

颈椎前路椎间盘切除融合术后 C5 神经根麻痹的危险因素

张健豪, 刘宝戈, 桑大成, 吴炳轩, 戎天华, 肖博威 张 珩

(首都医科大学附属北京天坛医院骨科 100070 北京市)

【摘要】目的:分析颈椎前路椎间盘切除融合(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)术后发生 C5 神经根麻痹的相关危险因素,为预测术后 C5 神经根麻痹发生风险提供参考依据。**方法:**回顾性收集 2020 年 8 月~2021 年 8 月因颈椎病于我院接受 ACDF 术治疗的 99 例患者的临床资料并进行病例对照研究。根据患者术后是否出现 C5 神经根麻痹,将患者分为 C5 神经根麻痹组(C5 palsy 组)、无 C5 神经根麻痹组(无 C5 palsy 组)。采集两组患者基本资料,包括性别、年龄、体质指数(body mass index, BMI)、高血压病史、糖尿病病史;临床指标,包括日本骨科学会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分、疼痛视觉模拟(visual analogue scale, VAS)评分及颈椎功能障碍指数(neck disability index, NDI);颈椎 X 线、CT 和 MRI 等影像学参数,包括术前及术后 1d 两组患者的颈椎生理曲度、C4/5 椎间隙高度、术前 C4/5 椎间孔横径和手术节段数,以及患者术前颈椎 MRI T2 像 C4/5 节段高信号情况。采用卡方检验、Logistic 回归分析,探究术后 C5 神经根麻痹发生的危险因素。**结果:**99 例患者中 9 例在术后 7d 内出现 C5 神经根麻痹症状。两组患者间术前 C4/5 椎间孔横径 ($2.70 \pm 0.88\text{mm}$ vs $3.93 \pm 1.06\text{mm}$, $P=0.001$)、C4/5 椎间隙高度变化(术后高度-术前高度) ($3.02 \pm 2.03\text{mm}$ vs $1.33 \pm 1.45\text{mm}$, $P=0.002$)存在差异,其他指标间无显著性差异($P>0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示,术后 C4/5 椎间隙高度[OR=1.698(1.041~2.769), $P=0.034$]、术前 C4/5 椎间孔横径[OR=0.207(0.064~0.672), $P=0.009$]是 C5 神经根麻痹发生的危险因素。**结论:**对于行 ACDF 术的患者术前 C4/5 椎间孔横径较小、术后 C4/5 椎间隙高度增加的患者术后发生 C5 神经根麻痹的可能性较高。术中避免过度撑开 C4/5 椎间隙并选择大小合适的融合器,保证术后合理 C4/5 椎间隙且 C4/5 椎间孔适度减压,以降低术后 C5 神经根麻痹发生率。

【关键词】颈椎前路椎间盘切除融合术; C5 神经根麻痹; 危险因素

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2023.01.01

中图分类号: R681.5, R619 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2023)-01-0001-08

Risk factors of C5 nerve root palsy after anterior cervical discectomy and fusion/ZHANG Jianhao, LIU Baoge, SANG Dacheng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2023, 33(1): 1-8

【Abstract】Objectives: To investigate the risk factors of C5 nerve root palsy after anterior cervical discectomy and fusion (ACDF), and to provide references for the prediction of postoperative C5 nerve root palsy. **Methods:** Clinical data of 99 patients who underwent ACDF for cervical spondylosis in our hospital from August 2020 to August 2021 were collected and a case-control study was conducted. The patients were divided into the C5 nerve root palsy group (C5 palsy group) and the non-C5 nerve root palsy group (non-C5 palsy group) according to whether the patients had C5 nerve root palsy after surgery. Basic information of patients, such as gender, age, body mass index(BMI), history of hypertension, and history of diabetes; clinical indicators, such as Japanese Orthopaedic Association(JOA) score, visual analogue scale(VAS) and neck disability index(NDI); and imaging parameters of cervical X-ray, CT and MRI examinations, such as cervical physiological curvature, and the height of C4/5 intervertebral space before operation and on postoperative 1d, the preoperative transverse diameter of C4/5 intervertebral foramen, surgical levels, and the preoperative high-intensity

基金项目:国家自然科学基金(NO.82272524);国家自然科学基金(NO.81972084);北京自然科学基金(NO.7222051);北京市丰台区临床重点专科项目(NO.2-2-006-12-06);北京市卫生健康科技成果和适宜技术推广项目(BHTPP202033)

第一作者简介:男(1996-),在读硕士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(010)59978702 E-mail:z244309782@163.com

