



安徽医科大学学报

Acta Universitatis Medicinalis Anhui

ISSN 1000-1492, CN 34-1065/R

## 《安徽医科大学学报》网络首发论文

题目： 颈椎前路零切迹椎间融合与传统钛板联合椎间融合治疗三节段颈椎病的早期疗效分析

作者： 单涛，王飞，李春，董洲，倪志豪，郑科

网络首发日期： 2026-06-09

引用格式： 单涛，王飞，李春，董洲，倪志豪，郑科. 颈椎前路零切迹椎间融合与传统钛板联合椎间融合治疗三节段颈椎病的早期疗效分析[J/OL]. 安徽医科大学学报. <https://link.cnki.net/urlid/34.1065.R.20260609.1437.002>



**网络首发：**在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认：**纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

# 颈椎前路零切迹椎间融合与传统钛板联合椎间融合治疗三节段颈椎病的早期疗效分析

单涛<sup>1</sup>, 王飞<sup>2</sup>, 李春<sup>1</sup>, 董洲<sup>1</sup>, 倪志豪<sup>1</sup>, 郑科<sup>1</sup>

[<sup>1</sup> 安徽医科大学第三附属医院（合肥市第一人民医院）脊柱外科，合肥 230061；

<sup>2</sup> 中国人民解放军总医院第七医学中心骨科，北京 100700]

**摘要 目的** 探讨颈椎前路零切迹椎间融合（Zero-P）与传统钛板联合椎间融合（ACDF-plate）治疗三节段颈椎病的临床效果，为优化三节段颈椎病的手术策略提供参考。**方法** 采用回顾性对比分析方法，纳入 113 例颈椎病患者，按手术方案不同将患者分为 Zero-P 组（51 例）与 ACDF-plate 组（62 例）。采用评价指标包括两组的手术时间、手术出血量、住院时间、视觉模拟评分（VAS）、颈椎活动度（ROM）测定、颈椎功能障碍指数（NDI）、颈椎残障指数（CDI）、日本骨科协会（JOA）评分以及术后并发症发生率等。**结果** 与 ACDF-plate 组对比，Zero-P 组手术时间更短、术中出血量更少（ $P<0.05$ ）；术后 1 d、1 周颈痛 VAS 评分更低（ $P<0.05$ ），术后 1 月颈椎前屈活动度更高（ $P<0.05$ ）；术后 3 月 JOA 评分更高，NDI、CDI 评分更低（ $P<0.05$ ）；总并发症发生率（11.76%）低于钢板固定组（35.48%），其中颈部异物感/僵硬发生率更低（ $P<0.05$ ）。**结论** Zero-P 不仅具备与 ACDF-plate 相当的安全性和有效性，更在促进早期康复方面体现出显著的微创理念价值，两者在生物力学维系与微创获益上各有侧重。研究为三节段颈椎病的个体化与精准化手术决策提供了明确的循证学参考。

**关键词** 颈椎前路；零切迹椎间融合；传统钛板联合椎间融合；三节段颈椎病；并发症

**中图分类号** R681.5

**文献标志码** A

## Analysis of the early efficacy of anterior cervical zero-profile interbody fusion and traditional titanium plate combined interbody fusion in the treatment of three-segment cervical spondylosis

Shan Tao<sup>1</sup>, Wang Fei<sup>2</sup>, Li Chun<sup>1</sup>, Dong Zhou<sup>1</sup>, Ni Zhihao<sup>1</sup>, Zheng Ke<sup>1</sup>

基金项目：安徽省教育厅科学研究项目（编号：2025AHGXZK20260）

作者简介：单涛，男，硕士研究生；

郑科，男，硕士，副主任医师，硕士生导师，通信作者，E-mail:

spinek2020@163.com

(<sup>1</sup>Department of Spine Surgery, The Third Affiliated Hospital of Anhui Medical University, The First People's Hospital of Hefei City, Hefei 230061; <sup>2</sup>Department of Orthopedics, The Seventh Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100700)

**Abstract** **Objective** To evaluate the comparative clinical outcomes of zero-profile interbody fusion (Zero-P) and traditional anterior cervical discectomy and fusion with titanium plate (ACDF-plate) for three-level cervical spondylosis, providing a reference to optimize surgical strategies for three-level cervical spondylosis. **Methods** In this retrospective comparative study, 113 patients were included and assigned to either the Zero-P group ( $n=51$ ) or the ACDF-plate group ( $n=62$ ) according to their surgical approaches. Clinical outcomes were evaluated and compared between the two groups using operative time, intraoperative blood loss, length of hospital stay, visual analog scale (VAS) scores, cervical range of motion (ROM), neck disability index (NDI), Cervical Disability Index (CDI), Japanese orthopaedic association (JOA) scores, and postoperative complication rates. **Results** Compared with the ACDF-plate group, the Zero-P group had a shorter operative time and less intraoperative blood loss ( $P<0.05$ ); the neck pain VAS score was lower on the 1st day and 1st week after surgery ( $P<0.05$ ); the cervical flexion range of motion was higher at 1 month after surgery ( $P<0.05$ ); the JOA score was higher at 3 months after surgery, while the NDI and CDI scores were lower ( $P<0.05$ ); the total incidence of complications (11.76%) was significantly lower than that in the plate fixation group (35.48%), and the incidence of neck foreign body sensation/stiffness was lower ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Zero-P not only demonstrates safety and efficacy comparable to the ACDF-plate, but also highlights the significant value of the minimally invasive concept in facilitating early recovery. Both procedures have their respective emphasis on biomechanical maintenance and minimally invasive benefits, providing a clear evidence-based reference for individualized and precise surgical decision-making in three-level cervical spondylosis. **Key words** anterior cervical approach; zero-profile interbody fusion; traditional titanium plate combined with interbody fusion; three-segment cervical spondylosis; complication

