

临床论著

多节段非对称 Ponte 截骨与全脊椎截骨术治疗重度僵硬性成人特发性脊柱侧后凸的影像学差异分析

张扬璞, 海 涌, 陶鲁铭, 杨晋才, 周立金, 尹 鹏, 潘爱星, 张耀申, 刘 畅

(首都医科大学附属北京朝阳医院骨科 100020 北京市)

【摘要】目的:对比多节段非对称 Ponte 截骨(multiple levels asymmetric Ponte osteotomy, MAPO)与全脊椎截骨术(vertebral column resection, VCR)在治疗重度僵硬性成人特发性脊柱侧后凸(adult idiopathic kyphoscoliosis, AIKS)的冠状面与矢状面影像学参数差异。**方法:**回顾性分析 2009 年 5 月~2016 年 3 月间在我院接受后路 MAPO 或 VCR 手术,并随访 2 年以上的重度僵硬性 AIKS 患者。收集所有患者的术前、术后及末次随访的临床与影像学资料(脊柱全长正侧位 X 线片、脊柱全长左、屈位 X 线片)。根据术中截骨方式将所有患者分为 MAPO 组与 VCR 组。运用统计学分析比较两组患者术后及末次随访脊柱冠状面与矢状面的影像学参数(主弯 Cobb 角、局部后凸角、顶椎偏距、冠/矢状面平衡、胸椎后凸角与腰椎前凸角)差异,并对术前存在冠、矢状面失衡的患者进行亚组分析,评估冠、矢状面平衡的改善情况。**结果:**最终共对 30 例脊柱侧后凸患者的影像学资料进行分析研究。其中男性 7 例,女性 23 例,平均年龄 26.97 ± 8.88 岁,平均随访时间 28.70 ± 7.05 个月。MAPO 和 VCR 两组主弯从术前平均 $103.21^\circ \pm 16.97^\circ$ 及 $110.79^\circ \pm 15.97^\circ$ 矫正至 $48.58^\circ \pm 17.27^\circ$ 及 $57.33^\circ \pm 17.43^\circ$,主弯矫正率分别为 $(53.13 \pm 13.71)\%$ 与 $(48.89 \pm 12.81)\%$ 。局部后凸从术前平均 $85.21^\circ \pm 26.80^\circ$ 及 $93.3^\circ \pm 25.09^\circ$ 矫正至 $39.66^\circ \pm 20.28^\circ$ 及 $56.90^\circ \pm 21.36^\circ$,后凸矫正率分别为 $(47.20 \pm 19.92)\%$ 与 $(38.38 \pm 12.89)\%$ 。两组术后冠状面和矢状面影像参数包括冠、矢状面平衡、胸椎后凸角、腰椎前凸角等均有不同程度改善,但两组间差异无统计学意义。冠、矢状面亚组分析除 VCR 组矢状面平衡出现增加外,其余平衡参数均存在不同程度改善,但组内与组间并无统计学差异。VCR 组的平均手术时间和出血量显著高于 MAPO 组。MAPO 组并发症发生率明显低于 VCR 组。**结论:**多节段非对称 Ponte 截骨治疗重度僵硬性 AIKS 能够达到与 VCR 相似的冠状面与矢状面影像学改善,并显著减少手术时间和术后并发症的发生。

【关键词】特发性脊柱侧后凸;脊柱截骨术;Ponte 截骨术;全脊椎截骨术;脊柱后路内固定术

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.06.04

中图分类号:R682.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2019)-06-0498-07

Radiographic analysis of multilevel asymmetric Ponte osteotomy vs vertebral column resection in severe rigid adult idiopathic kyphoscoliosis/ZHANG Yangpu, HAI Yong, TAO Luming, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29(6): 498-504

【Abstract】 Objectives: To compare the coronal and sagittal radiographic difference of MAPO and VCR in severe rigid adult idiopathic kyphoscoliosis(AIKS). **Methods:** A retrospective study was conducted for patients with severe rigid AIKS who underwent posterior MAPO or VCR surgery in our hospital from May 2009 to March 2016. All the patients had at least 2 years follow-up. Clinical and radiographic data(full spine X-ray, full spine bending X-ray) before operation, immediately after operation, and at final follow-up were collected. All patients were divided into MAPO group and VCR group according to the osteotomy method. Statistical analysis was used to compare the differences in radiographic parameters including Cobb angle of main curve and focal kyphosis, apical vertebral translation, coronal and sagittal balance, thoracic kyphosis, and lumbar lordosis. Subgroup analysis was performed on patients with pre-existing coronal and sagittal imbalance to assess the improvement of coronal and sagittal balance. **Results:** A total of 30 cases with AIKS was analyzed.

