

## 单节段 Mobi-C 人工间盘置换与 ROI-C 颈椎前路融合后颈椎矢状位参数的变化

冉宇, 白春晓, 刘楚吟, 赵学千, 龙水文, 覃昌龙, 李忠泽, 张超, 贾育松, 陈江

<https://doi.org/10.12307/2023.384>

投稿日期: 2022-03-31

采用日期: 2022-06-23

修回日期: 2022-07-28

在线日期: 2022-08-15

中图分类号:

R459.9; R318; R681.5

文章编号:

2095-4344(2023)27-04297-07

文献标识码: A

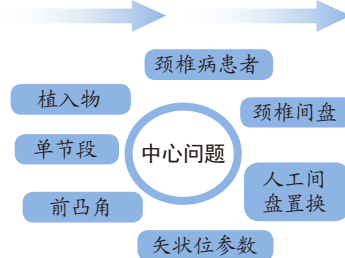
文章快速阅读: 单节段 Mobi-C 人工颈椎间盘置换与 ROI-C 颈椎前路融合术后颈椎矢状位参数的差异

## 研究起点

- 颈椎病
- 椎间隙高度
- 矢状位参数
- 椎间融合器
- 内固定器
- 单节段
- 人工颈椎间盘

## 研究来源

- 颈椎病
- 颈椎病矢状位曲度
- 矢状位参数
- 颈椎前路椎间盘切除减压融合
- 椎间隙高度
- 矢状位
- 假体和植入物



## 研究分支

- 单节段颈椎间盘突出症
- 颈椎间盘突出症
- 颈椎间盘置换术
- 疗效对比
- 颈椎矢状位参数
- 颈椎功能

## 文题释义:

**Mobi-C人工间盘:** 第二代非限制性人工颈椎间盘, 由上下两端板及中间人工髓核构成, 上下终板有横向排列的齿状结构, 能保证假体植入后的稳定性, 中间的人工髓核保留了瞬时旋转轴, 能最大程度模拟正常椎间盘的生理运动功能。

**ROI-C融合器:** 前路颈椎桥形锁定融合器。采用双嵌片技术自我锚定, 将预弯桥型嵌片固定于上下椎体而实现椎体前缘零切迹, 是传统钉板融合器的改进和升级。

**颈椎矢状位参数:** 评价颈椎生物力学平衡的影像学参数, 常用的有 $C_{2-7}$ Cobb角、 $C_{2-7}$ SVA和 $T_1S$ 。

## 摘要

**背景:** 前期研究显示, 双节段颈椎间盘置换对于颈椎矢状位参数有明显改善, 且优于双节段ROI-C融合器, 但不同手术节段的颈椎矢状位参数存在差异。

**目的:** 研究单节段Mobi-C人工颈椎间盘置换与ROI-C颈椎前路融合术后颈椎矢状位参数的差异。

**方法:** 回顾性分析2018年1月至2020年2月于北京中医药大学东直门医院就诊的60例神经根型、脊髓型或混合型颈椎病患者, 按照手术方式分为Mobi-C间盘组和ROI-C融合组。所有患者均完成半年以上有效随访, 平均随访时间为(12.1±5.0)个月, 分别于术前、术后1周及末次随访时行目测类比评分、颈椎JOA评分以及拍摄X射线片, 测量颈椎矢状位参数:  $C_{2-7}$ Cobb角、 $C_{0-2}$ Cobb角、 $C_{2-7}$ 矢状面轴向距离、颈椎斜率、 $T_1$ 倾斜角、 $C_7$ 倾斜角、胸廓入口角、脊柱功能单位角, 分析两组患者的组内和组间差异, 并行Pearson相关性分析。

**结果与结论:** ①术后1周及末次随访时, 两组患者目测类比评分均较术前明显降低( $P < 0.05$ )、颈椎JOA评分显著增高( $P < 0.05$ )。②与术前相比, 术后1年的随访间盘组 $C_{2-7}$ Cobb、 $C_{2-7}$ 矢状面轴向距离和 $T_1$ 倾斜角差异无显著意义( $P > 0.05$ ),  $C_{0-2}$ Cobb角、高 $T_1$ 倾斜角减小( $P < 0.05$ ), 脊柱功能单位角增大( $P < 0.05$ ); 融合组 $C_{2-7}$ Cobb、 $C_{2-7}$ 矢状面轴向距离和 $T_1$ 倾斜角差异无显著意义( $P > 0.05$ ), 脊柱功能单位角和 $C_7$ 倾斜角增高( $P < 0.05$ ); 间盘组比融合组脊柱功能单位角增高( $P < 0.05$ )。③患者术后矢状位参数, 融合组 $C_{2-7}$ Cobb与 $C_7$ 倾斜角呈显著正相关; 颈椎斜率与胸廓入口角呈显著正相关;  $T_1$ 倾斜角与 $C_7$ 倾斜角呈显著正相关;  $C_7$ 倾斜角与 $C_{0-2}$ Cobb角呈显著负相关。置换组 $C_{2-7}$ Cobb与 $C_7$ 倾斜角、脊柱功能单位角和 $T_1$ 倾斜角呈显著正相关, 与 $C_{0-2}$ Cobb角呈显著负相关; 颈椎斜率与胸廓入口角呈显著正相关, 与 $C_{2-7}$ 矢状面轴向距离、 $T_1$ 倾斜角和脊柱功能单位角呈显著负相关;  $C_{2-7}$ 矢状面轴向距离与 $C_7$ 倾斜角、脊柱功能单位角、 $T_1$ 倾斜角呈显著正相关;  $T_1S$ 与 $C_7$ 倾斜角、脊柱功能单位角呈显著正相关,  $C_7$ 倾斜角与脊柱功能单位角呈显著正相关。④间盘组中, 高 $T_1$ 倾斜角型患者术后胸廓入口角、 $T_1$ 倾斜角和 $C_{0-2}$ Cobb角较术前明显降低( $P < 0.05$ ), 而脊柱功能单位角较术前明显增高( $P < 0.05$ ); 而融合组未发现显著变化。⑤结论: Mobi-C间盘和ROI-C融合器治疗单节段颈椎病疗效显著, 与ROI-C融合器相比, Mobi-C间盘主要通过重建颈椎局部前凸角和上颈椎前凸角来恢复生理曲度, 并且在高 $T_1$ 倾斜角患者群体中仍然保持这种能力。

**关键词:** 单节段颈椎病; Mobi-C人工间盘; ROI-C融合器; 颈椎矢状位参数

## Changes in sagittal parameters of cervical spine after single-level Mobi-C artificial disc replacement and ROI-C anterior cervical fusion

Ran Yu, Bai Chunxiao, Liu Chuyin, Zhao Xueqian, Long Shuiwen, Qin Changlong, Li Zhongze, Zhang Chao, Jia Yusong, Chen Jiang

Division 1, Department of Orthopedics, Dongzhimen Hospital, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100700, China

Ran Yu, Master candidate, Division 1, Department of Orthopedics, Dongzhimen Hospital, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100700, China

北京中医药大学东直门医院骨科一区, 北京市 100700

第一作者: 冉宇, 男, 1995年生, 重庆市人, 汉族, 北京中医药大学在读硕士, 主要从事脊柱外科、数字影像学的研究。

通讯作者: 陈江, 博士, 副主任医师, 硕士生导师, 北京中医药大学东直门医院骨科一区, 北京市 100700

<https://orcid.org/0000-0001-5753-3674> (冉宇); <https://orcid.org/0000-0001-8539-6769> (陈江)

基金资助: 国家自然科学基金重点项目(81930116); 国家自然科学基金青年项目(81603638), 项目负责人: 陈江; 中国博士后科学基金(222921), 项目负责人: 陈江; 北京市东城区优秀人才培养资助项目, 项目负责人: 陈江

引用本文: 冉宇, 白春晓, 刘楚吟, 赵学千, 龙水文, 覃昌龙, 李忠泽, 张超, 贾育松, 陈江. 单节段 Mobi-C 人工间盘置换与 ROI-C 颈椎前路融合后颈椎矢状位参数的变化 [J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(27):4297-4303.



