

临床论著

连续双节段前路颈椎间盘切除零切迹系统与钢板联合融合器固定融合治疗颈椎病的疗效比较

林宏衡^{1,2}, 招文华³, 翁 沛², 颜先伟¹, 王晓文¹, 任 辉³, 梁 德⁴, 江晓兵³

(1 广州中医药大学第一临床医学院 510405 广州市; 2 广州中医药大学第三附属医院脊柱骨科 510375 广州市; 3 广州医科大学第二附属医院脊柱骨科 510260 广州市; 4 广州中医药大学第一附属医院脊柱骨科 510405 广州市)

【摘要】目的:比较连续两节段前路颈椎间盘切除融合(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)应用零切迹系统(zero-profile, ZP)与钢板联合融合器(cage-and-plate, CP)固定治疗颈椎病的临床疗效。**方法:**回顾性分析 2018 年 3 月 1 日~2021 年 6 月 30 日因颈椎病于广州中医药大学第一附属医院行连续两节段 ACDF 应用 4 钉 ZP 或 CP 固定治疗的 57 例颈椎病患者, 其中 27 例采用 ZP 固定(ZP 组), 男 12 例, 女 15 例, 年龄 37~80 岁(53.0±9.9 岁); 30 例采用 CP 固定(CP 组), 男 10 例, 女 20 例, 年龄 39~78 岁(57.4±12.4 岁)。收集两组患者的体重指数(body mass index, BMI)、L1~L4 骨密度(bone mineral density, BMD), 术前和术后 1 个月、3 个月、6 个月、12 个月和末次随访时的颈椎功能障碍指数(neck disability index, NDI)、日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分、轴性疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)评分, 术前和术后 3d、1 个月、3 个月、6 个月、12 个月和末次随访时颈椎整体曲度、手术节段曲度, 末次随访时椎间融合率及邻近节段退变发生率, 随访期间中间椎体塌陷发生率及其他术后并发症发生情况。**结果:**两组患者手术时年龄、性别、BMI、L1~L4 BMD、随访时间、术前 NDI 和 JOA 评分、术前颈椎整体曲度和手术节段曲度等基线指标均无统计学差异($P>0.05$)。术后各时间点两组患者 NDI、JOA 评分、轴性疼痛 VAS 评分较术前均显著性改善($P<0.001$), 两组同时时间点的 JOA 评分无统计学差异($P=0.314$); 术后 3 个月、6 个月、1 年及末次随访时 CP 组 NDI、轴性疼痛 VAS 评分改善程度优于 ZP 组($P<0.05$)。末次随访时 ZP 组颈椎整体曲度丢失和手术节段曲度丢失均明显大于 CP 组($P<0.05$)。末次随访时两组椎间融合率及邻近节段退变发生率无显著性差异。随访过程中 ZP 组出现 4 例中间椎体塌陷, 而 CP 组未出现, 两组间比较有统计学差异($P<0.05$)。**结论:**在双节段 ACDF 中, 相对于应用 ZP 固定融合, 应用 CP 能够更好地维持颈椎曲度, 避免固定节段中间椎体塌陷, 获得更好的临床疗效。

【关键词】颈椎病; 前路颈椎间盘切除融合术; 双节段; 零切迹系统; 钢板联合融合器; 中间椎体塌陷

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2023.10.02

中图分类号: R681.5, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2023)-10-0872-07

A comparison of clinical efficacies of contiguous 2-level anterior cervical discectomy and fusion using zero-profile and cage-and-plate fixation in treating cervical spondylosis/LIN Hongheng, ZHAO Wen-hua, WENG Rui, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2023, 33(10): 872-878

【Abstract】Objectives: To compare the clinical efficacies of zero-profile(ZP) and cage-and-plate(CP) fixation in two contiguous levels of anterior cervical discectomy and fusion(ACDF). **Methods:** 57 patients with cervical spondylosis treated with 4-pin ZP or CP fixation in contiguous 2-level ACDF between March 1, 2018 and June 30, 2021 in the First Clinical Medical College of Guangzhou University of Chinese Medicine were retrospectively analyzed. Of all the patients, 27 were fixed with ZP(ZP group), including 12 males and 15 females, aged 37~80(53.0±9.9) years; and the other 30 were fixed with CP(CP group), including 10 males and 20 females, aged 39~78(57.4±12.4) years. The body mass index(BMI), L1-4 bone mineral density(BMD), preoperative and postoperative 1, 3, 6 and 12 months, and final follow-up neck disability index(NDI), Japanese Orthopaedic Association(JOA) score, and axial pain visual analogue scale(VAS), and preoperative and postoperative 3d, and 1, 3, 6 and 12 months, and final follow-up cervical curvature, surgical segment curvature, and

