

# 脊柱去松质骨化截骨术治疗强直性脊柱炎颈胸段后凸畸形的安全性及有效性分析

于涵<sup>1,2</sup>, 王琦<sup>2</sup>, 王泽<sup>1,2</sup>, 薛超<sup>2</sup>, 郑国权<sup>2</sup>

<sup>1</sup>解放军医学院, 北京 100853; <sup>2</sup>解放军总医院第四医学中心骨科医学部, 北京 100048

**摘要:** **背景** 脊柱去松质骨化截骨术(vertebral column decancellation, VCD)矫正强直性脊柱炎(ankylosing spondylitis, AS)后凸畸形在国内已逐渐开展, 而将其应用于颈胸段后凸畸形鲜有报道。**目的** 探讨VCD截骨术应用于强直性脊柱炎颈胸段后凸畸形患者的疗效。**方法** 回顾性收集2020年1月—2024年6月于解放军总医院第一医学中心骨科接受VCD截骨术治疗强直性脊柱炎颈胸段后凸畸形患者的影像资料及临床评分量表。患者均于术前、术后及末次随访时拍摄脊柱全长正侧位X线片, 分别测量颈椎矢状垂直轴(cervical sagittal vertical axis, cSVA)、C2-7前凸角(cervical lordosis, CL)、颌眉角(chin-brow vertical angle, CBVA), 并收集颈椎功能障碍指数(neck disability index, NDI)、改良日本骨科协会评分(modified Japanese Orthopaedic Association score, mJOA)及疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)对患者术前与末次随访时的临床疗效进行评估。将影像学参数与文献报道的同类病例手术结果进行二手数据分析比较。**结果** 19例AS患者入组, 均为男性, 年龄23~71(44.7±12.4)岁。19例均顺利完成手术, 均未出现神经或血管损伤、脑脊液漏等并发症, 术中失血量为(1 178.9±252.9) mL, 手术时间为(271.9±54.0) min, 住院时间为(16.3±7.6) d。截骨角度平均为(55.89±10.16)°。平均C2-7 CL较术前显著改善[(27.21±10.25)° vs (-25.37±6.89)°,  $P<0.001$ ], 平均矫正(52.58±6.90)°; C2-C7 SVA较术前显著改善[(102.02±21.16) mm vs (38.28±14.31) mm,  $P<0.001$ ], 平均矫正(63.73±22.13) mm; CBVA较术前显著改善[(86.20±15.20)° vs (18.11±4.44)°,  $P<0.001$ ], 平均矫正(68.09±16.08)°。患者均获得随访, 术后患者的NDI、JOA和VAS评分较术前均有好转( $P<0.05$ )。**结论** VCD截骨术应用于强直性脊柱炎胸段后凸畸形患者可显著矫正颈椎后凸和CBVA, 手术安全可靠。

**关键词:** 强直性脊柱炎; 颈椎截骨术; 颈胸段后凸畸形; 脊柱去松质骨化截骨术

中图分类号: R687.3

文献标志码: A

文章编号: 2095-5227(2025)05-0455-06

DOI: 10.12435/j.issn.2095-5227.2025.25012302

引用本文: 于涵, 王琦, 王泽, 等. 脊柱去松质骨化截骨术治疗强直性脊柱炎颈胸段后凸畸形的安全性及有效性分析[J]. 解放军医学院学报, 2025, 46 (5): 455-460.

## Vertebral column decancellation for correcting cervicothoracic kyphotic deformity in patients with ankylosing spondylitis

YU Han<sup>1,2</sup>, WANG Qi<sup>2</sup>, WANG Ze<sup>1,2</sup>, XUE Chao<sup>2</sup>, ZHENG Guoquan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chinese PLA Medical School, Beijing 100853, China; <sup>2</sup>Senior Department of Orthopedics, the Fourth Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100048, China

Corresponding author: XUE Chao. Email: milestone2000@163.com ZHENG Guoquan. Email: zqg951@aliyun.com

