

# 连续性三节段颈椎前路椎间盘切除融合和杂交手术后 5 年随访矢状位序列影像学评价

<https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.3769>

马龙, 谭小欣, 孙国绍

2095-4344.3769

投稿日期: 2020-04-16

送审日期: 2020-04-23

采用日期: 2020-06-03

在线日期: 2020-09-27

中图分类号:

R459.9; R319; RR681.5+3

文章编号:

2095-4344(2021)12-01879-07

文献标识码: B

## 文章快速阅读:

### 文章特点—

△对比连续性 3 节段颈椎前路椎间盘切除融合和杂交手术后 5 年矢状位序列、影像学参数和临床疗效。

### 对象

纳入连续 3 节段脊髓型颈椎病患者 93 例。根据手术方式分为颈椎前路椎间盘切除融合治疗 (ACDF 组), 单节段人工椎间盘置换和双节段椎间融合器杂交手术治疗 (HS1 组), 双节段人工椎间盘置换和单节段椎间融合器杂交手术治疗 (HS2 组)。

### 观察指标

分析颈椎矢状位序列 ( $C_2-C_7$  颈椎前凸角、 $C_2-C_7$  矢状位垂直距离、 $T_1$  倾斜角) 与解剖参数 (颈椎活动度、上位和下位邻近节段颈椎活动度、手术节段颈椎前凸角与邻近节段退变), 以颈椎功能障碍指数与日本骨科学会评分 (JOA) 评估临床疗效。

### 结论

对于连续 3 节段的脊髓型颈椎病, 颈椎前路椎间盘切除融合和杂交手术均获得了明确的中长期疗效, 且解剖学参数与临床疗效无明确相关性, 因此人工椎间盘假体植入不是必需的。

## 文题释义:

**颈椎前路椎间盘切除融合:** 是治疗脊髓型颈椎病的经典术式, 目的是切除病变椎间盘和椎体间融合, 适用于脊髓型颈椎病、神经根型颈椎病、外伤后急性颈椎间盘突出、退变性或创伤性颈椎不稳定。

**杂交手术:** 是一种近年来对于多节段脊髓型颈椎病患者的新兴术式, 既保留了颈椎部分活动度又能起到有效减压的效果, 还可减少融合节段。

## 摘要

**背景:** 在单节段与双节段颈椎病的治疗中, 颈椎前路椎间盘切除融合与杂交手术均能恢复局部的颈椎前凸, 并且对颈椎整体序列发挥作用, 但该结论在 3 节段手术中的作用尚不明确。

**目的:** 对比连续性 3 节段颈椎前路椎间盘切除融合和杂交手术在治疗脊髓型颈椎病的矢状位序列、影像学参数和临床疗效差异。

**方法:** 选择平顶山市第一人民医院 2007 年 2 月至 2013 年 9 月收治的连续 3 节段脊髓型颈椎病患者 93 例, 其中 32 例接受颈椎前路椎间盘切除融合治疗 (ACDF 组), 36 例接受单节段人工椎间盘置换和双节段椎间融合器杂交手术治疗 (HS1 组), 25 例接受双节段人工椎间盘置换和单节段椎间融合器杂交手术治疗 (HS2 组)。术后随访时拍摄颈椎 X 射线片, 分析颈椎矢状位序列 ( $C_2-C_7$  颈椎前凸角、 $C_2-C_7$  矢状位垂直距离、 $T_1$  倾斜角) 与解剖参数 (颈椎活动度、上位和下位邻近节段颈椎活动度、手术节段颈椎前凸角与邻近节段退变), 以颈椎功能障碍指数与日本骨科学会评分 (JOA) 评估临床疗效。试验获得平顶山市第一人民医院伦理委员会批准。

**结果与结论:** 93 例患者平均随访 (76.4±9.0) 个月。① 3 组间末次随访的颈椎矢状位序列参数值比较差异均无显著性意义 ( $P > 0.05$ ), 3 组间各参数值末次随访相对于术前的改变值比较差异均无显著性意义 ( $P > 0.05$ ); ② 3 组间末次随访的颈椎解剖参数值比较差异均无显著性意义 ( $P > 0.05$ ), 3 组间各参数值末次随访相对于术前的改变值比较差异均无显著性意义 ( $P > 0.05$ ); ③ 3 组末次随访的颈椎功能障碍指数与 JOA 评分均较术前明显改善 ( $P < 0.05$ ), 但 3 组间比较差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ ); ④ 相关性分析显示, 术后与末次随访的颈椎解剖参数及颈椎功能障碍指数与 JOA 评分无明确相关性; ⑤ 结果表明对于连续 3 节段的脊髓型颈椎病, 颈椎前路椎间盘切除融合和杂交手术均获得了明确的中长期疗效, 且解剖学参数与临床疗效无明确相关性, 因此人工椎间盘假体植入不是必需的。

**关键词:** 骨; 颈椎病; 颈椎前路椎间盘切除融合; 杂交手术; 颈椎矢状位序列; 影像学参数; 临床疗效; 中长期随访

**缩略语:** 颈椎前路椎间盘切除融合: anterior cervical discectomy and fusion, ACDF; 全颈椎人工椎间盘置换: total artificial disc replacement, TDR

## A 5-year follow-up on sagittal alignment and radiological outcomes of consecutive three-level anterior cervical discectomy and fusion and hybrid surgery

Ma Long, Tan Xiaoxin, Sun Guoshao

Pingdingshan First People's Hospital, Pingdingshan 467000, Henan Province, China

Ma Long, Master, Associate chief physician, Pingdingshan First People's Hospital, Pingdingshan 467000, Henan Province, China

**Corresponding author:** Ma Long, Associate chief physician, Pingdingshan First People's Hospital, Pingdingshan 467000, Henan Province, China

平顶山市第一人民医院, 河南省平顶山市 467000

第一作者: 马龙, 男, 1985 年生, 河南省平顶山市人, 汉族, 硕士, 副主任医师, 主要从事骨科-脊柱方面的研究。

通讯作者: 马龙, 副主任医师, 平顶山市第一人民医院, 河南省平顶山市 467000

<https://orcid.org/0000-0003-3674-854X> (马龙)

引用本文: 马龙, 谭小欣, 孙国绍. 连续性三节段颈椎前路椎间盘切除融合和杂交手术后 5 年随访矢状位序列影像学评价 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(12):1879-1885.



## Abstract

**BACKGROUND:** In the treatment of single- and double-level cervical spondylosis, anterior cervical discectomy and fusion and hybrid surgery can restore local cervical lordosis, and play a role in the overall sequence of the cervical spine, but the role of this conclusion in three-level surgery is still unclear.

**OBJECTIVE:** To compare sagittal alignment, radiological parameters and clinical outcomes between three-level hybrid surgery and anterior cervical discectomy and fusion on cervical spondylotic myelopathy.

