

## 临床论著

双节段前路颈椎自锁式融合器融合术后  
矢状位影像学参数的变化

杨 洋,黎庆初,朱召银,刘则征,闫慧博,尹刚辉,吕 海,金大地

(南方医科大学第三附属医院广东省骨科研究院脊柱外科 510630 广州市)

**【摘要】目的:**观察应用自锁式融合器行前路颈椎融合术(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)后矢状位影像学参数的变化。**方法:**回顾性分析 2010 年 1 月~2014 年 6 月 160 例接受 ACDF 的双节段颈椎病患者,其中应用 MC+融合器(单锚定组)78 例,ROI-C 融合器(双锚定组)82 例。测量术前、术后 3d、术后 3 个月及末次随访时颈椎侧位 X 线片的影像学参数,包括手术节段椎间隙高度(height of operation segment, HOS)、椎间隙角度(angle of operation segment, AOS)、C2-C7 角、C2-C7 矢状位轴向距离(C2-C7 sagittal vertical axis, C2-C7 SVA)及 T1 倾斜角(T1 slope, T1S),并应用 Erk 五度分级法评价术后 3 个月及末次随访时的植骨融合情况。采用 Pearson 相关性分析 160 例患者各时间点影像学参数间的相关性;运用独立样本 *t* 检验对比同时点两组间各影像学参数的差异;使用配对样本 *t* 检验分别对两组组内不同时间点时各参数进行对比;两组间术后 3 个月及末次随访时的融合等级对比采用 Mann-Whitney *U* 检验;术后 3 个月及末次随访时两组组内融合等级对比运用 Wilcoxon 符号秩检验。**结果:**术后随访 13.42±6.01 个月(6~31 个月)。术前、术后 3d、术后 3 个月及末次随访时 AOS 与 C2-C7 角、C2-C7 角与 T1S、AOS 与 T1S、T1S 与 C2-C7 SVA 均呈正相关( $P<0.01$ ), C2-C7 SVA 与 AOS、C2-C7 角均无显著相关性( $P>0.01$ )。术后 3d、3 个月及末次随访时两组 HOS、AOS、C2-C7 角及 T1S 较术前均有增加( $P<0.05$ ),术后 3 个月及末次随访时,双锚定组 AOS、C2-C7 角及 T1S 均高于单锚定组,两组比较存在统计学差异( $P<0.05$ )。两组术后 3 个月及末次随访时融合等级对比无统计学差异( $P>0.05$ ),末次随访时两组融合等级较术后 3 个月时下降( $P<0.05$ )。**结论:**应用两种自锁式融合器行双节段 ACDF 均可恢复手术节段椎间隙的高度、角度以及颈椎曲度,ROI-C 融合器较 MC+融合器对维持术后手术节段角度及颈椎前凸更具优势。ACDF 术后颈椎曲度的丢失可能引起胸椎矢状位影像学参数的变化。

**【关键词】** 颈椎病;前路颈椎融合术;自锁式融合器;矢状位参数

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.02.04

中图分类号:R681.5, R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2016)-02-0116-08

**Sagittal alignment analysis on using self-locking stand-alone cages in two-level anterior cervical discectomy and fusion/YANG Yang, LI Qingchu, ZHU Zhaoyin, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(2): 116-123**

**【Abstract】Objectives:** To investigate changes of sagittal alignments of using self-locking stand-alone cages in anterior cervical discectomy and fusion(ACDF). **Methods:** A retrospect research from January 2012 to June 2014 was performed, 160 two-level cervical spondylosis patients undergoing ACDF were enrolled and divided into uni-anchored group (UAG) and bi-anchored group (BAG) according to the anchor type of self-locking stand-alone cage (MC+ and ROI-C). Cervical standing radiographs were taken at pre-operation, 3 days after operation, 3 months after operation and the last follow-up. The sagittal parameters were measured, including height of operation segment(HOS), angle of operation segment(AOS), C2-C7 angle, C2-C7 sagittal vertical axis (C2-C7 SVA) and T1 slope (T1S). Erk method was used to evaluate the fusion status of operation segment. Statistic methods, including independent *t*-test and paired *t*-test, were performed to determine the significance of difference between UAG and BAG. Correlation among the radiographic parameters of 160 patients at every

基金项目:广东省科技计划项目(编号:412018908043)

第一作者简介:男(1989-),硕士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(020)62784309 E-mail:yqyb1718@hotmail.com

通讯作者:黎庆初 E-mail:lqc16@263.net

check point were sought by Pearson correlation analysis. In addition, the fusion rank of two groups was compared by Mann-Whitney *U* test and Wilcoxon signed rank test. **Results:** All cases obtained the follow-up with an average of  $13.42 \pm 6.01$  months (range, 6 to 31 months). At pre-operation, 3 days after operation, 3 months after operation and the last follow-up, positive correlations were presented between AOS and C2-C7 angle, C2-C7 angle and T1S, AOS and T1S, T1S and C2-C7 SVA ( $P < 0.01$ ). No significant difference was found between C2-C7 SVA and AOS, C2-C7 SVA and C2-C7 angle ( $P > 0.01$ ). In both groups, HOS, AOS, C2-C7 angle and T1S increased after operation ( $P < 0.05$ ). AOS, C2-C7 angle and T1S of UAG showed a statistic lower value than BAG at 3 months after operation and the last follow-up ( $P < 0.05$ ). The fusion status of both groups had no significant difference at 3 months after operation and the last follow-up ( $P > 0.05$ ). The fusion rank at the last follow-up was significant lower than that at 3 months after operation ( $P < 0.05$ ).