第一作者简介: 男(1987-), 主治医师, 医学博士, 研究方向: 中西医结合治疗脊柱相关疾病

电话: (020)22292990 E-mail: peter.lin2013@foxmail.com

通讯作者: 梁德 E-mail: 3570496027@qq.com; 江晓兵 E-mail: spinedrjxb@sina.com

final follow-up interbody fusion rate and adjacent level degeneration rate, and intermediate vertebral collapse and other postoperative complications during follow-up were collected and compared between the two groups.

Results: No significant differences were observed in the baseline data such as age, gender, BMI, L1-4 BMD, follow-up period, preoperative NDI and JOA score, preoperative cervical curvature and surgical segment curvature between the two groups ($P>0.05$). Postoperative NDI, JOA score, and axial pain VAS score were improved over time in both groups ($P<0.001$). There was no statistical difference between the two groups in JOA score at the same time point ($P=0.314$). At 3 and 6 months, and 1 year and the final follow-up, the improvement of NDI and axial pain VAS scores in the CP group was significantly better than that in the ZP group ($P<0.05$). At the final follow-up, cervical curvature loss and surgical level curvature loss in the ZP group were significantly greater than those in the CP group ($P<0.05$), and there were no significant differences in the incidence of interbody fusion rate and adjacent level degeneration rate between the two groups. During the whole follow-up process, there were 4 cases of intermediate vertebral collapse in the ZP group, but none in the CP group, with statistical difference between the two groups ($P<0.05$). **Conclusions:** In 2-level ACDF, compared with ZP fixation, the application of CP can better maintain the curvature of cervical spine, avoid intermediate vertebral collapse, and obtain better clinical efficacy.

[Key words] Cervical spondylosis; Anterior cervical discectomy and fusion; 2-level; Zero-profile; Cage-and-plate; Intermediate vertebral body collapse

[Author's address] 1 First Clinical Medical College of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou, 510405, China; 2 Department of Orthopedics, the Third Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou, 510375, China

前路颈椎间盘切除融合术 (anterior cervical discectomy and fusion, ACDF) 是治疗颈椎病的常用术式。钢板联合融合器 (cage-and-plate, CP)、零切迹系统 (zero-profile, ZP) 固定融合是目前最常用的方式。相对于 CP, ZP 固定融合术后较少出现吞咽困难、邻椎病^[1-2]; 显露范围小, 损伤重要结构比如动脉、食道、气管的风险更低, 手术耗时短^[3]; 避免了与应用钢板相关的并发症, 如钢板大小、位置不合适加快邻近节段退变^[4]、钢板与螺钉交界处固定失败、螺钉松动脱出的风险^[5]等。但 ZP 的固定强度较弱, 可能影响到椎间融合率, 融合器下沉概率大, 难以维持颈椎生理前凸^[6-8]。

ACDF 的固定节段数量是影响预后的重要因素^[9]。对于多节段 ACDF, CP 直接把所有固定节段连为一个整体, 以更好地对抗轴线压缩应力, 这是 ZP 所没有的优势^[10]。而对于单节段 ACDF, ZP 与 CP 具有相似的力学稳定性^[3]。我们在临床上观察到, ZP 在双节段 ACDF 中应用时存在中间椎体塌陷的病例, 并进行了报道^[11]。但目前对这种并发症发生是否与固定方式选择有关以及其对临床疗效的影响尚不明确。本研究旨在对比应用 ZP 或 CP 在连续两节段 ACDF 治疗颈椎病患者的临床疗效, 明确中间椎体塌陷是否与固定方式选择有关, 总结报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2018 年 3 月 1 日~2021 年 6 月 30 日因颈椎病于广州中医药大学第一附属医院应用 4 钉 ZP 或 CP 行连续两节段 ACDF 治疗的患者。纳入标准: (1) 接受 4 钉 ZP 或 CP 行连续两节段 ACDF 的颈椎病患者。 (2) 临床资料齐全, 随访时间超过 1 年。排除标准: (1) 术中混合使用 ZP 与 CP 患者; (2) 随访期间接受颈椎后路手术的病例; (3) 合并严重肝肾功能或存在精神类疾病等可能影响术后疗效评估的患者。共纳入 57 例患者, 其中 27 例采用 ZP 固定 (ZP 组), 30 例采用 CP 固定 (CP 组)。