**Fund program** Anhui Provincial Department of Education Scientific Research Project (No. 2025AHGXZK20260)

**Corresponding author** Zheng Ke, E-mail: spinek2020@163.com

颈椎病是脊柱退行性疾病的典型代表, 对其进行准确的临床评估对治疗策略的选择至关

重要<sup>[1]</sup>。传统前路术式存在吞咽困难等并发症，促使零切迹椎间融合（zero-profile interbody fusion, Zero-P）应运而生<sup>[2]</sup>。近年来，颈椎前路 Zero-P 与传统钛板联合椎间融合（anterior cervical discectomy and fusion-plate, ACDF-plate）的临床适用性成为研究热点<sup>[3]</sup>。虽然两术式相对成熟，但目前研究多集中于单、双节段，双节段病变由于涉及范围广、生物力学复杂且并发症发生风险显著增加，其最佳手术方案仍存巨大争议<sup>[4]</sup>。从生物力学角度而言，Zero-P 可减小内置物体积，理论上能降低吞咽困难发生风险；ACDF-plate 在维持椎间高度及稳定性方面更具优势<sup>[3]</sup>。然而，现有相关研究多数缺乏长期随访数据，且针对双节段的分析极为匮乏<sup>[5]</sup>。因此，该研究系统对比两种术式治疗双节段颈椎病的功能学等指标差异，旨在为临床个体化、精准化手术策略的制定提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 病例资料

本研究运用回顾性分析研究设计，收集 2020 年 1 月—2023 年 12 月在安徽医科大学第三附属医院（合肥市第一人民医院）脊柱外科及中国人民解放军总医院第七医学中心骨科接受颈椎前路手术（Zero-P 与 ACDF-plate）的三节段颈椎病患者。纳入标准：年龄 18~75 岁；经颈椎正侧位、过伸过屈位 X 线、CT 及磁共振成像证实为颈椎病（神经根型或脊髓型）；符合颈椎前路手术适应症；病程达 6 个月以上，且保守治疗无效。排除标准：曾接受颈椎手术、严重骨丢失（T 值  $\leq -2.5$ ）且发生过脆性骨折的严重骨质疏松症、后凸畸形严重（C2-C7 角  $< -10^\circ$ ）、颈椎外伤致颈脊髓损伤、患有感染性疾病、存在恶性肿瘤、患有精神系统疾病、随访时间不足 18 个月。

本研究采用纳入排除标准评估框架基于诊断标准（按照《脊柱外科疾病诊疗指南》实行）、手术适应症（神经压迫症状和影像学表现一致）及随访完整性（随访不少于 18 个月）这三个方面开展系统评估。纳入 113 例患者，其中男性 53 例，占比 47%，女性 60 例，占比 53%，年龄为 34~78（ $53.63 \pm 12.72$ ）岁，病程为 5~45（ $17.52 \pm 12.00$ ）个月。两组患者的一般资料数据经统计学分析差异无统计学意义，具有可比性。见表 1。

### 1.2 手术方法

本研究所有病例均由主任医师主刀完成，采用标准化手术操作流程，对 Zero-P 与 ACDF-plate 手术过程进行详细记录。两组患者皆严格按照标准化预防感染方案执行，术前 30 min 使用头孢唑林钠（2 g）进行预防治疗，术后 48 h 内预防使用。两种术式都是以颈前右侧入路进行，责任间隙暴露后，依次将椎间盘和椎体后缘骨赘彻底切除，咬除后纵韧带充分减压。Zero-P 组采用 PEEK 材质的 Zero-P 融合器分别进行植入，并以自体骨或同种异体骨填充，

通过内置锁定机制实现稳定固定；ACDF-plate 组则植入钛合金材质的钛板与椎间融合器依靠钛板螺钉提供额外支撑，同样以自体骨或同种异体骨填充。关键技术的差别体现在固定方式上，所有手术术中严格止血，防止过度牵拉喉返神经，调整融合器的位置达到最佳的生物力学状态。

### 1.3 观察统计指标及功能评价

观察并统计 2 组手术时间、术中出血量、住院时长、手术切口长度等，运用多维度的临床评价指标体系和视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS)，对 2 种颈椎前路术式的疗效予以系统性评估：包含 4 个方面，即疼痛、神经功能、颈椎活动度 (range of motion, ROM) 及术后并发症情况，以此来保证评估的全面性与客观性。疼痛程度采用 VAS 评分法量化评估。神经功能恢复评估采用国际通用的日本骨科学会 (Japanese orthopaedic association, JOA) 评分系统及颈椎功能障碍指数 (neck disability index, NDI)、颈椎残障指数 (cervical disability index, CDI) 用来综合体现神经脊髓压迫的改善程度及患者的心理生理恢复情况。ROM 测量采用的是 ROM 量角器标准测量方法，分别统计术前、术后 1 月、术后 3 月、末次随访的颈椎前屈/后伸、左右侧屈及旋转度数。影像学评估包括术前、术后、术前后椎间隙高度差异，测量方法于术前及末次随访颈椎侧位 X 线片上，分别测量手术相邻 3 个融合节段的椎间隙前缘高度、后缘高度，取三者平均值作为该节段椎间高度；最终以 3 个手术节段椎间高度的均值作为患者术后椎间高度评估指标。融合评估标准涵盖以下内容：术后 3 月、6 月及末次随访分别拍摄颈椎动力位 X 线片及颈椎 CT 进行观察，评估融合器内固定位置是否稳定、终板骨融合状况 (骨融合判定标准为：颈椎动力位 X 线片示相邻椎体间成角 $<2^{\circ}$ 、相对位移 $<1\text{ mm}$ ，或 CT 矢状位重建显示融合器与上下终板间有连续的骨小梁通过)。并发症发生率指标包括吞咽不适/吞咽困难、颈部异物感/僵硬、相邻节段退变及螺钉松动相关内固定并发症。

