

· 临床论著 ·

# 创伤性椎间盘突出脊髓损伤两种颈椎前路融合

朱海迪, 卢 贇, 邵毅杰, 刘 凌, 孙佳佳\*

(苏州大学附属第一医院骨科, 江苏苏州 215006)

**摘要:** [目的] 比较零切迹锁定型颈椎融合器 (zero-profile, stand-alone cervical cage, ROI-C) 与传统颈椎前路椎间融合器联合钛板 (cage and plate, CP) 治疗创伤性椎间盘突出伴脊髓损伤的临床效果。[方法] 回顾性分析 2015 年 9 月—2020 年 9 月收治的 44 例接受颈椎前路手术治疗的创伤性椎间盘突出伴脊髓损伤患者。依据医患沟通结果, 21 例采用 ROI-C, 23 例采用 CP。比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] 两组患者手术均顺利, 无严重术中并发症。ROI-C 组手术时间、切口长度、术中透视次数、术中失血量、下地行走时间及住院时间均显著优于 CP 组 ( $P<0.05$ )。两组患者随访时间平均 ( $16.8\pm 3.2$ ) 个月, ROI-C 组恢复完全负重活动时间显著早于 CP 组 ( $P<0.05$ )。随时间推移, 两组 ASIA 评级、JOA 评分、NDI 评分及椎体术征情况均显著改善 ( $P<0.05$ )。术前两组患者上述指标的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 术后 1、3 个月, ROI-C 组 ASIA 评级显著优于 CP 组 ( $P<0.05$ )。影像方面, 术后两组患者  $C_{2-7}$  Cobb 角和椎间隙高度均较术前显著改善 ( $P<0.05$ ), 术前两组上述影像指标的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 术后相应时间点 ROI-C 组椎间隙高度显著优于 CP 组 ( $P<0.05$ )。术后 3 个月, ROI-C 组椎体间融合情况优于 CP 组 ( $P<0.05$ )。[结论] 对于创伤性椎间盘突出伴脊髓损伤, 两种术式均能改善神经功能, 改善颈椎生理曲度和维持椎间隙高度。与传统 CP 相比, ROI-C 组具有创伤小、手术时间短等优点, 而且恢复患者颈椎椎间隙高度效果明显。

**关键词:** 创伤性颈椎间盘突出, 脊髓损伤, 零切迹锁定型颈椎融合器, 常规椎间融合器联合钛板

**中图分类号:** R687      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2023) 12-1081-06

**Two types of instrumented anterior cervical decompression and fusion for traumatic disc herniation accompanied with spinal cord injury // ZHU Hai-di, LU Yun, SHAO Yi-jie, LIU Ling, SUN Jia-jia. Department of Orthopaedics, The First Affiliated Hospital, Soochow University, Suzhou 215006, China**

**Abstract:** [Objective] To compare the clinical outcomes of zero-profile stand-alone cervical cage (ROI-C) versus conventional cage and plate (CP) used in anterior cervical decompression and fusion (ACDF) for traumatic disc herniation accompanied with spinal cord injury. [Methods] A retrospective study was performed on 44 patients who received ACDF for traumatic disc herniation with spinal cord injury in our department from September 2015 to September 2020. According to doctor-patient communication, 21 patients received ACDF with ROI-C, while the remaining 23 patients had conventional CP used. The perioperative, follow-up and imaging data were compared between the two groups. [Results] All patients in both groups had operation performed successfully without serious intraoperative complications. The ROI-C group proved significantly superior to the CP group in terms of operation time, incision length, intraoperative fluoroscopy times, intraoperative blood loss, postoperative walking time and hospital stay ( $P<0.05$ ). All of them were followed up for ( $16.8\pm 3.2$ ) months on an average, and the ROI-C group resumed full weight-bearing activities significantly earlier than the CP group ( $P<0.05$ ). The ASIA grade for neurological function, JOA and NDI scores and pyramidal signs improved significantly over time in both groups ( $P<0.05$ ). Although there were no statistically significant differences in the abovesaid items between the two groups before surgery ( $P>0.05$ ), the ROI-C group proved significantly superior to the CP group in term of ASIA grade 1 and 3 months after operation ( $P<0.05$ ). Regarding imaging, postoperative  $C_{2-7}$  Cobb angle and intervertebral height significantly improved in both groups compared with those before surgery ( $P<0.05$ ), which was not statistically significant between the two groups before surgery ( $P>0.05$ ), the ROI-C group got significantly higher intervertebral space height than the CP group at all time points postoperatively ( $P<0.05$ ). In addition, the ROI-C group had significantly better intervertebral fusion than the CP group three months after surgery ( $P<0.05$ ). [Conclusion] Both procedures do improve neurological function, improve cervical physiological curvature, and maintain intervertebral height for traumatic disc herniation with spinal cord injury. Compared with traditional