**Conclusions:** The height and angle of operation segment and cervical curve can be corrected after ACDF by using both self-locking stand-alone cages. ROI-C cage can be considered as a better choice in maintaining AOS and cervical lordosis compared to MC+ cage. The thoracic radiographic sagittal parameters may be altered after ACDF following the loss of cervical curve.

**[Key words]** Cervical spondylosis; Anterior cervical discectomy and fusion; Self-locking stand-alone cages; Sagittal alignments

**[Author's address]** Spine Surgery, the Third Affiliated Hospital of Southern Medical University, Academy of Orthopedics, Guangzhou, 510630, China

前路颈椎间盘切除融合术 (anterior cervical discectomy and fusion, ACDF) 是治疗颈椎病金标准<sup>[1-4]</sup>。随着对颈椎矢状位平衡研究的深入, 患者术后颈椎矢状位曲度及形态的变化逐渐受到脊柱外科医生重视。既往国内外文献多集中探讨 ACDF 的临床效果, 但针对颈椎病患者 ACDF 术后颈椎矢状位参数变化的研究却较少<sup>[4-10]</sup>。近年来前路颈椎自锁式融合器应用于 ACDF 逐渐增多, 其原创设计自锁功能并具有一定的自稳效果<sup>[9, 10]</sup>。本研究回顾性分析 2010 年 1 月~2014 年 6 月 160 例行 ACDF 治疗的双节段颈椎病患者术后颈椎侧位 X 线片上矢状位影像学参数的变化, 对应用两种自锁式融合器 (MC+, 法国 LDR; ROI-C, 法国 LDR) 患者的术后颈椎矢状位影像学参数进行比较。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

纳入标准: ①手术患者明确诊断为神经根型颈椎病或脊髓型颈椎病, 并经过 3 个月系统保守治疗症状无明显改善; ②完成半年以上有效随访, 末次随访时手术节段获得骨性融合; ③既往无颈椎手术史。

排除标准: ①合并有其他发育性颈椎疾病、代谢性骨病、脊柱肿瘤、脊柱感染、脊柱骨关节病等其他疾病; ②合并责任节段外的颈椎失稳; ③单节

段或 3 个及 3 个以上节段颈椎病。

收集 2010 年 1 月~2014 年 6 月我院收治的双节段颈椎病患者, 根据纳入、排除标准最终收录符合研究要求的双节段颈椎病患者 160 例, 男 77 例, 女 83 例, 年龄  $57.0 \pm 10.7$  岁 (25~87 岁)。全部病例均采用 ACDF 治疗并获得半年以上有效随访。

160 例患者中, 78 例应用 MC+ 融合器 (单锚定组), 82 例应用 ROI-C 融合器 (双锚定组)。单锚定组男 37 例, 女 41 例, 年龄  $57.3 \pm 11.0$  岁 (33~87 岁), 手术节段 C3/4、C4/5 8 例, C4/5、C5/6 30 例, C5/6、C6/7 30 例, C3/4、C5/6 5 例, C4/5、C6/7 4 例, C3/4、C6/7 1 例。双锚定组男 40 例, 女 42 例, 年龄  $56.7 \pm 10.5$  岁 (25~78 岁), 手术节段 C3/4、C4/5 8 例, C4/5、C5/6 33 例, C5/6、C6/7 33 例, C3/4、C5/6 4 例, C4/5、C6/7 3 例, C3/4、C6/7 1 例。

### 1.2 手术方法

采用静息复合气管插管全麻, 取仰卧位并适当垫高肩部使颈椎略后伸。行颈前右侧横切口, 常规颈前路显露, 定位并放置椎体撑开器。以适当幅度行椎间隙撑开, 经病变椎间盘切除、软骨终板处理及彻底的椎管减压后, 试模后取合适大小型号的自锁式融合器并置入手术节段椎间隙。所有自锁式融合器均填充自体髂骨松质骨, 未使用骨形态发生蛋白 (bone morphogenetic protein, BMP) 等

诱导成骨材料,融合器安装位置根据术前颈椎侧位 X 线片及术中 C 型臂 X 线机透视确定。MC+融合器安装 1 枚锁片至下位椎体,ROI-C 融合器分别安装 1 枚锁片至上、下位椎体。安装完成后 C 型臂 X 线机透视确认自锁式融合器位置良好。术后患者连续佩戴颈托 4 周。

### 1.3 随访方法

所有病例术前均完善颈椎正侧位及动力位 X 线片、颈椎 CT、颈椎 MRI 等影像学检查。分别在术后 3d、3 个月时拍摄颈椎正侧位 X 线片,并至少在术后半年复查一次。受检时所取体位为直立自然放松状态,双臂自由下垂并维持水平视野。