**Corresponding author:** Chen Jiang, MD, Associate chief physician, Master's supervisor, Division 1, Department of Orthopedics, Dongzhimen Hospital, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100700, China

## Abstract

**BACKGROUND:** Preliminary studies have shown that double-level cervical disc replacement can significantly improve the sagittal parameters of the cervical spine, and is superior to the double-level ROI-C fusion cage, but there are differences in the sagittal parameters of the cervical spine in different surgical segments.

**OBJECTIVE:** To study the differences between single-level Mobi-C artificial cervical disc replacement and sagittal parameters of the cervical spine after ROI-C anterior cervical fusion.

**METHODS:** Sixty patients with radicular, spinal cord or mixed cervical spondylosis who were treated in Dongzhimen Hospital, Beijing University of Chinese Medicine from January 2018 to February 2020 were retrospectively analyzed and divided into Mobi-C cervical artificial disc replacement group (disc group) and ROI-C anterior cervical fusion group (fusion group) according to the surgical method. All patients completed effective follow-up for more than half a year, mean (12.1±5.0) months. Visual analogue scale scores, cervical spine JOA scores, and X-ray films were detected before and 1 week after surgery and during final follow-up. The following cervical sagittal parameters were measured: C<sub>2-7</sub> Cobb angle, C<sub>0-2</sub> Cobb angle, C<sub>2-7</sub> sagittal vertical axis, neck tilt, T<sub>1</sub> slope, C<sub>7</sub> slope, thoracic inlet angle, and spinal function unit angle. Intra- and intergroup differences were analyzed between both groups. A Pearson correlation analysis was conducted.

**RESULTS AND CONCLUSION:** (1) At the 1 week after surgery and the last follow-up, visual analogue scale scores were significantly lower than before surgery ( $P < 0.05$ ). Cervical spine JOA score was significantly higher ( $P < 0.05$ ). (2) Compared with the preoperative data, there were no significant differences in C<sub>2-7</sub> Cobb angle, C<sub>2-7</sub> sagittal vertical axis or T<sub>1</sub> slope in intervertebral disc group ( $P > 0.05$ ); C<sub>0-2</sub> Cobb angle and high T<sub>1</sub> slope decreased ( $P < 0.05$ ), while spinal function unit angle increased ( $P < 0.05$ ). There were no significant differences in C<sub>2-7</sub> Cobb angle, C<sub>2-7</sub> sagittal vertical axis or T<sub>1</sub> slope in the fusion group ( $P > 0.05$ ), but spinal function unit angle and C<sub>7</sub> slope increased ( $P < 0.05$ ). Spinal function unit angle of the disc group was higher than that of the fusion group ( $P < 0.05$ ). (3) The postoperative sagittal parameters of the patients in the fusion group showed a significant positive correlation between C<sub>2-7</sub> Cobb angle and C<sub>7</sub> slope; neck tilt was significantly positively correlated with thoracic inlet angle; T<sub>1</sub> slope was significantly positively correlated with C<sub>7</sub> slope; C<sub>7</sub> slope was significantly positively correlated with C<sub>0-2</sub> Cobb angle. In replacement group, C<sub>2-7</sub> Cobb angle was significantly positively correlated with C<sub>7</sub> slope, spinal function unit angle and T<sub>1</sub> slope, and significantly negatively correlated with C<sub>0-2</sub> Cobb angle; neck tilt was significantly positively correlated with thoracic inlet angle, and negatively correlated with C<sub>2-7</sub> sagittal vertical axis, T<sub>1</sub> slope and spinal function unit angle; C<sub>2-7</sub> sagittal vertical axis was significantly positively correlated with C<sub>7</sub> slope, spinal function unit angle and T<sub>1</sub> slope; T<sub>1</sub> slope was significantly positively correlated with C<sub>7</sub> slope and spinal function unit angle; C<sub>7</sub> slope was significantly positively correlated with spinal function unit angle. (4) In the disc group, postoperative thoracic inlet angle, T<sub>1</sub> slope and C<sub>0-2</sub> Cobb angle of patients with high T<sub>1</sub> slope were significantly lower than those before operation ( $P < 0.05$ ), while the spinal function unit angle was significantly higher than that before operation ( $P < 0.05$ ). However, no significant changes were found in the fusion group. (5) It is concluded that Mobi-C intervertebral disc and ROI-C fusion device have significant efficacy in the treatment of single-level cervical spondylosis. Compared with the ROI-C cage, the Mobi-C disc restores the physiological curvature mainly by reconstructing the local cervical lordosis and upper cervical lordosis, and still maintains this ability in the high T<sub>1</sub> slope angle patient population.

**Key words:** single-level cervical spondylosis; Mobi-C cervical disc; ROI-C fusion; cervical sagittal parameter

**Funding:** National Natural Science Foundation of China (Key Project), No. 81930116; National Natural Science Foundation of China (Youth Project), No. 81603638 (to CJ); China Postdoctoral Science Foundation, No. 222921 (to CJ); Beijing Dongcheng District Excellent Talents Training Funding Project (to CJ)

**How to cite this article:** RAN Y, BAI CX, LIU CY, ZHAO XQ, LONG SW, QIN CL, LI ZZ, ZHANG C, JIA YS, CHEN J. Changes in sagittal parameters of cervical spine after single-level Mobi-C artificial disc replacement and ROI-C anterior cervical fusion. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2023;27(27):4297-4303.

## 0 引言 Introduction

近年来颈椎矢状位平衡成为一个新的研究热点,由此涌现了许多不同的临床研究:传统颈椎前路椎间盘切除减压融合术钛板螺钉系统能有效改善患者颈椎矢状位参数<sup>[1]</sup>,但可能会出现吞咽困难、假关节形成、植骨不融合和内植物松动等并发症。新一代 ROI-C 自稳性融合器融合率高,并且极少出现吞咽困难,ROI-C 融合器的优势在一定程度上避免了钛板螺钉系统的并发症,但在临床的广泛应用和长远期随访中发现,颈椎前路椎间盘切除减压融合术中无论是钛板螺钉系统还是 ROI-C 融合器都有一个常见的术后并发症——邻近节段退变,文献报道颈椎前路椎间盘切除减压融合术后 10 年邻近节段退变的发病率为 45.0%<sup>[2]</sup>,同时伴随着较高的邻椎再手术率,亚洲地区单节段颈椎前路椎间盘切除减压融合术后邻椎再手术率为 6.34%<sup>[3]</sup>。因为融合术后丢失了手术节段的活动度,增加了邻近节段的运动负荷和生物力学应力,导致较高的邻近节段退变发病率。融合技术的局限性促进了非融合技术发展——人工颈椎间盘应运而生。研究表明人工颈椎间盘置换的邻近节段退变发病率为 32.8%,邻椎再手术率为 2.4%,人工颈椎间盘置换能有效降低邻近节段退变的发病率及邻椎再手术率。颈椎矢状位平衡是颈椎生物力学平衡的外在表现,平衡状态下能消耗较小的能量来保持水平凝视和矢状位序列,颈椎术后矢状位平衡逐渐成为国内外研究焦点,而颈椎矢状位失衡在颈部轴性疼痛、椎间盘退变以及功能障