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.12.05

作者简介: 朱海迪, 在读硕士研究生, 研究方向: 脊柱外科, (电话) 18913537671, (电子信箱) 825089374@qq.com

\* 通信作者: 孙佳佳, (电话) 18051100095, (电子信箱) orthopaedicvit@163.com

CP, the ROI-C has the advantages of less trauma and shorter operation time, and more obvious effect of restoring the height of cervical intervertebral space.

**Key words:** traumatic cervical disc herniation, cervical spinal cord injury, zero-profile stand-alone cervical cage (ROI-C), conventional intervertebral cage and anterior plate

创伤性颈椎间盘突出 (traumatic cervical disc herniation, TCDH) 由高能量损伤所致, 多伴有纤维环断裂、后纵韧带及附件受累。颈椎间盘突出加重硬膜外出血, 压迫相应节段神经根及脊髓, 从而导致神经功能损伤, 严重时引起肢体功能障碍甚至瘫痪等症状。对于 TCDH 伴有脊髓损伤的患者, 治疗方式常以手术治疗为主, 早期手术能够解除脊髓压迫, 减少脊髓继发性损伤, 促进神经功能恢复<sup>[1]</sup>。以颈前路减压融合术 (anterior cervical decompression and fusion, ACDF) 采用传统笼架融合器联合钛板固定 (cage and plate, CP) 为主, 具有出血少、融合率高等优点, 但可带来吞咽障碍及神经损伤等并发症<sup>[2]</sup>。另外, 传统钛板联合笼架术后出现的内固定断裂、临床稳定性差等问题无法回避<sup>[3]</sup>。目前零切迹锁定型椎间融合器 (zero-profile, stand-alone cervical cage, ROI-C) 在颈前路退变性疾病中应用广泛, 但治疗 TCDH 伴脊髓损伤的报道较少。本研究拟比较 ROI-C 与 CP 治疗创伤性椎间盘突出伴脊髓损伤的疗效, 为临床选择提供依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 有明确外伤病史, 外伤前无四肢神经损伤症状; (2) MRI 证实单节段椎间盘突出压迫髓或神经根, 局部伴水肿信号; (3) X 线片及 CT 显示 C<sub>3-7</sub> 无骨折脱位及明显不稳表现。

排除标准: (1) 先天颈椎发育不良, 或既往有外伤及颈部手术史; (2) 影像学证实存在颈椎骨折脱位、畸形、明显骨赘增生及多节段后纵韧带骨化; (3) 颈部存在肿块、感染病灶; (4) 全身条件差, 不能耐受手术, 或骨质疏松严重; (5) 资料随访不完善。

### 1.2 一般资料

回顾性分析 2015 年 9 月—2020 年 9 月在苏州大学附属第一医院接受颈前路手术的创伤性椎间盘突出伴脊髓损伤患者的临床资料。其中 44 例符合上述纳入标准, 纳入本研究。依据术前医患沟通结果, 21 例采用 ROI-C, 23 例采用 CP。两组患者术前一般资

料见表 1, 两组年龄、性别、BMI、损伤至手术时间、损伤节段的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。本研究通过医院伦理委员会批准备案, 所有患者及家属均签署知情同意书。

表 1 两组患者治疗前一般资料与比较

指标	ROI-C 组 (n=21)	CP 组 (n=23)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	54.1±9.2	51.9±8.9	0.169
性别 (例, 男/女)	9/12	12/11	0.367
BMI (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	24.5±1.0	24.0±0.9	0.095
损伤至手术时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	5.7±0.9	5.7±1.1	0.952
节段 (例, C <sub>3/4</sub> /C <sub>4/5</sub> /C <sub>5/6</sub> /C <sub>6/7</sub> )	1/6/12/2	0/3/18/2	0.463