### 1.4 影像学参数测量

根据术前及术后随访所摄影像学资料,应用本院影像归档和通信系统 (picture achieving and communication system, PACS) 测量相关颈椎矢状位影像学参数 (图 1)。(1) 手术节段椎间隙高度 (height of operation segment, HOS): 手术节段上位椎体下终板切线中点与下位椎体上终板切线中点连线的长度。(2) 手术节段椎间隙角度 (angle

of operation segment, AOS): 采用 Jackson 生理应力线法,作手术节段头端椎体及尾端椎体后缘的切线,取两者之间的夹角。(3) C2-C7 角: 采用 Jackson 生理应力线法,分别作 C2、C7 椎体后缘的切线,两者之间的夹角即 C2-C7 角。(4) C2-C7 矢状面轴向距离 (C2-C7 sagittal vertical axis, C2-C7 SVA): 过 C2 椎体几何中心,取该线与 C7 椎体后上角的水平距离。(5) T1 倾斜角 (T1 slope, T1S): 即 T1 椎体上终板切线与水平线之间的夹角。椎间融合评价方法: 在颈椎侧位 X 线片上采用 Erk 五度分级法<sup>[11]</sup>评价术后 3 个月及末次随访时的植骨融合情况, I 级为明确融合, II 级为可能融合, III 级为可能未融合, IV 级为明确未融合, V 级为无法评价。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 19.0 统计学软件对所获数据进行统计学分析。对一般资料行描述性分析。采用 Pearson 相关性分析 160 例患者各时间点影像学参数间的相关性,  $P < 0.01$  为有显著相关。运用独立样本  $t$  检验对比同时时间点两组间各影像学参数



图 1 影像学参数测量方法 a 手术节段椎间隙高度 (height of operation segment, HOS): 手术节段上位椎体下终板切线中点与下位椎体上终板切线中点连线的长度 b 手术节段椎间隙角度 (angle of operation segment, AOS)、C2-C7 角: AOS 为手术节段上位、下位椎体后缘切线间的夹角, C2-C7 角为 C2、C7 椎体后缘切线间的夹角 c C2-C7 矢状位轴向距离 (C2-C7 sagittal vertical axis, C2-C7 SVA): 过 C2 椎体重心作铅垂线, 垂线至 C7 椎体后上角的距离 d T1 倾斜角 (T1 slope, T1S): T1 椎体上终板切线与水平线之间的夹角

**Figure 1** Visual demonstration of the method to measure radiographic parameters **a** HOS: the distance between two midpoints from lower endplate of upper vertebra and upper endplate of lower vertebra **b** AOS and C2-C7 angle: AOS was defined as the angle that subtended by the tangent to posterior border of upper and lower vertebrae of operation segment, C2-C7 angle was subtended by the tangent to posterior border of C2 and C7 vertebral body **c** C2-C7 SVA: which was referred to the deviation of the C2 plumb line from the posterior superior end plate of C7 **d** T1S: the angle between the tangent of T1 superior end plate and the horizontal reference line

均值的差异,使用配对样本  $t$  检验分别对两组组内不同时间点时各参数均值进行对比,两组间术后 3 个月及末次随访时的融合等级对比采用 Mann-Whitney  $U$  检验,术后 3 个月及末次随访时两组组内融合等级对比运用 Wilcoxon 符号秩检验。上述对比取  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般资料描述性分析

160 例患者接受 ACDF 手术,共有 320 个节段的椎间盘切除并应用自锁式融合器固定融合。随访时间  $13.42\pm 6.01$  个月(6~31 个月)。两组间患者性别、年龄、术前诊断、手术节段构成及随访时间均无显著性差异( $P>0.05$ ,表 1)。

### 2.2 影像学参数相关性分析

见表 2。160 例患者术前、术后各参数间存在相关性。术前、术后 3d、术后 3 个月及末次随访时,AOS 与 C2-C7 角、C2-C7 角与 T1S、AOS 与 T1S、T1S 与 C2-C7 SVA 均呈显著性正相关( $P<0.01$ ),C2-C7 SVA 与 AOS、C2-C7 角无显著相关性( $P>0.01$ )。

### 2.3 两组影像学参数对比分析

见表 3。两组术前各影像学参数对比无统计学差异( $P>0.05$ )。两组术后 3d、3 个月及末次随访时 HOS、AOS、C2-C7 角及 T1S 较术前均有增加( $P<0.05$ ),C2-C7 SVA 无明显变化。两组术后 AOS、C2-C7 角及 T1S 均呈下降趋势(图 2、3)。在

术后 3 个月及末次随访时,两组间 AOS、C2-C7 角及 T1S 存在统计学差异( $P<0.05$ ),即单锚定组 AOS、C2-C7 角及 T1S 下降更为显著。其余两组间于术后 3d、术后 3 个月及末次随访时各影像学参数对比(除术后 3d 时 C2-C7 SVA 外)无统计学差异( $P>0.05$ )。

术后 3 个月时单锚定组 2 例获得 I 级融合,56 例为 II 级,19 例 III 级,1 例 IV 级;双锚定组 64 例获得 II 级融合,18 例 III 级。末次随访时单锚定组 47 例获得 I 级融合,26 例为 II 级,4 例 III 级,1 例 IV 级;双锚定组 49 例获得 I 级融合,26 例 II 级,7 例 III 级。两组间术后 3 个月及末次随访时融合情况对比无统计学差异( $P>0.05$ )。两组组内末次随访时融合等级较术后 3 个月显著下降( $P<0.05$ )。