碍中扮演重要的角色<sup>[4]</sup>,成年患者的全脊柱矢状位序列与生活质量评分(HRQoL)密切相关。既往对于颈椎前路椎间盘切除减压融合术中钛板系统、椎体次全切和颈椎后开门已有相对透彻的研究,但关于 Mobi-C 和 ROI-C 融合器的研究相对较少;双节段颈椎间盘置换对于颈椎矢状位参数有明显改善,且优于双节段 ROI-C 融合器<sup>[5]</sup>,但不同手术节段的颈椎矢状位参数存在差异。

目前鲜有文献报道单节段 Mobi-C 和 ROI-C 融合手术前后矢状位参数的变化情况及两者间的差异,基于此,该研究系统回顾了北京中医药大学东直门医院行单节段颈椎前路手术的 60 例患者的临床资料并进行相关性分析。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

**1.1 设计** 一项非随机、回顾性、对照研究。对矢状位参数测量人员实施盲法。组间结果数据运用独立样本  $t$  检验或非参数检验,组内结果数据使用配对  $t$  检验并进行 Pearson 或 Spearman 相关分析。

**1.2 时间及地点** 病历资料来源于 2018 年 1 月至 2020 年 2 月于北京中医药大学东直门医院行单节段颈椎前路手术的患者。

**1.3 对象** 选取北京中医药大学东直门医院行单节段颈椎前路手术患者 60 例,按照手术方式差异分为融合组和间盘组。所有手术均由北京中医药大学东直门医院同一位主任医师主刀完成。

**纳入标准:** ①年龄 40-70 岁; ②明确诊断为单节段神经根型、脊髓型或混合型颈椎病患者; ③既往无颈椎内植物手术史; ④颈椎间隙无明显狭窄; ⑤颈椎矢状位 X 射线片解剖结构清晰完整; ⑥站立位颈椎矢状位 X 射线片术前与术后体位无明显前屈后伸、左右侧屈等差异。

**排除标准:** ①合并有强直性脊柱炎、骨质疏松症、脊柱肿瘤及代谢性骨病等; ②先天性颈椎发育畸形; ③病历资料不完整者。

该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和北京中医药大学东直门医院的相关伦理要求。参与该研究的所有患者及其家属对治疗过程完全知情同意, 并签署了“知情同意书”。

**1.4 材料** 该研究术中所应用的 Mobi-C 颈椎人工间盘和 ROI-C 融合器植入物的材料学特征同参考文献 [5]。

**1.5 方法**

**1.5.1 减压处理** 麻醉成功后, 患者取仰卧位, 肩后垫起使颈椎自然后伸, 用胶带将下颌向前下方牵拉固定, 充分暴露手术视野, C 形臂透视确定手术节段, 取相应节段行颈前横切口入路, 常规碘酒乙醇消毒铺单。沿切口周围皮内、皮下逐层充分浸注肾上腺素盐水 (1 : 200), 逐层切开皮肤、皮下组织及颈阔肌, 钝性分离食管、气管和颈动脉鞘间筋膜组织, 将食管、气管以及甲状腺拉向左侧, 颈动脉鞘和胸锁乳突肌拉向右侧, 显露椎前筋膜, 将定位针插入椎间隙, C 形臂透视再次确认手术节段。使用 Caspar 撑开器显露手术节段的椎间隙, 用髓核钳彻底摘除退变的椎间盘, 并用刮勺完全刮除上下软骨终板。

**1.5.2 间盘组** 试模测量人工间盘假体型号, 选择与之相匹配的 Mobi-C 颈椎人工间盘后置入减压椎间隙。透视确定假体位置深度合适后, 冲洗枪反复冲洗伤口、彻底止血, 放置负压引流管 1 根, 逐层关闭切口。

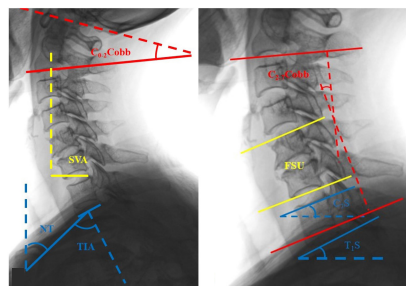
**1.5.3 融合组** 试模测量融合器型号, 在 ROI-C 融合器中填充同种异体骨后置入椎间隙; 用嵌片打入器依次将椎间桥形固定嵌片打入上、下椎体。G 臂透视下显示嵌片位置良好后, 使用生理盐水反复冲洗伤口、彻底止血, 放置负压引流管 1 根, 逐层闭合伤口。

**1.5.4 测量方法** 通过医院内 PACS 系统测量术前及术后颈椎侧位片影像学参数 (摄侧位 X 射线片时要求下颏角与枕骨下角保持在一个水平面上, 双眼平视前方, 双肩自然下垂, 双脚分开呈站立位)。测量由 2 名有 3 年以上工作经验的脊柱外科医师共同完成, 测量时图片放大 1.5-2.0 倍, 对参数测量人员实施盲法, 取 2 人测量结果平均值, 当二者测量差值 > 2° 时, 需重复测量并由第 3 名人员检查, 取最终结果。

**1.6 主要观察指标**

**1.6.1 测量以下颈椎矢状位参数** ① FSU 角: 手术节段上一椎体的上终板与下一椎体的下终板所形成的夹角; ② C<sub>2-7</sub> Cobb 角: C<sub>2</sub> 下终板垂线与 C<sub>7</sub> 下终板垂线之间的夹角<sup>[6]</sup>; ③ C<sub>2-7</sub>SVA: 经过 C<sub>2</sub> 椎体几何中心作铅垂线, 取该线与 C<sub>7</sub> 椎体后上角的水平距离; ④ T<sub>1</sub>S: T<sub>1</sub> 椎体上终板与水平线之间

的夹角; ⑤ TIA: 连接胸骨上缘与 T<sub>1</sub> 椎体上终板中点的直线, 与经过 T<sub>1</sub> 椎体上终板中点垂线的夹角; ⑥ NT: 连接胸骨上缘与 T<sub>1</sub> 椎体上终板中点的直线, 与经过胸骨上缘垂直线的夹角<sup>[7]</sup>; ⑦ C<sub>0-2</sub>Cobb 角: 枕骨大孔连线和 C<sub>2</sub> 椎体下终板连线夹角; ⑧ C<sub>7</sub>S: C<sub>7</sub> 上终板的延长线与水平线之间的夹角<sup>[8]</sup>; 见图 1。



图注: C<sub>0-2</sub>Cobb: 上颈椎前凸角; SVA: C<sub>2-7</sub> 矢状面轴向距离; NT: 颈椎斜率; TIA: 胸廓入口角; C<sub>2-7</sub>Cobb: 下颈椎前凸角; FSU: 脊柱功能单位角; C<sub>7</sub>S: C<sub>7</sub> 倾斜角; T<sub>1</sub>S: T<sub>1</sub> 倾斜角

图 1 | 患者颈椎矢状位参数测量示意图

Figure 1 | Schematic of cervical sagittal parameters

**1.6.2 测量目测类比评分 (visual analogue scale, VAS) 和日本矫形外科学会评分 (Japanese Orthopaedic Association Scores, JOA)** 分别于术前、术后 1 周及末次随访时测量两组患者 VAS 和 JOA, VAS 分值越高说明疼痛越重, JOA 分数越高说明颈椎功能改善越好。

