

临床论著

后路全脊椎截骨矫形术治疗中重度胸腰椎角状后凸/侧后凸的中远期效果观察

袁磊, 刘寅昊, 曾岩, 陈仲强, 李危石, 孙垂国, 齐强, 郭昭庆

(北京大学第三医院骨科 100191 北京市)

【摘要】目的:评价中重度胸腰椎角状后凸/侧后凸畸形行后路全脊椎截骨矫形术患者的中远期影像学 and 临床疗效。**方法:**总结 2004 年 5 月~2016 年 6 月于我院行后路全脊椎截骨矫形术 (posterior vertebral column resection, PVCR) 的 68 例中重度胸腰椎角状后凸/侧后凸患者的临床资料, 其中男性 37 例, 女性 31 例, 平均年龄 36.89 ± 15.38 岁。45 例患者术前存在下肢神经症状, Frankel 分级 A 级 1 例, B 级 2 例, C 级 9 例, D 级 33 例。病因诊断: 结核性后凸 50 例, 先天性后凸 18 例。所有患者均行手术前后和随访时的后凸局部和全脊柱 X 线、CT、MRI 检查, 确定后凸顶点, 并测量后凸角度。对合并侧凸的 21 例患者测量侧凸角度。在全脊柱 X 线片上评价患者的矢状位和冠状位平衡状况。临床评价包括下肢神经功能的 Frankel 分级, 生活质量的 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI), 腰背部疼痛的视觉模拟评分 (visual analogue score, VAS), 以及患者的手术治疗满意度 (patient satisfactory index, PSI)。将患者依照年龄、后凸病因、后凸严重程度 (后凸角度)、后凸顶椎节段、术前 Frankel 分级和有无并发症分组, 进行影像学 and 临床结果比较, 并对随访 ODI 评分改善率的影响因素进行多元回归分析。**结果:**患者平均随访时间为 41.47 ± 4.68 个月 (36~96 个月)。患者术前平均后凸角度 $94.14^\circ \pm 22.57^\circ$ ($60.0^\circ \sim 155.2^\circ$), 术后减少至 $31.92^\circ \pm 16.79^\circ$, 末次随访时为 $34.60^\circ \pm 18.09^\circ$, 后凸矫正率为 $(64.26 \pm 15.13)\%$ 。21 例同时伴有侧凸的患者术前平均侧凸角度 $37.36^\circ \pm 26.19^\circ$ ($12.0^\circ \sim 107.0^\circ$), 术后减少至 $13.21^\circ \pm 14.72^\circ$, 末次随访时为 $14.33^\circ \pm 14.93^\circ$, 侧凸矫正率为 $(69.70 \pm 28.44)\%$ 。末次随访时, 30 例患者 Frankel 分级改善, 3 例患者从 A 级或 B 级提高到 C 级, 5 例患者从 C 级提高到 D 级, 1 例患者从 C 级提高到 E 级, 21 例患者从 D 级提高到 E 级。术后平均 ODI 改善率为 $(48.82 \pm 33.99)\%$, 平均 VAS 改善率为 $(64.03 \pm 21.42)\%$; 患者 PSI 为 91.2%。对后凸矫正率、ODI 改善率的单因素分析结果提示, 后凸角度小于 95° 和年龄小于 35 岁时, 后凸矫正率更高; 当患者角状后凸顶点位于 T10 或以下, 术前双下肢无神经症状, 或围手术期无并发症发生时, 其临床改善率更高。多因素回归分析结果发现, 术前后凸角越小, 随访时后凸角矫正度数越大, 术前 Frankel 分级为 D 或 E 级, 其 ODI 改善率越高。中远期发生内固定失败 6 例 (8.8%), 均行翻修手术。**结论:**后路全脊椎截骨矫形术是治疗胸腰椎中重度角状后凸/侧后凸畸形的一种有效、安全的方法, 中长期随访结果发现患者可获得满意的畸形矫正效果以及良好的神经功能改善。