**Abstract: Background** Vertebral Column Decancellation (VCD) osteotomy has gradually been adopted for the correction of kyphosis in ankylosing spondylitis (AS), yet its application in cervical-thoracic kyphosis is rarely reported. **Objective** To investigate the efficacy of VCD osteotomy in patients with cervical-thoracic kyphosis secondary to ankylosing spondylitis. **Methods** The radiological data and clinical score scales of patients with cervical-thoracic kyphosis secondary to ankylosing spondylitis who underwent vertebral column decancellation (VCD) osteotomy in our hospital from January 2020 to June 2024 were retrospectively analyzed. All patients underwent full-length spine anteroposterior and lateral X-rays preoperatively, postoperatively, and at the final follow-up. Measurements included the cervical sagittal vertical axis (cSVA), cervical lordosis (CL) from C2 to C7, and chin-brow vertical angle (CBVA). Additionally, the neck disability index (NDI), modified Japanese orthopaedic association (mJOA) score for cervical spine, and visual analogue scale (VAS) for pain were collected to assess the clinical outcomes preoperatively and at the final follow-up. Secondary data analysis was conducted to compare the radiological parameters with the surgical outcomes of similar cases reported in the literature. **Results** A total of 19 male patients with ankylosing spondylitis (AS), aged from 23 to 71 years with a mean age of (44.7 ± 12.4) years, were enrolled in the study. All patients underwent surgery without

收稿日期: 2025-01-23

第一作者: 于涵, 硕士, 医师. Email: yuhanlucky@126.com

通信作者: 薛超, 博士, 副主任医师, 副教授, 硕士生导师. Email: milestone2000@163.com

郑国权, 博士, 主任医师, 教授, 硕士生导师. Email: zqg951@aliyun.com

complications such as neurological or vascular injury, cerebrospinal fluid leakage, etc. The mean intraoperative blood loss, surgical duration, and hospital stay were ( $1\ 178.9 \pm 252.9$ ) mL, ( $271.9 \pm 54.0$ ) min, and ( $16.3 \pm 7.6$ ) d, respectively. The mean osteotomy angle was ( $55.89 \pm 10.16$ )°. The mean C2-7 cervical lordosis (CL) significantly improved postoperatively compared to preoperative values ( $[27.21 \pm 10.25]^\circ$  vs  $[-25.37 \pm 6.89]^\circ$ ,  $P < 0.001$ ), with a mean correction of ( $52.58 \pm 6.90$ )°. The C2-C7 sagittal vertical axis (SVA) also showed significant improvement postoperatively ( $[102.02 \pm 21.16]$  mm vs  $[38.28 \pm 14.31]$  mm,  $P < 0.001$ ), with a mean correction of ( $63.73 \pm 22.13$ ) mm. The chin-brow vertical angle (CBVA) demonstrated marked improvement postoperatively ( $[86.20 \pm 15.20]^\circ$  vs  $[18.11 \pm 4.44]^\circ$ ,  $P < 0.001$ ), with a mean correction of ( $68.09 \pm 16.08$ )°. All patients were followed up, and compared with preoperative scores, the postoperative NDI, JOA and VAS scores of patients were improved ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The application of VCD osteotomy in patients with cervical-thoracic kyphosis secondary to ankylosing spondylitis significantly corrects cervical kyphosis and CBVA, which is safe and reliable.

**Keywords:** ankylosing spondylitis, cervical osteotomy; cervicothoracic kyphotic; vertebral column decancellation

**Cited as:** Yu H, Wang Q, Wang Z, et al. Vertebral column decancellation for correcting cervicothoracic kyphotic deformity in patients with ankylosing spondylitis[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2025, 46(5): 455-460.

强直性脊柱炎(ankylosing spondylitis, AS)是一种慢性炎症性风湿性疾病,主要影响脊柱和骶髋关节,随着病情进展,最终可发展为脊柱关节融合,严重限制患者的日常活动能力<sup>[1-2]</sup>。AS患者中脊柱后凸畸形十分普遍,一些患者表现为颈胸段后凸畸形,同时伴多种并发症,如难以保持水平视线、张口困难、颈部疼痛、神经功能障碍和心理问题等<sup>[3-5]</sup>。颈椎截骨矫形手术通过颈椎截骨改善患者脊柱矢状面失衡,是唯一有效的治疗方法,但由于解剖结构的复杂性,存在较高风险<sup>[6]</sup>。

在过去的几十年里,随着手术技术、麻醉和术中神经监护技术的进步,颈椎截骨矫形手术日趋成熟,但严重AS颈胸段后凸畸形的截骨矫形手术鲜有报道。一般认为,颈椎截骨术风险明显高于胸腰椎截骨,但颈椎截骨术所采用的技术与胸腰椎截骨术有一定相似性。2016年,Zhang等<sup>[7]</sup>提出将脊柱去松质骨化截骨术(vertebral column decancellation, VCD)应用于腰椎来矫正AS胸腰段后凸畸形,取得良好的疗效。考虑到VCD截骨术更明显的矫形效果,本团队尝试将VCD截骨术应用于AS颈胸段后凸畸形患者,分析其疗效,为AS颈胸段后凸畸形提供安全高效的治疗选择。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