第一作者简介:男(1991-),在读博士,研究方向:脊柱畸形、脊柱退变性疾病

电话:(010)85231229 E-mail:zhangyp223@163.com

通讯作者:海涌 E-mail:yong.hai@ccmu.edu.cn

There were 7 males and 23 females with an average age of 26.97 ± 8.88 years. The average follow-up time was 28.70 ± 7.05 months. The main curves were corrected from the average of $103.21^\circ \pm 16.97^\circ$ and $110.79^\circ \pm 15.97^\circ$ to $48.58^\circ \pm 17.27^\circ$ and $57.33^\circ \pm 17.43^\circ$ respectively. The main curve correction rate was $(53.13 \pm 13.71)\%$ and $(48.89 \pm 12.81)\%$ respectively. The local kyphosis was corrected from $85.21^\circ \pm 26.80^\circ$ and $93.3^\circ \pm 25.09^\circ$ to $39.66^\circ \pm 20.28^\circ$ and $56.90^\circ \pm 21.36^\circ$, and the local kyphosis correction rate was $(47.20 \pm 19.92)\%$ and $(38.38 \pm 12.89)\%$, respectively. Coronal and sagittal radiographic parameters including coronal and sagittal balance, thoracic kyphosis, and lumbar lordosis all improved in two groups, and the difference between the two groups was not statistically significant. The subgroup analysis showed that, except for the increase of sagittal balance in VCR group, the other parameters were improved to some extent, but there was no statistical difference before and after surgery and the same between the two groups. The mean surgical time and blood loss in VCR group were significantly higher than those in MAPO group. The incidence of complication in MAPO group was significantly lower than that in VCR group. **Conclusions:** Multilevel asymmetric Ponte osteotomy for severe and rigid AIKS can achieve similar coronal and sagittal radiographic improvements with VCR and significantly reduce operative time and postoperative complications.

【Key words】 Idiopathic kyphoscoliosis; Spinal osteotomy; Ponte osteotomy; Vertebral column resection; Posterior spinal internal fixation

【Author's address】 Department of Orthopaedic, Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University, Beijing, 100020, China

成人特发性脊柱侧后凸通常是由于青少年时期未经过正规治疗的特发性脊柱畸形自然进展形成。患者及家属对于脊柱生长、日常活动、患者学业以及心理状态等的诸多顾虑,使他们最终选择推迟手术治疗^[1,2]。但对于这些患者而言,此时的脊柱畸形已不仅是畸形程度的加重,更伴随着畸形柔韧性的逐年下降,从而导致手术难度的进一步提高^[3,4]。目前已有文献报道,相比与青少年脊柱畸形,此类患者的手术治疗会获得较低的矫形效果,同时增加手术时间、出血量以及并发症发生的可能^[2,5,6]。随着目前各种截骨技术的广泛应用,通过后路骨性结构切除改善脊柱的僵硬状态并消除致畸因素成为重度僵硬脊柱畸形矫形手术的重要一环。Suk 等^[7]2002 年首次报道了后路全脊椎截骨术 (vertebral column resection, VCR) 在重度复杂脊柱畸形的应用并获得了良好的矫形效果,但同时作者也强调了该手术的高技术难度与风险性。Ponte 等^[8]于 1984 年报道了 Ponte 截骨在矢状面脊柱畸形矫正中的应用。尽管单节段 Ponte 截骨仅能够提供有限的矫正能力,但却能够运用在多个脊柱节段,且拥有更小的出血量与并发症风险。而目前尚缺乏关于对比这两种截骨方式在治疗 AIKS 时的冠状面与矢状面影像改善差异的文献报道。我院自 2009 年起开始应用多节段非对称 Ponte 截骨治疗 AIKS,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2009 年 5 月~2014 年 12 月间在我院接受后路单节段全脊椎截骨术以及 2014 年 6 月~2016 年 3 月间接受多节段非对称 Ponte 截骨的重度僵硬性 AIKS 患者 (主弯 Cobb 角 $>80^\circ$, 后凸 Cobb 角 $>60^\circ$, 柔韧性 $<25\%$)。所有患者术后均获得至少随访 2 年以上的随访。收集所有患者的术前、术后及末次随访的人口统计资料[性别、年龄、体重质量指数 (body mass index, BMI)]、临床资料[融合节段个数,椎弓根螺钉密度,主弯矫正率,术中出血量,手术时间以及并发症, SRS-22 (Scoliosis Research Society-22)]与影像学资料[主弯 Cobb 角,主弯柔韧性,主弯受累节段个数,顶椎偏距 (apical vertebral translation, AVT),冠状面平衡 (coronal balance, CB) 和矢状面平衡 (sagittal balance, SB),局部后凸 (focal kyphosis, FK),胸椎后凸 (thoracic kyphosis, TK),腰椎前凸 (lumbar lordosis, LL)]。早期术中应用 VCR 截骨术患者纳入 VCR 组,后期术中应用 Ponte 截骨术患者纳入 Ponte 组,分析比较两组患者围手术期与随访期间脊柱的冠状面与矢状面影像学参数差异,同时对术前存在冠、矢状面失衡的患者进行亚组分析,评估冠、矢状面平衡的改善情况。