### 1.3 手术方法

ROI-C 组: 患者全麻后取仰卧位, 常规消毒铺巾, 于右胸锁乳突肌内侧缘向中线作长约 4 cm 切口, 钝性分离颈动脉鞘与气管食管鞘间隙, 颈前拉勾向外、向内牵拉维持, 暴露手术椎间隙。C 形臂 X 线机透视明确手术节段后, 打入牵引钉并安装 Caspar 自动拉钩。摘除损伤椎间盘, 至骨性终板, 清除椎体后缘骨赘, 切开后纵韧带解除硬膜囊前方压迫。试模后选择合适尺寸 ROI-C 融合器, 将减压产生的自体骨与 0.25 mg 人骨形态发生蛋白 (human bone morphogenetic protein-2, hBMP-2) 混合后填充入笼架。透视下将融合器放置合适位置后, 置入双锁定插片将其固定。C 形臂 X 线机再次透视确定融合器及锁片位置满意后, 放置引流管, 闭合切口。

CP 组: 麻醉方法、体位、暴露及减压等步骤同上。试模测量后选择适当大小笼架, 将充分植骨的笼架置入椎间隙。透视确认笼架位置及椎间隙高度满意后, 选用适当前路钛板置于椎前, 透视确认钛板位置居中, 完成螺钉置入。放置引流管, 闭合切口。

两组患者术后均给予抗生素、激素、脱水、神经营养及抑酸等处理, 术后 48 h 内拔管, 术后 3 d 佩戴颈托辅助下地同时摄颈椎正侧位 X 线片, 颈托固定 6~8 周。

### 1.4 评价指标

记录围手术期资料, 包括术后并发症, 如吞咽障碍、内植物移位情况、声音嘶哑及脊髓损伤加重等。

以 Bazaz 标准评估吞咽困难发生及存在程度<sup>[4]</sup>。采用美国脊椎损伤学会 (American Spinal Injury Association, ASIA) 神经功能评级、日本骨科协会 (Japanese Orthopaedic Association, JOA) 颈椎评分、颈部功能障碍指数 (neck disability index, NDI) 和锥体束征评估脊临床效果。行影像学检查, 测量颈椎前凸角 (C<sub>2-7</sub> Cobb 角)、融合节段椎间隙高度。于侧位按改良 Brantigan 标准评价椎间融合情况<sup>[5]</sup>。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验; 组内时间点比较采用单因素方差分析; 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验, 组内比较采用 Friedman 检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 围手术期情况

两组 44 例患者均顺利完成手术, 无气管和食管损伤, 无喉返神经损伤。两组围手术期资料见表 2, ROI-C 组手术时间、切口长度、术中透视次数、术中失血量、下地行走时间及住院时间均显著优于 CP 组 ( $P < 0.05$ )。两组切口愈合等级均为甲级, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。ROI-C 组术后无吞咽不适, 而 CP 组术后吞咽不适 2 例, 术后 1 个月内不适感均缓解。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	ROI-C 组 (n=21)	CP 组 (n=23)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )	125.1±39.3	157.2±54.1	<0.001
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$ )	3.3±0.6	5.0±0.7	<0.001
术中透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$ )	8.4±1.0	12.6±0.7	<0.001
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$ )	83.1±6.4	124.6±13.3	<0.001
下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	5.8±1.1	8.3±1.0	<0.001
切口愈合等级 (例, 甲/乙/丙)	21/0/0	23/0/0	ns
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	6.1±0.8	8.9±1.0	<0.001

### 2.2 随访结果

两组患者均获随访, 随访时间 12~18 个月, 平均 (16.8±3.2) 个月。随访资料见表 3。ROI-C 组患者恢复完全负重活动时间显著早于 CP 组 ( $P <$

0.05)。随时间推移, 两组 ASIA 评级、JOA 评分、NDI 评分及锥体束征情况均显著改善 ( $P < 0.05$ )。术前两组上述指标的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。术后 1、3 个月, ROI-C 组 ASIA 评级显著优于 CP 组 ( $P < 0.05$ )。相应时间点, 两组 NDI 评分、JOA 评分、锥体束征以及末次随访时 ASIA 评级差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。随访过程中, 两组患者均未出现脊髓损伤加重、深部感染等严重并发症。