本研究为单队列历史对照研究,回顾性收集2020年1月—2024年6月于解放军总医院第一医学中心骨科入院治疗并完成脊柱去松质骨化截骨术(于C7)以矫正颈胸段后凸畸形的AS患者。纳入标准:(1)按照改良纽约标准诊断AS;(2)颈椎融合伴重度颈胸段后凸畸形;(3)髋关节活动正常;(4)有完整的病历记录及影像学资料。排除标准:(1)同时伴有胸腰椎畸形或存在胸腰段手术矫形指

征;(2)存在严重心肺功能障碍、凝血异常、精神健康障碍或其他可能影响康复的情况;(3)未完成随访。本研究获得全体研究对象的知情同意,经解放军总医院第一医学中心医学伦理委员会批准(批号:S2024-185-01)。

### 1.2 术前评估及规划

患者术前均拍摄站立脊柱全长X线片、颈胸段CT+三维重建及颈胸段MRI以进行术前规划。术前精确计算最佳截骨角度和最大截骨角度,避免过度矫正。由于C7-T1水平椎管内空间较大且95%以上的人群椎动脉从C6横突孔上行,故19例均选择C7进行截骨。术前评估颈椎功能障碍指数(neck disability index, NDI)<sup>[8]</sup>、改良日本骨科协会评分(modified Japanese Orthopaedic Association score, mJOA)<sup>[9]</sup>和疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)<sup>[10]</sup>。

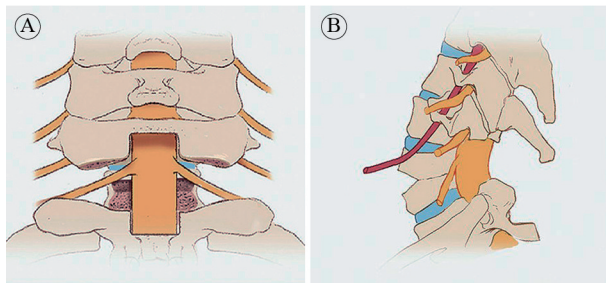
### 1.3 手术方法

在全身麻醉诱导后进行经口气管插管,使用Mayfield头架固定患者头部。将患者俯卧于可折叠的手术床上,据后凸畸形的程度在上胸部和双侧髂嵴处放置衬垫,并使腹部悬空。在确保患者面部或眼睛未受到直接压迫后将Mayfield头架固定。术中利用运动诱发电位(motor evoked potentials, MEPs)和体感诱发电位(somatosensory evoked potentials, SSEPs)对脊髓功能进行持续监测。

体表定位后,常规对手术区域进行消毒和铺巾。依次切开皮肤和皮下组织,随后对两侧椎旁肌进行骨膜下剥离,以显露棘突、椎板、关节突及胸椎的横突。在C形臂X线机透视定位确认无误后,于C3、C4、C5双侧置入侧块螺钉及T2、T3、T4双侧置入椎弓根螺钉以增加稳定性并减少术后并发症,C6-T1不置钉。

截骨范围包括C6椎板下部分、整个C7椎板和

T1椎板上部分。使用超声骨刀和咬骨钳，切除棘突和椎板，并去除黄韧带暴露硬脊膜。使用超声骨刀和 Kerrison 咬骨钳切除 C7 侧块以及 C6-7 和 C7-T1 部分关节突，然后在基底部截断双侧横突。去除颈椎后方结构后，使用尖锥、磨转经椎弓根进行去松质骨化并建立截骨通道。扩大截骨通道，进入 C7 椎体的后 1/3，对颈 7 椎体中柱进行楔形截骨，截骨终点约在椎体中后 1/3 处。在对侧椎弓根进行相同操作并椎体后壁前方进行会师。使用小刮勺在楔形截骨终点处继续向前到达皮质骨，去除 C7 椎体前柱的松质骨并削薄皮质骨后，完成 Y 形去松质骨截骨。交叉放置矫形棒后，使用髓核咬钳去除椎体后壁及椎弓根内侧壁，准备闭合截骨面。根据术前计划，台下助手调整头架向后伸展头部的同时，台上人员交叉压棒，逐步对称加压复位，闭合椎体后 1/3 的截骨面的同时使椎体前 2/3 自然打开以完成矫形(图 1)。再次探查确认硬膜囊与神经无卡压且神经监测无异常变化后，透视确认螺钉位置与矫形效果。