通讯作者:刘宝戈 E-mail:baogeliu@hotmail.com

zone at C4/5 segment of the cervical spine MRI T2 image of patients, were collected. Chi-square test and logistic regression analysis were used to explore the risk factors of postoperative C5 nerve root palsy. **Results:** 9 out of 99 patients developed C5 nerve root palsy within 7d after surgery. The preoperative transverse diameter of C4/5 intervertebral foramen($2.70\pm 0.88\text{mm}$ vs $3.93\pm 1.06\text{mm}$, $P=0.001$) and the change of height of C4/5 intervertebral space (postoperative height - preoperative height)($3.02\pm 2.03\text{mm}$ vs $1.33\pm 1.45\text{mm}$, $P=0.002$) between the two groups had significant difference, but there were no significant differences in other indicators. Multivariate logistic regression analysis showed that the changes in the height of C4/5 intervertebral space [OR=1.698(1.041-2.769), $P=0.034$] and the preoperative transverse diameter of C4/5 intervertebral foramen[OR=0.207(0.064-0.672), $P=0.009$] were the risk factors for the C5 nerve root palsy. **Conclusions:** For patients underwent ACDF for cervical spondylosis, those with a smaller transverse diameter of C4/5 intervertebral foramen before surgery and an increased height of C4/5 intervertebral space after surgery are more likely to develop C5 nerve root palsy after surgery. Avoiding over-enlargement of C4/5 intervertebral space and choosing appropriately sized cage during operation to insure that C4/5 intervertebral space is reasonable after operation and is properly decompressed, so as to reduce the incidence of postoperative C5 nerve root palsy.

[Key words] Anterior cervical discectomy and fusion; C5 nerve root palsy; Risk factors

[Author's address] Department of Orthopedics, Beijing Tiantan Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing, 100070, China

C5 神经根麻痹是颈椎前路椎间盘切除融合 (anterior cervical discectomy and fusion, ACDF) 术后常见的早期并发症, 普遍认为是术后患者在无髓性症状加重下, 三角肌肌力下降 1 级及以上, 可伴有肱二头肌肌力下降 1 级及以上、C5 神经根支配区皮节感觉异常^[1]。其预后一般较好, 神经功能恢复时间从术后 2 周~6 个月不等^[2,3], 但肌力严重下降的患者需要更长的恢复时间, 严重影响手术效果^[4]。

根据手术入路不同, Nassr 等^[5]统计行颈椎前路手术后 C5 神经根麻痹发生率约为 4.3%; Sakaura 等^[1]报道颈椎后路术后该病发生率约为 5.6%。一项系统分析报道 C5 神经根麻痹的发生率在颈椎前路术后为 0~12%, 颈椎后路术后为 0~25%^[6]。目前关于 C5 神经根麻痹发生的危险因素研究主要集中于颈椎后路术后, 颈椎前路术后相关报道较少。本研究回顾性收集 2020 年 8 月~2021 年 8 月因颈椎病于我院接受 ACDF 术治疗患者的临床资料并进行病例对照研究, 探讨术后 C5 神经根麻痹发生的危险因素。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: ①诊断为颈椎病, 且行 ACDF 术治疗的患者; ②完成了定期随访; ③手术节段包括 C4/5 椎间隙。

排除标准: ①诊断为颈椎先天畸形或脱位的

患者; ②有颈部外伤、感染、肿瘤、风湿免疫疾病、全身神经肌肉系统疾病病史的患者; ③患有其他系统性疾病不能接受手术的患者。

1.2 一般资料

收集 2020 年 8 月~2021 年 8 月我院骨科行 ACDF 术治疗的患者 116 例, 根据纳入与排除标准, 本研究总共纳入 99 例患者。术前完善患者基线资料, 常规拍摄颈椎正侧位、动力位、双斜位片 (动力位要求患者颈部分别前屈、后伸至最大程度, 双斜位要求患者直立与挡板成 45° 角), 颈椎 CT 平扫及三维重建, 颈椎 MRI 平扫。根据术后患者是否出现 C5 神经根麻痹, 将患者分为 C5 palsy 组和无 C5 palsy 组。所有患者于术后即刻、术后 1 周、术后 1 个月、3 个月、6 个月、12 个月进行随访。

1.3 手术方法

患者全麻成功后取仰卧位于手术台上, 使颈部略后伸, 常规消毒、铺巾、贴护肤膜。取颈前右侧切口入路, 充分显露责任椎体和椎间盘。C 型臂 X 线机透视确认责任椎体, 颈椎序列复位良好后, 于责任节段行 ACDF 术: 撑开器适度撑开相应节段椎间盘上下椎体, 刮匙刮除椎间盘, 至终板为止, 上下用气钻磨除部分终板, 所有患者均置入 ROI-C 椎间融合器。再次 C 型臂 X 线机透视, 确认内固定物位置理想后逐层缝合, 常规放置引流管。术后视引流情况拔除引流管, 并拍摄颈椎正侧位片、颈椎 CT 平扫及三维重建片, 了解内固定情况。患