主弯柔韧性根据下列公式计算: $[1 - (\text{主弯侧屈 Cobb 角度} / \text{主弯 Cobb 角})] \times 100\%$; 矫正率通过

以下公式计算: $[1 - (\text{主弯术后 Cobb 角度} / \text{术前 Cobb 角度})] \times 100\%$ 。

1.2 手术方法

所有手术均由同一位外科医生进行。常规全身麻醉后,患者俯卧于手术台上。沿背部正中线作切口后进行骨膜下显露,根据术前规划双侧椎弓根螺钉固定。MAPO 组首先根据患者侧后凸特点及柔韧性选择截骨节段。通常截骨节段首先选择包括顶椎及上、下两个相邻椎体的三个节段以改善主弯柔韧性,再进一步沿畸形头尾两侧判断各节段柔韧性。通常使用巾钳钳夹各节段柔韧性情况,当三个节段外的柔韧性仍较差而需要增加截骨节段个数时,后凸大小将决定截骨个数,以避免后凸的过度矫正。我院实施的多节段非对称 Ponte 截骨,术中的骨结构截除部分与 Ponte 等^[8,9]描述一致。两者唯一的区别在于凸侧截除部分相比于凹侧切除部分更宽。截骨操作依次由棘突切除、完整的关节突切除与部分上、下部椎板切除至切除局部黄韧带。通过以上骨结构在凸侧与凹侧的不对称切除,形成非平行的硬膜外间隙,通常间隙角度应小于 10° 。对于重度侧后凸畸形,凸侧的切除间隙可介于上、下椎弓根之间。双侧植入预弯后的内固定棒,通过加压与撑开操作进一步缩小硬膜外间隙。同时,运用去旋转和平移操作进一步增强矫正效果。VCR 组患者截骨操作与 Suk 等^[7]报道的 VCR 截骨操作一致。所有患者截骨节段均选择侧后凸顶椎进行截骨操作。截骨操作前使用预弯临时棒固定,截除部分包括棘突、关节突、椎板、整个椎体及相邻椎间盘。前柱结构使用钛笼进行支撑以防止脊髓过度短缩。最后加压缩小截骨间隙过程中,应凸侧与凹侧交替加压,始终保持操作对侧存在固定棒以确保局部结构稳定。

矫正操作完成后常规进行唤醒试验,确认患者神经功能情况。最后进行后方骨结构去皮质,使用自体骨与同种异体骨进行植骨以获得后外侧融合。在整个外科手术过程中使用体感诱发电位(somatosensory evoked potential, SSEP)监测。术后常规使用引流管并保持 48~72h。在术后第二周,允许患者短时间下床活动。出院后在支具保护下患者可以在 3~6 个月内逐渐恢复基本日常活动。

1.3 统计学分析

使用 SPSS 17.0 统计分析软件进行统计学分

析。计量资料均应用平均值 $\pm$ 标准差方式表示。通过 t 检验比较两组间术前、术后以及末次随访的计量资料差异,运用方差分析比较两组间的计数资料差异,认为 $P < 0.05$ 具有统计学意义。

2 结果

30 例患者中男 7 例,女 23 例,平均年龄 26.97 ± 8.88 (18~55 岁),BMI 平均 21.87 ± 2.72 (16.23~28.13),平均随访时间 28.70 ± 7.05 个月。所有患者主弯 Cobb 角从术前平均 $105.99^\circ \pm 16.74^\circ$ 矫正改善至 $51.61^\circ \pm 17.95^\circ$,平均主弯矫正率 $(49.49 \pm 15.44)\%$,末次随访主弯平均 $52.76^\circ \pm 18.36^\circ$,主弯随访期间平均矫正损失 1.15° 。局部后凸 Cobb 角从术前平均 $88.18^\circ \pm 26.05^\circ$ 改善至术后平均 $45.98^\circ \pm 22.00^\circ$,平均后凸矫正率 $(43.89 \pm 17.98)\%$,与末次随访无显著差异($P > 0.05$)。