【关键词】角状后凸畸形; 后路全脊椎截骨矫形术; 胸腰椎侧后凸畸形

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.07.03

中图分类号: R682.3, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2020)-07-0596-08

Posterior vertebral column resection(PVCR) corrective surgery for moderate to severe focal kyphosis/kyphoscoliosis in the thoracolumbar spine/YUAN Lei, LIU Yinhao, ZENG Yan, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(7): 596-603

【Abstract】 Objectives: To evaluate the radiological and clinical outcomes of the corrective surgery for patients with moderate to severe focal kyphosis/kyphoscoliosis in thoracolumbar spine. **Methods:** 68 patients with moderate to severe focal kyphosis/kyphoscoliosis of the thoracolumbar spine underwent posterior vertebral col-

基金项目: 北京市自然科学基金资助项目 (编号: 7202230)

第一作者简介: 男 (1991-), 博士后, 研究方向: 脊柱外科

电话: (010)82267372 E-mail: yuanleipku@163.com

并列第一作者: 刘寅昊 E-mail: liuyinhao1995@163.com

通讯作者: 曾岩 E-mail: zy7311@sohu.com

umn resection(PVCR) at our hospital. There were 37 males and 31 females, with a mean age of 36.89 ± 15.38 years. There were 45 patients with lower extremity neurological symptoms before operation, preoperative Frankel classification was as follows: 33 cases of grade D, 9 cases of grade C, 2 cases of grade B, and 1 case of grade A. The kyphosis level radiographs were obtained from all patients preoperatively, immediately postoperatively and at final follow-ups. Local kyphosis and scoliosis Cobb angles were measured. Full-spine standing radiographs were obtained before surgery and at follow-ups, and the spine sagittal and coronal balances were evaluated. The Frankel grading system for neurological functions, the Oswestry disability index(ODI) for life quality, the visual analogue score(VAS) for back pain and the patient satisfactory index(PSI) for satisfaction to surgery were applied before surgery and at follow-ups. The radiological and clinical outcomes were further analyzed in different sub-groups of patients according to etiology, severity of kyphosis, age, level of kyphosis apex, Frankel grade before surgery, and complications. The factors influencing the improvement rate of follow-up ODI score were analyzed by multiple regression. **Results:** The average follow-up time of patients was 41.47 ± 4.68 months. The average kyphosis angle reduced from $94.14^\circ\pm22.57^\circ$ before surgery to $31.92^\circ\pm16.79^\circ$ after surgery, and was $34.60^\circ\pm18.09^\circ$ at final follow-up, the correction rate of kyphosis was $(64.26\pm15.13)\%$. The average scoliosis angle of 21 patients reduced from $37.36^\circ\pm26.19^\circ$ to $13.21^\circ\pm14.72^\circ$ after surgery, and was $14.33^\circ\pm14.93^\circ$ at final follow-up, the correction rate of scoliosis was $(69.70\pm28.44)\%$. At final follow-up, Frankel classification was improved in 30 patients, 3 patients were raised from grade A or B to C, 5 patients from grade C to D, 1 patient from grade C to E, and 21 patients from grade D to E. The sagittal balance of the spine, Frankel grading, ODI and VAS scores were improved. The PSI showed a satisfied rate of 91.2%. The correction rate was significantly higher in patients with kyphosis angle less than 95° and aged less than 35 years. The clinical improvement rate was significantly higher in patients with kyphosis apex at lower thoracic spine or thoracolumbar segment, preoperative Frankel grade E and without postoperative complications. The results of multiple regression analysis showed that the smaller the kyphosis angle before surgery, the larger the degree of kyphosis angle correction was, and with Frankel grade D or E comparing with A-C the ODI improvement rate was higher. The instrumentation failure happened in 6 patients and underwent revision surgery. **Conclusions:** Posterior vertebral column resection(PVCR) is an effective and safe technique for the treatment of moderate to severe focal kyphoscoliosis. Medium- and long-term follow-up results show that satisfactory results of correction and improvement of nerve function could be obtained.