1.2 手术方法

手术均由同一主刀医师及其团队完成。患者麻醉后取仰卧位, 行颈前右侧横切口。切开颈阔肌, 于颈动脉鞘与颈内静脉鞘之间入路, X 线透视确认位置准确。于目标椎体上置入撑开螺钉, 并放置撑开器。咬骨钳咬除颈椎体前缘增生骨赘, 骨组织保存备用。用刮匙刮除目标椎间盘组织和终板软骨, 游离切除目标椎间隙平面后纵韧带, 取出所有脱入椎管的椎间盘组织, 减压完成后可见硬脊膜搏动, 压迹消失。ZP 组: 融合器试模填入目标颈椎间隙内, 确认规格大小合适, 将所取出的碎骨混

合异体皮质骨丝(山西奥瑞公司,中国)植入 4 钉 ZP(强生,美国)内,将其置入目标颈椎椎间隙之间,拧上固定螺钉;CP 组:于目标颈椎椎间隙置入大小合适的融合器(强生,美国),用 6 孔钢板(美敦力,美国)及螺钉(美敦力,美国)固定于目标椎体。留置引流管 1 根,逐层关闭切口。

1.3 随访及评价指标

收集两组患者年龄、性别、体质量指数(body mass index,BMI)、L1~L4 骨密度(bone mineral density,BMD)、手术节段、术中出血量、手术时间、住院时间、术后并发症等资料。术前、术后 1 个月、3 个月、6 个月、1 年及末次随访时进行日本骨科学会(Japanese Orthopaedic Association,JOA)评分、颈椎功能障碍指数(neck disability index,NDI)评定以及轴性疼痛视觉模拟(visual analogue scale,VAS)评分。术前和术后 3d、1 个月、3 个月、6 个月、1 年及末次随访时进行影像学参数评估:在各个时间点的 X 线片上测量颈椎整体曲度(侧位片上 C2 椎体后缘与 C7 椎体后缘之间的夹角)、手术节段曲度(融合的上位椎体后缘与下位椎体后缘之间的夹角),颈椎前凸为正值,后凸为负值。统计末次随访时颈椎生理曲度丢失的度数,并分为 $<2^{\circ}$ 、 $2^{\circ}\sim 4^{\circ}$ 、 $>4^{\circ}$ 进行比较;评估固定节段椎间融合以及邻近节段退变情况^[12,13]。观察整个随访期间是否存在中间椎体塌陷情况,在侧位 X 线片上观察中间椎体的前缘高度及后缘高度,将椎体高度在随访中出现明显丢失并(或)椎体形态发生楔形改变者定义为椎体塌陷。吞咽困难评估采用 Bazaz 分级量表^[14]。

1.4 统计学方法

使用 SPSS 20.0 软件进行数据处理和统计学分析。计量资料保留 2 位小数,当满足正态性检验时,计量资料记录为 $\bar{x}\pm s$,两组间术前基线资料比较采用独立样本 t 检验,术后多个时间点的疗效比较使用两因素重复测量方差分析(同时满足 Mauchly 球形性假设检验),若不满足球形性假设检验,则使用多元方差分析对自由度进行校正,同时间点组间比较采用独立样本 t 检验。当计量资料不满足正态分布时,计量资料记录为 M(P25~P75),两组间的比较使用 Mann-Whitney U 检验。计数资料中,双向无序资料采用卡方检验或 Fisher 精确检验,单向有序资料采用秩和检验。组内术前术后资料比较时,如均符合正态分布则采