### 1.4 统计学处理

采用 SPSS 25.0 统计软件进行数据分析，连续变量以均数 $\pm$ 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，组间比较采用独立样本  $t$  检验；分类变量以频数 (百分比) 表示，采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法进行统计学分析。对于重复测量数据 (如不同时间点的 VAS 评分、ROM 等)，采用混合效应线性模型进行分析。模型中，将手术方式 (Zero-P 组与 ACDF-plate 组)、随访时间点及其交互作用设定为固定效应，将患者个体差异设定为随机效应，以控制个体内部测量的相关性。将显著性水平设定为  $P < 0.05$  (双侧检验) 为有统计学意义。所有变量均进行正态性检验和方差齐性检验，非正态分布数据采用对数转换或非参数方法处理。

## 2 结果

## 2.1 手术及术后恢复相关指标比较

与 ACDF-plate 组比较, Zero-P 组手术时间、手术切口长度及术中出血量均降低, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。提示 Zero-P 术式的微创特性可有效缩短手术时长、减少术中失血, 降低手术相关创伤风险。Zero-P 组与 ACDF-plate 组在住院时长及椎间融合时长上差异无统计学意义, 表明两种术式对患者术后短期住院恢复的影响相近。见表 2。

## 2.2 疼痛缓解、功能恢复情况

采用重复测量方差分析对两组术前及术后不同时间点的 VAS 评分进行检验。在颈痛缓解方面, 结果显示时间主效应极显著 ( $F=601.183, P < 0.001$ ), 说明随术后时间延长, 两组颈痛均得到显著改善; 手术方式的分组主效应显著 ( $F=10.027, P=0.002$ ), 提示 Zero-P 组总体颈椎轴性疼痛控制优于 ACDF-plate 组; 时间与分组的交互效应无统计学意义 ( $F=1.834, P=0.090$ ), 表明两组长期的疼痛缓解趋势基本一致。进一步结合独立样本  $t$  检验分析术后 1 d、1 周 Zero-P 组颈痛 VAS 评分低于 ACDF-plate 组 ( $P < 0.05$ ), 说明 Zero-P 术式可更快速地缓解术后早期颈痛、提升患者舒适度; 而术后 3 月及以后的随访中, 两组对比差异无统计学意义。

在肢体痛及麻木缓解方面, 两组评分的时间主效应同样显著 ( $F=870.865, P < 0.001$ ), 证实两种术式均能有效解除神经压迫症状; 但分组主效应 ( $F=0.605, P=0.438$ ) 及交互效应 ( $F=0.385, P=0.889$ ) 均无统计学意义, 且各随访时间点的独立  $t$  检验也显示两组间无显著差异 (均  $P > 0.05$ )。这说明两种术式在缓解上肢神经根性放射痛及麻木方面的临床疗效与恢复速度相当。

神经功能恢复方面, 两组术后均得到有效改善, 但 Zero-P 组术后早期恢复更优。术后 3 月, Zero-P 组 JOA 评分为高于 ACDF-plate 组 ( $P < 0.05$ ); 末次随访时, 两组 JOA 评分差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 提示两种术式中后期神经功能恢复效果相近。见表 3~5。

## 2.3 影像学评估及 ROM 评估

影像学评估两组在术前椎间高度、术后椎间高度及术后改善差值方面比较, 差异均无统计学意义, 提示两种术式在三节段融合椎间高度维持方面效果相当。末次随访时, Zero-P 组有 48 例患者达到坚强骨融合, 融合率为 94.12% (48/51); ACDF-plate 组有 59 例患者达到坚强骨融合, 融合率为 95.16% (59/62), 两组对比差异无统计学意义。其余未完全达到骨性融合标准的患者, 在末次随访时均无明显的临床颈痛症状加重、融合器沉陷或内固定松动表现, 临床表现稳定, 考虑为融合进程较慢, 需进一步延长随访观察。采用重复测量方差分析对两组不同时间点的各方向 ROM 进行比较, 结果显示, 两组前屈、后伸、侧屈及旋转活动

度的时间主效应均存在差异 (均  $P < 0.001$ ), 说明无论采用何种固定方式, 术后 ROM 均经历了早期的显著下降及中期的代偿性恢复; 而在分组主效应及组别与时间的交互效应上, 各方向对比差异均无统计学意义, 提示两种术式在整体活动度的保留及早期恢复趋势上效果相当。进一步的独立样本  $t$  检验显示, 术后 1 月时, Zero-P 组颈椎前屈活动度高于 ACDF-plate 组 ( $t=1.987, P=0.049$ ), 表明 Zero-P 可更好地保留术后早期颈椎前屈功能。但术后 3 月及末次随访, 两组各方向 ROM 对比趋于一致。见表 6。

## 2.4 并发症发生率

Zero-P 组吞咽不适/吞咽困难发生率为 5.88% (3/51), 低于 ACDF-plate 组的 14.52% (9/62), 但差异无统计学意义 ( $P=0.163$ ); 而在颈部异物感/僵硬发生率方面, Zero-P 组为 3.92% (2/51), 显著低于 ACDF-plate 组的 11.29% (7/62) ( $P=0.022$ ), 该差异与 Zero-P 术式低轮廓、无钛板植入的设计相关, 可有效减少颈前软组织刺激。