所有入组患者共 19 例接受 MAPO 手术,平均 Ponte 截骨节段为 4.32 ± 0.99 (3~6) 节,11 例接受 VCR 手术。两组患者术前人口统计学资料和影像学参数均无统计学差异(表 1)。术后 MAPO 组和 VCR 组均获得良好的主弯矫正($P < 0.05$,表 2),两组间术后主弯角度与主弯矫正率无显著统计学差异($P > 0.05$,表 2、3)。末次随访时两组主弯 Cobb 角与矫正损失也无显著统计学差异($P > 0.05$,表 2、3)。尽管术后与末次随访时局部后凸 Cobb 角存在显著差异($P < 0.05$,表 2),但局部后凸的术后矫正率和末次随访矫正损失两组间并无显著差异($P > 0.05$,表 3)(图 1)。

与术前的冠状面及矢状面参数相比,两组术后冠状面和矢状面参数(CB、AVT、SB、TK 以及 LL)均有不同程度改善,但是仅 MAPO 组患者的术后 TK、LL 具有显著差异($P < 0.05$,表 2)。而在对比两组之间术后及末次随访的矢状面与冠状面参数时,所有参数均无显著统计学差异($P > 0.05$,表 2)。进一步对两组内 12 例冠状面失衡(CB $> 20\text{mm}$)及 10 例矢状面失衡(SB $> 30\text{mm}$)患者进行亚组分析。MAPO 组与 VCR 组冠状面失衡患者 CB 分别由术前平均 $17.34 \pm 43.48\text{mm}$ 及 $24.21 \pm 59.18\text{mm}$ 改善至 $15.61 \pm 27.04\text{mm}$ 及 $6.13 \pm 35.35\text{mm}$,两组间术后 CB 差异无统计学意义($P = 0.609 > 0.05$)。MAPO 组 8 例矢状面失衡患者由 SB 术前平均 $-31.66 \pm 26.86\text{mm}$ 改善至 $-9.56 \pm 30.27\text{mm}$,差异无统计学意义($P = 0.096 > 0.05$)。而

VCR 组 2 例矢状面失衡患者由术前 $-7.70 \pm 59.80\text{mm}$ 增加至 $-32.84 \pm 12.42\text{mm}$, 差异无统计学意义 ($P=0.709>0.05$), 两组间术后无显著差异 ($P=$

$0.334>0.05$)。

VCR 组的平均手术时间和出血量显著高于 MAPO 组 ($P<0.05$, 表 3)。两组间融合节段无统计学意义差异 ($P>0.05$, 表 3), VCR 组椎弓根螺钉密度与 MAPO 组无显著差异 ($P>0.05$, 表 3)。两组末次随访平均 SRS-22 评分无统计学差异 ($P>0.05$, 表 3)。VCR 组患者共出现 4 例并发症, 包括深部切口并发症 2 例, 神经系统并发症 1 例, 剃刀背加重 1 例, 均接受再手术治疗。而 MAPO 组仅发生 1 例浅部切口并发症, 保守治疗后缓解。VCR 组并发症发生率明显高于 MAPO 组 ($P<0.05$, 表 3)。

3 讨论

对于成人脊柱畸形, 尤其是重度脊柱畸形患者, 其畸形特点与青少年时期的脊柱畸形是截然不同的。脊柱畸形在进展的同时会合并柔韧性的下降, 使得成人脊柱侧凸的手术更加复杂, 手术矫形效果也相对较差^[2-4, 6]。因此在重度僵硬性成人脊柱畸形中, 大多数脊柱外科医生通常选择各种脊柱截骨术来解决这类复杂畸形。Suk 等^[7]提出 VCR 截骨技术为解决复杂脊柱畸形提供了一项强有力的矫正技术。通过一个节段或多节段椎体及邻近间盘的广泛切除以解除畸形的僵硬状态。在他们的报道中重度僵硬性成人脊柱畸形能够实现平均 61.9% 的主弯矫正率以及 45° 后凸矫正。本研究的 VCR 组中, 主弯矫正率为 48.89%, 局部后凸能够矫正 39.40° (图 1)。尽管本研究 VCR 组的