者术后佩戴颈托 4~6 周。所有手术均由同一位高年资脊柱外科医师完成。术中常规使用神经电生理监测,监测参数包括体感诱发电位(soma-tosensory evoked potential,SEP)、运动诱发电位(motor evoked potential,MEP)和自由肌电图(free-running electromyography,f-EMG),术中电生理监测未发现明显潜伏期延长、波幅下降等异常改变。

1.4 评价指标

1.4.1 临床指标 术后 C5 神经根麻痹评估指标:术后患者徒手肌力测量(manual muscle test, MMT)三角肌肌力较术前下降 1 级及以上,伴或不伴肱二头肌肌力下降 1 级及以上、C5 神经根支配区皮节感觉异常。采用日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association,JOA)评分评价患者手术前后神经功能。采用疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale,VAS)评价患者手术前后疼痛情况。采用颈椎功能障碍指数(neck disability index,NDI)评价患者手术前后颈部脊髓功能。每位患者的临床指标评价均由两位医师独立进行,取他们结果的平均值作为最后的结果。

1.4.2 影像学指标 收集每位患者手术前和术后 1d 的颈椎生理曲度(Cobb 角)、手术前后 C4/5 椎间隙高度、术前 C4/5 椎间孔横径、术前颈椎 MRI T2 像 C4/5 节段高信号等指标进行统计学分析。

颈椎生理曲度(Cobb 角):在术前及术后颈椎侧位 X 线片上,沿 C2 椎体和 C7 椎体下终板划两条平行线,两平行线的夹角即为 Cobb 角。如图 1 所示,Cobb 角前凸为正值,后凸为负值,术后颈椎生理曲度测量于术后第 1 天复查颈椎正侧位 X 线片上进行。颈椎生理曲度变化=术后颈椎生理

曲度-术前颈椎生理曲度。

C4/5 椎间孔横径:C4 椎体钩状突后下缘与 C5 椎体钩状突后上缘交界处至 C4 椎体下关节突与 C5 椎体上关节突交界处的长度为椎间孔横径。本研究在患者术前颈椎 CT 三维重建序列选取矢状位上平行于 C4 椎体下终板的横断面上测量 C4/5 前后径的最小值,见图 2。

C4/5 椎间隙高度:在术前及术后第 1 天复查的颈椎侧位 X 线片上,分别测量 C4 椎体下终板前缘至 C5 椎体上终板前缘距离(ADH)、C4 椎体下终板中点至 C5 椎体下终板中点距离(MDH)、C4 椎体下终板后缘至 C5 椎体上终板后缘距离(PDH),取 ADH、MDH、PDH 的平均值作为 C4/5 椎间隙高度。C4/5 椎间隙高度变化=术后 C4/5 椎间隙高度-术前 C4/5 椎间隙高度,见图 3。

术前颈椎 MRI T2 像 C4/5 节段高信号:患者术前颈椎 MRI T2 像矢状位上 C4/5 节段是否出现局部高信号,见图 4。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 20.0 统计学软件进行数据分析,对计量资料采用 P-P 图和 Q-Q 图进行正态性检验,均符合正态分布,采用均数 $\pm$ 标准差表示。计数资料以频数和构成比表示。计量资料的两组间差异比较,如符合正态分布,采用 t 检验或方差分析,如不符合正态分布,采用秩和检验;计数资料采用卡方检验或 Fisher's 精确检验。

本研究采用二分类 Logistic 回归分析评估年龄、性别、BMI、颈椎生理曲度变化、术前 JOA 评分、后纵韧带骨化史、手术节段数、C4/5 椎间隙高度变化、术前 C4/5 MRI T2 高信号和术前 C4/5 椎间孔横径对因颈椎病行 ACDF 术的患者术后发



图 1 术前术后颈椎生理曲度 a 术前颈椎 C2-C7 Cobb 角 α_1 b 术后颈椎 C2-C7 Cobb 角 α_2

Figure 1 Cervical spine curve before and after surgery a C2-C7 cobb angle(α_1) before surgery b C2-C7 cobb angle(α_2) after surgery

生 C5 神经根麻痹的影响。采用多因素 Logistic 回归模型逐步法分析校正可能的混杂因素,探索颈椎前路椎间盘切除减压融合术后 C5 神经根麻痹发生的预测因素。检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结果

2.1 两组患者基线数据

99 例患者均接受 ACDF 术并顺利完成,其中男性 59 例(59.6%),女性 40 例(40.4%),平均年龄 58.95 ± 8.99 岁。两组患者的基线数据见表 1。两组患者的性别、年龄、BMI、颈椎病分型、糖尿病史、高血压史、长期吸烟史、饮酒史、后纵韧带骨化(ossification of posterior longitudinal ligament, OPLL)病史差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2.2 两组患者影像学数据比较