用配对 t 检验;如果无法同时满足,则采用非参数检验。 $P<0.05$ 为有统计学差异。

2 结果

2.1 两组患者基线资料比较

见表 1。两组间比较均无统计学差异($P>0.05$)。

2.2 两组患者手术相关指标的比较

两组患者均顺利完成手术,术后伤口均愈合良好,两组的手术节段、术中出血量、手术时间和住院时间等均无统计学差异(表 2, $P>0.05$)。两组均无术后感染、食道损伤、与手术相关的肢体根性疼痛等并发症发生。在术后早期均有吞咽困难病例,其中 ZP 组 3 例,CP 组 8 例,均为轻度,组间比较无统计学差异($P=0.137$),在随访中均获得痊

表 1 两组患者基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data between the two groups

	ZP 组($n=27$) ZP group	CP 组($n=30$) CP group
年龄(岁) Age(years)	53.00 $\pm$ 9.94	57.36 $\pm$ 12.36
性别(男/女) Gender(Male/Female)	12/15	10/20
体质量指数 BMI(kg/cm ²)	23.41 $\pm$ 2.75	24.22 $\pm$ 3.50
L1~4 骨密度 BMD(g/cm ²)	1.12 $\pm$ 0.17	1.04 $\pm$ 0.17
术前颈椎功能障碍指数 Preoperative NDI	22.81 $\pm$ 3.25	22.63 $\pm$ 2.53
术前 JOA 评分 Preoperative JOA score	11 (10,12)	11 (10,12)
颈椎整体曲度($^{\circ}$) Curvature of cervical spine	8.62 $\pm$ 8.78	9.00 $\pm$ 5.81
手术节段曲度($^{\circ}$) Curvature of surgical segment	1.53 (-5.00,3.07)	1.77 (-0.63,3.00)

表 2 两组患者手术相关指标的比较

Table 2 Comparison of surgery-related indexes between the two groups

	ZP 组($n=27$) ZP group	CP 组($n=30$) CP group
手术节段 Surgical segments		
C3/5	4	5
C4/6	14	13
C5/7	9	12
术中出血量(mL) Intraoperative blood loss	20(20,30)	20(20,30)
手术时间(min) Operative time	129(118,155)	140(127.5,160)
住院时间(d) Hospital stays	6(6,7)	6(6,7)

愈。

2.3 两组患者术后临床疗效指标的比较

ZP 组随访时间 18~27 个月 (23.04 ± 2.52 个月), CP 组随访时间 14~26 个月 (22.13 ± 3.24 个月), 两组随访时间无统计学差异 ($P=0.24$)。两组术后 NDI、JOA、VAS 评分均较术前均有显著性改善 ($P<0.01$)。CP 组术后 3 个月、6 个月、1 年及末次随访时的 NDI、VAS 评分改善程度优于 ZP 组 ($P<0.05$)。两组术后各时间点的 JOA 评分改善程度比较无统计学差异 ($P=0.314$) (表 3)。末次随访时 ZP 组有 12 例残留轴性疼痛, CP 组 8 例, ZP 组末次随访时轴性疼痛发生率高于 CP 组 (44.4% vs 26.7%), 但无统计学差异 ($P=0.160$)。

2.4 两组患者术后影像学指标的比较

两组患者术后颈椎整体曲度和手术节段曲度均较术前显著性改善 ($P<0.01$), 但在随访过程中均有丢失的趋势 (表 4, $P<0.001$)。在末次随访时 ZP 组颈椎整体曲度和手术节段曲度丢失均明显大于 CP 组 (表 5, $P<0.05$)。

两组患者均在术后 6 个月获得椎间融合。末次随访时 ZP 组 2 例出现邻近节段退变, CP 组 5 例出现邻近节段退变, 两组间比较无统计学差异 ($P=0.258$); CP 组未出现固定节段中间椎体塌陷 (图 1), ZP 组 4 例出现固定节段中间椎体塌陷 (图 2), 两组间比较有统计学差异 ($P=0.044$)。

3 讨论

国内外已有大量研究报道了 ZP 在单节段、双节段甚至双节段 ACDF 中的应用。大部分结果

显示, ZP 在降低术后吞咽困难发生率、减少邻近节段退变发生率方面具有优势, 并且在临床疗效上等同或优于传统颈前路钢板^[15-17]。然而力学研究表明, 在两节段及以上的 ACDF 中, CP 在维持颈椎整体曲度及手术节段曲度上优于 ZP^[18]。融合器下沉、邻近节段退变伴随的椎间隙高度丢失是目前报道颈椎曲度丢失的主要原因。而对于固定节段中间椎体高度丢失则较少关注。