## 3 讨论

近年来,颈椎矢状位平衡逐渐为脊柱外科医生所重视,其重要性不亚于脊柱-骨盆矢状位平衡。脊柱术后矢状位失衡可能是术后疼痛和功能丧失的主因之一<sup>[12]</sup>,因此正常颈椎矢状面形态的重建及其在术后的维持成为颈椎手术治疗时需要考虑的要素之一<sup>[13,14]</sup>。前路颈椎手术通过切除病变椎间盘、撑开椎间隙、植骨融合以期恢复椎间隙高度,获得术后更好的矢状位曲度<sup>[8]</sup>。

目前,自锁式融合器已广泛应用于临床。与 cage 植骨配合钢板内固定相比,其对椎前软组织剥离较少,一定程度上减小了手术损伤,零切迹的内固定方式降低了吞咽困难等并发症发生率<sup>[8,10]</sup>。自锁式融合器是否能提供与钢板内固定相同的稳定性目前尚无定论。有生物力学及临床研究表明,单节段的自锁式融合器可以获得与钢板内固定同样的稳定性<sup>[15,16]</sup>。也有学者认为,对于两个或两个以上节段的 ACDF 手术,钢板内固定较自锁式融合器在对抗屈伸活动时更有优势<sup>[17]</sup>。

本研究病例应用 MC+ 及 ROI-C 自锁式融合器,前者为下终板单侧锚定,后者采用上下终板双侧锚定,融合器通过带有倒刺的锚定锁片与椎体连接,并防止锁片及融合器脱出。本研究结果显示,两组患者术后即刻恢复的手术节段椎间隙高度、角度及颈椎前凸角无显著性差异,但在术后 3 个月及末次随访时两组手术节段椎间隙的角度及颈椎前凸角较术后 3d 均有所丢失。这可能与自锁

表 1 一般资料描述性分析

Table 1 Descriptive analysis of general information

|                                                                    | 单锚定组<br>Uni-anchored<br>group | 双锚定组<br>Bi-anchored<br>group | $P$ 值<br>$P$ value |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|
| 男/女 (Male/female) ( $n$ )                                          | 37/41                         | 40/42                        | $>0.05$            |
| 年龄 (Age) ( $\bar{x}\pm s$ , 岁)                                     | $57.3\pm 11.0$                | $56.7\pm 10.5$               | $>0.05$            |
| 神经根型/脊髓型 ( $n$ )<br>Cervical radiculopathy/<br>cervical myelopathy | 34/44                         | 37/45                        | $>0.05$            |
| 手术节段<br>Operation segment                                          |                               |                              | $>0.05$            |
| C3/4, C4/5                                                         | 8                             | 8                            |                    |
| C4/5, C5/6                                                         | 30                            | 33                           |                    |
| C5/6, C6/7                                                         | 30                            | 33                           |                    |
| C3/4, C5/6                                                         | 5                             | 4                            |                    |
| C4/5, C6/7                                                         | 4                             | 3                            |                    |
| C3/4, C6/7                                                         | 1                             | 1                            |                    |
| 随访时间 ( $\bar{x}\pm s$ , 月)<br>Follow up period                     | $13.38\pm 5.93$               | $13.45\pm 6.12$              | $>0.05$            |

表 2 160 例患者影像学参数间的相关性分析

Table 2 Correlation analysis among radiographic parameters from 160 patients

|                        |                        | HOS                |          | AOS                |          | C2-C7 角<br>C2-C7 angle |          | C2-C7 SVA          |          |
|------------------------|------------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|------------------------|----------|--------------------|----------|
|                        |                        | <i>r</i>           | <i>P</i> | <i>r</i>           | <i>P</i> | <i>r</i>               | <i>P</i> | <i>r</i>           | <i>P</i> |
| AOS                    | 术前<br>Pre-operation    | 0.271 <sup>①</sup> | 0.001    | —                  | —        | —                      | —        | —                  | —        |
|                        | 术后 3d<br>3d post-op    | 0.174              | 0.028    | —                  | —        | —                      | —        | —                  | —        |
|                        | 术后 3 个月<br>3m post-op  | 0.215 <sup>①</sup> | 0.006    | —                  | —        | —                      | —        | —                  | —        |
|                        | 末次随访<br>Last follow-up | 0.290 <sup>①</sup> | 0.000    | —                  | —        | —                      | —        | —                  | —        |
| C2-C7 角<br>C2-C7 angle | 术前<br>Pre-operation    | 0.216 <sup>①</sup> | 0.006    | 0.850 <sup>①</sup> | 0.000    | —                      | —        | —                  | —        |
|                        | 术后 3d<br>3d post-op    | 0.185              | 0.019    | 0.635 <sup>①</sup> | 0.000    | —                      | —        | —                  | —        |
|                        | 术后 3 个月<br>3m post-op  | 0.122              | 0.124    | 0.316 <sup>①</sup> | 0.000    | —                      | —        | —                  | —        |
|                        | 末次随访<br>Last follow-up | 0.011              | 0.890    | 0.335 <sup>①</sup> | 0.000    | —                      | —        | —                  | —        |
| C2-C7 SVA              | 术前<br>Pre-operation    | 0.117              | 0.142    | -0.162             | 0.041    | -0.100                 | 0.209    | —                  | —        |
|                        | 术后 3d<br>3d post-op    | -0.048             | 0.550    | 0.080              | 0.315    | -0.067                 | 0.399    | —                  | —        |
|                        | 术后 3 个月<br>3m post-op  | 0.052              | 0.516    | 0.140              | 0.078    | -0.034                 | 0.667    | —                  | —        |
|                        | 末次随访<br>Last follow-up | 0.056              | 0.480    | -0.016             | 0.837    | -0.212 <sup>①</sup>    | 0.007    | —                  | —        |
| TIS                    | 术前<br>Pre-operation    | 0.257 <sup>①</sup> | 0.001    | 0.584 <sup>①</sup> | 0.000    | 0.654 <sup>①</sup>     | 0.000    | 0.341 <sup>①</sup> | 0.000    |
|                        | 术后 3d<br>3d post-op    | 0.087              | 0.276    | 0.544 <sup>①</sup> | 0.000    | 0.728 <sup>①</sup>     | 0.000    | 0.249 <sup>①</sup> | 0.002    |
|                        | 术后 3 个月<br>3m post-op  | 0.137              | 0.084    | 0.394 <sup>①</sup> | 0.000    | 0.703 <sup>①</sup>     | 0.000    | 0.321 <sup>①</sup> | 0.000    |
|                        | 末次随访<br>Last follow-up | 0.065              | 0.415    | 0.529 <sup>①</sup> | 0.000    | 0.394 <sup>①</sup>     | 0.000    | 0.240 <sup>①</sup> | 0.002    |