表 3 两组患者随访结果与比较

指标	ROI-C 组 (n=21)	CP 组 (n=23)	P 值
恢复完全负重活动时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	26.3±1.0	33.2±1.6	<0.001
ASIA 评级 (例, C/D/E)			
术前	9/9/3	8/13/2	0.902
术后 1 个月	0/7/14	5/11/7	0.004
术后 3 个月	0/5/16	4/9/10	0.010
末次随访	0/3/18	1/8/14	0.053
P 值	<0.001	<0.001	
NDI 评分 (% , $\bar{x} \pm s$ )			
术前	33.0±1.1	33.1±1.2	0.942
术后 1 个月	16.5±2.6	16.4±2.8	0.501
术后 3 个月	18.1±0.7	17.1±1.9	0.333
末次随访	17.2±0.8	17.5±2.5	0.692
P 值	<0.001	<0.001	
JOA 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )			
术前	8.1±0.9	8.4±1.0	0.383
术后 1 个月	8.1±0.9	13.4±0.9	0.231
术后 3 个月	13.0±1.0	14.2±0.8	0.161
末次随访	14.0±0.8	13.7±0.9	0.402
P 值	<0.001	<0.001	
锥体束征 (例, 阴性/弱阳性/阳性)			
术前	2/13/6	2/15/6	0.926
术后 1 个月	2/13/6	2/18/3	0.371
术后 3 个月	3/13/5	3/17/3	0.585
末次随访	10/9/2	9/12/2	0.699
P 值	0.033	0.010	

### 2.3 影像评估

两组患者术后 C<sub>2-7</sub> Cobb 角、椎间隙高度以及椎间融合情况均较术前显著改善 ( $P < 0.05$ )。术前两组患者上述影像指标的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。术后相应时间点 ROI-C 组椎间隙高度显著优于 CP 组 ( $P < 0.05$ )。术后 3 个月, ROI-C 组椎体间融合情况优于 CP 组 ( $P < 0.05$ )。术后相应时间点,

两组间 C<sub>2-7</sub> Cobb 角的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。末次随访, 椎间融合器均在位, 未发生移位及断裂等情况, 均未有再次行手术者。典型病例见图 1、2。



图 1 患者, 男, 56 岁, 创伤性颈椎间盘突出, 采用 ROI-C 椎间融合器行颈前路椎间盘切除融合术治疗 1a: 术前颈椎 MRI 矢状位片压脂像显示 C<sub>5/6</sub> 椎间盘突出, 颈髓前方受压明显, 受伤部位椎体前软组织及颈髓中央有高信号影 1b: 术前颈椎 MRI 横断位片显示 C<sub>5/6</sub> 椎间盘突出压迫颈髓 1c: 术前颈椎侧位 X 线片示颈椎生理曲度与椎间隙高度丢失 1d: 术后 1 个月颈椎侧位 X 线片示 ROI-C 在位良好, 颈椎生理曲度及椎间隙高度与术前相较明显改善 1e: 末次随访时颈椎侧位 X 线片示手术节段椎间隙高度无明显变化, 颈椎生理曲度改善显著, 椎体间融合情况良好