两组患者术后 C4/5 椎间隙高度、C4/5 椎间隙高度变化、术前 C4/5 椎间孔横径差异有统计学意义($P < 0.05$);术前颈椎生理曲度、术后颈椎生理曲度、颈椎生理曲度变化、术前 C4/5 椎间隙高度、

术前 C4/5 MRI T2 高信号、手术节段数差异无统计学意义($P > 0.05$,表 2)。

2.3 C5 神经根麻痹组特征

术后 9 例(9.1%)患者出现 C5 神经根麻痹,其中男性 7 例,女性 2 例,平均年龄 61.67 ± 12.26 岁。所有患者均在术后 7d 内出现 C5 神经根麻痹症状,对症给予激素、脱水、神经营养药以及高压氧处理,并主动、被动锻炼肩关节、患侧上肢上举能力。末次随访时 7 例患者三角肌肌力恢复至 5 级,2 例恢复至 4 级(表 3)。

2.4 患者的临床评估数据对比

平均随访时间 6.48 ± 3.93 个月。两组患者术前及末次随访时临床指标评估结果见表 4。两组患者末次随访时 JOA 评分、VAS 评分及 NDI 评分均较术前明显改善($P < 0.05$);两组间各指标无显著性差异($P > 0.05$)。

2.5 回归分析

最终通过多因素回归分析得到结果:C4/5 椎间隙高度变化 (OR=1.698,95%CI 1.041~2.769,

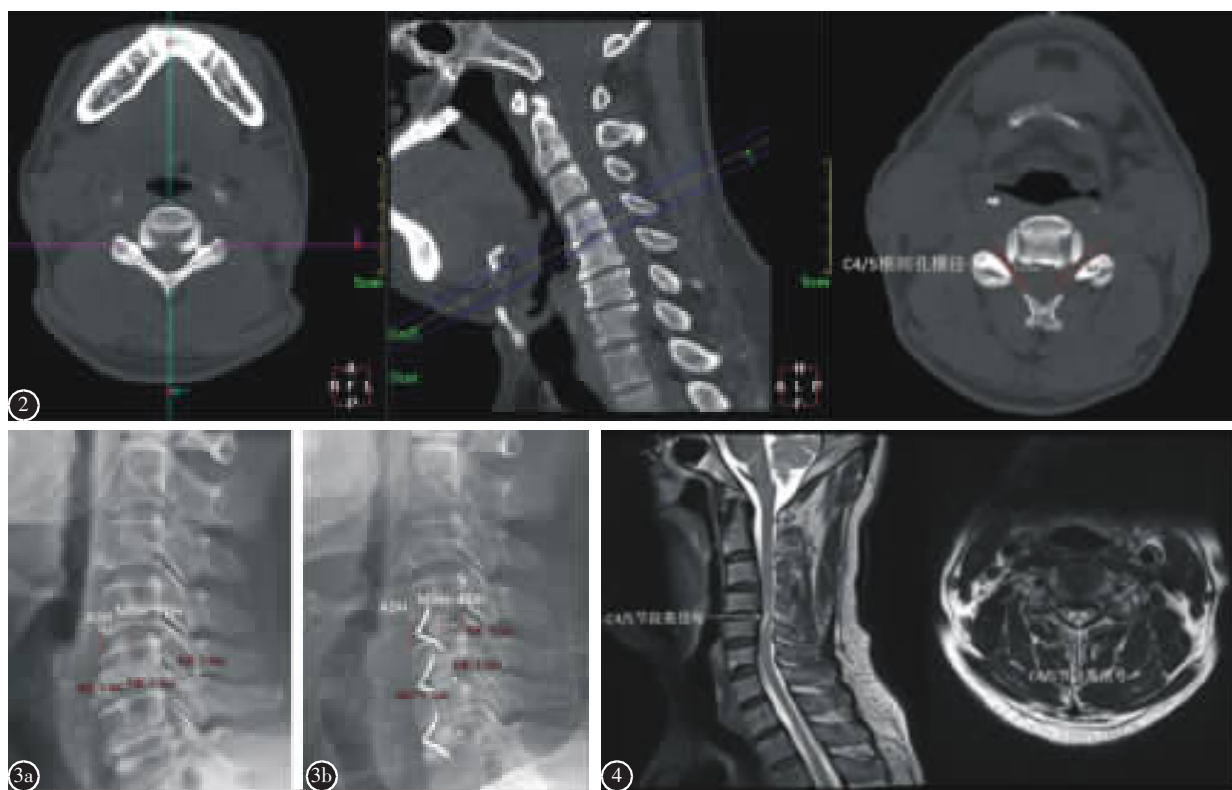


图 2 术前 C4/5 椎间孔横径最小值 图 3 术前术后 C4/5 节段椎间高度 a 术前椎间高度 b 术后椎间高度 图 4 术前颈椎 MRI T2 像脊髓高信号