A: 切除 C6 椎板下半部分、C7 全椎板以及 T1 椎板上半部分后，去除 C7 侧块以及 C6-7 和 C7-T1 部分关节突，然后通过椎弓根同道去除 C7 椎体后半部分；B: 尽可能保留中柱作为铰链支点，通过闭合后柱形成前柱楔形开口。

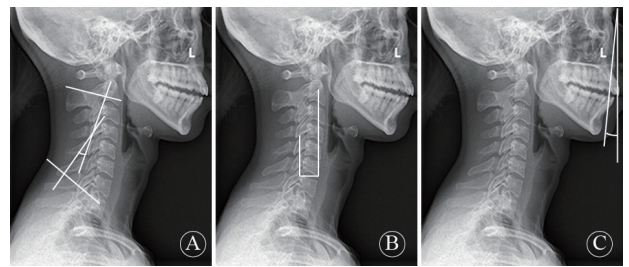
图 1 颈椎去松质骨化截骨术示意图<sup>[11]</sup>

Fig. 1 Osteotomy diagram of cervical vertebral column decancellation

#### 1.4 疗效评估及测量指标

首要评估指标为患者脊柱矢状面参数，均于脊柱全长 X 线片上测量。患者分别于出院前、术后 3 个月、术后 6 个月进行门诊复诊，完成脊柱全长 X 线检查，术后 6 个月行 CT 扫描以评估术后融合效果。为了减少由不同的测量人员进行多次测量造成的偏差，本研究中影像参数测量均由主刀医师独立完成，测量参数如下。(1)颈椎前凸角(cervical lordosis, CL)<sup>[12-13]</sup>: 分别在 C2 椎体下缘和 C7 椎体下缘做切线，其延长线的夹角为颈椎前凸角；CL<-5°表示存在颈椎前凸，-5°≤CL≤5°表示颈椎僵直，CL>5°表示存在颈椎后凸。(2)颈胸段矢状

面垂直轴(cervical sagittal vertical axis, cSVA)<sup>[12-13]</sup>: 经 C7 椎体后上角做铅垂线，测量 C2 椎体中点距离该铅垂线的距离为颈胸段矢状面垂直轴；C2 椎体中点位于经 C7 椎体后上角铅垂线腹侧时 cSVA>0，反之 cSVA<0。(3)颞眉角(chin-brow vertical angle, CBVA)<sup>[12-13]</sup>: 连接眉弓与颞部，该连线与铅垂线的夹角为颞眉角。头部前屈时 CBVA>0°，头部后伸时 CBVA>0°。见图 2。



A: 颈椎前凸角(C2-7 CL), C2 与 C7 椎体下缘切线延长线的夹角；B: 颈胸段矢状面垂直轴, C2 椎体中点距离经 C7 椎体后上角的铅垂线的长度；C: 颞眉角, 眉弓与颞部连线与铅垂线的夹角。

图 2 颈椎矢状面参数测量示意图

Fig. 2 Measurement diagram of cervical sagittal plane parameters

次要评估指标为临床评估量表，包括出院前及门诊随访时完善 NDI、JOA 和 VAS 评分。记录手术时间、术中出血量、住院时间及术后并发症发生情况。

#### 1.5 二手数据分析

颈胸段后凸畸形手术病例较少，本研究无其他手术方法作为对照组。因此我们收集了钱邦平等<sup>[14]</sup>报道的 8 例 AS 颈胸段后凸畸形患者截骨矫形术数据。该研究 3 例行 C7-T1 伸展性截骨矫形，5 例行 C7 经椎弓根截骨 (pedicle subtraction osteotomy, PSO) 矫形，于术前、末次随访时测量 C2-7 CL、颈胸段侧凸 Cobb 角、CBVA 和 C2-7 SVA。其中 C2-7 CL、C2-7 SVA 及 CBVA 与本研究指标重合，可用于对比分析两种手术方式效果。

#### 1.6 统计学处理

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。所有数据均为计量资料，以  $\bar{x} \pm s$  或  $M(IQR)$  表示，配对样本  $t$  检验分析术前和术后参数。Medcalc 23.0 进行二手数据分析，采用两独立样本  $t$  检验比较两组影像学参数。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 研究对象一般及临床资料

共计 19 例 AS 患者入组，均为男性，年龄 23 ~

71(44.7±12.4)岁。所有患者均顺利且成功完成手术。手术时间186~372 min, 平均(271.9±54.0) min。术中失血量800~1 600 mL, 平均1 179 mL。住院时间9~38 d, 平均16 d。患者术中均未出现神经或血管损伤、脑脊液漏等并发症。1例术后发生切口感染, 经手术清创并积极抗感染治疗后痊愈。