**METHODS:** Totally 93 patients with three-level cervical spondylotic myelopathy, who were treated in the Pingdingshan First People's Hospital from February 2007 to September 2013, were enrolled in this study. Among them, 32 patients underwent anterior cervical discectomy and fusion (anterior cervical discectomy and fusion group); 36 patients underwent single-level disc replacement and double-level hybrid surgery (HS1 group); 25 cases underwent double-level disc replacement and single-level hybrid surgery (HS2 group). X-ray films of cervical spine were taken during the follow-up. Sagittal alignment of cervical spine ( $C_2-C_7$  cervical lordosis,  $C_2-C_7$  sagittal vertical axis, and  $T_1$  slope) and anatomical parameters (range of motion, upper and lower adjacent range of motion, operated-segment lordosis, and adjacent segment degeneration) were analyzed. Neck disability index and Japanese Orthopedic Association score were used to assess clinical outcomes. This study was approved by the Ethics Committee of Pingdingshan First People's Hospital.

**RESULTS AND CONCLUSION:** Ninety-three patients were followed up for a mean of (76.4±9.0) months. (1) There was no significant difference in parameter values of cervical sagittal alignment among the three groups in the final follow-up ( $P > 0.05$ ). There was no significant difference in the value of each parameter among the three groups at the final follow-up compared with the change before the operation ( $P > 0.05$ ). (2) There was no significant difference in anatomical parameter values of the cervical spine at the final follow-up among the three groups ( $P > 0.05$ ), and there was no significant difference in the values of the parameters among the three groups at the final follow-up compared with the preoperative changes ( $P > 0.05$ ). (3) The neck disability index and Japanese Orthopedic Association score at the final follow-up of the three groups were significantly improved compared with preoperatively ( $P < 0.05$ ), but there was no significant difference among the three groups ( $P > 0.05$ ). (4) Correlation analysis showed that there was no clear correlation of cervical spine anatomical parameters and neck disability index with Japanese Orthopedic Association score between postoperative and final follow-up. (5) The results showed that for three-level cervical spondylotic myelopathy, anterior cervical discectomy and fusion and hybrid surgery have achieved a clear mid-term and long-term effect, and there is no clear correlation between anatomical parameters and clinical outcomes, so artificial disc prosthesis implantation is not necessary.

**Key words:** bone; cervical spondylosis; anterior cervical discectomy and fusion; hybrid surgery; cervical sagittal alignment; imaging parameters; clinical efficacy; mid-term and long-term follow-up

**How to cite this article:** MA L, TAN XX, SUN GS. A 5-year follow-up on sagittal alignment and radiological outcomes of consecutive three-level anterior cervical discectomy and fusion and hybrid surgery. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2021;25(12):1879-1885.

## 0 引言 Introduction

脊髓型颈椎病是由于椎间盘突出、韧带肥厚和关节松弛等所致颈髓功能障碍的颈椎退变性疾病<sup>[1-2]</sup>。颈椎前路椎间盘切除融合 (anterior cervical discectomy and fusion, ACDF) 通过前方入路对脊髓实现直接减压, 在治疗脊髓型颈椎病方面被广泛接受<sup>[3-4]</sup>。尽管目前已证实全颈椎人工椎间盘置换 (total artificial disc replacement, TDR) 在维持颈椎活动度方面优于 ACDF, 但对于多节段脊髓型颈椎病术后维持稳定性方面仍存在争议, 理想的术式为在维持颈椎稳定性和活动度方面获得最佳收益<sup>[5]</sup>。因此治疗多节段脊髓型颈椎病时, 将 TDR 理念和椎间融合技术相结合的杂交手术或许不失为一种满意术式<sup>[6]</sup>, 作为一种近年来新兴术式, 杂交手术既保留了颈椎部分活动度又能起到有效减压的效果。

既往大量文献通过对影像学参数和临床疗效的随访观察, 证实了 ACDF 和杂交手术在治疗单节段和双节段颈椎病的有效性<sup>[3-7]</sup>, 而多节段手术涉及更多椎体和较长节段的术野显露, 在既往研究中报道较少。关于 3 节段杂交手术的生物力学分析认为, 人工间盘假体承担了手术节段几乎全部的活动度, 活动度及承担应力均较单纯颈椎间盘置换更大, 颈椎间盘假体面临更大的生物力学挑战; 并且当融合节段位于颈椎间盘置换节段下位时, 对间盘置换节段小关节和间盘假体的应力更大<sup>[8]</sup>。尽管 KANG 等<sup>[6]</sup>对 3 节段杂交手术和 ACDF 治疗颈椎间盘疾病的疗效进行对比, 认为杂交手术优于 ACDF, 但结局仅涉及影像学参数, 并且随访周期较短。同时在 3 节段杂交手术中, 单枚颈椎人工间盘合并 2 节段椎间融合器与双节段 TDR 合并单枚椎间融合器的生物力学机制或许存在差异<sup>[9]</sup>, 但在 KANG 等的研究中并未提及, 而据此对杂交手术进行分层分析具有重要的临床意义。

此外, 颈椎矢状位序列在保证颈椎活动度和维持正常生物力学方面具有重要作用, 较多研究认为 ACDF 和杂交手术均

能恢复局部的颈椎前凸, 并且对颈椎整体序列发挥作用<sup>[3, 5]</sup>, 但该结论在 3 节段手术中尚不明确。因此, 研究拟通过行 5 年以上的随访对比连续性 3 节段 ACDF 和杂交手术治疗脊髓型颈椎病矢状位序列、影像学参数和临床疗效的差异。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例分析。

1.2 时间及地点 试验于 2007 年 2 月至 2013 年 9 月在平顶山市第一人民医院骨外一科完成。

1.3 对象 选择平顶山市第一人民医院 2007 年 2 月至 2013 年 9 月收治的行连续性 3 节段脊髓型颈椎病患者 93 例, 针对责任节段行 ACDF 或人工间盘植入, 治疗方式主要依据 X 射线片、CT 或颈椎 MRI 等的影像学特征及术者的经验共同确定, 其中 32 例接受 ACDF 治疗 (ACDF 组), 36 例接受单节段人工间盘置换和双节段椎间融合器杂交手术治疗 (HS1 组), 25 例接受双节段人工间盘置换和单节段椎间融合器杂交手术治疗 (HS2 组)。ACDF 用于退变较严重的节段, 而 TDR 用于: ①活动度  $\geq 6^\circ$ ; ②椎间隙高度丢失  $< 80\%$  且邻近节段正常; ③无明显的节段失稳 (X 射线片屈伸位上椎体后缘的相对移位  $\geq 2 \text{ mm}$  或椎体间成角  $> 11^\circ$ ); ④局部前凸角丢失较小; ⑤无明显的椎管狭窄; ⑥无明显骨质疏松, 而关于③-⑥的诊断标准仍缺乏共识<sup>[10]</sup>。试验获得平顶山市第一人民医院伦理委员会批准, 所有患者均已签署治疗知情同意书。