【Key words】 Focal kyphosis; Posterior vertebral column resection; Thoracolumbar kyphoscoliosis

【Author's address】 Department of Orthopedics, Peking University Third Hospital, Beijing, 100191, China

角状后凸是一种矢状面脊柱畸形,其病因多样,如先天性、创伤性、医源性、神经纤维瘤病和结核性等^[1],当合并侧凸畸形时,其情况更加复杂。角状侧后凸患者通常伴随严重的腰背痛、神经受压症状,以及严重的心理障碍。对于中、重度胸腰椎角状后凸/侧后凸患者,其临床特征更加显著,往往需要进行手术干预^[2]。角状后凸/侧后凸的治疗目标包括通过神经减压改善神经功能障碍,通过矫正畸形恢复正常的脊柱序列,通过内固定稳定脊柱。但该手术由于并发症多,病理机制复杂,对于脊柱外科医生来说存在相当大的挑战^[3]。近年来,随着外科技术的发展,越来越多的角状后凸/侧后凸畸形患者通过手术取得了良好的临床效果^[4-9],但是,中重度角状后凸/侧后凸术后的中远期随访资料很少。因此,本研究回顾了 2004 年

5 月~2016 年 6 月共 68 例于我院接受后路全脊椎截骨矫形术 (posterior vertebral column resection, PVCR) 的中重度胸腰椎角状后凸/侧后凸患者的影像学及临床资料,每例患者术后随访均超过 3 年,进一步探讨影响患者预后的危险因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取了自 2004 年 5 月~2016 年 5 月 68 例于我院接受了后路全脊椎截骨矫形术的中重度角状后凸/侧后凸的患者 (包括 37 例男性和 31 例女性)。其中 50 例为结核感染所致,18 例为先天畸形。患者平均年龄为 36.89 ± 15.37 岁 (11~67 岁)。45 例患者术前存在下肢神经症状, Frankel 分级 A 级 1 例, B 级 2 例, C 级 9 例, D 级 33 例。所有患

者的局部后凸角度均 $>60^\circ$, 平均后凸角度为 $94.14^\circ\pm 22.57^\circ$ ($60^\circ\sim 155.2^\circ$)。后凸顶点位于 T10 或以下, 即下胸椎或胸腰段交界处的病例共 31 例; 其余 37 例后凸顶点位于 T10 以上(即位于上、中胸椎)。患者的手术适应证包括: 29 例存在进行性神经功能障碍, 7 例存在难以忍受的腰背痛, 19 例同时有进行性神经功能缺损和腰背痛, 以及另外 13 例单纯想要改善外观的患者。共 21 例患者既往存在脊柱手术史, 其中结核病灶清创 11 例, 结核脓肿抽吸 1 例, 半椎体切除 1 例, 骶尾部畸胎瘤切除 1 例, 脊柱后凸或侧凸矫正 7 例。

1.2 手术步骤

于患者后凸畸形顶点近端和远端相邻的 2、3 或 4 个节段置入椎弓根螺钉。切除脊柱后凸节段的椎板。从椎体外侧向腹侧分离周围软组织, 环形显露整个后凸顶点。自双侧将后凸顶点的椎体和相邻椎间盘及其小关节、椎弓根全部切除。使用“S”形拉钩推开椎体前软组织, 暴露前纵韧带, 如果弹性较差则使用枪式咬骨钳切断前纵韧带, 并完成后凸顶点椎体的环形截骨。在行后凸节段切除过程中对截骨上下端行临时固定, 以防止术中意外出现椎节脱位、旋转、过度分离或成角。节段切除截骨完成后, 将合适长度的钛棒预弯, 分别连接至截骨上下端椎弓根螺钉尾部, 在严格控制截骨端位置下进行矫形, 并同时适当撑开硬膜前方的截骨间隙。截骨完成后采用钛网或人工椎体大量植骨的方式对前柱进行重建。所有病例均采用术中神经电生理监测。