## 2.2 术前术后影像学参数比较

平均截骨角度为(55.89±10.16)°, C2-7 CL从术前(27.21±10.25)°改善为术后(-25.37±6.89)°, 平均矫正(52.58±6.90)° ( $P<0.05$ )。C2-7 SVA从术前(102.02±21.16) mm改善为术后(38.28±14.31) mm, 平均矫正(63.73±22.13) mm ( $P<0.05$ )。CBVA从术前(86.20±15.20)°改善为术后(18.11±4.44)°, 平均矫正(68.09±16.08)° ( $P<0.05$ )。术后6个月对患者进行末次随访时, 影像学证据证实所有患者均成功实现了稳定的融合, 没有明显的矫正丧失、后凸畸形进展或螺钉松动或断裂(表1)。

表1 强直性脊柱炎患者手术前后影像测量结果比较( $\bar{x}\pm s$ )

Tab. 1 Comparison of image measurement results before and after operation in patients with ankylosing spondylitis ( $\bar{x}\pm s$ )

指标	术前	术后	矫正值	t值	P值
C2-7 CL/°	27.21±10.25	-25.37±6.99	52.57±6.90	33.222	<0.001
C2-7 SVA/mm	102.02±21.16	38.28±14.31	63.73±22.13	12.552	<0.001
CBVA/°	86.20±15.20	18.11±4.44	68.09±16.08	18.459	<0.001

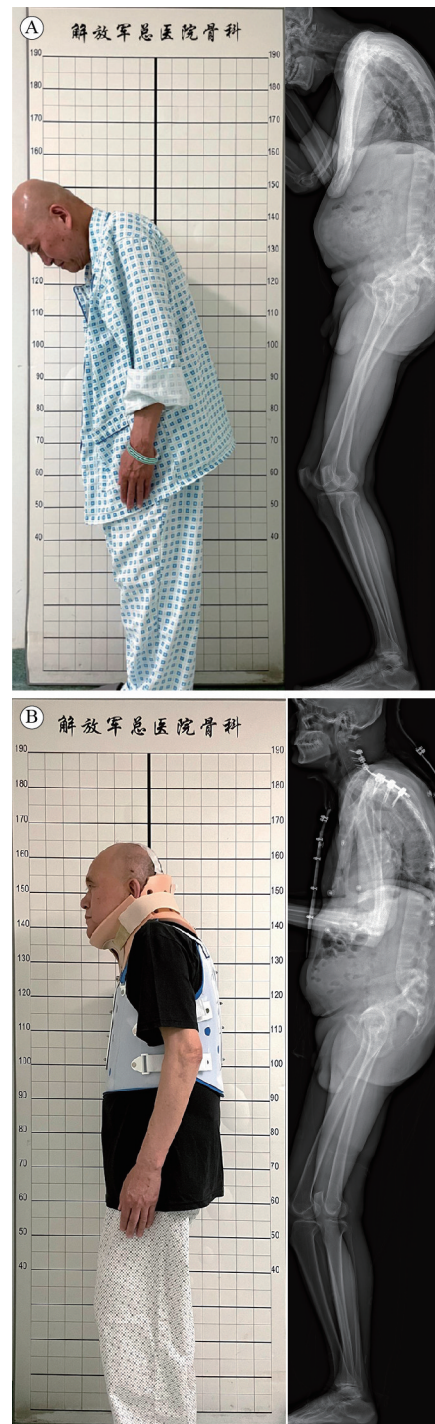
CL: 颈椎前凸角; SVA: 颈胸段矢状面垂直轴; CBVA: 颌眉角。

## 2.3 术前术后功能评分比较

VAS评分从术前的 $5.47\pm 1.93$ (范围: 2~10)下降至术后6个月对患者进行末次随访时的0(IQR: 0~0; 范围: 0~1) ( $P<0.05$ )。NDI评分从术前的 $26.00\pm 4.61$ (范围: 14~35)下降至最终随访时的 $5.42\pm 2.39$ (范围: 1~9) ( $P<0.05$ )。mJOA颈椎病评分从术前的 $11.95\pm 2.95$ (范围: 5~15)提高至最终随访时的 $16.21\pm 3.22$ (范围: 8~18) ( $P<0.05$ )。所有患者对手术结果表示满意(图3, 表2)。