**纳入标准:** 6 个月保守治疗效果欠佳, 且已达到手术指征的患者; 术式为连续性 3 节段杂交手术或 ACDF; 用于 ACDF 节段的为无前方钢板自锁式椎间融合器; 患者影像学 and 临床资料完整; 对治疗知情同意。

**排除标准:** 患者的影像学资料显示不清, 参数无法测量; 既往曾行颈椎手术者; 颈椎骨折或感染者; 随访时间小于 5 年或资料不全者; 患者失访, 如随访依从性差或死亡者。

## 1.4 材料 植入物的材料学特征见表 1。

表 1 | 植入物的材料学特征

Table 1 | Material characteristics of implants

项目	PEEK 零切迹自锁椎间融合器	Prodisc-C 人工椎间盘
生产厂家	LDR 公司	强生公司
批准号	3462880	3460440
材质及组成	该系统包括颈前路融合器和钛夹，其中颈前路融合器由聚醚醚酮制成，内有 X 射线标记物纯钛丝；钛夹由 Ti6Al4V 钛合金所制成	产品由上下终版、内衬和半球状嵌入体组成。上终板和下终板由符合 ISO 5832-11 的钛 6 铝 7 铌制造，表面为符合 ISO 5832-2 的纯钛 (Ti) 涂层。内衬由符合 ISO 5834-2 的超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 制造。半球状嵌入体由符合 YY 0605.12 的钴-铬-钼合金 (CoCrMo) 制造。灭菌包装
适应证	用来稳定和融合颈椎间空间，目的是获得正确的骨节固定、恢复适当的脊柱前凸和椎间盘高度，在椎弓根受压同时使椎孔开放。用于通过前路进行颈椎关节融合手术中	该产品适用于置换颈椎间盘、恢复椎间高度和节段活动
不良反应	严重骨质疏松者，对植入物过敏者，脊柱骨折、严重的不稳定者	发生下沉、脱出、异位骨化

**1.5 方法** 所有手术均由同一高年资医生主刀完成，颈前切口为标准的 Smith-Robinson 右侧入路，逐层分离，沿颈血管鞘与内脏鞘间逐层分离进入颈椎前筋膜，显露椎体前部，透视定位无误后切除病变椎间盘，解除颈髓腹侧压迫并显露硬膜囊，彻底减压完成后，行 ACDF 的患者依次植入 3 枚 PEEK 零切迹自锁椎间融合器 (无前方钢板) (ACDF 组)，杂交手术患者植入单枚人工间盘和 2 枚自锁融合器 (HS1 组) 或 2 枚人工椎间盘加 1 枚椎间融合器 (HS2 组)。所有患者术后遵医嘱佩戴颈托 2 个月并规律功能锻炼。

### 1.6 主要观察指标

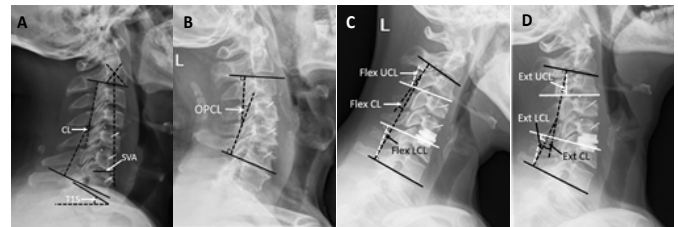
#### 1.6.1 影像学参数

**颈椎矢状位序列：**术前、术后 1 周及末次随访时拍摄颈椎 X 射线侧位片。矢状位序列包括 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角、C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 矢状位垂直距离、T<sub>1</sub> 倾斜角及 T<sub>1</sub> 倾斜角与 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角差值。

C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角为 C<sub>2</sub> 下终板与 C<sub>7</sub> 下终板所在直线的夹角；C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 矢状位垂直距离为 C<sub>7</sub> 后上缘至 C<sub>2</sub> 椎体中心铅垂线的距离；T<sub>1</sub> 倾斜角为 T<sub>1</sub> 上终板所在直线与水平线夹角。T<sub>1</sub> 倾斜角与 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角差值用于评估颈椎矢状位平衡状态：当其 ≤ 20° 时为颈椎平衡，当其 > 20° 为颈椎失衡<sup>[11]</sup> (图 1)。

**颈椎解剖参数和影像学并发症：**颈椎前屈-后伸位 X 射线片在术前和末次随访时获得。解剖参数包括颈椎活动度、上位和下位节段活动度、手术节段颈椎前凸角。颈椎活动度定义为后伸位 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角减去前屈位 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角；上位和下位邻近节段颈椎活动度定义为上/下位邻近节段后伸 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角减去前屈位 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角；手术节段颈椎前凸角为近端手术椎体上终板与远端手术椎体下终板所在直线夹角 (图 1)。影像学邻近节段退变定义为邻近节段椎间隙高度塌陷 > 50%、新发骨桥或骨桥增生、终板硬化或前纵韧带钙化增加<sup>[7]</sup>。椎间融合器融合或人工间盘锁定定义为椎体间骨小梁增生 > 50% 或无活动度 (≤ 2°)<sup>[12]</sup>。

**1.6.2 临床疗效评估** 临床疗效指标包括颈椎功能障碍指数



图注：A 为颈椎 X 射线侧位片中 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角 (CL)、C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 矢状位垂直距离 (SVA) 和 T<sub>1</sub> 倾斜角 (T1S) 测量方法；B 为颈椎 X 射线侧位片中手术节段颈椎前凸角 (OPCL) 测量方法；C 为颈椎屈曲位 X 射线片中上位邻近节段前凸角 (UCL)、下位邻近节段前凸角 (LCL) 测量方法；D 为颈椎后伸位 X 射线片中上位邻近节段前凸角 (UCL)、下位邻近节段前凸角 (LCL) 测量方法

图 1 | 颈椎矢状位序列和影像学参数示意图

Figure 1 | Sagittal alignment and radiological parameters of cervical spine

和日本骨科学会 (Japanese orthopedic association, JOA) 评分，在术前、术后 1 周和末次随访获得。颈椎功能障碍指数主要反映颈椎功能和生活质量，介于 0-50 分之间，分数越高表示颈椎功能和生活质量越差。JOA 评分主要反映上下肢感觉、运动功能和会阴区功能，介于 0-17 分，分数越高表示功能越佳。根据 Hirabayashi 公式，JOA 评分改善率 (%) = (术后 JOA 评分 - 术前 JOA 评分) / (17 - 术前 JOA 评分) × 100%。

**1.7 统计学分析** 计量资料表示为  $\bar{x} \pm s$ 。3 组间以及术前、术后 1 周和末次随访 3 时期计量资料的对比采用单因素方差分析和 Kruskal-Wallis 检验。Chi-squared 检验或 Fisher 检验用于二分类变量之间的对比。利用软件 SPSS 22.0 (IBM 公司, 阿蒙克, 美国) 进行统计分析,  $P < 0.05$  显示参数差异有显著性意义。

## 2 结果 Results

**2.1 参与者数量分析** 93 例患者平均随访 (76.4 ± 9.0) 个月，均进入结果分析，无脱落。

**2.2 试验流程** 见图 2。

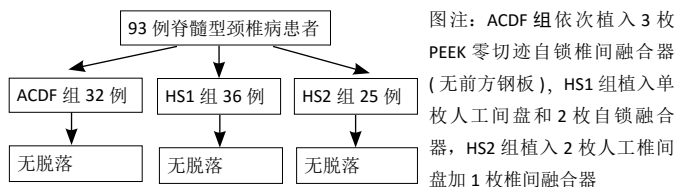


图 2 | 试验流程图

Figure 2 | Trial flow chart

**2.3 各组基线资料比较** 3 组在年龄、性别和体质量指数方面匹配，脊髓受压程度接近，手术节段分布 (C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> 或 C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub>) 和术中失血比较差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )，ACDF 组手术时间短于 HS2 组 ( $P = 0.026$ )，见表 2。