1.3 影像学及临床评估指标

分别于术前、术后即刻及末次随访时对每位患者进行后凸部位正侧位 X 线检查。对患者后凸及侧凸的 Cobb 角进行测量, 并计算矫正率。术后矫正率=(术前-术后即刻)/术前 $\times 100\%$; 随访矫正率=(术前-随访)/术前 $\times 100\%$ 。除 3 例严重神经功能障碍(Frankel A、B, 无法站立)外, 其余 65 例患者术前及随访均进行了全脊柱正侧位 X 线检查。评估了患者脊柱矢状位及冠状位平衡情况。矢状位平衡通过 C7 铅垂线(C7PL)与骶骨后上角之间的垂直距离(sagittal vertical axis, SVA)来判断, C7PL 在骶骨后上角前方 SVA 为正、在后方 SVA 为负, 定义 SVA 在 $-50\sim 50\text{mm}$ 范围内为 SVA 平衡, 否则为 SVA 失衡。定义冠状位下 C7 铅垂线与骶骨中线的铅垂线之间的垂直距离(coronal

vertical axis, CVA) 在 30mm 范围内为冠状位平衡, 若该值 $>30\text{mm}$ 则定义为冠状位失衡^[10]。

此外, 本研究对患者术前及随访时的神经功能 Frankel 评分、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)量表评分、腰背痛视觉模拟评分(visual analogue score, VAS)以及患者对手术是否满意的患者满意指数(patient satisfactory index, PSI)^[11]进行了统计分析, 患者满意指数是对手术满意的患者占总患者的比例。

2 结果

68 例患者均行后路全脊椎截骨矫形术, 术中前柱重建使用人工椎体 21 例、钛网 38 例, 椎间融合器 9 例。平均切除椎体数量为 2.74 ± 1.15 个(1~6 个), 平均手术融合节段 9.72 ± 2.11 个(6~15 个), 平均手术时间 $6.47\pm 1.35\text{h}$ (4.0~11.0h), 平均术中出血量 $2500.74\pm 1134.88\text{ml}$ (600~6000ml)。所有患者术后随访 36 个月以上, 平均随访时间为 41.47 ± 4.68 个月(36~96 个月)。平均后凸角从术前 $94.14^\circ\pm 22.57^\circ$ ($60^\circ\sim 155^\circ$) 矫正到术后即刻 $31.92^\circ\pm 16.79^\circ$, 具有统计学差异($P<0.001$), 平均矫正率($67.18\pm 13.24\%$)。末次随访平均后凸角为 $34.60^\circ\pm 18.09^\circ$ ($-2.0^\circ\sim 91.1^\circ$), 与术前相比也具有显著性差异($P<0.001$), 平均矫正率为($64.26\pm 15.13\%$)。21 例患者术前合并侧凸, 平均侧凸 Cobb 角为 $37.36^\circ\pm 26.19^\circ$ ($12^\circ\sim 107^\circ$), 术后即刻矫正至 $13.21^\circ\pm 14.12^\circ$ ($0^\circ\sim 53^\circ$), 平均矫正率为($70.82\pm 24.48\%$)。末次随访时平均侧凸 Cobb 角为 $14.33^\circ\pm 14.93^\circ$, 矫正率为($69.70\pm 28.44\%$)(表 1, 图 1、2)。

术后矢状位及冠状位平衡得到明显改善。术前 34 例患者存在矢状面失衡, 包括 22 例负向失衡和 12 例正向失衡。末次随访时, 负向及正向失衡例数分别为 8 例及 4 例。术前 10 例冠状位失衡患者, 术前左侧冠状位失衡 7 例降至末次随访 1 例, 术前右侧 3 例右侧冠状位失衡患者, 末次随访均达到平衡状态(表 2)。