表 1 MAPO 与 VCR 两组术前人口统计学资料及术前主弯影像学参数比较

Table 1 Patient demographics and radiographic parameters comparison between patients treated with MAPO or VCR

	MAPO (n=19)	VCR (n=11)
性别 Gender		1.000
男 Male	5	2
女 Female	14	9
年龄 (岁) Age	26.32±9.57	28.09±7.84
BMI (kg/m ²)	22.12±2.48	21.45±3.18
主弯受累节段 (节) Segments involvement of main curve	7.47±1.54	7.64±2.25
主弯柔韧性 (%) Main curve flexibility	11.26±6.40	9.87±7.03
主弯类型 (n) Main curve type		0.354
胸弯 Thoracic	13	6
胸腰弯/腰弯 Thoracolumbar/lumbar	6	5
主弯 Cobb 角 (°) Main curve	103.21±16.97	110.79±15.97
局部后凸 Cobb 角 (°) Focal kyphosis	85.21±26.80	93.3±25.09
CB (mm)	13.60±25.45	15.46±38.83
AVT (mm)	30.23±82.01	6.55±98.86
SB (mm)	-14.02±24.63	-6.05±23.15
TK (T5-T12) (°)	50.59±25.59	52.56±32.27
LL (T12-S1) (°)	58.61±20.49	61.27±21.41

表 2 MAPO 与 VCR 两组患者的术后与末次随访影像学参数比较

Table 2 Radiographic parameters comparison of postoperative and follow-up between patients treated with MAPO or VCR

	术前 Pre-operation		术后 Post-operation		末次随访 Final follow-up	
	MAPO (n=19)	VCR (n=11)	MAPO (n=19)	VCR (n=11)	MAPO (n=19)	VCR (n=11)
主弯 Cobb 角 (°) Main curve	103.21±16.97	110.79±15.97	48.58±17.27 ^①	57.33±17.43 ^①	49.47±17.94	58.45±18.51
局部后凸 Cobb 角 (°) Focal kyphosis	85.21±26.80	93.30±25.09	39.66±20.28 ^①	56.90±21.36 ^{①②}	41.35±19.88	58.68±21.67 ^②
CB (mm)	13.60±25.45	15.46±38.83	8.19±21.80	0.04±28.06	4.10±21.63	-6.78±37.75
AVT (mm)	30.23±82.01	6.55±98.86	12.87±55.43	1.59±73.86	10.32±51.93	3.27±71.94
SB (mm)	-14.02±24.63	-6.05±23.15	-3.48±28.61	5.90±31.05	-10.31±20.16	-9.14±17.29
TK (T5-T12) (°)	50.59±25.59	52.56±32.27	36.49±18.84 ^①	41.89±17.09	37.04±19.49	42.17±14.60
LL (T12-S1) (°)	58.61±20.49	61.27±21.41	47.99±19.14 ^①	56.98±14.86	49.61±15.50	56.76±17.68

注: ①与术前比较 $P<0.05$; ②与 MAPO 组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with pre-operation, $P<0.05$; ②Compared with MAPO group, $P<0.05$

表 3 MAPO 与 VCR 两组患者手术临床资料与手术并发症比较

Table 3 Patient surgical data and complications comparison between patients treated with MAPO or VCR

	MAPO(n=19)	VCR(n=11)
融合节段(节) Fusion level	11.58±1.89	11.00±2.05
椎弓根钉密度(个/节) Pedicle screw density	1.75±0.21	1.62±0.29
主弯矫正率(%) Main curve correction rate	53.13±13.71	48.89±12.81
主弯矫正丢失(°) Main curve correction loss	0.88±2.38	1.12±3.75
局部后凸矫正率(%) Focal kyphosis correction rate	47.20±19.92	38.38±12.89
局部后凸矫正丢失(°) Focal kyphosis correction loss	1.69±4.21	1.78±8.42
手术时间(min) Surgical time	288.68±58.42	324.55±28.24 ^①
出血量(ml) Blood loss	921.05±445.44	1336.36±602.12 ^①
并发症 complication	1	4 ^①
SRS-22		
术前 Pre-operation	3.24±0.30	3.30±0.19
末次随访 Final follow-up	2.94±0.25	2.99±0.20

注:①与 MAPO 组比较 $P<0.05$ 。MAPO, 多节段非对称 Ponte 截骨; VCR, 全脊椎截骨

Note: ①Compared with MAPO group, $P<0.05$. MAPO, multiple level asymmetric Ponte osteotomy; VCR, vertebral column resection