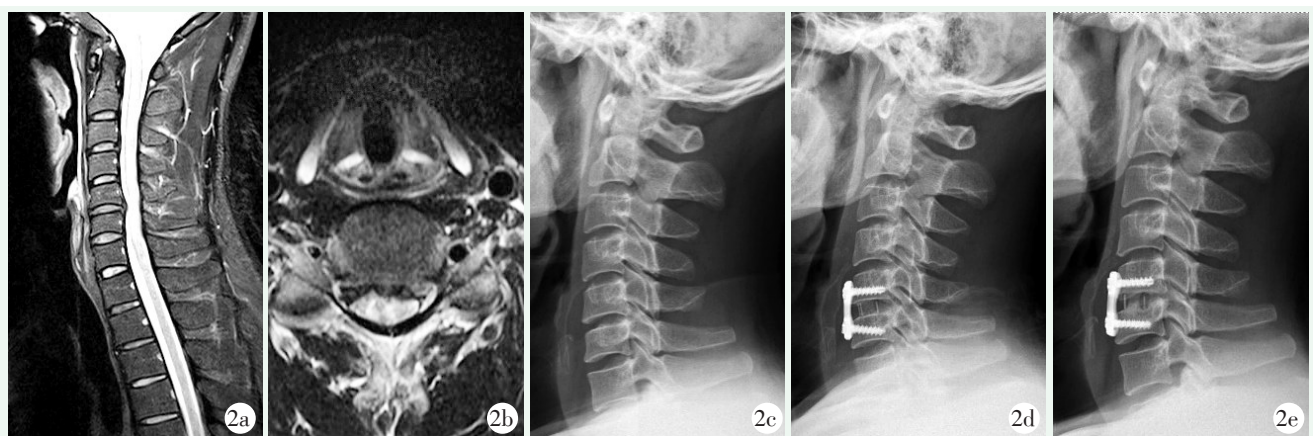


图 2 患者, 女, 39 岁, 创伤性颈椎间盘突出, 采用传统 CP 颈前路椎间盘切除融合术治疗 2a: 前颈椎 MRI 矢状位片示 C<sub>5/6</sub> 椎间盘突出, 颈髓前方受压明显, 颈髓中央有高信号影 2b: 术前颈椎 MRI 横断位位提示 C<sub>5/6</sub> 椎间盘脱出压迫颈髓 2c: 术前颈椎侧位 X 线片示颈椎生理曲度及椎间隙高度丢失 2d: 术后 1 个月颈椎侧位 X 线片示接骨板及笼架在位良好, 颈椎生理曲度及椎间隙高度较术前明显升高 2e: 末次随访时颈椎侧位 X 线片示手术节段椎间隙高度无明显变化, 颈椎生理曲度恢复明显, 椎体间融合情况良好

### 3 讨论

创伤性颈椎间盘突出伴脊髓损伤是指急性外伤致颈椎大幅度屈伸、椎间盘急性突出及黄韧带褶皱挤压后出现脊髓或神经根症状, 影像学提示颈椎间盘突出伴相应节段脊髓损伤或神经根压迫<sup>[6, 7]</sup>。研究显示 5%~54% 的患者颈椎外伤后伴有椎间盘突出, 其中年轻患者更为多见<sup>[8]</sup>。Szwedowski 等<sup>[9]</sup>指出无放射学异常的脊髓损伤 (spinal cord injury without radiograph-

ic abnormality, SCIWORA) 在儿童和成人的脊髓损伤分别占 6%~19% 和 9%~14%, 成人多存在潜在的退行性改变, 包括颈椎病或椎管狭窄, 随着近年来神经成像技术的进步, 特别是磁共振成像技术的进步, 以及 MRI 作为诊断工具的日益普及, SCIWORA 的总体检出率有了显著提高, 包括 TCDH。

TCDH 伴脊髓损伤的治疗, 临床上以前路解除脊髓压迫、重建颈椎稳定性为主要原则。ACDF 为治疗椎间盘源性疾病的标准术式, 疗效确切并已广泛应用临床<sup>[10]</sup>。椎间融合器 (笼架) 已成为主流的融合材

料<sup>[11]</sup>，然而减压后单纯置入笼架，因颈椎稳定不足，后期松动率可达12.1%<sup>[12]</sup>。为预防笼架脱出，需辅以锁定钛板固定，由于钛板的应力遮挡效应，可降低椎间融合率<sup>[13]</sup>。Yang等<sup>[14]</sup>研究发现，钛板可致术中出血量增加。由于钛板切迹作用，术后更易出现吞咽不适等并发症<sup>[15, 16]</sup>。邻近节段椎间盘退变、椎间隙丢失及骨赘增生是钛板联合笼架治疗的远期常见并发症<sup>[17]</sup>，相关文献报道发生率可高达26%<sup>[18]</sup>。同时，因退变所致相邻节段的翻修手术可达11.9%<sup>[19]</sup>，这可能与相邻节段代偿性负荷增加及应力改变相关<sup>[20]</sup>。为增加颈椎稳定性及椎间融合率，并减少钛板相关并发症，近年来零切迹锁定型椎间融合器开始应用于临床。