末次随访时, 3 例患者 Frankel 分级从 A 级或 B 级提高到 C 级, 5 例患者从 C 级提高到 D 级, 1 例患者从 C 级提高到 E 级, 21 例患者从 D 级提高到 E 级。除 13 例无症状患者(ODI=0 分)外, 其余 55 例患者术前平均 ODI 为 22.04 ± 17.78 分(2~40 分), 末次随访时平均 ODI 为 12.46 ± 8.23 分(0~

30分), ODI 的平均改善率为 $(48.82\pm 23.99)\%$ 。共有 26 例患者出现背部疼痛, 术前 VAS 评分为 6.42 ± 2.34 分(4~8 分), 末次随访时降至 2.31 ± 1.02 分(0~6 分), VAS 评分改善率为 $(64.02\pm 21.42)\%$ 。50 例患者对手术疗效满意, 12 例患者对疗效部分满意, 患者满意指数为 91.2%。

24 例患者在术中及术后早期发生 25 例次并发症, 发生率为 35.3%, 其中最严重的并发症为一过性脊髓损伤, 发生率为 5.9%, 术后出现双下肢一过性瘫痪, 术后立即给予脱水、甲基强的松龙和神经营养药物治疗, 最终术后 3~6 个月时神经功能恢复到术前状态。中长期随访过程中, 出现内固定失败 6 例, 发生率为 8.8%。这些患者主诉背痛复发, 其中 5 例患者脊柱后凸复发。X 线片显示固

定棒断裂 5 例, 椎弓根螺钉松动 1 例。最终, 6 例患者均行翻修手术, 恢复良好。末次随访后凸角及侧凸角丢失率分别为 $(8.40\pm 12.34)\%$ 及 $(8.48\pm 6.54)\%$ 。

除 6 例内固定失败患者外, 对其余 62 例患者的后凸矫正率和 ODI 改善率进行了单因素分析(表 3)。术前后凸角小于 95° 和年龄小于 35 岁的患者后凸矫正率明显较高。后凸顶点位于下胸椎或胸腰段的患者与后凸顶点位于胸椎上段至中段相比, 术前脊柱后凸角度更大, ODI 改善率更高。Frankel E 组 ODI 改善率明显高于 Frankel D 组和 A~C 组。无并发症组 ODI 改善率明显高于有并发症组。

将上述可能影响 ODI 改善率的危险因素利用多元回归分析, ODI 改善率与术前后凸角、后凸角矫正度数、术前 Frankel 分级有关。术前后凸角越小、随访时后凸角矫正率越大、术前 Frankel 分级为 D 或者 E 级, 随访时 ODI 改善率越高。但是后凸顶点位置与是否在术中或术后早期发生并发症与 ODI 改善率无统计学差异(表 4)。

3 讨论

本研究回顾分析了 68 例行后路全脊椎截骨矫形术的中重度角状后凸/侧后凸患者, 并对术后至少 3 年的影像学结果和患者生活功能进行评估。后路全脊椎截骨矫形术对于中重度角状后凸/侧后凸患者的矫形效果满意, 临床疗效确切, 但是术后并发症发生率及翻修率高。术前后凸畸形越严重、后凸角矫正越小、术前 Frankel 分级越严重, 随访时 ODI 改善率越低。

虽然角状后凸/侧后凸的病因多样, 但脊柱结核和先天性椎体畸形是造成患者中重度角状后凸畸形的病因^[12,13]。非手术治疗的脊柱结核患者, 其后凸角度约增加 15° , 并且 3%~5% 的患者会进一步进展至超过 60° ^[14]。先天性后凸或侧后凸多由于椎体发育异常引起, 通常会在矢状位上损害椎体前方或侧前方的纵向生长, 进而导致椎体出现旋转^[15]。即使在骨骼发育成熟后, 先天性脊柱畸形仍会继续发展。

脊柱侧后凸患者手术治疗的目的是矫正畸形、恢复脊柱正常序列、防止畸形进展、缓解对神经系统的损害、减轻腰背部疼痛^[16]。此外, 某些患者也会因为外观问题从而要求手术。VCR 包括切