## 2.4 本研究与文献报道数据比较

将本研究中19例患者作为实验组, 将钱邦平等<sup>[4]</sup>报道的5例C7 PSO术患者作为对照组, 进行矢状面参数C2-7 CL、C2-7 SVA和CBVA的术前术后矫正值组间比较, 结果提示C7 VCD截骨术对C2-7 CL和CBVA的矫正效果比C7 PSO截骨术更显著( $P<0.05$ ), 对C2-7 SVA的矫正效果与C7 PSO截骨术相当( $P=0.069$ )(表3)。



A: 术前外观像及EOS全身X线检查可见颈胸段后凸畸形, 头部无法直立; B: 术后3个月随访可见外观较术前明显改善, 头部直立及平视功能恢复。EOS全身X线片提示内固定位置良好, 矫形维持满意。

图3 68岁男性强直性脊柱炎颈胸段后凸畸形患者术前术后形态  
Fig. 3 Preoperative and postoperative morphology of a 68-year-old male patient with ankylosing spondylitis and cervical thoracic kyphosis

## 3 讨论

本研究针对AS颈胸段后凸畸形提出新的治疗思路, 将VCD截骨术应用于颈椎, 对19例行VCD截骨术治疗AS颈胸段后凸畸形患者的影像资料及

表2 术前后评分比较

Tab. 2 Comparison of preoperative and postoperative scores

指标	术前	术后	t值	P值
JOA/ $\bar{x}\pm s$	11.95±2.95	16.21±3.22	-10.966	<0.001
NDI/ $\bar{x}\pm s$	26.00±4.61	5.42±2.39	21.058	<0.001
VAS/ $M(IQR)$	5.47±1.93	0(0~0)	12.091	<0.001

NDI: 颈椎功能障碍指数; mJOA: 日本骨科协会改良颈椎评分; VAS: 疼痛视觉模拟评分。

表3 PSO手术(文献报道)与VCD手术疗效比较( $\bar{x}\pm s$ )Tab. 3 Comparison of the outcomes of PSO (reported in literature) and VCD ( $\bar{x}\pm s$ )

指标	对照组(n=5)	实验组(n=19)	t值	P值
C2-7 CL/ $^{\circ}$	36.3±11.2	52.6±6.9	-4.127	<0.001
C2-7 SVA/mm	40.0±34.0	63.7±22.1	-1.909	0.069
CBVA/ $^{\circ}$	46.3±17.9	68.1±16.1	-2.638	0.015

CL: 颈椎前凸角; SVA: 颈胸段矢状面垂直轴; CBVA: 颌眉角。

临床评分量表进行了回顾性分析。所有患者手术均顺利完成, 术中无椎动脉或神经功能损伤, 术后复查随访提示脊柱矢状面参数及临床功能评分均较术前显著改善, 手术6个月后复查影像学复查均提示手术节段内固定稳定, 矫形维持满意, 证实VCD截骨术在矫正AS患者的颈胸段后凸畸形方面具有显著疗效, 手术安全可靠。

在强直性脊柱炎后凸畸形患者中, 颈胸段后凸畸形并非最常见的后凸类型, 且较少与严重后凸畸形合并出现<sup>[15]</sup>。而颈椎截骨矫形手术一直是脊柱外科的高难度领域, 手术难度大、风险高, 手术方式的选择始终存在一定争议<sup>[16]</sup>。根据郑国权等<sup>[17]</sup>提出的强直性脊柱炎后凸畸形301分型, 颈胸段后凸畸形患者通常表现为颈椎或颈胸交界后凸, 分为IV型后凸畸形。根据是否伴随腰椎前凸, 分为IVA型和IVB型。目前较为广泛接受于C7行截骨治疗。IVB型患者在C7截骨矫形后, 推荐二期行腰椎单节段PSO截骨<sup>[17]</sup>。外科干预的总体目标是矫正畸形的同时改善患者生活质量, 在尽量减少并发症风险的同时实现稳定的脊柱融合<sup>[3]</sup>。

Smith-Petersen截骨(Smith-Petersen osteotomy, SPO)切除范围包括上下关节面、黄韧带、椎板和棘突, 而保留椎弓根和椎体<sup>[12]</sup>。由于SPO截骨术铰链支点位于椎体后方, 矫形要求前纵韧带无连续钙化以实现矫形后前柱和中柱张开<sup>[18]</sup>。SPO截骨术优点在于降低椎动脉及神经损伤的风险<sup>[18]</sup>。缺点为矫形能力有限, 单节段截骨仅提供10°矫正, 严重后凸畸形往往需要联合胸腰段截骨, 矫