表4 两组患者影像评估结果与比较

指标	ROI-C组 (n=21)	CP组 (n=23)	P值
C <sub>2-7</sub> Cobb角(°， $\bar{x} \pm s$ )			
术前	11.7±8.9	14.9±7.6	0.101
术后1个月	19.1±7.7	22.4±6.4	0.192
术后3个月	19.9±7.1	22.5±6.6	0.123
末次随访	20.7±7.1	22.4±6.3	0.331
P值	<0.001	<0.001	
椎间隙高度(mm， $\bar{x} \pm s$ )			
术前	5.1±1.0	5.3±1.4	0.381
术后1个月	9.6±1.7	8.2±2.0	0.020
术后3个月	9.4±1.9	8.1±1.9	0.035
末次随访	9.0±2.0	8.0±2.0	0.049
P值	<0.001	<0.001	
椎间融合(例，0/1/2/3/4)			
术前	-	-	-
术后1个月	1/10/10/0/0	4/12/7/0/0	0.136
术后3个月	1/1/0/14/5	1/4/10/5/3	0.013
末次随访	0/1/0/3/17	0/1/0/8/14	0.383
P值	<0.001	<0.001	

ROI-C为零切迹锁定型椎间融合器，主体由聚醚醚酮(PEEK)材料制成，强度高且生物相容较好，起到很好的支撑作用。相较于钛板联合笼架固定，ROI-C置入操作简便并且软组织暴露少，可显著减少对食管、气管及喉返神经的牵拉损伤。有报道，零切迹的设计明显减少对食管的刺激作用<sup>[21, 22]</sup>，并且ROI-C能够显著降低术后吞咽困难等并发症<sup>[23]</sup>。在生物力学方面，Stein等<sup>[24]</sup>研究证实，虽然ROI-C与钛板联合笼架的融合效果无显著差

异，但ROI-C能提高椎间融合的稳定性和持久性。此外，程省等<sup>[25]</sup>研究提示，ROI-C组无需充分剥离肌肉及韧带，对手术节段邻近节段关节活动度及应力的影响明显小于钛板联合笼架固定。

本研究结果显示，ROI-C组出血量、手术时间均小于CP组，差异具有统计学意义。CP组术后早期出现2例轻度吞咽困难，且术后1个月吞咽不适感缓解，考虑为术中牵拉所致，其余患者术后无严重并发症发生，且伤口均为甲级愈合。两组患者末次随访颈椎融合率无统计学差异，且均达95%以上。与术前相比两组的JOA与NDI评分，以及颈椎生理曲度都有明显改善。然而在不同随访时间上，这三者结果无明显差异，表明ROI-C与传统笼架手术方式对患者改善脊髓功能与临床症状都有显著疗效，但同一时间两组治疗效果对比无明显差异。两组患者的椎间隙高度术前与术后3次随访时高度恢复明显，且差异具有统计学意义。相比于CP组，ROI-C组患者在术后前两次随访的颈椎椎间隙高度上有较大改善，且具有统计学意义，表明ROI-C手术在短期内恢复椎间隙高度上具有优势。

综上所述，对于创伤性椎间盘突出伴脊髓损伤患者，相比CP组，ROI-C组具有手术时间短、创伤小、出血少及吞咽困难发生率低等优点。ROI-C及传统钛板联合笼架减压融合术均能促进脊髓功能恢复，增加颈椎生理曲度及椎间隙高度，随访结果显示短期ROI-C组优势明显，但从长期结果来看，ROI-C与传统笼架对术后高度的恢复在影像学上差异不明显。

#### 参考文献

- [1] Qi C, Xia HH, Miao DC, et al. The influence of timing of surgery in the outcome of spinal cord injury without radiographic abnormality (SCIWORA) [J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15 (1): 223.
- [2] Justin TP, Bryan CW, Franco V, et al. A comparison of retraction pressure during anterior cervical plate surgery and cervical disc replacement: a cadaveric study [J]. J Spinal Disord Tech, 2006, 19 (5): 312-317.
- [3] Hee Hwan T, Majd Mohammad E, Holt Richard T, et al. Complications of multilevel cervical corpectomies and reconstruction with titanium cages and anterior plating [J]. J Spinal Disord Tech, 2003, 16 (1): 1-8.
- [4] Rajesh B, Lee MJ, Yoo JU. Incidence of dysphagia after anterior cervical spine surgery: a prospective study [J]. Spine, 2002, 27 (22): 2453-2458.
- [5] Brantigan JW, Steffee AD. A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion. Two-year clinical results in the first 26 patients

