎体内部分骨小梁形成, 内固定位置良好, 伤椎高度维持稳定, 椎体前缘高度比为 85.7%, 椎体楔变角 13.1°, 脊柱整体 Cobb 角 16.2°(见图 1G、H)。

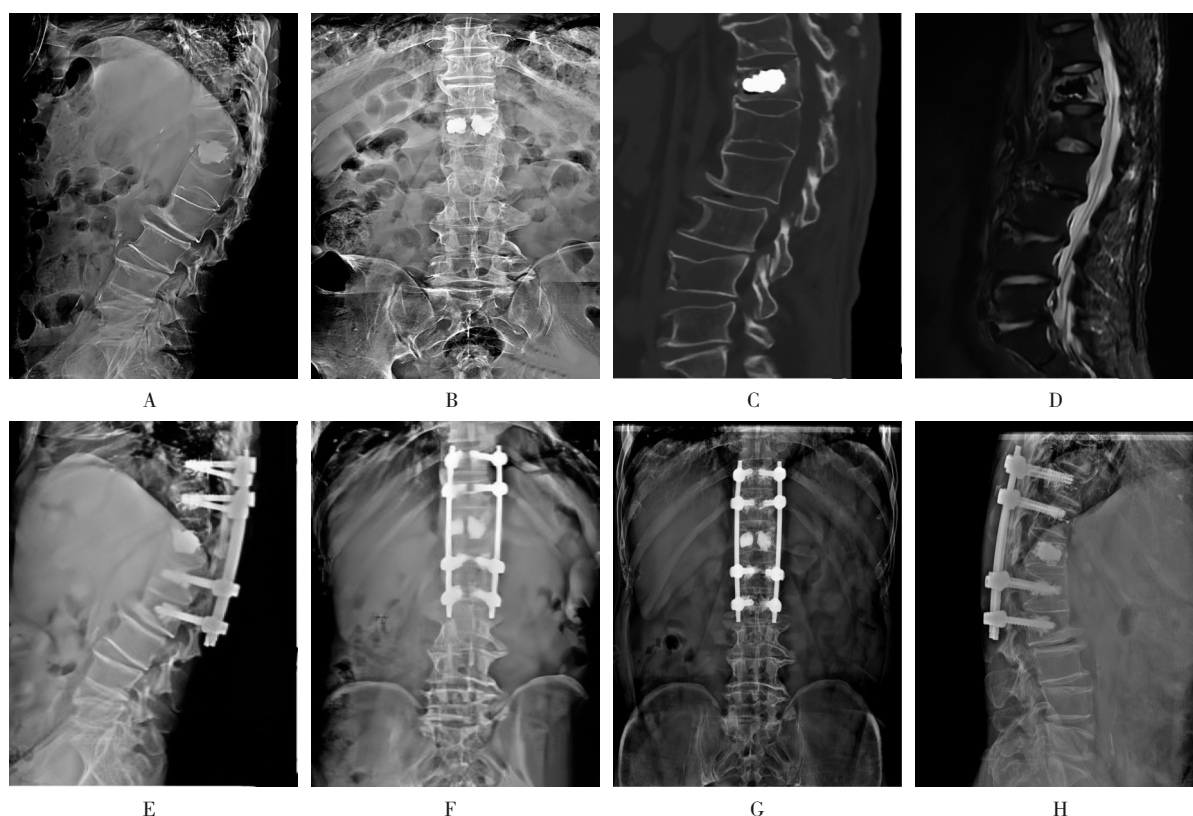


图1 典型病例

3 讨论

研究指出,Ⅲ期是Kummell病最严重的阶段,患者常伴有明显的神经症状,如肢体麻木、无力、大小便失禁等,严重影响生活质量^[10]。同时,患者还会出现严重的脊柱后凸畸形,导致身体外观改变,心肺功能也可能受到影响。传统椎弓根螺钉治疗具有操作技术成熟、临床应用经验丰富、对特殊辅助设备(如三维导航、实时影像引导)依赖度相对较低等优点,在临床上得到广泛应用^[11]。但余照宇等^[12]研究显示,传统椎弓根螺钉治疗置钉精度依赖解剖标志易出现偏差,导致脊柱稳定性重建效果有限,术后螺钉松动、内固定失效等并发症风险较高。长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗通过长节段椎弓根螺钉结合骨水泥钉道强化,可增强Ⅲ期Kummell病患者骨质疏松病椎及邻近椎体的螺钉固定稳定性^[13]。