本研究中 ZP 组与 CP 组的基线资料比较无统计学差异。吞咽困难是 ACDF 术后常见并发症。通常认为钢板厚度、性别(女性)、年龄、固定节段位置、多节段手术是导致术后吞咽困难的危险因素^[2,14]。ZP 可避免钢板轮廓对食道的刺激, 临床研究发现其可以减少术后咽困难的发生^[19]。但随着钢板设计改良, 一项前瞻性随机对照研究结果表明两者在双节段 ACDF 中应用术后吞咽困难并无明显差异。术后早期吞咽困难更可能是显露过程中的牵拉所致^[20]。在本研究中 ZP 组出现 3 例, 而 CP 组出现 8 例术后早期吞咽困难, 组间比较无统计学差异, 且均在随访中痊愈。这与目前观点基本一致。

通过对比组间术后颈椎曲度改变可以发现, ZP 组无论是颈椎整体曲度还是手术节段曲度在术后丢失均明显大于 CP 组。CP 组所有病例颈椎整体曲度丢失均 $<2^\circ$, 而 ZP 组则有 4 例丢失 $>4^\circ$, 而这 4 例病例均合并有固定节段中间椎体塌陷。在手术节段曲度丢失上 ZP 组有 5 例 $>4^\circ$, 且其中有 4 例合并有固定节段中间椎体塌陷; 而 CP 组大部分病例丢失 $<2^\circ$, 仅有 1 例在 $2^\circ \sim 4^\circ$ 之间。可

表 3 两组患者术后不同时间点的 NDI、JOA 评分和轴性痛 VAS 评分

Table 3 NDI, JOA and axial pain VAS scores of the two groups at different time points after surgery

	NDI		JOA 评分 JOA score		轴性痛 VAS 评分 Axial pain VAS score	
	ZP 组 ZP group	CP 组 CP group	ZP 组 ZP group	CP 组 CP group	ZP 组 ZP group	CP 组 CP group
术后 1 个月 1-month follow-up	11.33 $\pm$ 1.52	11.33 $\pm$ 1.15	13.81 $\pm$ 1.27	14.10 $\pm$ 1.09	4.11 $\pm$ 0.70	4.07 $\pm$ 0.52
术后 3 个月 3-month follow-up	9.74 $\pm$ 1.29	9.00 $\pm$ 1.05 ^①	14.93 $\pm$ 0.92	15.07 $\pm$ 0.87	3.56 $\pm$ 0.51	3.27 $\pm$ 0.45 ^①
术后 6 个月 6-month follow-up	8.48 $\pm$ 1.19	7.40 $\pm$ 1.13 ^①	15.19 $\pm$ 0.74	15.37 $\pm$ 0.61	3.15 $\pm$ 0.36	2.90 $\pm$ 0.48 ^①
术后 12 个月 12-month follow-up	7.41 $\pm$ 1.19	6.33 $\pm$ 1.06 ^①	15.33 $\pm$ 0.55	15.50 $\pm$ 0.51	2.70 $\pm$ 0.47	2.27 $\pm$ 0.52 ^①
末次随访 Final follow-up	6.44 $\pm$ 1.15	5.40 $\pm$ 0.97 ^①	15.44 $\pm$ 0.58	15.57 $\pm$ 0.50	1.04 $\pm$ 1.22	0.47 $\pm$ 0.82 ^①

注: ①与同时点 ZP 组比较 $P<0.05$ 。

Note: ①Compared with ZP group at the same time point, $P<0.05$.

见固定节段中间椎体塌陷是导致 ZP 组术后颈椎曲度丢失更多的重要因素。同时我们观察发生中

表 4 两组患者术后颈椎整体曲度和手术节段曲度的比较 (°)

Table 4 Comparison of postoperative curvature and operative level curvature of cervical spine between the two groups