神经根损伤、椎动脉损伤等严重并发症方面, 两组均未出现, 差异无统计学意义; 螺钉松动/钢板相关并发症仅 ACDF-plate 组出现 2 例 (3.23%), Zero-P 组无相关病例, 但两组对比差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。总并发症发生率上, Zero-P 组 11.76% (6/51), 低于 ACDF-plate 组的 35.48% (22/62) ( $P < 0.05$ ), 提示 Zero-P 术式整体安全性更优, 可有效提升患者术后恢复质量。见表 7。

## 3 讨论

### 3.1 手术创伤

手术时长、术中出血量及手术切口长度是衡量手术创伤程度的核心指标, 其精确测量对评估不同术式安全性至关重要。本研究采用失血收集装置 (如电动吸引器负压瓶、纱布称重法) 记录累计失血量, 通过重复测量方差分析法对两组患者术中出血动态变化趋势进行统计, 结合 Bonferroni 校正进行事后两两比较。Zero-P 组平均出血量低于 ACDF-plate 组。该差异主要源于 Zero-P 组术式可减少软组织剥离范围、简化手术流程, 且无需额外剥离颈长肌, 有效降低了静脉丛损伤风险, 进而减少术中出血。此外, 两组在手术切口长度和手术时间上的差异有统计学意义, 且二者与出血量呈正相关, 这一结果也得到 Meta 分析<sup>[6]</sup>的支持, 该分析证实 Zero-P 组在手术时长、术中出血量方面显著优于 ACDF-plate 组, 且手术创伤相关指标的改善具有一致性。然而, 出血量测量可能受术野冲洗液稀释作用影响, 未来研究可采用血红蛋白浓度校正法提高数据精确度。

### 3.2 术后康复与颈椎功能恢复

术后康复效率与颈椎功能恢复情况是评估术式临床价值的重要维度, 主要包括住院时间、

恢复时长、ROM 等核心指标。在住院时间方面，Zero-P 组的平均住院时间略短于 ACDF-plate 组（8.24 d vs 8.73 d），但差异无统计学意义（ $P=0.055$ ）。这种住院时间的缩短趋势可能与零切迹设计减少了对软组织的刺激以及术中创伤较小等有关。另外，手术方式及康复干预方案也是影响住院时间的独立因素。Zero-P 组患者术后颈痛 VAS 疼痛评分更低，早期下床活动时间较 ACDF-plate 组可提前，间接缩短了住院周期；快速康复外科（ERAS）方案的标准化施行，可进一步增大零切迹技术的康复优势，已有研究<sup>[7]</sup>证实，零切迹术式联合快速康复外科方案能有效改善患者术后疼痛评分、促进早期活动，优化康复进程。但住院时间缩短与长期临床获益的相关性仍需前瞻性队列研究证实，以排除混杂偏倚的潜在影响因素。

在术后恢复时长方面，该差异与手术创伤的生物学效应、固定方式的力学特性密切相关。从创伤应激反应来看，零切迹术式减少对颈前筋膜的剥离范围，使术后炎症介质（如 IL-6、TNF- $\alpha$ ）峰值水平大幅降低，加速组织修复；生物力学层面，零切迹系统弹性模量约为 10 GPa，有限元分析显示其应力遮挡率降低 41.2%，可减少邻近节段应力集中及代偿性肌肉痉挛，临床随访证实，颈椎前路融合患者术后 3 月，Zero-P 组 NDI 改善优于 ACDF-plate 组<sup>[8]</sup>。

颈椎 ROM 作为关键生物力学参数，Zero-P 组术后颈椎前屈-后伸活动度在术后 1 月时明显优于 ACDF-plate 组，这与零切迹设计降低邻近节段应力集中、采用接近生理状态的弹性固定密切相关，而传统钛板刚性固定易导致手术节段过度制动。同期椎间高度变化显示，两组术后均较术前显著恢复，术前术后差异率上两组无统计学意义。但有研究发现术后 1 月 Zero-P 组椎间高度维持略优于钛板组，这一关联可能源于零切迹植入物对椎间隙的有效支撑及应力分散作用<sup>[9]</sup>。然而术后 3 月随访发现，ACDF-plate 组 ROM 改善在早期快速提升后进入平台期，Zero-P 组则呈改善趋势，但组间差异无统计学意义，这与相关研究中两种术式术后中期椎间高度维持效果相当的结论相符；末次随访时发现融合后颈椎的活动度两组 ROM 差异无统计学意义，但在融合之前 Zero-P 组保留了一定的 ROM，其椎间高度丢失幅度略高于钛板组但未影响临床疗效，提示中长期随访中钛板的刚性支撑在椎间高度维持上略有优势，但 Zero-P 组的弹性特性更利于融合前活动度保留。另外，与钢板的弹性模量相比，零切迹融合的颈椎在理论上存在一定的优势，可在一定程度上预防邻椎病的发生。另外，对于颈椎生理曲度改变的恢复，三节段钢板的优势要比零切迹更明显，而对于术前颈椎生理性曲度良好的患者，三节段零切迹则更易维持术后颈椎生理曲度<sup>[10]</sup>。

本研究中，两组术后 18 月的融合率在 94%~96%之间，未达到 100%完全融合。这与三节段手术涉及范围广、生物力学稳定性挑战大有关。临床上，骨性融合是一个动态演变的过程，末次随访时部分病例可能处于稳定纤维融合状态而非坚强骨性融合。鉴于这部分患者并