矫正效果略低于 Suk 等的报道,但是他们术前的主弯 Cobb 角、局部后凸 Cobb 角以及柔韧性的严重程度均略低于本组患者的畸形参数,并且术中部分患者使用多节段 VCR 技术。因此,本组的 VCR 技术矫正效果是令人满意的。

Ponte 等^[8]于 1984 年报道了 Ponte 截骨治疗休门氏脊柱后凸的临床应用,并获得了满意的临床效果,随后这一技术被广泛应用于治疗僵硬性脊柱畸形^[10-12]。在本研究中,我们主要选择顶椎以及上下各两个邻近节段作为 Ponte 截骨区域,是由于文献报道这几个节段可占据主弯近 70% 的柔韧性^[13,14]。本组 19 例接受 MAPO 截骨手术的 AIKS 患者最终达到 53.13% 的主弯矫正率,尽管主弯矫正率稍高于 VCR 组,但并无显著差异($P>0.05$)。局部后凸 Cobb 角改善达到 45.55°,虽然术后局部后凸角显著低于 VCR 组($P<0.05$),但两组的术后后凸矫正率仍然相似($P>0.05$)(图 2)。对于两种不同截骨方式产生这一相似结果的原因,可

能在于 VCR 截骨仅去除了局部截骨区域的畸形因素,但截骨区域外主弯的整体柔韧性不能获得改善,从而限制了 VCR 截骨的矫正效果。因此,对于重度僵硬性 AIKS 患者,MAPO 在一定程度上能够实现与 VCR 近似的侧凸及后凸矫正。

尽管 Ponte 截骨在单一节段上的矫正能力有限,但当它应用于多个节段时,能够实现脊柱三维平面上整体的柔韧性改善^[15-18]。而柔韧性的改善将使矫正操作更为有效,从而获得最佳的矫正效果。在冠状面上,与常规 Ponte 截骨相比,沿着畸形分布的非对称 Ponte 截骨后所提供的非平行间隙将缩小脊柱凸侧与凹侧的长度差距,从而进一步加强冠状面的矫正效果^[9]。在畸形两侧的交替加压与撑开操作,将进一步使各畸形节段重新排列以恢复脊柱平衡。尽管在本研究中术后 AVT 与 CB 存在不同程度的改善,但与术前相比差异均无统计学意义,两组间同样无显著性差异($P>0.05$)。而在进一步针对冠状面失衡的亚组分析中,两组间患者的冠状面失衡改善同样无显著差异($P>0.05$)。其可能的原因在于,AIKS 患者的脊柱畸形往往是从青少年特发性脊柱侧凸发展而来,而这类脊柱畸形在冠状面上因为青少年良好的代偿能力获得了相对正常的冠状面平衡。而在本研究中存在冠状面失衡的 11 例患者的术前平均 CB 仅为 20.20mm,并未存在严重的失衡现象。因此,术后的冠状位平衡改善空间较小,导致平衡差异不明显。然而这些结果也在一定程度上说明 MAPO 能够实现与 VCR 相似的冠状面矫正。

随着年龄的增长,成人矢状面脊柱序列恢复和保持对于患者的日常生活质量至关重要^[19, 20]。Ponte 截骨术从最初应用于矫正休门氏脊柱后凸到目前在脊柱过度后凸畸形的广泛临床应用,其在脊柱畸形矢状面矫正的作用至关重要^[10,12, 21]。无论是成人或是青少年特发性脊柱畸形,其后凸特点往往呈长、圆弧形。而此类后凸畸形正是 Ponte 截骨作为后柱截骨术的最佳适应证。通过全椎弓根螺钉结构强有力的加压控制实现每个 Ponte 截骨节段的硬膜外间隙的闭合,使每个节段的矫正更加有序而均匀,最终恢复矢状面脊柱排列^[10,22]。Ghobrial 等^[10]应用多节段 Schwab 2 级截骨治疗成人脊柱畸形时获得了满意的 SB 及 LL 的矫正。Xia 等^[23]在报道不同截骨方式治疗重度脊柱畸形时指出三节段以上的 Ponte 截骨能够达到与