形后前纵韧带完整性破坏, 椎间隙易形成假关节, 存在融合不良的风险<sup>[12,18]</sup>。

PSO是目前较为广泛应用的 后路截骨矫形技术<sup>[19]</sup>。相较SPO截骨术, PSO截骨术能够在闭合前、中、后柱截骨面的同时, 实现后凸畸形矫正, 单节段截骨的矫形能力约36.7°, 适用于前纵韧带严重骨化患者<sup>[12,20]</sup>。切除范围包括C7全部椎板、C6椎板下半部分及T1椎板上半部分, 去除椎体后壁后经椎弓根去除大部分松质骨, 并保持椎体前壁连续性<sup>[21]</sup>。PSO的优点在于保存了脊柱的完整性, 降低了截骨椎前方器官损伤的可能; 截骨面闭合后松质骨接触面大, 降低了融合不良的风险<sup>[21]</sup>。然而, AS颈胸段后凸畸形患者常常为重度后凸畸形, SPO截骨术在实现大角度矫形的同时往往伴随后柱明显短缩, 容易造成神经损伤<sup>[21]</sup>。2018年, 钱邦平等<sup>[14]</sup>报道5例AS颈胸段后凸畸形患者行C7 PSO截骨矫形术, 将本研究与文献报道数据进行比较, 结果提示C7 VCD截骨术对C2-7 CL和CBVA的矫正效果比C7 PSO截骨术更显著( $P<0.05$ ), 对C2-7 SVA的矫正效果与C7 PSO截骨术相当( $P=0.069$ )。这是由于在相同截骨角度下, C7 PSO截骨术的截骨顶点位于C7椎体前缘皮质骨, 矫形效率低于C7 VCD截骨术, 且切除更多中柱及后柱骨量, 椎体高度明显丢失所致。

Sivaganesan和Kim<sup>[15]</sup>报道了1名外科医师10年内对61例颈椎畸形患者分别采用SPO(13例)、PSO(10例)、ACO(16例)及ACO+SPOs(22例)手术方式的治疗情况。颈椎SPO的平均矫正角度为10.1°, 颈椎PSO平均角度矫正为34.5°, ACO平均角度矫正为17.1°, ACO+SPOs平均角度矫正为27.8°。Smith等<sup>[22]</sup>回顾了23例接受PSO或全椎体切除术(vertebral column osteotomy, VCR)患者, CL从平均-2.8°改善至-12.9°; C2-7 SVA从平均64.6°改善至42.3°; T1S-CL从46.4°改善至27.0°。

目前文献报道中较多选择C7进行PSO截骨<sup>[6]</sup>, 但也有学者提出选择T1或C6进行PSO截骨, Tobin等<sup>[23]</sup>认为经T1进行PSO截骨可实现更大截骨角度并提高截骨后脊柱稳定性, 但需切除第一肋骨, 胸膜破裂等并发症风险增加。Kim等<sup>[24]</sup>报道1例经C6行PSO截骨患者, 矫形效果良好, 术后未出现相关并发症, 但对术者操作提出了更高要求。这说明截骨部位选择仍有争议, 应充分考虑患者外形、功能, 并通过脊柱全长片进行术前规划。

Wang和Lenke<sup>[25]</sup>提出脊柱去松质骨化截骨术

应用于强直性脊柱炎后凸畸形腰椎截骨取得了良好的疗效。该技术融合了SPO、PSO和VCR的优点,可以实现高达60°的矫正效果。本研究将VCD截骨术应用于强直性脊柱炎颈胸段后凸畸形,取得了明显的疗效。基于高效的矫形效果,VCD截骨术有以下优势:(1)在椎弓根引导下,楔形截骨术的终点位于椎体后1/3,也是铰链中心所在之处。保留中柱作为支点,通过前柱张开、后柱闭合的方式完成矫形,在保持中间柱高度的同时减少后柱的相对缩短,减少神经并发症的发生。(2)VCD截骨术扩大了C6和T1椎板的切除范围,最大限度降低了复位中神经根及硬膜囊受到压迫的风险,同时为实现前柱的张口来获得更大的矫形效果创造了条件。(3)截骨椎体的松质骨未被完全切除,并在闭合时就实现了截骨面的接触,可有效促进融合,减少了断钉断棒的风险。