注: *r*, 相关系数; HOS, 手术节段椎间隙高度; AOS, 手术节段椎间隙角度; C2-C7 SVA, C2-C7 矢状位轴向距离; TIS, T1 倾斜角; ① *P* < 0.01Note: *r*, correlation coefficient; HOS, height of operation segment; AOS, angle of operation segment; C2-C7 SVA, C2-C7 sagittal vertical axis; TIS, T1 slope; ① *P* < 0.01

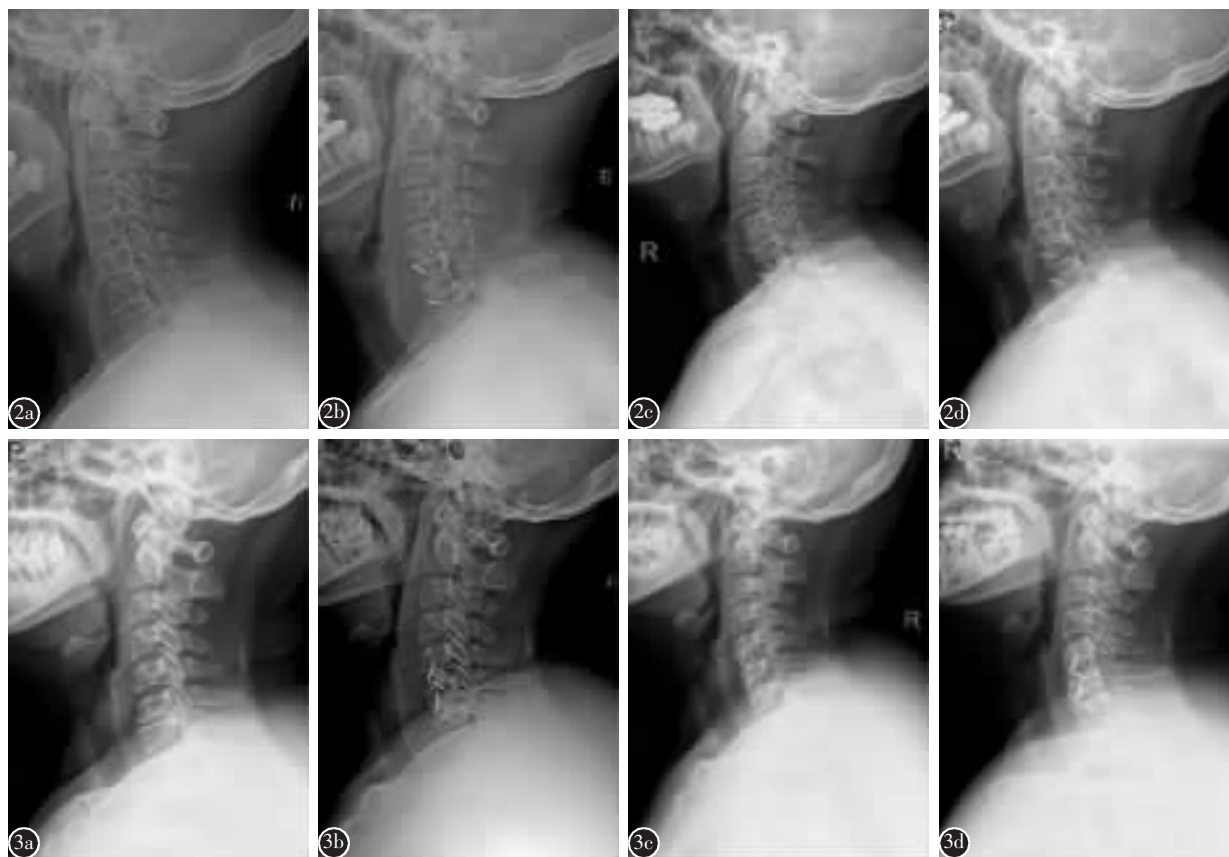
表 3 两组影像学参数对比分析

(x±s)