图 1 21 岁男性重度僵硬性特发性脊柱侧后凸,近 3 年背部畸形逐渐加重接受手术治疗。术中应用 VCR 截骨,固定范围 T4~L3 **a** 术前站立位全脊柱 X 线片显示主弯 Cobb 角 124.9°,局部后凸角 143.0°,术前冠状面平衡为 14.34mm,矢状面平衡为 40.11mm **b** 术后 1 周站立位全脊柱 X 线片显示主弯 Cobb 角矫正至 51.9°,矫正率 58.45%,局部后凸矫正至 89.1°。冠状面平衡为 9.94mm,矢状面平衡为 63.93mm **图 2** 42 岁女性重度僵硬性特发性脊柱侧后凸,近 2 年背痛逐渐加重接受手术治疗。术中应用 5 个节段非对称 Ponte 截骨,固定范围 T3~L4 **a** 术前站立位全脊柱 X 线片显示主弯 Cobb 角 133.5°,局部后凸角 144.0°,术前冠状面平衡为 -27.8mm,矢状面平衡为 -19.49mm **b** 术后 1 周站立位全脊柱 X 线片显示主弯 Cobb 角矫正至 48.4°,矫正率 63.75%,局部后凸矫正至 90.5°。冠状面平衡为 30.7mm,矢状面平衡为 35.64mm

Figure 1 A 21-year-old male of severe and rigid idiopathic kyphoscoliosis with progressive spine deformity for 3 years was admitted to our department. Correction consisted VCR procedure was performed with all-segmental construct from T4 to L3 **a** Preoperative standing whole spine radiograph demonstrated a rigid main curve of 124.9° and a focal kyphosis of 143.0°. The coronal balance was 14.34mm and sagittal balance was 40.11mm **b** Postoperative standing whole spine radiograph showed the main curve was improved to 51.9°, with correction rate of 58.45%. Focal kyphosis was improved to 89.1°. The coronal balance was 9.94mm and sagittal balance was 63.93mm **Figure 2** A 42-year-old female patient of severe and rigid idiopathic kyphoscoliosis with back pain over the last 2 years. Correction consisted in 5 levels of asymmetric Ponte osteotomy and an all-segmental construct from T3 to L4 **a** Preoperative standing whole spine radiograph demonstrated a rigid main curve of 133.5° and a focal kyphosis of 144.0°. The coronal balance was -27.8mm and sagittal balance was -19.49mm **b** Postoperative standing whole spine radiograph showed the main curve was improved to 48.4°, with correction rate of 63.75%. Focal kyphosis was improved to 90.5°. The coronal balance was 30.7mm and sagittal balance was 35.64mm

VCR相似的矢状面序列矫正效果。在本研究中,尽管 MAPO 组术后 TK 与 LL 存在显著改善,但两组间术后与末次随访的矢状面参数 TK、LL、SB 并无显著差异。而在对矢状面失衡患者的改善情况进行亚组分析,尽管 MAPO 组术后的 SB 获得改善而 VCR 组术后出现增大,但两组间对比仍然无显著性差异。一方面原因可能与冠状面影像学参数类似,术前相对较轻的 TK、LL 与 SB 以及相对良好的代偿能力,使矢状面参数仅存在较小的矫正空间。另一方面,由于样本量相对较小,MAPO 在矢状面影像参数的改善优势并没有体现。但在一定程度上我们能够得出与 Xia 等相似的结论:多节段 Ponte 截骨能够达到与 VCR 截骨达到相似的矢状面脊柱序列矫正。

高度侵袭性的截骨手术总是伴随着更长的手术时间以及较大的出血量。而年龄的增长可能会

进一步增加出血、感染和再手术的风险^[5]。脊柱截骨术的并发症也是不容忽视的,尤其是神经并发症的发生。尽管 VCR 技术的矫正效果令人满意,但 VCR 技术所带来的手术时间、出血量的增加以及并发症发生率的提高仍值得我们关注^[7,24]。而对于 Ponte 截骨技术的安全性上已在较多的文献报道中体现出显著的优势^[9,10,15]。在本研究中,VCR 组的平均手术时间和失血量显著高于 MAPO 组患者。同样,VCR 组 4 例(36.36%)的并发症发生也显著高于 MAPO 组 1 例(6.26%)的并发症发生。因此,在治疗重度僵硬性 AIKS 患者时,MAPO 也体现出了更好的安全性。

4 参考文献

1. Pizones J, Martín-Buitrago MP, Sanchez PF, et al. Untreated thoracic curve in adult idiopathic scoliosis: what are patients' concerns?[J]. Spine Deform, 2016, 4(6): 439-445.