**2.4 各组影像学参数测量结果**

**2.4.1 颈椎矢状位序列** 术前、术后 1 周和末次随访时，3 组间 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角比较差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )；3 组术后的 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角均较术前有程度的增加。HS1 组术前的 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 矢状位垂直距离、T<sub>1</sub> 倾斜角与 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角差值小于 ACDF 组 ( $P < 0.05$ )，术后 1 周及末次随访组间比较差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )；3 组术后 1 周的 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 矢状位垂直距离、T<sub>1</sub> 倾斜角与 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角差值与末次随访比较差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )。HS2 组术后 1 周及末次随访

表 2 | 各组人口统计学和手术相关信息

Table 2 | Demographic characteristics and surgery information among groups

项目	ACDF 组 (n=32)	HS1 组 (n=36)	HS2 组 (n=25)	P 值
男 / 女 (n)	17/15	17/19	14/11	0.779
年龄 ( $\bar{x}\pm s$ , 岁)	57.2±8.3	55.5±7.5	55.2±12.6	0.695
体质量指数 ( $\bar{x}\pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	24.8±3.4	25.3±3.3	26.0±1.6	0.658
糖尿病 (n)	3	7	4	0.505
吸烟 (n)	6	10	5	0.631
随访时间 ( $\bar{x}\pm s$ , 月)	74.5±9.6	78.3±8.5	76.0±6.3	0.205
手术节段数 (n)				0.295
C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	7	11	4	0.403
CCD/CDC/DCC <sup>a</sup>	/	2/7/2	/	
DDC/DCD/CDD <sup>b</sup>	/	/	2/1/1	
C <sub>4</sub> -C <sub>7</sub>	25	25	21	
CDC/DCC <sup>a</sup>	/	3/22	/	
DDC/DCD/CDD <sup>b</sup>	/	/	13/7/1	
手术时间 ( $\bar{x}\pm s$ , min)	101.1±21.1	107.3±17.8	122.0±13.0	0.063
术中出血 ( $\bar{x}\pm s$ , mL)	71.3±37.1	86.8±73.5	85.0±36.4	0.538

表注: ACDF 组进行颈椎前路椎间盘切除融合; HS1 组进行单节段人工椎间盘置换和双节段椎间融合器杂交手术; HS2 组进行双节段人工椎间盘置换和单节段椎间融合器杂交手术。<sup>a</sup>表示自近段至远端节段依次植入的类型, 其中 C 代表植入的为融合器, D 代表植入的为人工椎间盘

表 3 | 各组手术前后颈椎矢状位序列参数的对比 ( $\bar{x}\pm s$ )

Table 3 | Comparison of cervical alignment parameters among group before and after surgery

项目	ACDF 组 (n=32)	HS1 组 (n=36)	HS2 组 (n=25)	P 值
C <sub>2</sub> -C <sub>7</sub> 颈椎前凸角 (°)				
术前	6.8±14.3	12.1±11.0	9.7±15.5	0.231
术后 1 周	11.1±10.2	14.7±9.1	16.2±10.0 <sup>b</sup>	0.237
末次随访	12.6±9.0 <sup>c</sup>	16.3±7.4 <sup>c</sup>	18.9±11.7 <sup>c</sup>	0.113
末次随访与术前差值	5.9±10.9	4.2±9.3	9.2±12.1	0.538
C <sub>2</sub> -C <sub>7</sub> 矢状位垂直距离 (cm)				
术前	2.0±1.0	1.5±1.1	1.8±0.7	0.088
术后 1 周	2.6±1.3	2.2±1.0	2.4±0.5	0.375
末次随访	1.9±1.2	1.7±1.1	1.9±1.5	0.738
末次随访与术前差值	-0.1±1.0	0.3±0.9	0.1±1.4	0.406
T <sub>1</sub> 倾斜角 (°)				
术前	24.1±8.4	24.0±8.2	22.1±3.9	0.881
术后 1 周	26.1±8.0	26.7±7.9	28.2±6.8 <sup>b</sup>	0.851
末次随访	26.0±7.3	26.7±7.4	26.4±2.6 <sup>c</sup>	0.908
末次随访与术前差值	1.9±8.7	2.7±5.9	4.3±2.1	0.745
T <sub>1</sub> 倾斜角与 C <sub>2</sub> -C <sub>7</sub> 颈椎前凸角差值 (°)				
术前	17.3±9.9	11.9±9.7	12.5±13.7	0.081
术后 1 周	15.1±8.9	11.9±9.0	12.0±13.3	0.360
末次随访	13.3±9.9	10.4±7.7	7.2±9.3	0.216
末次随访与术前差值	-4.0±10.0	-1.5±9.6	-5.2±13.2	0.506

表注: ACDF 组进行颈椎前路椎间盘切除融合; HS1 组进行单节段人工椎间盘置换和双节段椎间融合器杂交手术; HS2 组进行双节段人工椎间盘置换和单节段椎间融合器杂交手术。与术前比较, <sup>a</sup>P < 0.05, <sup>b</sup>P < 0.01; 与术后 1 周比较, <sup>c</sup>P < 0.05

的 T<sub>1</sub> 倾斜角均较术前有改善 (P < 0.05), ACDF 组、HS1 组组内手术前后的 T<sub>1</sub> 倾斜角比较差异无显著性意义 (P > 0.05), 3 组间 T<sub>1</sub> 倾斜角比较差异无显著性意义 (P > 0.05)。3 组间所有矢状位参数末次随访相对术前的改变值比较差异无显著性意义 (P > 0.05)。具体结果见表 3。

2.4.2 颈椎解剖参数和影像学并发症 术前和末次随访时, 3 组间颈椎活动度及其改变值比较差异无显著性意义 (P > 0.05); 末次随访时, 3 组的颈椎活动度均较术前减少 (P < 0.05)。术前, 3 组间上位和下位邻近节段颈椎活动度比较差异无显著性意义 (P > 0.05); 末次随访时, HS1 组、HS2 组上位和下位邻近

表 4 | 各组手术前后影像学解剖参数和邻近节段退变的对比

Table 4 | Comparison of anatomic radiographic parameters and adjacent segment degeneration among groups before and after surgery