	ZP组 (n=27) ZP group	CP组 (n=30) CP group
颈椎曲度 Curvature of cervical spine		
术后 3d 3-day follow-up	21.37±6.44	21.61±4.40
术后 1 个月 1-month follow-up	20.51±6.06	21.28±4.33
术后 3 个月 3-month follow-up	20.05±5.98	21.19±4.32
术后 6 个月 6-month follow-up	19.64±5.9	21.18±4.33
术后 12 个月 12-month follow-up	19.35±5.93	21.15±4.42 ^①
末次随访 Final follow-up	18.88±5.88	21.06±4.36 ^①
手术节段曲度 Curvature of surgical segment		
术后 3d 3-day follow-up	11.65±5.14	11.58±4.09
术后 1 个月 1-month follow-up	10.19±6.88	11.33±3.86
术后 3 个月 3-month follow-up	9.54±7.62	11.21±3.89
术后 6 个月 6-month follow-up	9.32±7.76	11.22±3.83
术后 12 个月 12-month follow-up	9.22±7.82	11.14±3.78
末次随访 Final follow-up	8.81±7.80	11.11±3.80

注:①与塌陷组比较 $P<0.05$ 。

Note: ①Compared with collapse group, $P<0.05$.

表 5 两组患者末次随访时颈椎整体曲度和手术节段曲度丢失比较 (°)

Table 5 Comparison of cervical physiological curvature loss and surgical segment curvature loss at the last follow-up between the two groups

	丢失度数 Curvature loss	ZP组 (n=27) ZP group	CP组 (n=30) CP group
颈椎整体曲度 Curvature of cervical spine	<2	15	30
	2-4	8	0
	>4	4	0
手术节段曲度 Curvature of surgical segment	<2	22	29
	2-4	0	1
	>4	5	0

注:ZP 组与 CP 组比较 $P<0.05$ 。

Note: Compared between ZP group and CP group, $P<0.05$.

间椎体塌陷的病例在术后 6 个月后未进一步塌陷而引发神经症状。因此两组均获得满意的 JOA 评分。但颈椎曲度对于维持颈椎的平衡稳定具有关键的作用,颈椎曲度变直或颈椎后凸畸形容易导致颈椎失稳、颈胸交界处压力负荷增加而出现轴性疼痛。对比两组患者在末次随访时轴性疼痛 VAS 评分,ZP 组明显高于 CP 组。术后轴性疼痛是影响患者术后疗效的重要因素。这一点体现在 ZP 组 NDI 评分改善程度低于 CP 组。可见固定节段中间椎体塌陷影响颈椎生理曲度,使得术后轴性疼痛严重程度较高,影响患者最终满意度。

在双节段 ACDF 中应用 ZP 存在固定节段中间椎体塌陷风险,而应用 CP 则没有观察到类似现象。其原因可能有两点:(1)从力学机制出发,双节段 ACDF 中应用 CP 主要应力通过钢板来进行传导,而应用 ZP 更多的应力需要通过融合器、终板、中间椎体来进行传导^[2],对终板的支撑强度有更高的要求。(2)术中终板前缘损伤。由于颈椎上下终板并不完全平行,ACDF 术中常常需要切除部分椎体前唇(椎间隙上终板前缘)以获得上下终板相对平行的空间进行减压并置入融合器,有限元研究表明^[2],双节段 ACDF 应用 CP 固定时终板前缘损伤不会对局部应力传导产生明显改变,但应用 ZP 固定时,终板前缘损伤将导致终板应力、融合器应力、中间椎体应力明显增高,从而导致中间椎体塌陷的风险增高。

综上所述,在双节段 ACDF 中,相对于 ZP,应用 CP 能够更好地维持颈椎生理曲度,避免固定节段中间椎体塌陷,获得更好的临床疗效。

4 参考文献

1. Park JB, Cho YS, Riew KD. Development of adjacent-level ossification in patients with an anterior cervical plate [J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87(3): 558-563.
2. Kalb S, Reis MT, Cowperthwaite MC, et al. Dysphagia after anterior cervical spine surgery: incidence and risk factors[J]. World Neurosurg, 2012, 77(1): 183-187.
3. Scholz M, Reyes PM, Schleicher P, et al. A new stand-alone cervical anterior interbody fusion device: biomechanical comparison with established anterior cervical fixation devices [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(2): 156-160.
4. Yang JY, Song HS, Lee M, et al. Adjacent level ossification development after anterior cervical fusion without plate fixation[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(1): 30-33.
5. Vaccaro AR, Falatyn SP, Scuderi GJ, et al. Early failure of