表 1 术前、术后即刻及末次随访时脊柱后凸角及脊柱侧凸角

Table 1 The kyphosis angle and scoliosis angle before surgery, immediately after surgery and at final follow-up

	后凸 Kyphosis	侧凸 Scoliosis
术前($^\circ$) Preoperation	94.14 $\pm$ 22.57	37.36 $\pm$ 26.19
术后即刻($^\circ$) Postoperation	31.92 $\pm$ 16.79 ^①	13.21 $\pm$ 14.72 ^①
术后矫正率(%) CR at PO	67.18 $\pm$ 13.24	70.82 $\pm$ 24.48
末次随访($^\circ$) Final Follow-up	34.60 $\pm$ 18.09 ^①	14.33 $\pm$ 14.94 ^①
随访矫正率(%) CR at FU	64.26 $\pm$ 15.13	69.70 $\pm$ 28.44
矫正丢失率(%) Lost rate of correction	8.40 $\pm$ 12.34	8.48 $\pm$ 6.54

注: ①与术前比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with preoperative data, $P<0.05$

表 2 术前及末次随访时矢状面与冠状面平衡情况

Table 2 The sagittal and coronal balance before surgery and at final follow-up

	n	术前 Preoperation (mm)	末次随访 Final follow-up (mm)	矫正率 CR(%)
矢状位失衡/Sagittal balance				
负向失衡 Negative	22	64.08 $\pm$ 17.95 (50.30~125.00)	15.34 $\pm$ 21.17 (0~64.25)	76.06
正向失衡 Positive	12	60.27 $\pm$ 14.74 (51.02~102.60)	11.43 $\pm$ 27.78 (0~86.70)	80.14
冠状位失衡/Coronal balance				
左侧 Left	7	37.97 $\pm$ 8.52 (30.0~51.10)	15.07 $\pm$ 15.90 (0~47.7)	60.31
右侧 Right	3	43.54 $\pm$ 18.43 (30.93~64.70)	6.37 $\pm$ 7.54 (0~14.70)	85.37