项目	ACDF 组 (n=32)	HS1 组 (n=36)	HS2 组 (n=25)	P 值
颈椎活动度 ( $\bar{x}\pm s$ , °)				
术前	38.6±10.3	44.7±13.4	40.5±10.6	0.153
末次随访	24.0±6.3 <sup>b</sup>	29.0±9.1 <sup>b</sup>	32.7±9.9 <sup>a</sup>	0.124
末次随访与术前差值	-16.2±10.0	-15.8±14.3	-7.8±8.5	0.488
上位邻近节段颈椎活动度 ( $\bar{x}\pm s$ , °)				
术前	9.8±4.7	9.3±4.4	8.7±3.4	0.867
末次随访	11.6±4.0	8.4±3.3	8.5±4.9	0.044
末次随访与术前差值	1.7±7.0	-1.0±4.7	-0.3±4.0	0.389
下位邻近节段颈椎活动度 ( $\bar{x}\pm s$ , °)				
术前	6.9±3.6	6.5±4.3	5.9±3.1	0.858
末次随访	9.6±3.3 <sup>a</sup>	4.9±3.8	6.4±3.1	0.002
末次随访与术前差值	1.8±6.4	-2.1±4.0	0.1±2.9	0.078
手术节段前凸角 ( $\bar{x}\pm s$ , °)				
术前	3.3±10.9	8.2±8.5	1.7±12.7	0.106
末次随访	9.4±7.0 <sup>a</sup>	13.8±7.6 <sup>b</sup>	11.9±13.8 <sup>a</sup>	0.142
末次随访与术前差值	6.9±10.0	5.2±8.0	8.2±7.6	0.688
邻近节段退变 (n)	20	22	17	0.707
上位	6	13	9	0.224
下位	14	14	10	0.916

表注: ACDF 组进行颈椎前路椎间盘切除融合; HS1 组进行单节段人工椎间盘置换和双节段椎间融合器杂交手术; HS2 组进行双节段人工椎间盘置换和单节段椎间融合器杂交手术。与术前比较, <sup>a</sup>P < 0.05, <sup>b</sup>P < 0.01

节段颈椎活动度小于 ACDF 组 (P < 0.05)。术前及末次随访时, 3 组间手术节段前凸角比较差异无显著性意义 (P > 0.05); 末次随访时, 3 组的手术节段前凸角均较术前改善 (P < 0.05)。具体结果见表 4。

3 组间邻近节段退变总体发生率比较差异无显著性意义 (P > 0.05), 上位和下位节段邻近节段退变发生率比较差异无显著性意义 (P > 0.05), 见表 4。

2.5 各组临床疗效 术前、术后 1 周及末次随访时, 3 组间颈椎功能障碍指数和 JOA 评分比较差异无显著性意义 (P > 0.05); 3 组组内术后 1 周及末次随访的颈椎功能障碍指数和 JOA 评分均较术前明显改善 (P < 0.01); 除 HS2 组中 JOA 评分外, 各组组内末次随访的颈椎功能障碍指数和 JOA 评分均优于术后 1 周 (P < 0.05), 见表 5。

2.6 颈椎解剖学参数与临床疗效的相关性 因 3 组影像学参数和临床疗效的异质性较小, 故将 3 组数据合并, 分析颈椎解剖学参数和颈椎功能障碍指数与 JOA 评分的相关性。表 6 显示, 解剖学参数在术前、末次随访及其变化值与同时期颈椎功能障碍指数与 JOA 评分均无明确相关性 (P > 0.05)。此外, 将患者随访末次分为无邻近节段退变 (34 例) 和出现邻近节段退变 (59 例) 两组, 两组颈椎功能障碍指数和 JOA 评分比较差异无显著性意义 (P=0.151, 0.121)。根据 T<sub>1</sub> 倾斜角与 C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub> 颈椎前凸角差值分为末次平衡组 (79 例) 和失衡组 (14 例), 两组患者颈椎功能障碍指数和 JOA 评分比较差异无显著性意义 (P=0.403, 0.484)。

2.7 不良反应 ACDF 组中仅 1 例患者因重度压迫和临床疗效改善不明显, 再次行后路单开门颈椎管扩大成形术, 而 HS1 组和 HS2 组中均无二次手术病例。3 组患者中所有椎间融合器植入间隙在末次随访时获得 100% 融合。然而行 TDR 的所

表5 | 各组手术前后颈椎功能障碍指数和JOA评分的对比 (x±s)

Table 5 | Comparison of neck disability index and Japanese Orthopedic Association score among groups before and after surgery

时间	颈椎功能障碍指数(分)			
	ACDF组(n=32)	HS1组(n=36)	HS2组(n=25)	P值
术前	38.0±3.0	38.9±3.9	37.9±2.1	0.230
术后1周	19.3±6.9	19.9±4.4	19.3±5.1	0.875
末次随访	12.5±8.2	10.7±3.3	11.8±2.2	0.163
术后1周与术前差值	19.0±6.9	19.9±5.0	18.5±3.7	0.792
末次随访与术前差值	25.8±8.2	28.8±5.6	27.2±2.0	0.215
术后1周与术前比较P值	<0.001	<0.001	<0.001	
末次随访与术前比较P值	<0.001	<0.001	<0.001	
末次随访与术后1周比较P值	<0.001	<0.001	0.009	

时间	日本骨科学会评分(JOA)			
	ACDF组(n=32)	HS1组(n=36)	HS2组(n=25)	P值
术前(分)	10.3±1.9	11.0±1.7	11.3±1.5	0.125
术后1周(分)	14.6±1.4	14.9±0.8	15.3±0.5	0.433
末次随访(分)	15.7±1.9	16.2±1.1	15.8±1.0	0.406
术后1周改善率(%)	63.8±23.5	63.4±13.2	56.3±18.5	0.740
末次随访改善率(%)	81.8±29.4	87.0±18.1	71.0±21.0	0.361
术后1周与术前比较P值	<0.001	<0.001	0.002	
末次随访与术前比较P值	<0.001	<0.001	0.001	
末次随访与术后1周比较P值	0.018	<0.001	0.456	

表注: ACDF组进行颈椎前路椎间盘切除融合; HS1组进行单节段人工椎间盘置换和双节段椎间融合器杂交手术; HS2组进行双节段人工椎间盘置换和单节段椎间融合器杂交手术

表6 | 各组解剖学参数与临床疗效的相关性

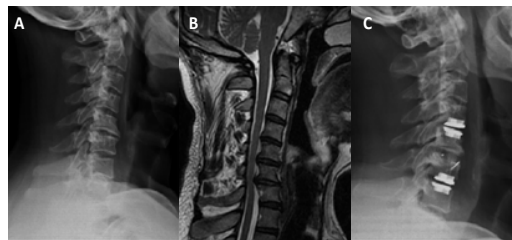
Table 6 | Correlation between anatomical parameters and clinical outcomes among groups

项目	颈椎功能障碍指数		日本骨科学会评分JOA	
	r值	P值	r值	P值
术前颈椎活动度	0.102	0.420	-0.072	0.569
术前上位邻近节段颈椎活动度	0.044	0.725	-0.095	0.454
术前下位邻近节段颈椎活动度	0.086	0.494	-0.081	0.520
术前手术节段前凸角	0.176	0.142	-0.149	0.216
末次随访颈椎活动度	0.065	0.696	0.037	0.823
末次随访上位邻近节段颈椎活动度	-0.012	0.941	0.190	0.246
末次随访下位邻近节段颈椎活动度	-0.034	0.835	0.174	0.290
末次随访手术节段前凸角	-0.062	0.665	0.134	0.349
末次随访与术前颈椎活动度差值差值	-0.202	0.237	0.053	0.758
末次随访与术前上位邻近节段颈椎活动度差值	-0.170	0.322	0.168	0.328
末次随访与术前下位邻近节段颈椎活动度差值	-0.185	0.281	0.084	0.625
末次随访与术前手术节段前凸角差值	-0.216	0.127	-0.036	0.800