**1.7 统计学分析** 所有数据应用 SPSS 25.0 统计软件处理, 计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示。运用独立样本 t 检验对比两组手术前后各影像学矢状位参数的差异, 不符合正态分布时, 采用非参数检验分析结果; 使用配对 t 检验分别对组内手术前后各矢状位参数进行比较, P < 0.05 时表明差异有显著性意义。采用 Pearson 或 Spearman 相关分析, 分别对两组各个参数之间进行相关性分析, 系数 r 绝对值越接近 1 表明相关性越大, P < 0.05 时表明相关性显著。文章的统计学方法已经北京中医药大学东直门医院生物统计学专家审核。

**2 结果 Results**

**2.1 参与者数量分析** 60 例患者分为间盘组和融合组, 全部纳入结果分析。

**2.2 患者基线资料** 两组患者性别、年龄、临床分型、随访时长以及手术节段相比均无显著性意义 (P > 0.05), 见表 1。

表 1 | 两组患者基线资料 (n=30)  
Table 1 | Baseline data of patients of both groups

项目	间盘组	融合组	P 值
男 / 女 (n)	10/20	8/22	> 0.05
年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	55.7 ± 10.9	58.6 ± 9.0	> 0.05
临床分型			> 0.05
神经根型颈椎病 (n)	9	7	
脊髓型颈椎病 (n)	5	5	
混合型颈椎病 (n)	16	18	
随访时长 ( $\bar{x} \pm s$ , 月)	11.0 ± 4.6	13.2 ± 5.2	> 0.05
手术节段			> 0.05
C <sub>3/4</sub> (n)	5	4	
C <sub>4/5</sub> (n)	4	1	
C <sub>5/6</sub> (n)	19	20	
C <sub>6/7</sub> (n)	2	5	

**2.3 临床结果** 两组患者术后VAS和JOA评分均较术前明显改善,差异有显著性意义( $P < 0.01$ ),但组间对比无明显差异( $P > 0.05$ ),见表2。

**表2 | 两组患者VAS评分和JOA评分** ( $\bar{x} \pm s, n=30$ )  
**Table 2 | Visual analogue scale scores and JOA score of the two groups**

指标	间盘组	融合组	P值
<b>VAS评分</b>			
术前	4.33±1.32	3.60±1.77	0.08
术后1周	1.40±0.67 <sup>a</sup>	1.53±0.73 <sup>a</sup>	0.52
末次随访	1.40±0.62 <sup>a</sup>	1.40±0.67 <sup>a</sup>	0.94
<b>JOA评分</b>			
术前	9.77±1.68	9.40±1.71	0.62
术后1周	12.53±0.73 <sup>a</sup>	12.37±0.76 <sup>a</sup>	0.45
末次随访	12.97±0.81 <sup>a</sup>	12.80±0.55 <sup>a</sup>	0.37

表注:与术前相比,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;VAS评分:目测类比分;JOA评分:日本矫形外科学会评分

**2.4 颈椎矢状位参数及相关性分析**

**2.4.1 术前矢状位参数相关性**  $C_{2-7}$ Cobb和 $T_1S$ 、 $C_7S$ 、FSU呈显著正相关;NT与TIA呈显著正相关、和 $T_1S$ 呈显著负相关; $C_{2-7}$ SVA和 $C_{0-2}$ Cobb角呈显著负相关;TIA和 $T_1S$ 、 $C_7S$ 呈显著正相关; $T_1S$ 与 $C_7S$ 呈显著正相关,见表3。

**表3 | 患者术前椎矢状位参数相关性分析** ( $r$ 值)  
**Table 3 | Correlation analysis of sagittal parameters of cervical spine before surgery**

参数	NT	SVA	TIA	$T_1S$	$C_7S$	$C_{0-2}$ Cobb	FSU
$C_{2-7}$ Cobb	-0.16	-0.218	0.215	0.478 <sup>b</sup>	0.522 <sup>b</sup>	0.064	0.276 <sup>a</sup>
NT		0.159	0.699 <sup>b</sup>	-0.256 <sup>a</sup>	-0.171	-0.091	-0.195
SVA			0.074	-0.111	0.096	-0.286 <sup>a</sup>	-0.01
TIA				0.485 <sup>b</sup>	0.429 <sup>b</sup>	0.054	-0.043
$T_1S$					0.786 <sup>b</sup>	0.197	0.18
$C_7S$						0.144	0.182
$C_{0-2}$ Cobb							-0.114

表注:<sup>a</sup> $P < 0.05$ ,<sup>b</sup> $P < 0.01$ 。 $C_{2-7}$ Cobb:下颈椎前凸角;NT:颈椎斜率;SVA:矢状面轴向距离;TIA:胸廓入口角; $T_1S$ : $T_1$ 倾斜角; $C_7S$ : $C_7$ 倾斜角; $C_{0-2}$ Cobb:上颈椎前凸角;FSU:脊柱功能单位角

**2.4.2 融合组术后矢状位参数相关性**  $C_{2-7}$ Cobb与 $C_7S$ 呈显著正相关;NT与TIA呈显著正相关; $T_1S$ 与 $C_7S$ 呈显著正相关; $C_7S$ 与 $C_{0-2}$ Cobb角呈显著负相关,见表4。

**2.4.3 置换组术后矢状位参数相关性**  $C_{2-7}$ Cobb与 $C_7S$ 、FSU和 $T_1S$ 呈显著正相关,与 $C_{0-2}$ Cobb角呈显著负相关;NT与TIA呈显著正相关,与 $C_{2-7}$ SVA、 $T_1S$ 和FSU呈显著负相关; $C_{2-7}$ SVA与 $C_7S$ 、FSU、 $T_1S$ 呈显著正相关; $T_1S$ 与 $C_7S$ 、FSU呈显著正相关, $C_7S$ 与FSU呈显著正相关,见表4。

**2.4.4 置换组和融合组矢状位参数比较** ①间盘组术后比术前: $C_{0-2}$ Cobb角、高 $T_1S$ 降低( $P < 0.05$ ),间盘组FSU明显增大( $P < 0.05$ );②融合组术后比术前:FSU、 $C_7S$ 增高( $P < 0.05$ );③间盘组术后比融合组术后:FSU增大( $P < 0.05$ ),见表5,6。

**2.5 两组患者颈椎手术前后示意图** 例1,女,57岁,诊断为神经根型颈椎病,行颈椎前路减压、椎间盘摘除、椎间融合术,手术前后示意图见图2;例2,女,68岁,诊断为神经根型颈椎病,行颈椎前路减压、椎间盘摘除、人工椎间盘植入术,手术前后示意图见图3。

**表4 | 两组患者术后1年颈椎矢状位参数相关分析** ( $r$ 值)  
**Table 4 | Correlation analysis of cervical sagittal parameters between the two groups 1 year after surgery**

项目	NT	SVA	TIA	$T_1S$	$C_7S$	$C_{0-2}$ Cobb	FSU
<b>融合组</b>							
$C_{2-7}$ Cobb	-0.184	-0.452	-0.01	0.358	0.485 <sup>b</sup>	-0.183	0.155
NT		0.029	0.731 <sup>b</sup>	-0.171	-0.063	0.016	0.015
$C_{2-7}$ SVA			0.138	0.278	0.229	-0.015	-0.062
TIA				0.298	0.315	-0.095	-0.012
$T_1S$					0.811 <sup>b</sup>	-0.300	0.041
$C_7S$						-0.473 <sup>a</sup>	0.298
$C_{0-2}$ Cobb							-0.064
<b>置换组</b>							
$C_{2-7}$ Cobb	-0.146	0.051	0.265	0.447 <sup>b</sup>	0.767 <sup>b</sup>	-0.526 <sup>b</sup>	0.508 <sup>b</sup>
NT		-0.427 <sup>a</sup>	0.710 <sup>b</sup>	-0.498 <sup>b</sup>	-0.350	-0.229	-0.482 <sup>b</sup>
$C_{2-7}$ SVA			-0.146	0.387 <sup>a</sup>	0.515 <sup>b</sup>	0.186	0.587 <sup>b</sup>
TIA				0.185	0.268	-0.260	-0.171
$T_1S$					0.706 <sup>b</sup>	-0.054	0.367 <sup>a</sup>
$C_7S$						-0.200	0.676 <sup>b</sup>
$C_{0-2}$ Cobb							-0.181