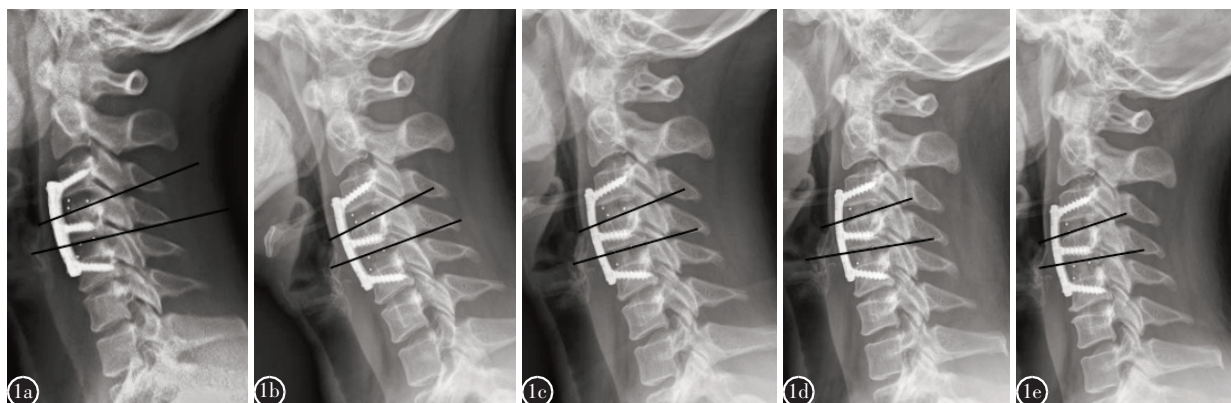


图 1 CP 组典型病例: 女性, 52 岁, 行 C3/4、C4/5 ACDF, 术后 3 天(a)、1 个月(b)、3 个月(c)、半年(d)和末次随访时(e)时复查颈椎侧位 X 线片均未见 C4 椎体发生明显塌陷。

Figure 1 A typical case in CP group: a female, 52 years old, received C3/4, C4/5 ACDF. Postoperative 3d(a), 1 month (b), 3 months(c), 6 months(d), final follow-up(e), no significant collapse of C4 vertebra was observed.

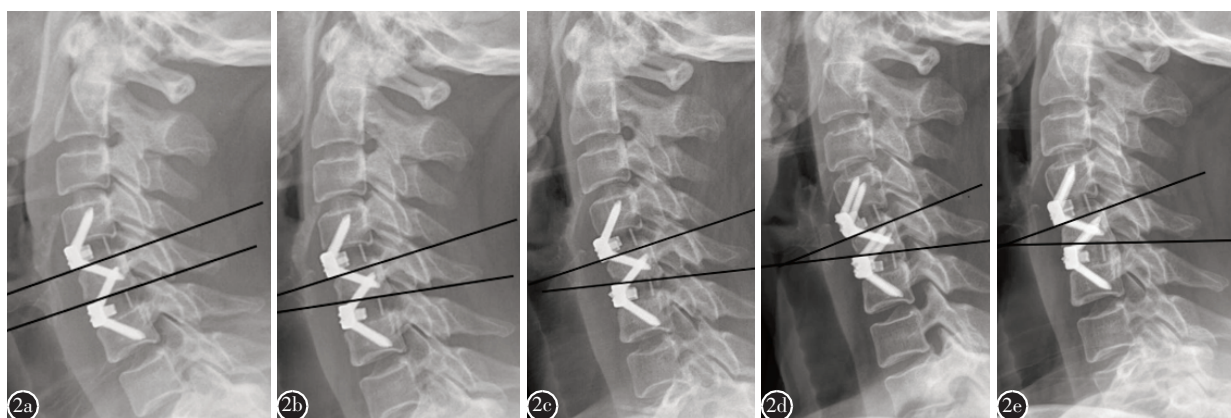


图 2 ZP 组典型病例: 女性, 53 岁, 行 C4/5、C5/6 ACDF a 术后 3 天侧位 X 线片 b 术后 1 个月侧位 X 线片示 C5 椎体塌陷 c 术后 3 个月侧位 X 线片示 C5 椎体塌陷加重 d 术后半年侧位 X 线片示 C5 椎体塌陷进一步加重 e 末次复查对比术后半年 C5 椎体示进一步塌陷。

Figure 2 A typical case in ZP group: a female, 53 years old, received C4/5, C5/6 ACDF a Postoperative 3d lateral X-ray image b Postoperative 1-month X-ray showed collapse of C5 vertebral body c Postoperative 3-month X-ray showed C5 vertebral collapse was deteriorated d Postoperative 6-month X-ray showed C5 vertebral collapse was deteriorated further e C5 vertebral collapse at final follow-up was worse than that at 6-month follow up.