有节段中, HS1组中2个节段(2/36)和HS2组中1个节段(1/50)在末次随访出现锁死、颈椎活动度消失。

2.8 典型病例 54岁男性C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub>脊髓型颈椎病患者, 行双节段人工椎间盘置换和单节段椎间融合器杂交手术治疗, 末次随访时, 颈椎功能障碍指数为11分, 颈椎功能障碍指数较术前改变值为20分; JOA评分16分, JOA评分改善率为75%。其治疗前后的影像资料见图3。

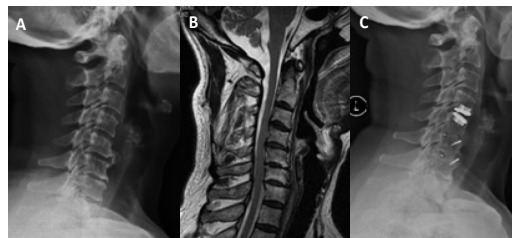
71岁女性C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub>脊髓型颈椎病患者, 行单节段人工椎间盘置换和双节段椎间融合器杂交手术治疗, 末次随访时, 颈椎功能障碍指数为7分, 颈椎功能障碍指数较术前改变值为14分; JOA评分17分, JOA评分改善率为100%。其治疗前后的影像资料见图4。



图注: A为术前颈椎侧位X射线片; B为术前颈椎MR矢状位T2像; C为双节段人工椎间盘置换和单节段椎间融合器杂交手术治疗后末次随访的颈椎侧位X射线片

图3 | 男性54岁C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub>脊髓型颈椎病患者治疗前后的影像资料

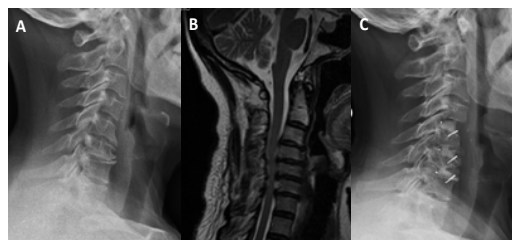
Figure 3 | Imaging data of a 54-year-old male with C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub> cervical spondylotic myelopathy before and after treatment



图注: A为术前颈椎侧位X射线片; B为术前颈椎MR矢状位T2像; C为单节段人工椎间盘置换和双节段椎间融合器杂交手术治疗后末次随访的颈椎侧位X射线片

图4 | 女性71岁C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub>脊髓型颈椎病患者治疗前后的影像资料

Figure 4 | Imaging data of a 71-year-old female patient with C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub> cervical spondylotic myelopathy before and after treatment



图注: A为术前颈椎侧位X射线片; B为术前颈椎MR矢状位T2像; C为行颈椎前路椎间盘切除融合治疗后末次随访的颈椎侧位X射线片

图5 | 女性62岁C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub>脊髓型颈椎病患者治疗前后的影像资料

Figure 5 | Imaging data of a 62-year-old female with C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub> cervical spondylotic myelopathy before and after treatment

62岁女性C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub>脊髓型颈椎病患者, 颈椎前路椎间盘切除融合治疗, 末次随访时, 颈椎功能障碍指数为12分, 颈椎功能障碍指数术前改变值为28分; JOA评分16分, JOA评分改善率为87.5%。其治疗前后的影像资料见图5。

### 3 讨论 Discussion

既往关于杂交手术和ACDF的研究主要集中于单节段或双节段手术<sup>[10, 13]</sup>。XIONG等<sup>[10]</sup>对杂交手术和ACDF进行6年随访, 认为杂交手术与ACDF获得的临床结局相当, 但在维持颈椎活动度方面更具优势。CHEN等<sup>[14]</sup>对杂交手术与后路椎管扩大成形术进行短期对比, 发现杂交手术能更好地维持颈椎曲度且晚期并发症发生率更低。然而, 目前极少有研究系统性地对比中长期3节段杂交手术和ACDF的影像学 and 患者生活质量, 而关于杂交手术的亚组对比也未有报道。近年来随着脊柱矢状位参数的深入研究, 颈椎序列作为热点、

难点和争议逐渐被深挖。研究认为颈椎矢状位序列与临床疗效存在相关性<sup>[15]</sup>，而有学者对此提出质疑<sup>[1-2]</sup>。此次研究首次针对脊髓型颈椎病患者3节段杂交手术和ACDF进行中长期随访，探究颈椎序列的变化和临床疗效的改善。

颈椎后路椎管扩大成形术常用于多节段脊髓型颈椎病的治疗，能够维持颈椎活动度，而前路手术同样可以获得满意的临床疗效<sup>[14, 16]</sup>；然而，有报道总结了后路相对于前路手术存在一些不足。杂交手术和ACDF术后，颈椎平衡状态的维持和重建很大程度上取决于切口和创伤小、骨质破坏少及后方肌肉-韧带复合体的保护。SAKAI等<sup>[17]</sup>纳入前瞻性研究进行综述，发现ACDF术后颈椎序列和平衡维持稳定，而在椎管扩大成形术后发生序列丢失。CHEN等<sup>[14]</sup>认为相对于后路手术，杂交手术能够维持颈椎曲度且并发症相对较少。作为间接减压，后路手术的作用或许是有限的，尤其是在颈椎生理曲度丢失的患者中。前路手术中，ACDF和TDR是最常见的术式，能够在充分减压的前提下重建颈椎的稳定性。

基于既往研究和临床经验，尽管TDR和ACDF的手术指征和手术禁忌尚未达到共识，但相对明确<sup>[7, 18]</sup>。TDR主要适用于责任节段的单纯椎间盘突出，不伴有关节失稳、小关节退变、术前邻近节段退变、椎间盘钙化和广泛的椎管狭窄者。针对影像学提示失稳、责任节段无活动度者，无论是否合并小关节退变，适合实施ACDF<sup>[7]</sup>，与XIONG等<sup>[100]</sup>的观点一致。不可否认，此次试验作为回顾性研究，由于不同术式的手术指征差异所致选择偏倚难以避免，而且关于ACDF和杂交手术的随机对照研究难以实施<sup>[2]</sup>，因此尽管组间的参数基线可能存在差异，但此次研究引入参数的改变值进行对比，能最大限度地减少选择偏倚。