表注:<sup>a</sup> $P < 0.05$ ,<sup>b</sup> $P < 0.01$ 。 $C_{2-7}$ Cobb:下颈椎前凸角;NT:颈椎斜率;SVA:矢状面轴向距离;TIA:胸廓入口角; $T_1S$ : $T_1$ 倾斜角; $C_7S$ : $C_7$ 倾斜角; $C_{0-2}$ Cobb:上颈椎前凸角;FSU:脊柱功能单位角

**表5 | 两组患者术前及术后1年矢状位参数** ( $\bar{x} \pm s, n=30$ )  
**Table 5 | Sagittal parameters before and 1 year after surgery in the two groups**

参数	间盘组		融合组		t值	$P_{(术后1年)}$ 值
	术前	术后1年	术前	术后1年		
$C_{2-7}$ Cobb(°)	15.39±9.70	17.02±9.89	11.93±7.21	13.04±8.09	-1.921	0.065
NT(°)	50.11±6.99	48.75±6.79	51.17±8.06	50.59±8.38	0.725	0.474
$C_{2-7}$ SVA(mm)	27.11±38.55	21.20±7.58	20.34±11.59	22.0±7.10	1.575	0.126
TIA(°)	75.21±6.95	71.68±9.89	73.32±9.31	72.75±8.86	-0.180	0.858
$T_1S$ (°)	25.52±5.16	24.68±4.47	22.27±5.86	23.50±6.28	-1.282	0.210
$C_7S$ (°)	21.72±5.78	22.57±5.80	17.88±5.87	20.64±6.64 <sup>a</sup>	-1.269	0.215
$C_{0-2}$ Cobb(°)	22.74±6.80	18.52±7.67 <sup>a</sup>	19.12±7.02	17.95±7.33	0.207	0.837
FSU(°)	4.09±3.55	8.46±4.52 <sup>a</sup>	4.16±3.52	6.30±4.13 <sup>a</sup>	-3.249	0.003
高 $T_1S$ (°)	29.29±2.99	26.16±4.83 <sup>a</sup>	27.76±2.72	27.48±3.79	1.663	0.122
低 $T_1S$ (°)	20.59±2.47	22.74±3.18	18.85±4.29	20.97±6.42	0.707	0.493

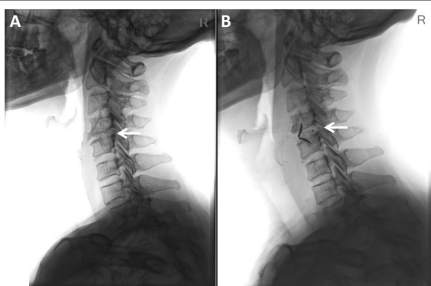
表注:组内与术前相比,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ; $C_{2-7}$ Cobb:下颈椎前凸角;NT:颈椎斜率;SVA: $C_{2-7}$ 矢状面轴向距离;TIA:胸廓入口角; $C_7S$ : $C_7$ 倾斜角; $C_{0-2}$ Cobb:上颈椎前凸角;FSU:脊柱功能单位角; $C_{2-7}$ Cobb:下颈椎前凸角;高 $T_1S$ : $T_1$ 倾斜角 $\geq 25^\circ$ ,低 $T_1S$ : $T_1$ 倾斜角 $< 25^\circ$

**表6 | 高 $T_1S$ 的患者矢状位参数** ( $\bar{x} \pm s$ )  
**Table 6 | Sagittal parameters of high  $T_1$  slope patients**

参数	间盘组(n=17)	融合组(n=11)
$C_{2-7}$ Cobb(°)	17.38±8.93	14.51±8.66
NT(°)	46.78±8.14	46.98±6.48
$C_{2-7}$ SVA(mm)	19.74±7.71	28.40±9.45
TIA(°)	73.42±8.91 <sup>a</sup>	77.46±11.09
$T_1S$ (°)	26.74±4.35 <sup>a</sup>	28.21±4.56
$C_7S$ (°)	22.71±6.53	24.63±4.43
$C_{0-2}$ Cobb(°)	18.17±6.43 <sup>a</sup>	16.75±7.86
FSU(°)	10.13±6.87 <sup>a</sup>	6.56±3.70

表注:与组内术前(表5)相比,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ; $C_{2-7}$ Cobb:下颈椎前凸角;NT:颈椎斜率;SVA: $C_{2-7}$ 矢状面轴向距离;TIA:胸廓入口角; $T_1S$ : $T_1$ 倾斜角; $C_7S$ : $C_7$ 倾斜角; $C_{0-2}$ Cobb:上颈椎前凸角;FSU:脊柱功能单位角

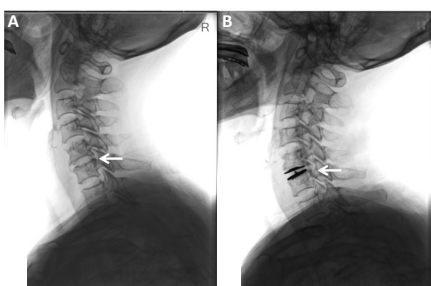
**2.6 生物相容性** Mobi-C间盘是由钴铬钼合金、高分子聚乙烯和纯钛构成,ROI-C融合器是由钛制嵌片和PEEK材料组成,具有类似骨的生物相容性和弹性模量,Mobi-C间盘和ROI-C融合器置入体内后均未发生材料宿主反应。



图注:  $C_{0-2}$ Cobb角、 $C_{2-7}$ Cobb角、 $C_{2-7}$ SVA、 $T_1$ S、FSU、 $C_7$ S、NT、TIA: 术前分别为  $23.5^\circ$ 、 $18.6^\circ$ 、 $19.7\text{ mm}$ 、 $22^\circ$ 、 $5.6^\circ$ 、 $18.2^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $73.3^\circ$ , 术后分别为  $26.6^\circ$ 、 $10.6^\circ$ 、 $34.4\text{ mm}$ 、 $26.2^\circ$ 、 $10.2^\circ$ 、 $19.7^\circ$ 、 $44.7^\circ$ 、 $71.2^\circ$ 。  
 $C_{0-2}$ Cobb: 上颈椎前凸角;  $C_{2-7}$ Cobb: 下颈椎前凸角; SVA:  $C_{2-7}$ 矢状面轴向距离;  $T_1$ S:  $T_1$ 倾斜角; FSU: 脊柱功能单位角;  $C_7$ S:  $C_7$ 倾斜角; NT: 颈椎斜率; TIA: 胸廓入口角。箭头指手术节段