Table 3 Comparative analysis of radiographic parameters from two groups

|                           | 单锚定组 (n=78)<br>Uni-anchored group |                         |                           |                            | 双锚定组 (n=82)<br>Bi-anchored group |                         |                          |                           |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                           | 术前<br>Pre-op                      | 术后 3d<br>3d post-op     | 术后 3 个月<br>3m post-op     | 末次随访<br>Last follow-up     | 术前<br>Pre-op                     | 术后 3d<br>3d post-op     | 术后 3 个月<br>3m post-op    | 末次随访<br>Last follow-up    |
| HOS(°)                    | 5.25±0.93                         | 7.39±0.64 <sup>①</sup>  | 7.38±0.52 <sup>①</sup>    | 7.29±0.56 <sup>①②</sup>    | 5.18±1.17                        | 7.46±0.64 <sup>①</sup>  | 7.47±0.61 <sup>①</sup>   | 7.40±0.58 <sup>①</sup>    |
| AOS(°)                    | 2.67±4.57                         | 13.01±5.14 <sup>①</sup> | 8.38±4.30 <sup>①②③</sup>  | 7.73±4.39 <sup>①②③</sup>   | 3.28±4.29                        | 12.54±5.31 <sup>①</sup> | 9.97±5.15 <sup>①②</sup>  | 9.82±5.40 <sup>①②</sup>   |
| C2-C7 角(°)<br>C2-C7 angle | 9.05±7.84                         | 20.22±6.69 <sup>①</sup> | 14.95±7.37 <sup>①②③</sup> | 15.17±11.04 <sup>①②③</sup> | 10.12±7.23                       | 19.67±6.31 <sup>①</sup> | 18.23±6.81 <sup>①②</sup> | 18.65±9.77 <sup>①</sup>   |
| C2-C7 SVA<br>(cm)         | 17.21±13.54                       | 14.20±7.03 <sup>③</sup> | 16.99±9.26 <sup>②</sup>   | 17.79±9.47 <sup>②④</sup>   | 14.04±10.76                      | 16.73±6.37 <sup>①</sup> | 15.94±8.00 <sup>①</sup>  | 15.90±8.64                |
| TIS(°)                    | 20.60±7.71                        | 25.89±6.93 <sup>①</sup> | 21.93±6.95 <sup>①②③</sup> | 21.47±7.04 <sup>①②③④</sup> | 19.14±7.56                       | 25.06±6.71 <sup>①</sup> | 24.12±6.84 <sup>①</sup>  | 23.58±6.57 <sup>①②④</sup> |

注: HOS, 手术节段椎间隙高度; AOS, 手术节段椎间隙角度; C2-C7 SVA, C2-C7 矢状位轴向距离; TIS, 胸 1 倾斜角; ① 与同组术前比较 *P* < 0.05; ② 与同组术后 3d 比较 *P* < 0.05; ③ 与同时时间点双锚定组比较 *P* < 0.05; ④ 与同组术后 3 个月比较 *P* < 0.05Note: HOS, height of operation segment; AOS, angle of operation segment; C2-C7 SVA, C2-C7 sagittal vertical axis; TIS, T1 slope; ① Compared with pre-operation, *P* < 0.05; ② Compared with 3 days post-operation, *P* < 0.05; ③ Compared with Bi-anchored group at the same time point, *P* < 0.05; ④ Compared with 3 months post-operation, *P* < 0.05



**图 2** 患者女, 67 岁, 脊髓型颈椎病, 应用 MC+ 融合器行 ACDF 手术 **a** 术前 HOS 5.0mm, AOS 4.4°, C2-C7 角 17.6°, C2-C7 SVA 23.6mm, TIS 36.7° **b** 术后 3d HOS 7.2mm, AOS 22.2°, C2-C7 角 36.0°, C2-C7 SVA 14.0mm, TIS 41.4° **c** 术后 3 个月 HOS 7.1mm, AOS 9.7°, C2-C7 角 29.4°, C2-C7 SVA 29.4mm, TIS 35.4°, Erk IV 级 **d** 术后 15 个月 HOS 6.6mm, AOS 7.9°, C2-C7 角 26.4°, C2-C7 SVA 19.3mm, TIS 34.4°, Erk II 级 **图 3** 患者女, 56 岁, 混合型颈椎病, 应用 ROI-C 融合器行 ACDF 手术 **a** 术前 HOS 6.7mm, AOS 2.9°, C2-C7 角 13.9°, C2-C7 SVA 11.7mm, TIS 18.4° **b** 术后 3d HOS 7.6mm, AOS 12.9°, C2-C7 角 29.5°, C2-C7 SVA 5.1mm, TIS 31.7° **c** 术后 3 个月 HOS 7.5mm, AOS 10.3°, C2-C7 角 23.4°, C2-C7 SVA 17.0mm, TIS 30.8°, Erk II 级 **d** 术后 15 个月 HOS 6.9mm, AOS 8.1°, C2-C7 角 25.1°, C2-C7 SVA 5.8mm, TIS 23.6°, Erk I 级