GRASSO<sup>[7]</sup>对比短期双节段和多节段杂交手术组和ACDF组患者，发现杂交手术组患者颈椎活动度较大。一项关于双节段杂交手术和ACDF对照的3年随访研究表明，术前两组上位和下位节段颈椎活动度相似，但末次随访时上位节段颈椎活动度存在显著性差异<sup>[10]</sup>。LU等<sup>[19]</sup>通过系统综述发现，杂交手术组中C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub>颈椎活动度明显大于ACDF组，而上位节段颈椎活动度和下位节段颈椎活动度小于ACDF组。此次研究中，3组颈椎整体活动度在术后均减小，考虑与中长期随访和融合节段较多有关；而从ACDF组至杂交手术2组，颈椎活动度丢失程度逐渐减少，反映TDR节段保留节段运动的作用。HS1组和HS2组中上位节段颈椎活动度和下位节段颈椎活动度无明显变化，而在ACDF中增加，表明ACDF组邻近节段活动度通过代偿性增加使整体颈椎活动度接近术前生理状态；同时在杂交手术组患者中颈椎活动度在各节段的分布相对合理，与既往研究观点一致。

对于ACDF术后的一大顾虑在于，ACDF无法维持颈椎正常运动功能，可能会增加邻近节段退变的发生率。有研究指出，融合节段相邻节段的活动度和椎间盘内压力是增加的<sup>[20]</sup>。因此针对责任间隙，将融合技术和假体置换相结合的杂交手术理念可以保留节段活动度、避免过长节段融合和减低邻近节段退变发生率<sup>[21-22]</sup>。生物力学研究表明，融合节段后邻近节段椎间盘内压增高<sup>[23]</sup>，从而可能会增加邻近节段退变的发生

率。然而，关于杂交手术和ACDF之间邻近节段退变发生率是否存在差异仍存在争论<sup>[24]</sup>。此次研究显示，5年后影像学邻近节段退变在3组的平均发生率为64.8%，且组间无差异，无患者出现邻近节段症状。针对邻近节段退变发生率组间无差异考虑为：首先，3组样本量均较小，从而统计学差异被掩盖；其次，3节段手术中尤其在HS1组，人工间盘的作用被弱化，并且5年后可能因TDR节段异位骨化，影响了该节段颈椎活动度；此外，邻近节段退变或许是自然进程而非医源性因素，而颈椎活动度过度增加并非一定导致邻近节段退变的发生<sup>[9, 25]</sup>。MALDONANDO等<sup>[26]</sup>通过前瞻性队列研究比较ACDF和TDR术后邻近节段退变发生率，发现TDR患者能保留手术节段活动度，但并不会减低邻近节段退变的发生率，认为可能存在其他因素影响邻近节段退变的发生。有报道认为与杂交手术相比，多节段ACDF不会显著增加C<sub>7</sub>-T<sub>1</sub>节段邻近节段退变的发生风险，且邻近节段退变主要发生在颈椎中间节段<sup>[27]</sup>。此次研究中，3节段手术避免了将中间节段作为邻近节段的可能性，且观点与既往研究一致。

由于3节段手术中干预节段占整体节段比例较大，因此手术节段前凸角的恢复有利于颈椎序列的维持，且手术节段前凸角的解剖学复位致使应力达到最佳分布状态<sup>[11]</sup>。此外根据DI MARTINO等<sup>[12]</sup>报道，颈椎序列的重建主要取决于颈部前方软组织松解、骨赘的去除、终板床的处理和假体外形的设计；同时，他们发现颈椎曲度变直会导致C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub>矢状位垂直距离和T<sub>1</sub>倾斜角与C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub>颈椎前凸角差值的增加。对于颈椎曲度变直的患者，由于小关节受累可能增加，术者常根据手术指征采取ACDF术式。因此，此次研究中，ACDF组患者C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub>矢状位垂直距离和T<sub>1</sub>倾斜角与C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub>颈椎前凸角差值在基线测量时大于杂交手术组。然而，术后大多数患者恢复颈椎平衡(90.1%)，并且此次研究认为杂交手术和ACDF在颈椎序列重建中的作用相当。

神经功能和生活质量通过颈椎功能障碍指数和JOA评分评估。此次研究中，患者术后即刻临床疗效改善，末次随访改善更明显，考虑末次随访相对于术后即刻患者，术后适应性更佳、功能锻炼、神经根水肿的进一步消除和神经根的继续修复<sup>[7, 28]</sup>。尽管既往有研究证实，颈椎矢状位参数及邻近节段退变与临床疗效存在相关性<sup>[7, 29]</sup>，但无论杂交手术还是ACDF组，脊髓型颈椎病主要是由于颈髓受压所致症状，手术主要目的是脊髓充分减压及神经功能恢复，当所有患者脊髓和神经根压迫彻底解除，神经功能迅速恢复，因而在任何组内，当主要因素解除颈椎矢状位参数与临床疗效的相关性不再凸显。此次研究中，3组脊髓型颈椎病患者均获得满意的中长期随访。此外，关于TDR和ACDF的成本和效益也需考虑。2016年，AMENT等<sup>[30]</sup>对双节段TDR和ACDF进行5年以上的成本效益分析，认为5年内TDR相对于ACDF平均每人多花费1687美元，因而认为使用TDR需谨慎。QURESHI等<sup>[31]</sup>通过敏感性分析认为，TDR术后至少经过14年才有可能显现出相对ACDF在成本收益方面的优势。因此，若不考虑ACDF和TDR手术指征的细微差别，出于医疗成本和医保报销的考虑，该研究认为3节段ACDF治疗脊髓型颈

椎病已经足够，而无必须使用人工假体的需要。

研究的不足之处在于：①首先，3组纳入患者人数较少，而大样本量前瞻性研究或许可以提供更高的证据等级；②其次，不同手术节段和假体植入位置可能会影响颈椎生物力学和矢状位序列的重建，但该研究纳入样本量较小，亚组分析论证强度极低，因此并未针对不同节段(C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>或C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub>)和假体位置分层；③最后，研究仅纳入脊髓型颈椎病患者，因此该结论可能不适合其他颈椎疾病，如神经根型颈椎病或后纵韧带骨化症。

综上，脊髓型颈椎病患者杂交手术和ACDF术后5年以上颈椎序列无明显差异，且多数处于颈椎平衡状态；颈椎整体活动度在术后减低，且存在组间差异；ACDF组邻近节段颈椎活动度增加，但在HS1和HS2组保持稳定，但3组间邻近节段退变发生率无差异。总之，杂交手术和ACDF均提供了满意的中长期疗效，因而对于脊髓型颈椎病患者行三节段前路手术，使用人工假体不是必需的。

**作者贡献：**马龙、孙国绍负责试验设计，手术操作者孙国绍，马龙负责试验评估，谭小欣负责随访，马龙成文，孙国绍审核。

**经费支持：**该文章未接受任何经费支持。

**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。

**机构伦理问题：**试验获得平顶山市第一人民医院伦理委员会批准。

**知情同意问题：**所有患者对治疗知情同意并签署知情同意书。

**写作指南：**该研究遵守《非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND声明)。

**文章查重：**文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

**文章外审：**文章经小同行外审专家双盲外审，同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

**生物统计学声明：**该文统计学方法已经平顶山市第一人民医院医教科生物统计学专家审核。

**文章版权：**文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

**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。

#### 4 参考文献 References

[1] BASQUES BA, LOUIE PK, MORMOL J, et al. Multi- versus single-level anterior cervical discectomy and fusion: comparing sagittal alignment, early adjacent segment degeneration, and clinical outcomes. *Eur Spine J*. 2018;27(11):2745-2753.