本研究中,我们发现截骨角度与术后CBVA变化程度不一致。这是由于强直性脊柱炎颈胸段后凸畸形患者往往畸形角度较大,术前丧失平视能力。而术后直立状态下,患者矢状面平衡重建,往往出现骨盆参数的相应变化,调整至自身最佳颌眉角,以减少能量消耗并改善平视功能,实现矫形效果最优化<sup>[26]</sup>。Suk等<sup>[27]</sup>研究了颌眉角对颈椎强直患者生活质量满意度的影响,认为当颌眉角处于10°~20°时为矫形最优目标。患者术后CBVA平均值为(18.11°±4.44°),所以患者在各矢状面参数上均改善显著,包括NDI评分、JOA颈椎病评分和VAS评分。这些积极的术后结果不仅证明了VCD截骨术在治疗强直性脊柱炎颈胸段后凸畸形方面的有效性和可行性,同时通过改善脊柱功能、降低残疾程度和缓解疼痛提升了患者生活质量。

本研究存在一定的局限性,如病例数量较少且缺乏对照组,随访时间较短。未来可进行更大规模的前瞻性研究,增加病例量,配备适当的对照组和更长的随访期,提高证据等级,更全面地评估手术效果。

综上,本研究详细阐述单中心采用VCD截骨术矫正AS所致颈胸段后凸畸形的整个治疗过程。整个治疗周期中,未观察到任何神经损害、血管损伤或脑脊液漏等不良事件,所有患者在术后及后续随访期间均表现出令人满意的矫形效果,验证了VCD截骨术矫正AS颈胸段后凸畸形的可靠性和高效性。

**作者贡献** 于涵:论文整体构思与设计,文献检索,整理并撰写论文初稿;王琦、王泽:提出研究思路,文献检索,设计研究方案,对初稿进行修订;薛超、郑国权:论文的质量控制及审校,对论文整体负责。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突。

**数据共享声明** 同意在文章出版后共享研究中收集的所有去标识化个体数据以及研究方案、统计分析计划、知情同意书、临床研究报告和统计代码。Email: yuhanlucky@126.com。

#### 参考文献

- Liu LF, Yuan Y, Zhang SH, et al. Osteoimmunological insights into the pathogenesis of ankylosing spondylitis [J]. *J Cell Physiol*, 2021, 236 (9): 6090-6100.
- Li Y, Ma DC, Yang LL. Experiences and perceptions of patients with ankylosing spondylitis: a systematic review and meta-synthesis of qualitative studies [J]. *PLoS One*, 2024, 19 (10): e0311798.
- Liu JW, Kang N, Zhang YQ, et al. Systemic changes associated with quality of life after surgical treatment of kyphotic deformity in patients with ankylosing spondylitis: a systematic review [J]. *Eur Spine J*, 2020, 29 (4): 794-802.
- Zhang W, Yin W, Cui XL, et al. Operative strategies for ankylosing spondylitis-related thoracolumbar kyphosis: focus on the cervical stiffness, coronal imbalance and hip involvement [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24 (1): 723.
- See LS. The patient's perspective on the burden of disease in ankylosing spondylitis [J]. *Rheum Dis Clin North Am*, 2020, 46 (2): 395-401.
- Lau D, Ames CP. Three-column osteotomy for the treatment of rigid cervical deformity [J]. *Neurospine*, 2020, 17 (3): 525-533.
- Zhang X, Zhang Z, Wang J, et al. Vertebral column decancellation [J]. *Bone Jt J*, 2016, 98-B (5): 672-678.
- Kazarian GS, Steinhaus ME, Iyer S, et al. Baseline neck disability index and patient-reported outcomes measurement information system physical function predict postoperative return to normal in cervical spine surgery [J]. *Int J Spine Surg*, 2024, 18 (6): 653-659.
- De Dios E, Löfgren H, Laesser M, et al. Comparison of the patient-derived modified Japanese Orthopaedic Association scale and the European myelopathy score [J]. *Eur Spine J*, 2024, 33 (3): 1205-1212.
- Åström M, Thet Lwin ZM, Teni FS, et al. Use of the visual analogue scale for health state valuation: a scoping review [J]. *Qual Life Res*, 2023, 32 (10): 2719-2729.
- Yu H, Wang Q, Fan Y, et al. Vertebral Column Decancellation for Correcting Cervicothoracic Kyphotic Deformity in Patients With Ankylosing Spondylitis [J]. *Orthop Surg*, 2025, 17 (3): 953-961.
- Ogura Y, Dimar JR, Djurasovic M, et al. Etiology and treatment of cervical kyphosis: state of the art review-a narrative review [J]. *J Spine Surg*, 2021, 7 (3): 422-433.
- Scheer JK, Lau D, Ames CP. Sagittal balance of the cervical spine [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2021, 29 (1\_suppl): 23094990211024454.