无内固定失败及临床症状波动,我们认为这属于延迟融合而非不愈合。这提示对于三节段病变,术后 18 月的观察窗口尚处于早期,需更长周期的随访以评价其最终融合结局。

### 3.3 术后生活质量与并发症发生情况

在术后生活质量改善方面,结合 JOA 颈椎评分、NDI 和 CDI 三项核心指标,可从不同维度评估术式对患者生活质量的影响<sup>[11]</sup>。JOA 颈椎评分结果显示,术后 3 月 Zero-P 组评分显著高于 ACDF-plate 组,而末次随访时两组评分差异无统计学意义 ( $P=0.145$ ),这提示零切迹术式可加速术后中期颈椎功能恢复,使患者更快摆脱颈椎功能障碍的困扰,而随着随访时间延长,两组功能恢复趋于一致<sup>[6]</sup>。从术后 3 月 JOA 改善情况来看,Zero-P 组优良率为 92.2%,略高于 ACDF-plate 组的 85.5%,但两组差异无统计学意义 ( $P=0.269$ ),其中 Zero-P 组优级改善占比 66.7%,ACDF-plate 组为 58.1%,表明零切迹术式虽未显著提升整体优良率,但可提高优级恢复比例,进一步优化患者术后功能状态。

NDI 和 CDI 评分对比显示,两组术前评分均无统计学差异,而术后 3 月及末次随访时,Zero-P 组两项评分均显著低于 ACDF-plate 组 ( $P<0.01$ ),且随访时间延长,两组差异进一步扩大。结合三项指标分析可见,NDI、CDI 评分更侧重于评估颈椎功能障碍对患者日常生活的及心理的影响,其长期差异显著,表明零切迹术式可更有效地改善患者日常活动能力及心理焦虑、减轻颈椎残障程度,这与零切迹设计减少软组织刺激、降低异物感、促进骨整合密切相关;而 JOA 评分更聚焦于颈椎本身的功能恢复,其差异主要体现在术后中期,说明两种术式的长期颈椎功能恢复效果相近,但零切迹术式的恢复速度更具优势。综合来看,两种术式均能有效改善患者颈椎功能及生活质量,但 Zero-P 组在术后早期的颈椎功能改善更显著,生活质量提升更稳定,凸显其在颈椎功能重建中的优势。

术后并发症方面,本研究重点统计了吞咽不适/吞咽困难、颈部异物感/僵硬等常见并发症及总并发症发生率,结合术式设计特点分析可能并发症差异的原因<sup>[12]</sup>。对比发现,两组在吞咽不适/吞咽困难、相邻节段退变、螺钉松动/钢板相关并发症的发生率上均无统计学差异 ( $P>0.05$ ),说明两种术式在这些并发症的防控上效果相近,其中吞咽不适/吞咽困难的发生均与颈前软组织刺激相关,虽 Zero-P 组发生率略低,但未达到统计学差异,可能与样本量限制或个体耐受度差异有关<sup>[13]</sup>;相邻节段退变的发生主要与颈椎应力分布改变相关,两种术式均无法完全避免,发生率无明显差异也印证了二者在长期生物力学稳定性上的相近性。但 Zero-P 组颈部异物感/僵硬发生率 (3.92%) 显著低于 ACDF-plate 组 (11.29%) ( $P=0.022$ ),总并发症发生率 (11.76%) 也显著低于 ACDF-plate 组 (35.48%) ( $P=0.003$ ),这是零切迹术式在并发症防控上的核心优势<sup>[14]</sup>。分析其原因,零切迹系统采用低轮廓一体化设计,无需植

入钛板,可减少金属异物对颈前软组织的持续刺激,避免传统钛板边缘摩擦或压迫导致的颈部异物感与肌肉僵硬;同时,零切迹融合器的生物相容性更佳,可减少局部炎症反应,进一步降低并发症发生风险。此外,ACDF-plate 组螺钉松动/钢板相关并发症的出现,也提示刚性固定系统可能存在与椎体适配性不足的问题,而零切迹一体化设计可减少此类机械性并发症,间接降低总并发症发生率<sup>[15]</sup>。可见,Zero-P 术式可有效降低术后总并发症风险,其核心优势在于减少颈部异物感/僵硬的发生,这与零切迹低轮廓设计、减少软组织刺激密切相关,也进一步提升了患者术后恢复的舒适度与安全性。

### 3.4 术式优势、局限性及研究展望

Zero-P 的核心优势是对周围软组织刺激小,术后吞咽功能恢复快,一体化设计兼顾生物力学稳定性,多孔钛合金表面促进骨整合,同时具有微创特点,缩短手术时长,减少术中出血量,在软组织保护、功能恢复及早中期疗效上表现突出<sup>[5]</sup>。传统钛板融合术则在固定稳定性与生物力学适应性上具有优势,刚性固定可提高融合节段即刻稳定性,适用于骨质疏松、纠正颈椎反弓及更多节段病变患者;其可调节性强,能适配复杂解剖变异,且成本较低、技术成熟、学习曲线平缓,在颈椎后凸畸形矫正中具有不可替代性<sup>[16]</sup>。

本研究及两种术式应用均存在一定局限性:本研究为回顾性研究、样本量有限,随访周期较短,缺乏大量多中心循证医学数据支撑,无法充分评估邻近节段退变(ASD)、融合器下沉等远期并发症;两种术式在合并严重骨质疏松、椎管狭窄、后纵韧带骨化等患者中的临床效果有限,应用范围受到制约。其次,本研究未能系统测量和报告 C2-C7 Cobb 角、T1 slope 及 SVA 等整体矢状面平衡参数,未能深入探讨两种术式在三节段畸形矫正方面的深层机制。未来研究可开展多中心随机对照试验,扩大样本量并延长随访时长至 5 年以上,优化出血量测量方法,结合有限元分析与动物实验,进一步明确两种术式的生物力学机制,为临床个体化术式选择提供更坚实的循证依据。