[2] AMES CP, BLONDEL B, SCHEER JK, et al. Cervical radiographical alignment: comprehensive assessment techniques and potential importance in cervical myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(22 Suppl 1):S149-S160.

[3] KÖNIG SA, RANGUIS S, SPETZGER U. Hybrid Solutions for the Surgical Treatment of Multilevel Degenerative Cervical Disk Disease. *Surg J (N Y)*. 2015;1(1):e16-e22.

[4] JIANG L, TAN M, DONG L, et al. Comparison of Anterior Decompression and Fusion With Posterior Laminoplasty for Multilevel Cervical Compressive Myelopathy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Spinal Disord Tech*. 2015;28(8):282-290.

[5] PIMENTA L, MCAFEE PC, CAPPUCINO A, et al. Superiority of multilevel cervical arthroplasty outcomes versus single-level outcomes: 229 consecutive PCM prostheses. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(12):1337-1344.

[6] KANG L, LIN D, DING Z, et al. Artificial disk replacement combined with midlevel ACDF versus multilevel fusion for cervical disk disease involving 3 levels. *Orthopedics*. 2013;36(1):e88-e94.

[7] GRASSO G. Clinical and radiological features of hybrid surgery in multilevel cervical degenerative disc disease. *Eur Spine J*. 2015;24 Suppl 7:842-848.

[8] LI Y, SHEN H, KHAN KZ, et al. Comparison of Multilevel Cervical Disc Replacement and Multilevel Anterior Discectomy and Fusion: A Systematic Review of Biomechanical and Clinical Evidence. *World Neurosurg*. 2018;116:94-104.

[9] ALHASHASH M, SHOUSHA M, BOEHM H. Adjacent Segment Disease After Cervical Spine Fusion: Evaluation of a 70 Patient Long-Term Follow-Up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43(9):605-609.

[10] XIONG Y, XU L, YU X, et al. Comparison of 6-year Follow-up Result of Hybrid Surgery and Anterior Cervical Discectomy and Fusion for the Treatment of Contiguous Two-segment Cervical Degenerative Disc Diseases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43(20):1418-1425.

[11] AMES CP, SMITH JS, EASTLACK R, et al. Reliability assessment of a novel cervical spine deformity classification system. *J Neurosurg Spine*. 2015;23(6):673-683.

[12] DI MARTINO A, PAPALIA R, ALBO E, et al. Cervical spine alignment in disc arthroplasty: should we change our perspective? *Eur Spine J*. 2015;24 Suppl 7:810-825.

[13] JI GY, OH CH, SHIN DA, et al. Artificial Disk Replacement Combined With Fusion Versus 2-Level Fusion in Cervical 2-Level Disk Disease With a 5-Year Follow-up. *Clin Spine Surg*. 2017;30(5):E620-E627.

[14] CHEN H, LIU H, MENG Y, et al. Short-Term Outcomes of Anterior Fusion-Nonfusion Hybrid Surgery versus Posterior Cervical Laminoplasty in the Treatment of Multilevel Cervical Spondylotic Myelopathy. *World Neurosurg*. 2018;116:e1007-e1014.

[15] HUANG Y, LAN Z, XU W. Analysis of sagittal alignment parameters following anterior cervical hybrid decompression and fusion of multilevel cervical spondylotic myelopathy. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):1.

[16] LEE SH, SON DW, LEE JS, et al. Differences in Cervical Sagittal Alignment Changes in Patients Undergoing Laminoplasty and Anterior Cervical Discectomy and Fusion. *Neurospine*. 2018;15(1):91-100.

[17] SAKAI K, YOSHII T, HIRAI T, et al. Impact of the surgical treatment for degenerative cervical myelopathy on the preoperative cervical sagittal balance: a review of prospective comparative cohort between anterior decompression with fusion and laminoplasty. *Eur Spine J*. 2017;26(1):104-112.

[18] SHI JS, LIN B, XUE C, et al. Clinical and radiological outcomes following hybrid surgery in the treatment of multi-level cervical spondylosis: over a 2-year follow-up. *J Orthop Surg Res*. 2015;10:185.

[19] LU VM, ZHANG L, SCHERMAN DB, et al. Treating multi-level cervical disc disease with hybrid surgery compared to anterior cervical discectomy and fusion: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2017;26(2):546-557.

[20] SASSO RC, ANDERSON PA, RIEW KD, et al. Results of cervical arthroplasty compared with anterior discectomy and fusion: four-year clinical outcomes in a prospective, randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(18):1684-1692.

[21] BARBAGALLO GM, ASSIETTI R, CORBINO L, et al. Early results and review of the literature of a novel hybrid surgical technique combining cervical arthrodesis and disc arthroplasty for treating multilevel degenerative disc disease: opposite or complementary techniques? *Eur Spine J*. 2009;18 Suppl 1:29-39.

[22] HEY HW, HONG CC, LONG AS, et al. Is hybrid surgery of the cervical spine a good balance between fusion and arthroplasty? Pilot results from a single surgeon series. *Eur Spine J*. 2013;22(1):116-122.

[23] HWANG SH, KAYANJA M, MILKS RA, et al. Biomechanical comparison of adjacent segmental motion after ventral cervical fixation with varying angles of lordosis. *Spine J*. 2007;7(2):216-221.

[24] MATSUMOTO M, TOYAMA Y, ISHIKAWA M, et al. Increased signal intensity of the spinal cord on magnetic resonance images in cervical compressive myelopathy. Does it predict the outcome of conservative treatment? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(6):677-682.

[25] JACK A, HARDY SG, NATARAJ A. Adjacent Segment Pathology: Progressive Disease Course or a Product of Iatrogenic Fusion? *Can J Neurol Sci*. 2017;44(1):78-82.

[26] MALDONADO CV, PAZ RD, MARTIN CB. Adjacent-level degeneration after cervical disc arthroplasty versus fusion. *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 3:403-407.

[27] LOUIE PK, PRESCIUTTI SM, IANTORNO SE, et al. There is no increased risk of adjacent segment disease at the cervicothoracic junction following an anterior cervical discectomy and fusion to C7. *Spine J*. 2017;17(9):1264-1271.

[28] SPANOS SL, SIASIOS ID, DIMOPOULOS VG, et al. Correlation of Clinical and Radiological Outcome After Anterior Cervical Discectomy and Fusion With a Polyetheretherketone Cage. *J Clin Med Res*. 2018;10(3):268-276.

[29] YANG X, BARTELS R, DONK R, et al. The association of cervical sagittal alignment with adjacent segment degeneration. *Eur Spine J*. 2019. doi: 10.1007/s00586-019-06157-0.

[30] AMENT JD, YANG Z, NUNLEY P, et al. Cost Utility Analysis of the Cervical Artificial Disc vs Fusion for the Treatment of 2-Level Symptomatic Degenerative Disc Disease: 5-Year Follow-up. *Neurosurgery*. 2016;79(1):135-145.

[31] QURESHI SA, MCANANY S, GOZ V, et al. Cost-effectiveness analysis: comparing single-level cervical disc replacement and single-level anterior cervical discectomy and fusion: clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2013;19(5):546-554.