**Figure 2** A 67 years old female with cervical spondylosis myelopathy was used MC+ cage undergoing ACDF **a** Pre-operation HOS 5.0mm, AOS 4.4°, C2-C7 angle 17.6°, C2-C7 SVA 23.6mm, TIS 36.7° **b** 3d post-operation HOS 7.2mm, AOS 22.2°, C2-C7 angle 36.0°, C2-C7 SVA 14.0mm, TIS 41.4° **c** 3 months post-operation HOS 7.1mm, AOS 9.7°, C2-C7 angle 29.4°, C2-C7 SVA 29.4mm, TIS 35.4°, Erk grade IV **d** 15 months post-operation HOS 6.6mm, AOS 7.9°, C2-C7 angle 26.4°, C2-C7 SVA 19.3mm, TIS 34.4°, Erk grade II **Figure 3** A 56 years old female with mixed type of cervical spondylosis myelopathy and radiculopathy was used ROI-C cage undergoing ACDF **a** Pre-operation HOS 6.7mm, AOS 2.9°, C2-C7 angle 13.9°, C2-C7 SVA 11.7mm, TIS 18.4° **b** 3d post-operation HOS 7.6mm, AOS 12.9°, C2-C7 angle 29.5°, C2-C7 SVA 5.1mm, TIS 31.7° **c** 3 months post-operation HOS 7.5mm, AOS 10.3°, C2-C7 angle 23.4°, C2-C7 SVA 17.0mm, TIS 30.8°, Erk grade II **d** 15 months post-operation HOS 6.9mm, AOS 8.1°, C2-C7 angle 25.1°, C2-C7 SVA 5.8mm, TIS 23.6°, Erk grade I

式融合器的锚定锁片无法提供足够对抗屈伸活动的应力<sup>[17]</sup>以及术后融合器发生沉降<sup>[18,19]</sup>有关。在随访时, 手术节段角度的丢失和颈椎曲度下降存在显著相关性, 说明手术节段角度的丢失将直接影响术后颈椎整体的曲度。两组术后融合等级及融

合器沉降(椎间隙高度)无显著性差异, 但在术后 3 个月及末次随访时单锚定组椎间隙角度及颈椎前凸角的下降较双锚定组更为显著。因此我们认为, 采用双侧终板锚定的 ROI-C 较单侧终板锚定的 MC+ 在维持术后椎间隙角度及颈椎前凸方面

更有优势。这可能与上位椎体未和 MC+融合器之间锚定连接有关,故在植骨达到坚强融合前,上位椎体在颈椎屈伸时与融合器间可存在更大的滑动范围。同时提示锁片内固定材料固定方式的不同将导致稳定性的差异,这种差异可能是影响术后颈椎矢状位曲度维持的因素之一。

颈椎承接头颅与胸椎,是脊柱力学传导线性链接中至关重要的一环。本研究结果显示,患者术前、术后的 AOS、C2-C7 角与 T1S 显著正相关, T1S 随着 AOS 与 C2-C7 角的增大而增大,反之亦然。Lee 等<sup>[20]</sup>发现 C2-C7 角和胸椎方向性参数 T1S 之间存在正相关,与本研究术前、术后结果一致。赵文奎等<sup>[21]</sup>通过对 132 名正常中国成人颈椎矢状位参数的研究发现, T1S 与胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)、TK 与腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、LL 与骶骨倾斜角(sacrum slope, SS)、SS 与骨盆入射角(pelvic incidence, PI)之间均存在相关性。这说明脊柱任一环节均可能受到相邻节段脊柱曲度变化的影响,从而调整并维持全脊柱获取平衡直立及水平视野时的最小能耗<sup>[22,23]</sup>。Kim 等<sup>[24]</sup>对 48 例行 ACDF 手术患者的随访研究提示, ACDF 术后颈椎曲度的改变可引起 TK、PI 及 SS 等脊柱-骨盆影像学参数的变化。在本研究中, T1S 受 AOS 与 C2-C7 角影响。两组患者术前 T1S 无显著性差异,但在末次随访时单锚定组较双锚定组更小( $P<0.05$ ),说明随着颈椎曲度的丢失, T1S 将会下降。由于较小的 T1S 对应着较小的 TK, 因此我们推测, ACDF 术后颈椎曲度的丢失可能引起胸椎矢状位参数的变化。

颈椎矢状位轴向距离(C2-C7 SVA)与健康相关生存质量关系密切<sup>[13,25]</sup>,当重心偏移时肌肉的能量消耗将增大,故其一定程度上体现颈椎矢状位平衡状况。本研究也对 C2-C7 SVA 进行了对比。我们发现无论单锚定组还是双锚定组,两者在术前、术后及末次随访时的 C2-C7 SVA 均无明显差异,与颈椎前凸亦无显著相关性,并未因矢状位曲度的变化而改变。有研究统计正常成年国人的 C2-C7 SVA 为  $18.67\pm 7.96\text{mm}$ <sup>[21]</sup>,与本研究患者术前值接近。我们推断,不是所有颈椎病患者都存在颈椎失衡的情况。颈椎矢状位形态及序列本身就存在较大个体差异,同时本研究没有区分颈椎正性、负性失衡或正常的情况,所有病例均统一进行统计检验分析,故得出的数据标准差较大。