综上所述,Zero-P 与 ACDF-plate 治疗三节段颈椎病均具有一定的临床效果。零切迹术式在减轻术后疼痛、保护吞咽功能、维持 ROM 以及提升患者生活质量及心理方面优势更明显。ACDF-plate 在维持术后即刻及短期稳定性和处理一些特殊病例上有一定优势,但并发症发生率较高,而且手术创伤较大。

### 参考文献

- [1] 金韦明 陈森林,李 威,等. CSM 患者高位颈脊髓 DTI 参数与霍夫曼征关系的临床研究[J]. 安徽医科大学学报, 2021, 56(12): 1970-5. doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2021.12.023.

- [1] Jin W M, Chen S L, Li W, et al. Clinical study on the relationship between DTI parameters of high cervical spinal cord and Hoffman sign in patients with CSM[J]. *Acta Univ Med Anhui*, 2021, 56(12): 1970-5. doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2021.12.023.
- [2] Scholz M, Schnake K J, Pingel A, et al. A new zero-profile implant for stand-alone anterior cervical interbody fusion[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469(3): 666-73. doi:10.1007/s11999-010-1597-9.
- [3] Wang Z, Zhu X, Wang Z, et al. Zero-P and ROI-C implants versus traditional titanium plate with cage to treat cervical spondylotic myelopathy: clinical and radiological results with 5 years of follow-up[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24: 539. doi:10.1186/s12891-023-06657-7.
- [4] 朱 超, 刘 春, 张玉发, 等. 零切迹融合器在颈前路椎间盘切除融合术治疗多节段脊髓型颈椎病中的应用价值 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2022, 32(4): 347-55. doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2022.04.09.
- [4] Zhu C, Liu C, Zhang Y F, et al. Application value of zero-profile devices in anterior cervical discectomy and fusion in the treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy[J]. *Chin J Spine Spinal Cord*, 2022, 32(4): 347-55. doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2022.04.09.
- [5] Mu G, Chen H, Fu H, et al. Anterior cervical discectomy and fusion with zero-profile versus stand-alone cages for two-level cervical spondylosis: a retrospective cohort study[J]. *Front Surg*, 2022, 9: 1002744. doi:10.3389/fsurg.2022.1002744.
- [6] Kahaer A, Chen R, Maitusong M, et al. Zero-profile implant versus conventional cage-plate construct in anterior cervical discectomy and fusion for the treatment of single-level degenerative cervical spondylosis: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17: 506. doi:10.1186/s13018-022-03387-9.
- [7] Leng X, Zhang Y, Wang G, et al. An enhanced recovery after surgery pathway: LOS reduction, rapid discharge and minimal complications after anterior cervical spine surgery[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23: 252. doi:10.1186/s12891-022-05185-0.
- [8] Ahn C H, Kang S, Cho M, et al. Comparing zero-profile and conventional cage and plate in anterior cervical discectomy and fusion using finite-element modeling[J]. *Sci Rep*, 2023, 13: 15766. doi:10.1038/s41598-023-43086-x.

- [9] Iampreechakul P, Choochaimangkhal P, Tirakotai W, et al. Zero-profile anchored spacer (ROI-C) in the treatment of cervical adjacent segment disease[J]. *Asian J Neurosurg*, 2022, 17(2): 209-17. doi:10.1055/s-0042-1750837.
- [10] Guo J, Jin W, Shi Y, et al. Is the zero-P spacer suitable for 3-level anterior cervical discectomy and fusion surgery in terms of sagittal alignment reconstruction: a comparison study with traditional plate and cage system[J]. *Brain Sci*, 2022, 12(11): 1583. doi:10.3390/brainsci12111583.
- [11] Mandal S, Rahaman S M, et al. Evaluation of the outcome of zero-profile implant in the treatment of single-level cervical spondylotic myelopathy in the Indian scenario-a prospective study[J]. *Jocr*, 2026, 16(2): 355-63. doi:10.13107/jocr.2026.v16.i02.6850.
- [12] Oh L J, Ong S, Ghozy S, et al. Dysphagia rates in single- and multiple-level anterior cervical discectomy and fusion surgery: a meta-analysis[J]. *J Spine Surg*, 2020, 6(3): 581-90. doi:10.21037/jss-20-506.
- [13] 陈波, 黄天宇, 杨林, 等. 颈椎前路术后吞咽困难危险因素 Meta 分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2023, 33(11): 1011-22.
- [13] Chen B, Huang T Y, Yang L, et al. Meta-analysis of risk factors for dysphagia after anterior cervical spine surgery[J]. *Chin J Spine Spinal Cord*, 2023, 33(11): 1011-22.
- [14] Gong Y, Zhuo H, Zhou Z, et al. Zero-profile implant system versus novel plate systems after ACDF for comparison of sagittal balance parameters and clinical efficacy analysis[J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19: 363. doi:10.1186/s13018-024-04857-y.
- [15] Mundis G, Malone H, Prabhakar G, et al. Long cervical fusions: are multiple segmental plates less likely to fail than a single long plate?[J]. *J Spine Surg*, 2025, 11(4): 793-802. doi:10.21037/jss-25-3.
- [16] Liu Z, Yang Y, Lan J, et al. Changes in cervical alignment of Zero-profile device versus conventional cage-plate construct after anterior cervical discectomy and fusion: a meta-analysis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17(1): 510. doi: 10.1186/s13018-022-03400-1.