Figure 2 Preoperative transverse diameter (minimum) of the C4/5 intervertebral foramen **Figure 3** The height of the C4/5 intervertebral space **a** The height of the C4/5 intervertebral space before surgery **b** The height of the C4/5 intervertebral space after surgery **Figure 4** MRI T2 high-intensity zone of cervical spinal cord before surgery

$P=0.034$) 和术前 C4/5 椎间孔横径 ($OR=0.207$, $95\%CI\ 0.064\sim0.672$, $P=0.009$) 是 ACDF 术后发生 C5 神经根麻痹的危险因素(表 5)。术后 C4/5 椎间高度每增加 1mm, 术后 C5 神经根麻痹的发生率增加 69.8%; 术前 C4/5 椎间孔横径每减少 1mm, 术后 C5 神经根麻痹的发生率增加 79.3%。

3 讨论

自 1961 年 Scoville 等^[7]首先报道颈椎减压术后发生 C5 神经根麻痹后, 大量研究报道了其可

能的发生机制, 但仍未有一种发生机制假说得到明确验证。目前, 针对 C5 神经根麻痹发生的假说有以下几种: (1) 术中神经根损伤假说, Kaneyama 等^[8]提出手术器械选择不当和术中不当操作可能直接对脊髓、神经根造成损伤, Hosono 等^[9]报道术中使用高速磨钻产生的高热可能对神经根造成热损伤, 导致术后 C5 神经根麻痹的发生。(2) 硬膜

表 2 两组患者的影像学数据对比

Table 2 Imaging data between groups

	C5 palsy 组 (n=9) C5 palsy group	无 C5 palsy 组 (n=90) Non-C5 palsy group
术前颈椎生理曲度(°) Preoperative cervical spine curve	17.22±12.40	13.67±11.66
术后颈椎生理曲度(°) Postoperative cervical spine curve	16.67±8.54	12.64±8.20
颈椎生理曲度变化(°) Change in cervical spine curve	-0.56±8.26	-1.03±10.04
术前 C4/5 椎间隙高度(mm) Preoperative C4/5 intervertebral space height	5.34±1.43	5.68±1.14
术后 C4/5 椎间隙高度(mm) Postoperative C4/5 intervertebral space height	8.36±1.31	7.01±1.39 ^①
C4/5 椎间隙高度变化(mm) Change in C4/5 intervertebral space height	3.02±2.03	1.33±1.45 ^①
术前 C4/5 MRI T2 高信号(例) Preoperative C4/5 MRI T2 high- intensity zone	2	13
术前 C4/5 椎间孔横径(mm) Preoperative transverse diameter of C4/5 intervertebral foramen	2.70±0.88	3.93±1.06 ^①
手术节段数 Levels of surgery	2.44±0.73	2.22±0.67

注: ①与 C5 palsy 组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with C5 palsy group, $P<0.05$

表 1 两组患者的基线数据对比

Table 1 Basic data between groups

	C5 palsy 组 (n=9) C5 palsy group	无 C5 palsy 组 (n=90) Non-C5 palsy group
性别(男/女) Gender(male/female)	7/2	52/38
年龄(岁) Age(years)	61.67±12.26	58.68±8.64
体质指数(kg/m ²) Body mass index(BMI)	20.49±3.38	24.90±2.67
神经根型颈椎病 Cervical spondylotic radiculopathy	1	19
脊髓型颈椎病 Cervical spondylotic myelopathy	8	71
糖尿病史 History of diabetes mellitus	3	17
高血压史 History of hypertension	5	34
长期吸烟(≥1 年) Smoking over 1 year	3	31
长期饮酒史(≥1 年) Drinking alcohol over 1 year	2	13
后纵韧带骨化史 History of OPLL	4	57

表 3 C5 神经根麻痹组特征

Table 3 Characteristics of C5 palsy group

	性别 Gender	年龄 Age (yrs)	症状侧 Symptom side	术后症状出现时间(天) Days before symptoms appeared after surgery	术前三角肌肌力 Preoperative deltoid muscle strength	术后三角肌肌力 Postopera- tive deltoid muscle strength	术后末次随访三角肌肌力 Deltoid muscle strength at the final follow-up	术前 JOA 评分 Preopera- tive JOA score	末次随访 JOA 评分 JOA score at final follow- up
1	男 Male	61	左侧 Left	5	5	4	5	12.5	15
2	男 Male	35	左侧 Left	2	5	4	5	16.5	15
3	男 Male	68	左侧 Left	0	5	2	4	7.5	15
4	男 Male	58	右侧 Right	1	5	3	5	12	16
5	男 Male	73	左侧 Left	1	4	3	4	10	12.5
6	女 Female	79	左侧 Left	0	5	3	5	6.5	15
7	男 Male	61	左侧 Left	2	5	4	5	12	16
8	男 Male	61	右侧 Right	1	5	3	5	16	14
9	女 Female	59	右侧 Right	7	4	3	5	13	15