图2 | ROI-C融合器手术前(A)后(B)示意图

Figure 2 | Schematic of ROI-C fusion before (A) and after (B) surgery



图注:  $C_{0-2}$ Cobb角、 $C_{2-7}$ Cobb角、 $C_{2-7}$ SVA、 $T_1$ S、FSU、 $C_7$ S、NT、TIA: 术前分别为  $26.8^\circ$ 、 $14.9^\circ$ 、 $29.4\text{ mm}$ 、 $27.6^\circ$ 、 $0.5^\circ$ 、 $20.9^\circ$ 、 $47^\circ$ 、 $73.4^\circ$ , 术后分别为  $10.2^\circ$ 、 $21.8^\circ$ 、 $15.1\text{ mm}$ 、 $24.2^\circ$ 、 $8^\circ$ 、 $18.3^\circ$ 、 $44.6^\circ$ 、 $72.1^\circ$ 。  
 $C_{0-2}$ Cobb: 上颈椎前凸角;  $C_{2-7}$ Cobb: 下颈椎前凸角; SVA:  $C_{2-7}$ 矢状面轴向距离;  $T_1$ S:  $T_1$ 倾斜角; FSU: 脊柱功能单位角;  $C_7$ S:  $C_7$ 倾斜角; NT: 颈椎斜率; TIA: 胸廓入口角。箭头指手术节段

图3 | Mobi-C间盘手术前(A)后(B)示意图

Figure 3 | Schematic of Mobi-C disc before (A) and after (B) surgery

### 3 讨论 Discussion

颈椎前路椎间盘切除减压融合是治疗颈椎病的一种经典有效的手术方式,但传统的钉板融合器有诸多并发症,如吞咽困难、假关节形成、植骨不融合、内植物松动和邻近节段退变等<sup>[9]</sup>,由此衍生了大量新型的颈椎融合器和人工颈椎间盘。

**3.1 ROI-C融合器** ROI-C是一种零切迹、自稳型、自锁式椎间融合器,也称前路颈椎桥形锁定融合器<sup>[10]</sup>。采用桥型双嵌片技术实现自我锚定,将预弯桥型嵌片固定于上下椎体而实现椎体前缘零切迹,是传统钉板融合器的改进和升级。该治疗方法手术切口小、出血少、时间短,能弥补常规颈椎前路椎间盘切除减压融合术后吞咽困难、螺钉滑脱、内植物移位等不足<sup>[11]</sup>;术后稳定性良好,融合率高,能有效减少邻椎病和异位骨化的发生率。由于椎体前缘失去了钢板的固定支撑,ROI-C融合器的缺点是融合器沉降率高。

朱彦奇等<sup>[12]</sup>的荟萃分析表明 ROI-C融合器的术后沉降率是传统钉板融合器的3.4倍(12.5%:3.7%),并由此造成更多的术后颈椎后凸畸形,因此在术前应尽量避免骨质疏松及颈椎后凸畸形的患者。此次研究表明 ROI-C融合器内固定后能

显著增加  $C_7$  倾斜角 ( $C_7S$ ), 无症状人群的  $C_7S$  为  $(22.3 \pm 10)^\circ$ <sup>[13]</sup>。

$C_7S$  是颈椎矢状面整体平衡的重要标志。AJELLO 等<sup>[14]</sup>发现当颈椎生理曲度与  $C_7S$  的比值 ( $C_{2-7}\text{Cobb}/C_7S$ ) 为 0.7 时颈椎处于较好的矢状面平衡状态,  $C_7S$  增大则需要更大的颈椎前凸角来代偿平衡,  $C_7S$  越大, 比值越低, 此时颈椎功能障碍指数 (NDI) 评分越高。此次研究中 ( $C_{2-7}\text{Cobb}/C_7S$ ) 的比值由术前 0.7 下降至 0.6, 表明短节段 ROI-C 融合器内固定后加剧了颈椎矢状面失衡,  $C_7S$  增大时, 头颅重心从枕骨隆突前移, 矢状面轴向距离 SVA 增加, 颈椎前凸角增大以保证水平视野, 颈椎负荷及局部肌肉做功增加, 最终导致颈椎功能障碍指数评分更高。

ROI-C 融合器在改善 FSU 角具有优势, 此次研究融合组由术前  $(4.1 \pm 3.5)^\circ$  增加至术后  $(6.3 \pm 4.1)^\circ$ , FSU  $> 0^\circ$  代表颈椎局部后凸, 对手术节段生理曲度的评估具有重要意义, 由此从单独的矢状位参数来看, ROI-C 融合器仅能调节部分手术局部后凸角。

$C_{2-7}\text{Cobb}$  和  $C_{2-7}\text{SVA}$  是颈椎矢状位平衡评价的核心指标, 赵学千<sup>[15]</sup>研究表明双节段手术后  $C_{2-7}\text{Cobb}$  和  $C_{2-7}\text{SVA}$  角度有明显差异, 而单节段对颈椎矢状位参数的影响不大, 此次研究发现单节段 ROI-C 融合器内固定后  $C_{2-7}\text{Cobb}$  和  $C_{2-7}\text{SVA}$  无明显差异, 可认为手术节段对颈椎曲度重建能力有显著影响; 此外, 研究发现术前  $C_{2-7}\text{Cobb}$ ,  $T_1S$ ,  $C_7S$ , SVA, NT 和 TIA 之间存在明显的正负相关性, 而 ROI-C 融合器固定后并相关性减弱或消失, 参数相关性与颈椎曲度存在密切联系。刘静培<sup>[16]</sup>研究发现正常生理曲度下参数之间存在相关性, 而颈椎曲度变直或后凸畸形时不存在相关性。由于手术节段融合后头部重心前移, 头颅对颈椎的作用力发生改变, 导致颈椎及颈胸交界矢状位序列发生改变, 最后减弱了各参数之间的相关性。因此单节段 ROI-C 融合器并不能重建颈椎矢状位平衡, 甚至加剧了颈椎曲度变直或后凸畸形的变化趋势。

**3.2 Mobi-C人工间盘** Mobi-C假体是二代非限制性组件型人工颈椎间盘, 由上下两端板及中间人工髓核构成, 上下终板有横向排列的齿状结构, 能保证假体植入后的稳定性, 中间的人工髓核保留了瞬时旋转轴, 能最大程度模拟正常椎间盘的生理运动功能<sup>[17]</sup>。DMITRIEV 等<sup>[18]</sup>尸体研究发现, 人工椎间盘植入以后, 邻近节段的活动度及椎间盘内压力与完整标本的数值上相近, 相比之下融合组临近节段的椎间盘压力为完整标本的 1.5-2 倍。生物力学研究表明, 融合后邻近上、下椎间盘内压力分别增加 73% 和 45%, 邻椎压力增加导致邻近节段退变发病率增高, 颈椎前路椎间盘切除减压融合术后 10 年内需行返修手术的邻近节段退变发病率每年约为 2.9%<sup>[19]</sup>。颈椎间盘置换设计之初就是为了预防手术后邻近节段退变<sup>[20]</sup>, 通过保留手术节段活动度, 减少邻近节段的运动负荷和生物力学应力, 从而降低邻近节段退变的发病率<sup>[21]</sup>。WANG 等<sup>[22]</sup>将颈椎前路椎间盘切除减压融合术和颈椎间盘置换进行荟萃分析, 共纳入 11 项随机对照研究, 表明颈椎前路椎间盘切除减压融合术和颈椎间盘置换均能取得满意疗

效, 颈椎间盘置换远期能显著减低邻近节段退变及再手术率。虽然人工颈椎间盘的设计初衷并不是为了重建颈椎生理曲度, 但越来越多的研究表明人工颈椎间盘置换在改善颈椎病患者术后矢状位参数中具有显著优势。