本研究结果发现,研究组手术时间长于常规组,术中出血量高于常规组。可能是因为长节段固定需要在多个椎体节段进行操作,包括更多的椎弓根螺钉置入和骨水泥注入步骤,手术过程更

为复杂,涉及解剖结构更多,需要医生花费更多时间来确保每一步操作的准确性和安全性^[14]。同时,长节段手术需要更广泛地剥离椎旁肌肉和软组织,以充分暴露多个椎体节段,这不可避免地会损伤更多血管,导致出血量增加。但这些差异是由手术方式的本质特点决定的,且在合理的可控范围内。手术医生在术前应充分评估患者病情和身体状况,做好充足准备,以应对手术过程中可能出现的问题,确保手术安全和成功。而研究组住院时间短于常规组,则得益于骨水泥钉道强化提升了螺钉在骨质疏松病椎及邻近椎体固定稳定性,有效减少了并发症风险,促进患者脊柱功能早期恢复,使患者更快达到临床出院指征,整体治疗周期更短。尽管这些差异源于术式本身的复杂性,但临床中可通过以下策略优化:①术前精准规划。利用三维CT重建和导航技术预先确定钉道位置、角度及骨水泥注入量,缩短术中透视和调整时间。②微创技术应用。采用经皮或微创通道置钉技术,减少椎旁肌肉剥离,降低术中出血量。③团队配合与学习曲线。随着术者经验积累,手术熟练度提高可有效缩短操作时间。

本研究结果发现,研究组术后 6 个月 VAS 评分和 ODI 均低于常规组,提示长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗可缓解患者疼痛,促进脊柱功能恢复。竺军高等^[15]研究显示,长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉通过骨水泥与钉道骨质的紧密结合,提升螺钉在Ⅲ期 Kummell 病患者骨质疏松病椎及邻近椎体固定稳定性,减少了因固定不牢导致脊柱力学不稳定引发的慢性疼痛。疼痛的有效控制可为患者早期开展脊柱功能康复锻炼创造有利条件,稳定的内固定为脊柱功能恢复提供可靠的力学支撑,避免因固定不稳导致活动受限或活动后疼痛加重,帮助患者逐步恢复脊柱屈伸、旋转等功能,改善日常生活活动能力^[16]。

本研究结果发现,术后 6 个月研究组椎体前缘高度比高于常规组,椎体楔变角和脊柱整体 Cobb 角小于常规组,提示长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗可恢复病椎高度,矫正患者脊柱畸形。长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉通过骨水泥与钉道骨质弥散融合形成刚性锚定结构,使内固定系统获得更强的即刻力学稳定性,手术中可借助该稳定支撑进行更充分、精准的病椎撑开复位,确保病椎前缘高度得到有效恢复且不易丢失。贺国等^[17]研究发现,骨水泥强化后的长节段固定能形成持续、可靠脊柱力学支撑,有效抵抗术后脊柱自身重力及活动时的应力作用,防止病椎再次塌陷导致楔变角增大,且稳定的内固定可更好地维持矫正后的脊柱力线,减少畸形复发风险,降低椎体楔变角和脊柱整体 Cobb 角,实现更优的畸形矫正效果。

本研究结果发现,骨水泥强化组最大轴向拔出力和抗扭转力矩均大于传统固定组,提示长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉的内固定力学稳定性更优,尤其在抵抗轴向拔出和扭转应力方面的能力优于传统固定方式。核心原因在于骨水泥注入钉道后会与椎弓根骨质、螺钉表面形成紧密的弥散融合与机械锁合结构,填充了螺钉与骨质间微小间隙、消除传统固定中可能存在的微动空间,通过骨水泥刚性连接提升钉道对螺钉的把持力,而传统固定仅依赖螺钉螺纹与骨质的机械咬合,在Ⅲ期 Kummell 病患者骨质疏松的病椎中易因骨质把持力不足导致力学性能受限^[18]。研究显示,骨水