表 1 两组一般资料比较 $[(\bar{x} \pm s), n]$

Tab.1 Comparison of general data between the two groups  $[(\bar{x} \pm s), n]$

Group	n	Age (years)	Sex		Fused segments		Types of cervical spondylosis		
			Male	Female	C3-6	C4-7	Myelopathy	Radiculopathy	Mixed type
Zero-P	51	52.69±13.69	23	28	23	28	12	14	25
ACDF-plate	62	54.40±11.92	30	32	29	33	15	11	36
$t/\chi^2$ value		-0.712	0.122		0.032		1.622		
P value		0.374	0.727		0.859		0.445		

表 2 两组围手术期指标及椎间高度变化比较 $(\bar{x} \pm s)$

Tab.2 Comparison of perioperative indicators and intervertebral height changes between the two groups  $(\bar{x} \pm s)$

Indicator	Zero-P group	ACDF-plate group	t value	P value
Operation time (min)	125.59±17.89	139.90±20.00	-3.97	<0.001
Intraoperative blood loss (ml)	135.63±27.14	150.02±34.38	-2.43	0.017
Length of stay (d)	8.24±1.18	8.73±1.46	-1.935	0.055
Surgical incision (cm)	5.61±0.62	6.54±0.71	-7.35	<0.001
Preoperative intervertebral height (mm)	6.12±0.85	6.08±0.88	0.23	0.802
Postoperative intervertebral height (mm)	10.35±1.36	10.29±1.40	0.21	0.837
Difference in intervertebral height between post-operation and pre-operation (mm)	4.23±0.72	4.21±0.75	0.13	0.901

表 3 两组术前及术后不同时间点颈痛、肢体痛及麻木 VAS 评分比较 $(\bar{x} \pm s)$

Tab.3 Comparison of VAS scores for neck pain, limb pain, and numbness between the two groups before surgery and at different time points after surgery  $(\bar{x} \pm s)$

Indicators and time points	Zero-P group (n=51)	ACDF-plate group (n=62)	Independent t-test	
			t value	P value
Neck pain VAS				
Preoperative	5.69±1.36	5.95±1.36	-1.031	0.305
1 day after surgery	4.39±0.94	4.98±1.11	-3.021	0.003
1 week after surgery	2.47±0.73	2.77±0.84	-2.029	0.045
1 month after surgery	1.88±0.68	1.90±0.80	-0.147	0.883
3 months after surgery	1.22±0.61	1.35±0.52	-1.314	0.191
6 months after surgery	0.86±0.72	0.90±0.71	-0.298	0.767

Final follow-up	0.41±0.57	0.34±0.57	0.676	0.500
Limb pain and numbness VAS				
Preoperative	6.04±0.98	6.15±1.05	-0.549	0.584
1 day after surgery	1.98±0.65	1.92±0.68	0.483	0.630
1 week after surgery	2.00±0.63	2.10±0.62	-0.819	0.415
1 month after surgery	1.84±0.61	2.00±0.62	-1.337	0.184
3 months after surgery	1.19±0.63	1.22±0.64	-0.247	0.805
6 months after surgery	0.65±0.59	0.63±0.61	0.159	0.874
Final follow-up	0.39±0.57	0.37±0.58	0.195	0.846

表 4 两组术前及术后 JOA 颈椎评分、术后 3 月改善率及优良率比较 $[(\bar{x} \pm s), n (\%)]$

Tab.4 Comparison of preoperative and postoperative JOA cervical spine scores, 3-month postoperative clinical efficacy grading, and excellent and good rate between the two groups  $[(\bar{x} \pm s), n (\%)]$

Group	JOA cervical spine score			JOA cervical spine clinical efficacy grading at 3 months postoperative		
	Preoperative	3 months postoperative	Final follow-up	Excellent	Good	Excellent rate (%)
Zero-P	8.59±1.08	14.57±0.78	15.19±0.72	34 (66.7)	13 (25.5)	92.2
ACDF-plate	8.77±0.95	13.74±1.16	14.98±0.79	36 (58.1)	17 (27.4)	85.5
$t/\chi^2$ value	-0.974	4.346	1.467			1.22
$P$ value	0.332	<0.001	0.145			0.269

表 5 两组术前、术后 3 月及末次随访 NDI、CDI 评分比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.5 Comparison of NDI and CDI scores between the two groups before surgery, 3 months after surgery, and at the final follow-up ( $\bar{x} \pm s$ )

Indicator	Time point	Zero-P group	ACDF-plate group	<i>t</i> value	<i>P</i> value
NDI	Preoperative	38.21±4.12	37.83±4.31	0.512	0.61
	3 months after surgery	12.51±2.66	14.19±2.80	-3.14	0.002
	Final follow-up	8.33±1.94	9.61±2.12	-3.45	0.001
CDI	Preoperative	32.5±3.77	32.11±3.93	0.542	0.59
	3 months after surgery	11.83±2.31	13.62±2.58	-3.671	<0.001
	Final follow-up	7.45±1.60	8.91±1.82	-4.211	<0.001

表 6 两组术前及术后早、中期各方向 ROM 比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.6 Comparison of cervical range of motion (ROM) in all directions between the two groups before surgery and in the early, and middle -term after surgery ( $\bar{x} \pm s$ )