MEHREN 等<sup>[23]</sup>和 KIM 等<sup>[24]</sup>研究表明颈椎间盘置换术后 10 年中仍能保持矢状位平衡和颈椎活动。此外, 此次研究发现 Mobi-C 间盘能改善高 T<sub>1</sub>S、FSU 和 C<sub>0-2</sub>Cobb 角 ( $P < 0.05$ )。Mobi-C 间盘在改善 FSU 角具有优势, 由术前  $(4.1 \pm 3.6)^\circ$  增加至术后  $(8.5 \pm 4.6)^\circ$  ( $P < 0.05$ ), 且 Mobi-C 比 ROI-C 融合器在改善 FSU 角更具优势 ( $P < 0.05$ ), 这与 WENG 等<sup>[25]</sup>研究结果一致。FSU 代表颈椎局部前凸角, 角度重建不仅能改善颈椎生理曲度, 还能有效预防颈椎后凸畸形, 颈椎后凸畸形不仅引发颈部轴性症状, 还是内植物手术失败的重要原因之一, FSU 角度重建对术后恢复具有重要意义。SHANG 等<sup>[26]</sup>研究发现颈椎间盘置换术后能显著减少由矢状位失衡和颈椎后凸畸形引发的颈部轴性症状。不仅是术后疗效评价, 术前评估 FSU 角同样重要, 颈椎间盘置换手术禁忌证中禁用于明显的矢状位失衡伴后凸 (X 射线片  $\geq 15^\circ$ ) 以及椎间节段运动已经丧失的病例 ( $< 2^\circ$ )<sup>[27]</sup>, 国内学者发现 FSU  $\geq 10^\circ$ , Mobi-C 间盘无法矫正后凸畸形, 并且当 FSU 角度越小重建颈椎前凸角的能力越小<sup>[28]</sup>。

重建颈椎生理前凸, 恢复颈椎生物力学稳定越来越受到骨科医生的重视。C<sub>0-2</sub>Cobb 角是上颈椎前凸角, 主要功能是维持视线平衡和头部重心, 下颈椎后凸改变导致颈椎活动度减低, 无法代偿 T<sub>1</sub>S 的变化, 导致上颈椎的代偿性改变, 故两者之间存在相关性。HAYASHI 等<sup>[29]</sup>通过动态颈椎 MRI 研究上下颈椎的运动代偿关系, 认为下颈椎前凸角减小会引起上颈椎前凸角代偿性增大。孙东<sup>[30]</sup>研究 610 例非特异性疼痛患者发现颈椎后凸患者的上颈椎前凸角明显大于颈椎前凸的患者 ( $F=25.54, P < 0.001$ )。此次研究发现 C<sub>0-2</sub>Cobb 和 C<sub>2-7</sub>Cobb 角存在显著负相关, Mobi-C 间盘置入后 C<sub>0-2</sub>Cobb 较术前明显较小 ( $P < 0.05$ ), 上颈椎前凸角减小意味着下颈椎前凸角增加, 可认为 Mobi-C 间盘置入后通过重建颈椎前凸角改善颈椎矢状位平衡。

3.3 T<sub>1</sub>S T<sub>1</sub>S 是颈、胸椎的交界点, 具有极其重要的枢纽作用。T<sub>1</sub>S 增高时会增加轴性症状和邻近节段退变的发病率。这是由 T<sub>1</sub> 特殊的解剖结构决定的, T<sub>1</sub> 两侧是第一肋骨, 附着胸锁乳突肌、斜角肌和带状肌<sup>[31]</sup>, T<sub>1</sub>S 增高时, 肌群长期处于强直疲劳状态, 颈肩部需要消耗更多的能量来维持身体平衡和日常功能活动, 故高 T<sub>1</sub>S 会诱发肩颈痛, 而长期的失衡可能会出现椎间盘病变和椎体滑脱<sup>[32]</sup>。不仅如此, 高 T<sub>1</sub>S 会增加邻近节段退变的发生率, YANG 等<sup>[33]</sup>研究表明高 T<sub>1</sub>S 是比假体终板覆盖率风险更高的独立危险因素。当 T<sub>1</sub>S  $\geq 25^\circ$  时, 颈椎重心前移, C<sub>2-7</sub>SVA 增大, 为保持视线水平, 颈椎处于过伸的状态, 同时 C<sub>2-7</sub>Cobb 角减小, C<sub>0-2</sub>Cobb 角代偿增大, 这种代偿性的平衡会消耗更多能量, 并加快颈椎后凸的趋势<sup>[34]</sup>。

此次进一步分层研究发现: 在间盘组中, 高 T<sub>1</sub>S 型患者术后 TIA、T<sub>1</sub>S 和 C<sub>0-2</sub>Cobb 角较术前明显降低 ( $P < 0.05$ ), 而 FSU 较术前明显增高 ( $P < 0.05$ ); 而融合组未发现显著变化, 这表明单节段 Mobi-C 间盘可在术后较好地恢复高 T<sub>1</sub>S 型颈椎矢状位参数平衡。ZHAO 等<sup>[35]</sup>对于单节段 Mobi-C 间盘术后 2 年的随访中也发现, Mobi-C 间盘在改善高 T<sub>1</sub>S 患者术后 C<sub>2-7</sub>Cobb 角方面更具优势。此次研究发现, Mobi-C 间盘和 ROI-C 融合器治疗后早期均能取得满意疗效, 但二者组间对比未发现明显差异 ( $P > 0.05$ ), 这与 GOEDMAKERS 等<sup>[36]</sup>和 VLEGGERT-LANKAMP 等<sup>[37]</sup>的研究结果一致, 认为神经根型或脊髓型颈椎病主要是突出间盘或增生骨赘压迫导致的神经根或硬膜囊受压出现的临床症状, 而颈椎前路椎间盘切除减压融合术和颈椎间盘置换均通过切除病灶解除脊髓和神经根的压迫, 因此临床疗效并无显著差异。

综上所述, Mobi-C 间盘和 ROI-C 融合器治疗单节段颈椎病疗效显著, 但单节段 ROI-C 融合器重建颈椎矢状位平衡的能力十分有限, Mobi-C 间盘通过重建颈椎局部前凸角和上颈椎前凸角来恢复生理曲度, 并且在高 T<sub>1</sub> 倾斜角患者中仍然保持这种能力。参数平衡带来的临床价值需要长远期的随访验证, 而此次研究的问题也在于研究样本量小和随访时间短, 今后将扩大样本量并增加随访时间来进一步探讨参数平衡的临床价值。此外, 研究尚存在以下不足: 未统计颈椎屈伸活动度, 末次随访区间较大 (6-18 个月), 这可能对结果产生不利影响。

作者贡献: 研究设计及成文为冉宇, 资料收集为赵学千、龙水文、覃昌龙、李忠泽、张超, 评估为陈江、白春晓、刘楚吟、贾育松, 校审为陈江。

利益冲突: 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让: 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范: 文章撰写遵守了《非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND 声明); 出版前经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次文字和图表查重; 经小同行外审专家双盲审稿, 同行评议认为符合期刊发稿宗旨。

## 4 参考文献 References

- [1] 刘涛, 邱水强, 黄宇峰, 等. 颈椎前路椎间融合术后矢状位参数变化与临床疗效的相关性研究 [J]. 中华骨科杂志, 2018, 38(2): 79-85.
- [2] DONG L, XU Z, CHEN X, et al. The change of adjacent segment after cervical disc arthroplasty compared with anterior cervical discectomy and fusion: a meta-analysis of randomized controlled trials. Spine J. 2017; 17(10): 1549-1558.
- [3] CHUNG YW, KIM SK, PARK YJ. Differences in the Prevalence of Clinical Adjacent Segment Pathology among Continents after Anterior Cervical Fusion: Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. J Clin Med. 2021; 10(18): 4125.