- long segment anterior cervical plate fixation [J]. J Spinal Disord, 1998, 11(5): 410-415.
6. Kaiser MG, Haid RJ, Subach BR, et al. Anterior cervical plating enhances arthrodesis after discectomy and fusion with cortical allograft[J]. Neurosurgery, 2002, 50(2): 229-236, 236-238.
 7. Song KJ, Taghavi CE, Lee KB, et al. The efficacy of plate construct augmentation versus cage alone in anterior cervical fusion[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(26): 2886-2892.
 8. Faldini C, Pagkrati S, Leonetti D, et al. Sagittal segmental alignment as predictor of adjacent-level degeneration after a cloward procedure[J]. Clin Orthop Relat Res, 2011, 469(3): 674-681.
 9. Bell KM, Bechara BP, Hartman RA, et al. Influence of number of operated levels and postoperative time on active range of motion following anterior cervical decompression and fusion procedures[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(4): 263-268.
 10. Kinon MD, Greeley SL, Harris JA, et al. Biomechanical evaluation comparing zero-profile devices versus fixed profile systems in a cervical hybrid decompression model: a biomechanical in vitro study[J]. Spine J, 2020, 20(4): 657-664.
 11. Lin H, Zhao W, Wang X, et al. A new potential complication in 2-level anterior cervical discectomy and fusion with

- zero-profile devices: collapse of the middle cervical vertebra[J]. *World Neurosurg*, 2022, 165: e175–e190.
12. Brantigan JW, Steffee AD. A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion: two-year clinical results in the first 26 patients[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1993, 18(14): 2106–2107.
13. Robertson JT, Papadopoulos SM, Traynelis VC. Assessment of adjacent-segment disease in patients treated with cervical fusion or arthroplasty: a prospective 2-year study [J]. *J Neurosurg Spine*, 2005, 3(6): 417–423.
14. Bazaz R, Lee MJ, Yoo JU. Incidence of dysphagia after anterior cervical spine surgery: a prospective study[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2002, 27(22): 2453–2458.
15. 陈文恒, 郭团茂, 刘强, 等. 颈前路零切迹椎间融合系统与钛板系统治疗单节段颈椎病的疗效比较[J]. *中国临床研究*, 2017, 30(10): 1319–1323.
16. 易难, 杨毅, 马立泰, 等. 零切迹椎间融合固定器和颈前路钢板固定的单节段颈椎前路椎间盘切除融合术后患者吞咽功能比较分析[J]. *颈腰痛杂志*, 2017, 38(6): 568–572.
17. 周波, 贺西京. Zero-P 治疗单节段脊髓型颈椎病的临床疗效分析[J]. *实用骨科杂志*, 2016, 22(9): 769–773.
18. Scholz M, Schleicher P, Pabst S, et al. A zero-profile anchored spacer in multilevel cervical anterior interbody fusion: biomechanical comparison to established fixation techniques [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40(7): E375–E380.
19. Nemoto O, Kitada A, Naitou S, et al. Stand-alone anchored cage versus cage with plating for single-level anterior cervical discectomy and fusion: a prospective, randomized, controlled study with a 2-year follow-up[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2015, 25(Suppl 1): S127–S134.
20. Scholz M, Onal B, Schleicher P, et al. Two-level ACDF with a zero-profile stand-alone spacer compared to conventional plating: a prospective randomized single-center study [J]. *Eur Spine J*, 2020, 29(11): 2814–2822.
21. 林宏衡, 方志超, 梁梓杨, 等. 双节段颈前路椎间盘切除融合术应用零切迹系统或钢板联合融合器固定后颈椎生物力学变化的三维有限元研究[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2023, 33(2): 148–162.
22. Zhang J, Chen W, Weng R, et al. Biomechanical effect of endplate defects on the intermediate vertebral bone in consecutive two-level anterior cervical discectomy and fusion: a finite element analysis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 407.

(收稿日期:2023-03-19 末次修回日期:2023-07-10)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 卢庆霞)