- [J]. Spine, 1993, 18 (14) : 277-282.
- [6] Matgé G, Leclercq TA. Rationale for interbody fusion with threaded titanium cages at cervical and lumbar levels. Results on 357 cases [J]. Acta Neurochirurgica, 2000, 142 (4) : 422-435.
- [7] Joaquim AF, Patel AA, Vaccaro AR. Cervical injuries scored according to the Subaxial Injury Classification system: An analysis of the literature [J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2014, 5 (2) : 65-70.
- [8] Rizzolo SJ, Piazza MR, Cotler JM, et al. Intervertebral disc injury complicating cervical spine trauma [J]. Spine, 1991, 16 (6 Suppl) : 65-70.
- [9] Szwedowski D, Walecki J. Spinal cord injury without radiographic abnormality (SCIWORA) – clinical and radiological aspects [J]. Pol J Radiol, 2014, 79: 461-464.
- [10] Angevine Peter D, Arons Ray R, McCormick Paul C. National and regional rates and variation of cervical discectomy with and without anterior fusion, 1990-1999 [J]. Spine, 2003, 28 (9) : 931-939.
- [11] Miller Larry E, Block Jon E. Safety and effectiveness of bone allografts in anterior cervical discectomy and fusion surgery [J]. Spine, 2011, 36 (24) : 2045-2050.
- [12] Radcliff KE, Jonathan B, Stewart RJ, et al. Change in angular alignment is associated with early dysphagia after anterior cervical discectomy and fusion [J]. Clin Spine Surg, 2016, 29 (6) : 1339-1349.
- [13] Daubs MD. Early failures following cervical corpectomy reconstruction with titanium mesh cages and anterior plating [J]. Spine, 2005, 30 (12) : 1402-1406.
- [14] Yang JY, Song HS, Lee M, et al. Adjacent level ossification development after anterior cervical fusion without plate fixation [J]. Spine, 2009, 34 (1) : 30-33.
- [15] 叶有晨, 赵新华, 杨永宏. 前路颈椎桥形锁定融合器 (ROI-C) 治疗退变性颈椎间盘疾病的临床应用分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25 (3) : 209-213.
- [16] Dai L, Jia L. Central cord injury complicating acute cervical disc herniation in trauma [J]. Spine, 2000, 25 (3) : 331-335.
- [17] Haruki U, Huang RC, Darren LR. Iatrogenic contributions to cervical adjacent segment pathology: review article [J]. HSS J, 2015, 11 (1) : 26-30.
- [18] O'Neill KR, Wilson RJ, Burns KM, et al. Anterior cervical discectomy and fusion for adjacent segment disease: clinical outcomes and cost utility of surgical intervention [J]. Clin Spine Surg, 2016, 29 (6) : 234-241.
- [19] Chang KE, Pham MH, Hsieh PC. Adjacent segment disease requiring reoperation in cervical total disc arthroplasty: A literature review and update [J]. J Clin Neurosci, 2016, 37: 20-24.
- [20] Sasso Rick C, Smucker Joseph D, Hacker Robert J, et al. Artificial disc versus fusion: a prospective, randomized study with 2-year follow-up on 99 patients [J]. Spine, 2007, 32 (26) : 2933-2940.
- [21] Fountas Kostas N, Kapsalaki Eftychia Z, Nikolakakos Leonidas G, et al. Anterior cervical discectomy and fusion associated complications [J]. Spine, 2007, 32 (21) : 2310-2317.
- [22] Pitzen TR, Jiri C, Jan S, et al. Implant complications, fusion, loss of lordosis, and outcome after anterior cervical plating with dynamic or rigid plates: two-year results of a multi-centric, randomized, controlled study [J]. Spine, 2009, 34 (7) : 1689-1694.
- [23] 张磊, 章君鑫, 刘昊, 等. 颈前路 ROI-C 与后路单开门治疗多节段脊髓型颈椎病的对比 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (23) : 2123-2129.
- [24] Stein MI, Nayak AN, Gaskins RB, et al. Biomechanics of an integrated interbody device versus ACDF anterior locking plate in a single-level cervical spine fusion construct [J]. Spine J, 2014, 14 (1) : 128-136.
- [25] 程省, 汤立新, 李显博, 等. 颈前路零切迹椎间融合固定双节段颈椎病 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (5) : 395-398.
- (收稿: 2022-07-09 修回: 2023-01-05)  
(同行评议专家: 梁磊 翁峰标 张鹏 朱立帆)  
(本文编辑: 郭秀婷)