- [4] 徐帅, 朱震奇, 钱亚龙, 等. 颈椎人工椎间盘置换与椎间盘切除融合术后邻近节段退变比较研究的 Meta 分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017,27(4):296-304.
- [5] 陈江, 李晋玉, 郑晨颖, 等. 双节段颈人工椎间盘置换与颈椎间盘切除融合后颈椎矢状位参数的变化 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(15):2341-2346.
- [6] RAJAKUMAR DV, HARI A, KRISHNA M, et al. Adjacent-level arthroplasty following cervical fusion. *Neurosurg Focus*. 2017;42(2):E5.
- [7] TAMAI K, BUSER Z, PAHOLPAK P, et al. Can C7 Slope Substitute the T1 slope?: An Analysis Using Cervical Radiographs and Kinematic MRIs. *Spine*. 2018;43(7):520-525.
- [8] YANG X, BARTELS RHMA, DONK R, et al. The association of cervical sagittal alignment with adjacent segment degeneration. *Eur Spine J*. 2020;29(11):2655-2664.
- [9] DENARO V, LONGO UG, BERTON A, et al. Favourable outcome of posteriordecompression and stabilization in lordosis for cervical spondylotic myelopathy: the spinal cord “back shift” concept. *Eur Spine J*. 2015;24(7):826-831.
- [10] BUCCI MN, OH D, COWAN RS, et al. The ROI-C zero-profile anchored spacer for anterior cervical discectomy and fusion: biomechanical profile and clinical outcomes. *Med Devices (Auckl)*. 2017;18(10): 61-69.
- [11] 宋升, 孙振中, 姜为民, 等. 桥形固定颈椎前路融合器 ROI-C 在颈椎内固定治疗中的初步疗效分析 [J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(44):7127-7132.
- [12] 朱彦奇, 王红霞, 曹锐, 等. 零切迹椎间融合器与钛板椎间融合器治疗多节段颈椎病的 Meta 分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(9):805-814.
- [13] GERILMEZ A, NADERI S. A Novel Perspective for Analyzing Craniocervical Sagittal Balance and Horizontal Gaze. *World Neurosurg*. 2021;149:e924-e930.
- [14] AJELLO M, MARENGO N, PILLONI G, et al. Is It Possible To Evaluate the Ideal Cervical Alignment for Each Patient Needing Surgery? An Easy Rule To Determine the Appropriate Cervical Lordosis in Preoperative Planning. *World Neurosurg*. 2017;97:471-478.
- [15] 赵学千. 中医手法和颈椎间盘置换术治疗颈椎病后颈椎矢状位参数的变化研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2020:44-46.
- [16] 刘静培. 成年人不同曲度颈椎矢状位参数代偿相关性研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2018:7-9.
- [17] 张琦, 熊洋, 俞兴, 等. Mobi-C 人工间盘联合 ROI-C 自稳性融合器与单纯 ROI-C 自稳性融合器治疗双节段颈椎病的中期疗效随访 [J]. 中国组织工程研究, 2022,26(3):397-402.
- [18] DMITRIEV AE, CUNNINGHAM BW, HU N, et al. Adjacent level intradiscal pressure and segmental kinematics following a cervical total disc arthroplasty: an in vitro human cadaveric model. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(10):1165-1172.
- [19] WEINHOFER SL, GUYER RD, HERBERT M, et al. Intradiscal pressure measurements above an instrumented fusion. A cadaveric study. *Spine*. 1995;20(5):526-531.
- [20] DEJAEGHER J, WALRAEVENS J, VAN LOON J, et al. 10-year follow-up after implantation of the Bryan Cervical Disc Prosthesis. *Eur Spine J*. 2017;26(4):1191-1198.
- [21] RADCLIFF K, DAVIS RJ, HISEY MS, et al. Long-term Evaluation of Cervical Disc Arthroplasty with the Mobi-C® Cervical Disc: A Randomized, Prospective, Multicenter Clinical Trial with Seven-Year Follow-up. *Int J Spine Surg*. 2017;11(4):31.
- [22] WANG QL, TU ZM, HU P, et al. Long-term Results Comparing Cervical Disc Arthroplasty to Anterior Cervical Discectomy and Fusion: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Orthop Surg*. 2020;12(1):16-30.
- [23] MEHREN C, HEIDER F, SIEPE CJ, et al. Clinical and radiological outcome at 10 years of follow-up after total cervical disc replacement. *Eur Spine J*. 2017;26(9):2441-2449.
- [24] KIM K, HOFFMAN G, BAE H, et al. Ten-Year Outcomes of 1- and 2-Level Cervical Disc Arthroplasty From the Mobi-C Investigational Device Exemption Clinical Trial. *Neurosurgery*. 2021;88(3):497-505.
- [25] WENG C, WANG J, TUCHMAN A, et al. Influence of T1 Slope on the Cervical Sagittal Balance in Degenerative Cervical Spine: An Analysis Using Kinematic MRI. *Spine*. 2016;41(3):185-190.
- [26] SHANG Z, ZHANG Y, ZHANG D, et al. Clinical and Radiological Analysis of Bryan Cervical Artificial Disc Replacement for “Skip” Multi-Segment Cervical Spondylosis: Long-Term Follow-Up Results. *Med Sci Monit*. 2017;4(23):5254-5263.
- [27] KANI KK, CHEW FS. Cervical Disc Arthroplasty: Review and Update for Radiologists. *Semin Roentgenol*. 2019;54(2):113-123.
- [28] 鲍达, 陈兴, 李力韬, 等. Mobi-C 人工颈椎间盘置换术对颈椎曲度的影响 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018,33(7):673-675.
- [29] HAYASHI T, DAUBS MD, SUZUKI A, et al. The Compensatory Relationship of Upper and Subaxial Cervical Motion in the Presence of Cervical Spondylosis. *Clin Spine Surg*. 2016;29(4):E196-200.
- [30] 孙东. 上下颈椎矢状位序列和 T1 slope 相关性的影像学研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2017:6-8.
- [31] LEE SH, KIM KT, SEO EM, et al. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults. *J Spinal Disord Tech*. 2012;25(2):E41-47.
- [32] LI J, ZHANG D, SHEN Y. Impact of cervical sagittal parameters on axial neck pain in patients with cervical kyphosis. *J Orthop Surg Res*. 2020; 15(1):434.
- [33] YANG P, LI Y, LI J, et al. Impact of T1 slope on surgical and adjacent segment degeneration after Bryan cervical disc arthroplasty. *Ther Clin Risk Manag*. 2017;13:1119-1125.
- [34] LE HUEC JC, THOMPSON W, MOHSINALY Y, et al. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2019;28(9):1889-1905.
- [35] ZHAO J, JIANG R, YANG Y, et al. Preoperative T1 Slope as a Predictor of Change in Cervical Alignment and Range of Motion After Cervical Disc Arthroplasty. *Med Sci Monit*. 2017;23:5844-5850.
- [36] GOEDMAKERS CMW, JANSSEN T, YANG X, et al. Cervical radiculopathy: is a prosthesis preferred over fusion surgery? A systematic review. *Eur Spine J*. 2020;29(11):2640-2654.
- [37] VLEGGERT-LANKAMP CLA, JANSSEN TMH, VAN ZWET E, et al. The NECK trial: Effectiveness of anterior cervical discectomy with or without interbody fusion and arthroplasty in the treatment of cervical disc herniation; a double-blinded randomized controlled trial. *Spine J*. 2019;19(6):965-975.

(责任编辑: WZH, ZN, ZH)