泥与骨质的界面结合强度远高于传统螺钉与骨质疏松骨质的咬合强度,配合长节段固定整体力学传导优势,可分散轴向及扭转应力对单个钉道的集中作用,提高最大轴向拔出力和抗扭转力矩^[19]。本研究结果发现,研究组并发症总发生率低于常规组,采用长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗可降低Ⅲ期 Kummell 病患者并发症发生率。其中,研究组发生 2 例骨水泥渗漏,均为无症状性椎旁渗漏,1 例为椎体后壁存在微小骨皮质缺损,骨水泥注入过程中压力稍高导致少量渗漏至椎旁软组织;另 1 例为螺钉置入时骨水泥沿钉道螺纹溢出,考虑与骨水泥注入后螺钉拧入时机稍早、骨水泥未完全聚合有关。针对此类情况,临床可采取以下预防措施:①严格把握适应证。术前通过 CT 薄层扫描评估椎体后壁完整性,对存在明显缺损者慎用或调整注射策略。②优化注射技术。采用分次、低压注射,并在骨水泥“拉丝期”后期注入,避免过早置钉。③实时监测。术中持续 C 臂透视观察骨水泥分布,一旦发现渗漏立即停止注射。本研究 2 例患者因及时发现且渗漏范围局限,未导致神经损伤等严重后果,随访 6 个月预后良好。这一结果提示,在严格规范操作下,骨水泥渗漏风险可控,但术者仍需保持高度警惕。吴迪等^[20]研究结果显示,长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗可降低因骨质疏松导致的螺钉松动、移位等并发症发生率,与本研究结果一致。

但本研究尚存在以下局限性:首先,作为单中心研究,样本量相对有限,可能存在选择性偏倚;其次,6 个月的随访周期对于评估内固定远期稳定性、骨水泥相关并发症(如邻椎骨折)及脊柱功能长期维持仍显不足;最后,生物力学测试采用人工骨模型,虽可标准化比较,但无法完全模拟体内复杂生理环境。后续研究将计划开展多中心、前瞻性随机对照试验,通过扩大样本量并纳入不同种族及年龄层次的患者,进一步提升研究结果的普适性与临床参考价值。同时,将随访周期延长至 2 年以上,以动态观察影像学及功能学指标的远期变化,系统评估内固定失败、邻椎病等远期并发症发生情况,为手术方案远期安全性提供更充分的循证依据。在此基础上,拟引入有限元分析方法,结合患者个体化 CT 数据构建三维

有限元模型, 深入探究骨水泥分布、螺钉置入角度等因素对脊柱生物力学的影响机制, 为临床个体化手术方案优化设计提供理论支撑。

综上所述, 长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉内固定力学稳定性更优, 应用于Ⅲ期 Kummell 病患者可缓解疼痛, 促进脊柱功能恢复, 恢复椎体高度, 矫正脊柱畸形, 降低并发症发生率。

参 考 文 献:

- [1] 周鸿猷, 傅栋铭, 李然, 等. 经皮椎体成形术与经皮椎体后凸成形术治疗周壁硬化型Ⅲ期 Kummell 病的疗效比较[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(4): 37-41.
- [2] Ko M J, Lee B J. Kummell's disease is becoming increasingly important in an aging society: a review[J]. Korean J Neurotrauma, 2023, 19(1): 32-41.
- [3] Chen S W, Yang D, Zhuo C, et al. Comparative analysis of percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty in the treatment of Stage III Kummell's disease without neurological symptoms: a retrospective study[J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1): 515.
- [4] Tang B B, Hu S J, Yuan Y F, et al. Efficacy and safety of vertebroplasty versus posterior pedicle screw in treating stage III Kummell's disease without neurological deficits: a systematic review and meta-analysis[J]. J Int Med Res, 2025, 53(7): 3000605251353732.
- [5] 王海峰, 曾忠友, 裴斐, 等. 后路腰椎椎间融合术中使用皮质骨轨迹椎弓根螺钉或传统椎弓根螺钉治疗骨质疏松性腰椎退行性疾病[J]. 脊柱外科杂志, 2024, 22(6): 411-416.
- [6] 张良, 王强, 王林, 等. 骨水泥强化螺钉技术对老年人脊柱后凸畸形截骨矫形长节段固定融合的影响[J]. 中华老年医学杂志, 2017, 36(8): 881-885.
- [7] Li K C, Wong T U, Kung F C, et al. Staging of Kummell's disease[J]. J Musculoskelet Res, 2004, 8(1): 43-55.
- [8] 柴旭斌, 周英杰, 嵇汉杰, 等. 经皮椎体成形术对脊柱肿瘤及椎体转移瘤患者 VAS 评分及效果的影响分析[J]. 实用癌症杂志, 2023, 38(10): 1725-1728.
- [9] 仓定伟. 经椎弓根伤椎椎体内植骨联合短节段内固定治疗单节段骨质疏松性脊柱骨折的临床效果[J]. 中国医学创新, 2024, 21(29): 15-19.
- [10] Zhang J Q, Zeng Z Y, Lu H G, et al. A comparative study of PSPVP and PSIBG in the treatment of stage II-III Kummell's disease[J]. Biomed Mater Eng, 2023, 34(3): 261-276.
- [11] 袁振, 陈赢, 张群虎, 等. 触摸法经皮椎弓根螺钉内固定术治疗胸腰椎骨折临床观察[J]. 山东医药, 2018, 58(44): 9-13.
- [12] 余照宇, 谭黎鑫, 孙凯, 等. 骨水泥强化椎弓根螺钉治疗骨质疏松性胸腰椎退行性疾病的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(5): 813-820.
- [13] 孙育良, 熊小明, 万冠, 等. 短节段与长节段骨水泥强化固定联合椎体成形术治疗Ⅲ期 Kummell 病疗效比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34(10): 1275-1280.
- [14] Olbrycht T, Latka K, Kolodziej W, et al. Cement-augmented pedicle screw fixation in patients with osteoporosis: safety, efficacy and complications[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2025, 68(2): 127-136.
- [15] 竺军高, 万双林, 宁磊, 等. 长节段椎弓根螺钉复位内固定联合椎体后凸成形术治疗Ⅲ期可复型 Kummell 病的临床效果[J]. 中华外科杂志, 2022, 60(3): 230-236.
- [16] 王海峰, 裴斐, 曾忠友, 等. 长节段椎弓根钉固定联合伤椎植骨治疗Ⅲ期 Kummell 病[J]. 临床骨科杂志, 2025, 28(2): 161-164.
- [17] 贺国, 王洪, 毕岩, 等. 骨水泥强化椎弓根螺钉联合经皮椎体成形术治疗无神经症状 Kummell 病Ⅲ期患者疗效观察[J]. 海南医学, 2022, 33(12): 1548-1551.
- [18] Wang Y T, Yang L, Li C D, et al. A biomechanical study on cortical bone trajectory screw fixation augmented with cement in osteoporotic spines[J]. Global Spine J, 2023, 13(8): 2115-2123.
- [19] Wang C, Chu Y W, Lv C T. Pedicle screw fixation plus cement augmentation or cement augmentation only for osteoporotic vertebral compression fracture: a systematic review and meta-analysis[J]. World Neurosurg, 2025, 197: 123952.
- [20] 吴迪, 陈峰. 骨水泥强化联合经伤椎椎弓根螺钉内固定术治疗老年骨质疏松性胸腰椎爆裂性骨折的临床研究[J]. 解放军医药杂志, 2021, 33(11): 89-92.

(李科 编辑)

本文引用格式: 楼婧, 吴广, 徐文华, 等. 长节段骨水泥钉道强化椎弓根螺钉治疗Ⅲ期 Kummell 病的临床研究[J]. 中国现代医学杂志, 2026, 36(18): 43-50.

Cite this article as: Lou J, Wu G, Xu W H, et al. Clinical study on long-segment cement-augmented pedicle screw fixation for the treatment of stage III Kummell disease[J]. China Journal of Modern Medicine, 2026, 36(18): 43-50.