Indicators and time points	Zero-P group ( <i>n</i> =51)	ACDF-plate group ( <i>n</i> =62)	Independent <i>t</i> -test	
			<i>t</i> value	<i>P</i> value
Forward bend ROM (°)				
Preoperative	43.37±2.71	43.84±2.20	-1.008	0.316
1 month after surgery	8.94±1.65	8.40±1.22	1.987	0.049
3 months after surgery	22.35±2.83	21.97±2.59	0.754	0.453
Final follow-up	31.61±3.70	31.34±4.02	0.367	0.715
Back extension ROM (°)				
Preoperative	43.59±2.15	43.50±2.28	0.210	0.834
1 month after surgery	8.57±1.14	8.19±1.24	1.662	0.099
3 months after surgery	22.09±2.71	21.61±2.47	0.993	0.323
Final follow-up	30.59±4.03	30.74±3.83	-0.207	0.836
Lateral flexion ROM (°)				
Preoperative	43.75±2.09	43.82±2.15	-0.193	0.848
1 month after surgery	8.33±1.14	8.30±1.05	0.130	0.897
3 months after surgery	22.14±2.72	22.42±2.19	-0.610	0.543
Final follow-up	33.35±3.71	33.50±3.53	-0.215	0.830
Rotate ROM (°)				
Preoperative	55.71±2.68	55.16±2.09	1.212	0.228
1 month after surgery	14.45±1.43	14.29±1.50	0.579	0.564
3 months after surgery	26.69±2.67	26.24±2.65	0.884	0.378
Final follow-up	42.27±3.06	42.94±1.91	-1.402	0.164

表 7 两组术后各类并发症发生率及总并发症发生率对比[n (%)]

**Tab.7 Comparison of the incidence rates of various postoperative complications and total complications between the two groups [n (%)]**

Types of complications	Zero-P	ACDF-plate	<i>t</i> / $\chi^2$ value	<i>P</i> value
Dysphagia / Difficulty in swallowing	3 (5.88)	9 (14.52)	1.95	0.163
Foreign body sensation / stiffness in the neck	2 (3.92)	7 (11.29)	5.21	0.022
Adjacent segment degeneration	1 (1.96)	4 (6.45)	1.42	0.234
Loose screws / Steel plate related	0 (0.00)	2 (3.23)	1.67	0.196
Total complications	6 (11.76)	22 (35.48)	8.74	0.003

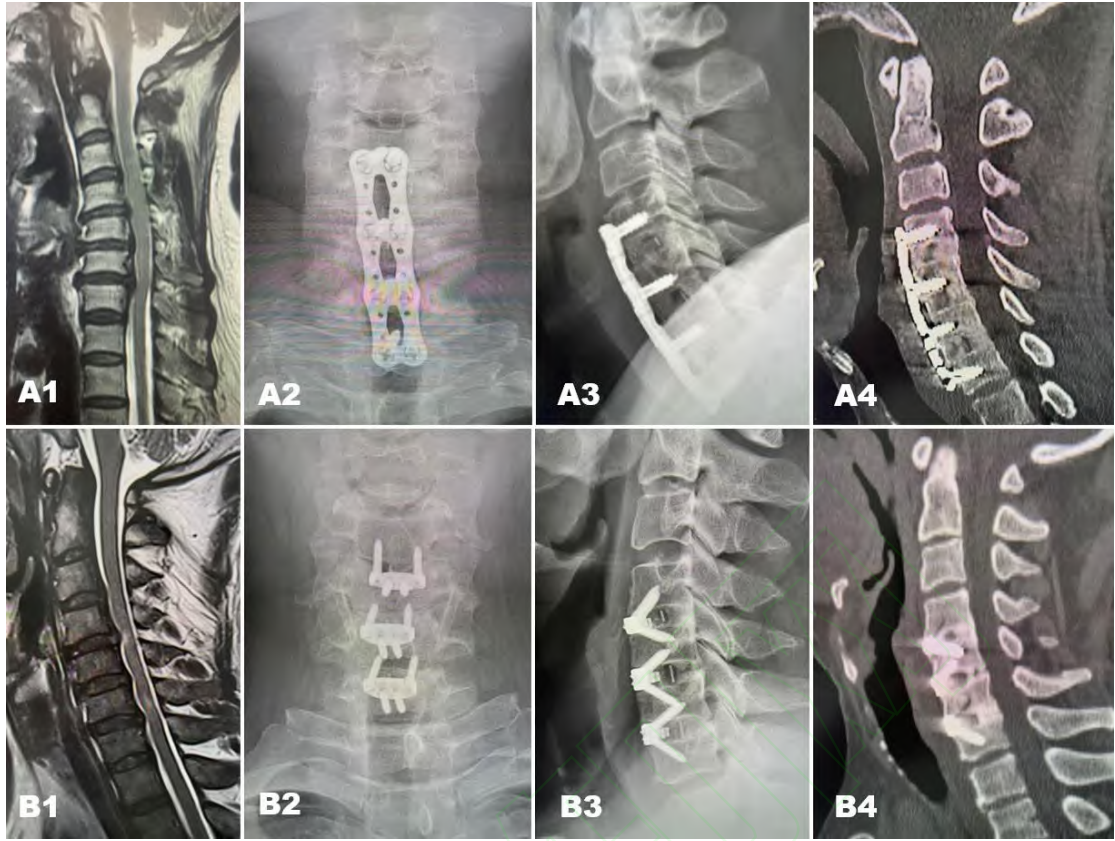


图1 ACDF-plate 组与 Zero-P 组在末次随访时椎间融合情况

**Fig.1 Intervertebral fusion status of the ACDF-plate group and Zero-P group at the final follow-up**

A: Male, 52-year-old, surgical segments C4-C7; B: Female, 46-year-old, surgical segments C4-C7;  
 1: Preoperative sagittal T2-weighted MRI of the cervical spine; 2, 3: Anteroposterior and lateral cervical spine X-rays at the final postoperative follow-up; 4: Sagittal reconstructed CT of the cervical spine at the final postoperative follow-up.