外拴系效应假说,Tsuzuki 等^[10]在 1996 年首次提出了硬膜外拴系效应假说 (extradural tethering effect), 提示颈椎后路术后脊髓向后漂移导致神经根及其滋养血管受到牵拉,导致神经功能障碍。同时,C4/5 节段的解剖特点与 C5 神经根麻痹发生密切相关:①C5 椎体一般为颈椎前凸的顶点,此处应力集中,发生颈椎退变的可能性大,易导致神经根管狭窄;②C5 椎体上关节突向腹侧突出明显,容易造成 C4/5 神经根管狭窄;③C5 神经根长度较短,从脊髓发出后走行较平,容易受到牵张力的影响;④三角肌由 C5 神经根单根支配,出现损伤后症状较明显。以上因素共同作用,导致 C5 神经根麻痹的发生。(3) 节段性脊髓变性假说,Hashimoto 等^[11]发现术前颈椎 MRI T2 加权像上存在 C4/5 节段髓内高信号的患者术后 C5 神经根麻痹的发生率明显增高,认为脊髓长期受压所致脊髓水肿或变性,进而出现脊髓功能障碍,发生 C5 神经根麻痹;(4) 脊髓缺血再灌注损伤假说:Hasegawa 等^[12]提出由于手术解除颈髓慢性压迫导

致微循环恢复,游离脂肪酸增多、细胞内钙超载、氧自由基和氧化反应的毒性产物增加进一步导致脊髓损伤,进而导致 C5 神经根麻痹。

表 4 两组患者的临床评估数据对比
Table 4 Comparison of clinical evaluation data between groups

	C5 palsy 组 (n=9) C5 palsy group	无 C5 palsy 组 (n=90) Non-C5 palsy group
术前 JOA 评分(分) Preoperative JOA score	11.78±3.38	14.41±2.80
末次随访 JOA 评分(分) Final follow-up JOA score	14.83±1.06 ^①	15.02±2.21 ^①
术前 VAS 评分(分) Preoperative VAS score	4.44±3.24	4.23±2.61
末次随访 VAS 评分(分) Final follow-up VAS score	1.56±1.67 ^①	1.60±1.47 ^①
术前 NDI 评分(分) Preoperative NDI score	28.11±25.63	18.90±13.73
末次随访 NDI 评分(分) Final follow-up NDI score	5.33±4.69 ^①	5.82±7.75 ^①

注:①与同组术前比较 P<0.05
Note: Compared with preoperative of same group, P<0.05

表 5 C5 神经根麻痹危险因素回归分析
Table 5 Regression analysis of the risk factors of C5 nerve root palsy

	单因素回归分析 Univariate regression analysis		多因素回归分析 Multifactor regression analysis	
	比值比(95%置信区间) OR(95%CI)	P 值 P value	比值比(95%置信区间) OR(95%CI)	P 值 P value
年龄 Age	1.039(0.960-1.124)	0.341		
性别 Gender	2.558(0.503-13.004)	0.258		
体质指数 BMI	1.050(0.846-1.378)	0.537		
糖尿病史 History of diabetes mellitu	2.147(0.487-9.460)	0.313		
高血压史 History of hypertension	2.059(0.517-8.201)	0.306		
长期吸烟史(≥1 年) Smoking over 1 year	0.952(0.233-4.067)	0.947		
长期饮酒史(≥1 年) Drinking alcohol over 1 year	1.692(0.316-9.060)	0.539		
颈椎病类型 Type of cervical spondylosis	0.467(0.055-3.969)	0.486		
颈椎生理曲度变化 Change in cervical spine curve	1.005(0.937-1.077)	0.890		
术前 JOA 评分 Preoperative JOA score	0.841(0.677-1.043)	0.115		
末次随访 JOA 评分 Final follow-up JOA score	0.961(0.709-1.303)	0.799		
术前 VAS 评分 Preoperative VAS score	1.031(0.794-1.337)	0.820		
末次随访 VAS 评分 Final follow-up VAS score	0.980(0.613-1.565)	0.931		
术前 NDI 评分 Preoperative NDI score	1.033(0.994-1.076)	0.097		
末次随访 NDI 评分 Final follow-up NDI score	0.991(0.900-1.092)	0.859		
后纵韧带骨化史 History of OPLL	0.463(0.116-1.846)	0.275		
手术节段数 Levels of surgery	1.701(0.563-5.139)	0.346		
术前 C4/5 MRI T2 高信号 Preoperative C4/5 MRI T2 high-intensity zone	1.692(0.316-9.060)	0.539		
C4/5 椎间隙高度变化 Change in C4/5 intervertebral space height	1.876(1.203-2.926)	0.006	1.698(1.041-2.769)	0.034
术前 C4/5 椎间孔横径 Preoperative transverse diameter of C4/5 intervertebral foramen	0.185(0.059-0.585)	0.004	0.207(0.064-0.672)	0.009