总之,应用自锁式融合器行 ACDF 手术可以恢复病变节段椎间隙高度、角度,纠正颈椎前凸。我们认为,融合器的稳定性差异将影响术后颈椎矢状位曲度。在选用内固定材料时应考虑其可以提供的即刻稳定性,这对维持术后颈椎节段性稳定及生理曲度尤为重要。同时我们发现术后颈椎矢状位曲度与胸椎方向性参数 T1S 高度相关,提示其术后的变化可能影响胸椎矢状位参数。目前颈椎与脊柱-骨盆矢状位平衡的关系尚不明确,未来研究应重视术后颈椎与脊柱-骨盆矢状位形态间的联系,同时对术后颈椎甚至全脊柱矢状位失衡-再平衡的演变过程进一步探索。

#### 4 参考文献

1. Gok B, Sciubba DM, McLoughlin GS, et al. Surgical treatment of cervical spondylotic myelopathy with anterior compression: a review of 67 cases[J]. *Neurosurg Spine*, 2008, 9(2): 152-157.
2. Dean CL, Gabriel TP, Cassinelli EH, et al. Degenerative spondylolisthesis of the cervical spine: analysis of 58 patients treatment with anterior cervical decompression and fusion [J]. *Spine*, 2009, 9(6): 439-446.
3. Jankowits BT, Gerszten PC. Decompression for cervical myelopathy[J]. *Spine J*, 2006, 11(6): 317-332.
4. Zaveri GR, Ford M. Cervical spondylosis: the role of anterior instrumentation after decompression and fusion [J]. *J Spine Disorder*, 2001, 14(1): 10-16.
5. Giovanni G, Filippo G, Tomasello G, et al. Anterior cervical discectomy and fusion with ROI-C peek cage: cervical alignment and patient outcomes[J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(6): 650-657.
6. Papadopoulos EC, Huang RC, Girardi FP, et al. Three-level anterior cervical discectomy and fusion with plate fixation: radiographic and clinical results[J]. *Spine*, 2006, 31(8): 897-902.
7. Bolesta MJ, Rehtine GR, Chrin AM. Three- and four-level anterior cervical discectomy and fusion with plate fixation: a prospective study[J]. *Spine*, 2000, 26(16): 2040-2046.
8. 黎庆初, 张忠民, 尹刚辉, 等. 自锁式颈椎融合器在多节段脊髓型颈椎病中的应用[J]. *中华外科杂志*, 2012, 50(9): 818-822.
9. Shi S, Liu ZD, Li XF, et al. Comparison of plate-cage construct and stand-alone anchored spacer in the surgical treatment of three-level cervical spondylotic myelopathy: a preliminary clinical study[J]. *Spine J*, 2015, 15(9): 1973-1980.
10. Chen Y, Chen H, Cao P, et al. Anterior cervical interbody fusion with the Zero-P spacer: mid-term results of two-level fusion[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(8): 1666-1672.

11. Erk KR, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Radiographic assessment of anterior titanium mesh cages[J]. *J Spinal Disord*, 2000, 13(6): 501-509; discussion 510.
12. Jang JS, Lee SH, Min JH, et al. Surgical treatment of failed back surgery syndrome due to sagittal imbalance [J]. *Spine*, 2007, 32(26): 3081-3087.
13. Ames CP, Blondel B, Scheer JK, et al. Cervical radiographical alignment: comprehensive assessment techniques and potential importance in cervical myelopathy[J]. *Spine*, 2013, 38 (22 Suppl 1): S149-160.
14. Gum JL, Glassman SD, Douglas LR, et al. Correlation between cervical spine sagittal alignment and clinical outcome after anterior cervical discectomy and fusion [J]. *Am J Orthop*, 2012, 41(6): E81-84.
15. 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.
16. Lee YS, Kim YB, Park SW. Does a zero-profile anchored cage offer additional stabilization as anterior cervical plate[J]. *Spine*, 2015, 40(10): E563-E570.
17. Nayak AN, Stein MI, James CR, et al. Biomechanical analysis of an interbody cage with three integrated cancellous lag screws in a two-level cervical spine fusion construct: an in vitro study[J]. *Spine J*, 2014, 14(12): 3002-3010.
18. Barsa P, Suchomel P. Factors affecting sagittal malalignment due to cage subsidence in standalone cage assisted anterior cervical fusion[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(9): 1395-400.
19. Tomé-Bermejo F, Morales-Valencia JA, Moreno-Pérez J, et al. Long term changes in sagittal alignment and its clinical implications after cervical interbody fusion cage subsidence for degenerative cervical disc disease: a prospective study with standalone lordotic tantalum cages [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2015, epub ahead of print.
20. Lee SH, Kim KT, Seo EM, et al. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(2): E41-47.
21. 赵文奎, 于森, 姜亮, 等. 无症状成人颈椎矢状位曲度分析及其与全脊柱矢状位参数的关系 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2015, 25(3): 231-237.
22. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine [J]. *Eur Spine J*, 2002, 11(1): 80-87.
23. Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, et al. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18(1): 40-47.
24. Kim JH, Park JY, Yi S, et al. Anterior cervical discectomy and fusion alters whole-spine sagittal alignment [J]. *Yonsei Med J*, 2015, 56(4): 1060-1070.
25. Lee JS, Youn MS, Shin JK, et al. Relationship between cervical sagittal alignment and quality of life in ankylosing spondylitis[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(6): 1199-1203.

(收稿日期:2015-09-28 修回日期:2016-01-28)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)