2. Zhu F, Bao H, Yan P, et al. Comparison of surgical outcome of adolescent idiopathic scoliosis and young adult idiopathic scoliosis: a match-pair analysis of 160 patients [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017, 42(19): E1133-E1139.
3. Chen ZQ, Zhao YF, Bai YS, et al. Factors affecting curve flexibility in skeletally immature and mature idiopathic scoliosis[J]. *J Orthop Sci*, 2011, 16(2): 133-138.
4. Liu RW, Teng AL, Armstrong DG, et al. Comparison of supine bending, push-prone, and traction under general anesthesia radiographs in predicting curve flexibility and postoperative correction in adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(4): 416-422.
5. Verla T, Adogwa O, Toche U, et al. Impact of increasing age on outcomes of spinal fusion in adult idiopathic scoliosis [J]. *World Neurosurgery*, 2016, 87: 591-597.
6. Lonner BS, Ren Y, Bess S, et al. Surgery for the adolescent idiopathic scoliosis patients after skeletal maturity: early versus late surgery[J]. *Spine Deform*, 2019, 7(1): 84-92.
7. Suk SI, Kim JH, Kim WJ, et al. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002, 27(21): 2374-2382.
8. Ponte A, Vero B, Siccaldi GL. Surgical treatment of Scheuermann's hyperkyphosis[M]. Bologna, Italy: Auto Gaggi, 1984. 75-80.
9. Ponte A, Orlando G, Siccaldi GL. The true Ponte osteotomy: by the one who developed it[J]. *Spine Deform*, 2018, 6(1): 2-11.
10. Ghobrial GM, Lebowitz NH, Green BA, et al. Multilevel Schwab grade II osteotomies for sagittal plane correction in the management of adult spinal deformity[J]. *Spine J*, 2017, 17(11): 1594-1600.
11. Shah SA, Dhawale AA, Oda JE, et al. Ponte osteotomies with pedicle screw instrumentation in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine Deformity*, 2013, 1(3): 196-204.
12. Geck MJ, Macagno A, Ponte A, et al. The Ponte procedure: posterior only treatment of Scheuermann's kyphosis using segmental posterior shortening and pedicle screw instrumentation[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2007, 20(8): 586-593.
13. Hasler CC, Hefti F, Buchler P. Coronal plane segmental flexibility in thoracic adolescent idiopathic scoliosis assessed by fulcrum-bending radiographs[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(5): 732-738.
14. Sun X, Xie Y, Kong Q, et al. Segmental characteristics of main thoracic curves in patients with severe adolescent idiopathic scoliosis[J]. *World Neurosurg*, 2018, 119: e174-e179.
15. Samdani AF, Bennett JT, Singla AR, et al. Do Ponte osteotomies enhance correction in adolescent idiopathic scoliosis? an analysis of 191 Lenke 1A and 1B curves [J]. *Spine Deformity*, 2015, 3(5): 483-488.
16. Sangiorgio SN, Borkowski SL, Bowen RE, et al. Quantification of increase in three-dimensional spine flexibility following sequential Ponte osteotomies in a cadaveric model [J]. *Spine Deformity*, 2013, 1(3): 171-178.
17. Halanski MA, Cassidy JA. Do multilevel Ponte osteotomies in thoracic idiopathic scoliosis surgery improve curve correction and restore thoracic kyphosis?[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2013, 26(5): 252-255.
18. Wiemann J, Durrani S, Bosch P. The effect of posterior spinal releases on axial correction torque: a cadaver study[J]. *Journal of Children's Orthopaedics*, 2011, 5(2): 109-113.
19. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(18): 2024-2029.
20. Newton PO, Yaszay B, Upasani VV, et al. Preservation of thoracic kyphosis is critical to maintain lumbar lordosis in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2010, 35(14): 1365-1370.
21. Cho KJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Comparison of Smith-Petersen versus pedicle subtraction osteotomy for the correction of fixed sagittal imbalance [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(18): 2030-2038.
22. Shufflebarger HL, Geck MJ, Clark CE. The posterior approach for lumbar and thoracolumbar adolescent idiopathic scoliosis: posterior shortening and pedicle screws [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2004, 29(3): 269-276.
23. Xia L, Li P, Wang D, et al. Spinal osteotomy techniques in management of severe pediatric spinal deformity and analysis of postoperative complications[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2015, 40(5): E286-E292.
24. Xie J, Zhang Y, Wang Y, et al. The risk factors of neurologic deficits of one-stage posterior vertebral column resection for patients with severe and rigid spinal deformities [J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(1): 149-156.

(收稿日期:2019-03-31 修回日期:2019-05-14)

(英文编审 唐翔宇/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)