本研究通过对 99 例行 ACDF 术病例的随访,通过多因素 Logistic 回归分析,发现术后 C4/5 椎间高度增加和术前 C4/5 椎间孔横径较小是术后 C5 神经根麻痹发生的危险因素。

本研究发现,术中 C4/5 节段撑开高度过高是术后发生 C5 神经根麻痹的危险因素。颈椎病患者随着病程的延长,常伴有椎间隙退变、高度降低的改变。而 ACDF 术中存在撑开器撑开过高及椎间融合器较大的问题,导致椎间隙被过度撑开,造成相应节段的脊髓或神经根受到牵张力,出现神经功能受损的表现。朱迪等^[13]认为发生 C5 神经根麻痹可能与椎间隙过度撑开有关。Kawakami 等^[14]认为过度的撑开高度与术后颈椎轴性颈痛相关。Park 等^[15]研究发现椎间高度撑开大于 6mm 会导致颈椎病患者术后神经功能改善率降低。王良意等^[16]发现椎间隙撑开高度 <2mm 及 >6mm 都会导致患者术后神经功能恢复较差。本研究中术后出现 C5 神经根麻痹的患者 C4/5 椎间隙撑开高度较高,且差异具有统计学意义($P=0.002$),可能的原因是撑开的椎间隙高度超过手术节段周围组织的承受能力,除可造成后方关节囊、韧带损伤外,因 C4/5 节段神经根长度较短、走行较平,还可导致神经根受到过度牵拉,影响神经功能恢复,导致 C5 神经根麻痹的发生。

部分研究提示了术前 C4/5 椎间孔狭窄在预测术后 C5 神经根麻痹发生中起到重要的作用。Imagama 等^[17]在一项包含 1858 例行颈后路手术患者的研究中发现,出现术后 C5 神经根麻痹患者的术前颈椎 CT 提示 C4/5 椎间孔宽度显著窄于术后无 C5 神经根麻痹患者 (1.6mm vs 4.3mm)。Kurakawa 等^[18]发现术前 C4/5 椎间孔横径小于 2.7mm 的患者再颈后路术后发生 C5 神经根麻痹的概率显著上升。Katsumi 等^[19]先后纳入 282 例行颈椎后路手术的患者,前 141 例为一组行椎间孔扩大减压术,后 141 例未行椎间孔扩大减压术,发现椎间孔扩大减压术能显著降低术后 C5 神经根麻痹发生率 (1.4% vs 6.4%)。Hideaki 等^[18]在颈前路手术中同样发现出现 C5 神经根麻痹的患者术前 C4/5 椎间孔更狭窄 (1.9mm vs 3.1mm),我们的研究同样发现在颈前路术后出现 C5 神经根麻痹的患者其 C4/5 节段椎间孔横径更小 (2.7mm vs 3.9mm),这可能是因为椎间孔横径越小,对 C5 神经根造成压迫的可能性越大,且在

手术解除神经压迫后,神经根及其周围组织出现炎症反应,表现为其支配区的感觉运动功能障碍。总的来说,对狭窄的椎间孔进行减压是有必要的,它可以解除神经根的压迫,改善患者症状,但目前对狭窄的椎间孔减压到何种程度仍无统一标准,更多凭借手术医师个人经验进行判断。Katsumi 等^[19]建议对颈后路手术的患者颈椎间孔减压程度应达到将 C5 神经根周围至少 1mm 的范围彻底减压,但为了避免对神经根产生扰动,不减压其周围的软组织结构,且先减压开门侧再减压门轴侧。Hideaki 等^[19]建议对行颈前路椎体次全切除的患者的椎体后缘的减压宽度应小于 15mm,避免减压范围超过钩椎关节的中线,造成 C5 神经根嵌顿,引发术后 C5 神经根麻痹。我们建议对狭窄的椎间孔进行适度减压,但是对椎间孔周围包括钩椎关节的过度减压反而会导致 C5 神经根麻痹的发生率上升。

本研究存在一定的局限性:①本研究仅纳入因颈椎病行 ACDF 术的患者,研究结果基于此类患者,不能代表其他手术方式及入路患者的情况,可以继续纳入不同颈椎手术方式、手术入路的患者进一步分析讨论;②本研究为单中心病例对照研究,随访过程存在选择偏倚,影响统计分析结果,后续应开展多中心队列研究,提高研究结果的证据等级。

综上所述,在临床工作中,对于影像学测量发现术前 C4/5 椎间孔横径狭窄、术后 C4/5 节段椎间高度升高的颈椎病患者,应充分考虑患者症状、体征及影像学结果,对狭窄的椎间孔适当扩大减压,部分剪除钩椎关节,防止过度减压;并制定合理融合内固定方案,保证术中对 C4/5 节段适当撑开,维持合理椎间高度,以降低术后 C5 神经根麻痹的发生率。

4 参考文献

1. Sakaura H, Hosono N, Mukai Y, et al. C5 palsy after decompression surgery for cervical myelopathy: review of the literature[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2003, 28(21): 2447-2451.
2. Ikenaga M, Shikata J, Tanaka C. Radiculopathy of C-5 after anterior decompression for cervical myelopathy[J]. J Neurosurg Spine, 2005, 3(3): 210-217.
3. Greiner-Perth R, Elsaghir H, Böhm H, et al. The incidence of C5-C6 radiculopathy as a complication of extensive cervical decompression: own results and review of literature [J].

- Neurosurg Rev, 2005, 28(2): 137-142.
4. Katsumi K, Yamazaki A, Watanabe K, et al. Can prophylactic bilateral C4/C5 foraminotomy prevent postoperative C5 palsy after open-door laminoplasty: a prospective study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(9): 748-754.
 5. Nassr A, Eck JC, Ponnappan RK, et al. The incidence of C5 palsy after multilevel cervical decompression procedures: a review of 750 consecutive cases[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(3): 174-178.
 6. Basaran R, Kaner T. C5 nerve root palsy following decompression of cervical spine with anterior versus posterior types of procedures in patients with cervical myelopathy [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(7): 2050-2059.
 7. Scoville WB. Cervical spondylosis treated by bilateral facetectomy and laminectomy[J]. *J Neurosurg*, 1961, 18(4): 423-428.
 8. Kaneyama S, Sumi M, Kanatani T, et al. Prospective study and multivariate analysis of the incidence of C5 palsy after cervical laminoplasty[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2010, 35(26): 1553-1558.
 9. Hosono N, Miwa T, Mukai Y, et al. Potential risk of thermal damage to cervical nerve roots by a high-speed drill [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2009, 91(11): 1541-1544.
 10. Tsuzuki N, Abe R, Saiki K, et al. Extradural tethering effect as one mechanism of radiculopathy complicating posterior decompression of the cervical spinal cord[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1996, 21(15): 203-211.
 11. Hashimoto M, Mochizuki M, Aiba A, et al. C5 palsy following anterior decompression and spinal fusion for cervical degenerative diseases[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(10): 1702-1710.
 12. Hasegawa K, Homma T, Chiba Y. Upper extremity palsy following cervical decompression surgery results from a transient spinal cord lesion[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2007, 32(6): E197-202.
 13. 朱迪, 李晨曦, 刘宝戈, 等. 小切口前路零切迹自锁融合器治疗四节段颈椎病的临床疗效分析[J]. *中国骨与关节杂志*, 2019, 8(6): 420-426.
 14. Kawakami M, Tamaki T, Yoshida M, et al. Axial symptoms and cervical alignments after cervical anterior spinal fusion for patients with cervical myelopathy [J]. *J Spinal Disord*, 1999, 12(1): 50-56.
 15. Park MS, Aryan HE, Ozgur BM, et al. Stabilization of anterior cervical spine with bioabsorbable polymer in one- and two-level fusions[J]. *Neurosurgery*, 2004, 54(3): 631-635.
 16. 王良意, 陈德玉, 郭永飞, 等. 颈椎病前路减压融合术后颈前柱高度变化对功能改善率的影响[J]. *中国临床康复*, 2004, 8(2): 201-203.
 17. Imagama S, Matsuyama Y, Yukawa Y, et al. C5 palsy after cervical laminoplasty: a multicentre study [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2010, 92(3): 393-400.
 18. Kurakawa T, Miyamoto H, Kaneyama S, et al. C5 nerve palsy after posterior reconstruction surgery: predictive risk factors of the incidence and critical range of correction for kyphosis[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(7): 2060-2067.
 19. Nakajima H, Honjoh K, Watanabe S, et al. Risk factors and prevention of C5 palsy after anterior cervical decompression and fusion: similarity of the pathomechanism with that after a posterior approach[J]. *Clin Spine Surg*, 2022, 35(1): E274-E279.
- (收稿日期:2022-06-13 末次修回日期:2022-09-19)
(英文编审 谭 啸)
(本文编辑 彭向峰)