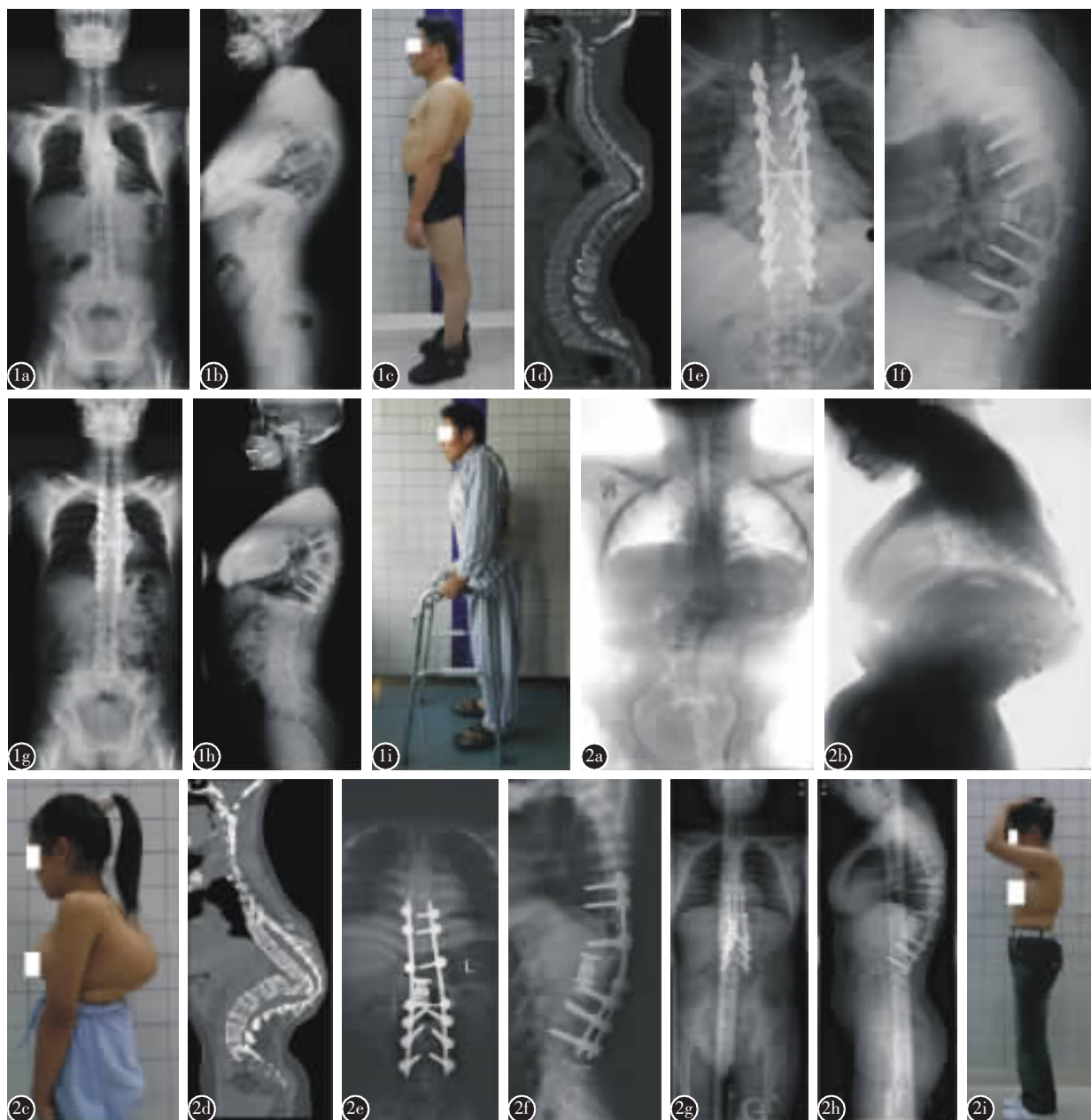


图 1 男性, 41 岁, T6~T8 结核性后凸 a、b 术前全脊柱正侧位, 后凸角 105° c 术前大体像 d CT 示后凸顶点位于 T6~T8 e、f 矫形术后 2 周 X 线片示后凸角 52° g、h 术后 44 个月矫正效果良好 i 术后随访时大体像示外观明显改善 图 2 女性, 17 岁, T10~L1 结核性后凸 a、b 术前全脊柱正侧位, 后凸角 135° c 术前大体像 d CT 示后凸顶点位于 T10~L1 e、f 矫形术后 2 周 X 线片示后凸角 35° g、h 术后 48 个月 X 线片示矫正效果良好 i 术后随访时大体像示外观明显改善

Figure 1 Male, 44 years old, post-tuberculous kyphosis of T6-8 a, b Preoperative full spine X-ray, kyphosis angle was 105° c Aspect photograph showed significant kyphosis before surgery d Preoperative CT showed kyphotic apex in T6-8 e, f X-ray in 2 weeks after posterior apical segmental resection osteotomy with correction, kyphosis angle 52° g, h The correction was well kept 44 months after surgery i Aspect photograph in the follow-up, showed improvement of cosmetic problem **Figure 2** Female, 17 years old, post-tuberculous kyphosis of T10-L1 a, b Preoperative full spine X-ray, kyphosis angle was 135° c Aspect photograph showed significant kyphosis before surgery d Preoperative CT showed kyphotic apex in T10-L1 e, f X-ray in 2 weeks after posterior apical segmental resection osteotomy with dual axial rotation correction, kyphosis angle 35° g, h The correction was well kept 48 months after surgery i Aspect photograph in the follow-up, showed improvement of cosmetic problem

表 3 后凸矫正率和神经功能改善单因素分析

Table 3 Univariate analysis results of kyphosis correction and the neural function improvement

分组 Group	n	后凸角(°) Kyphosis angle			ODI ^b		Frankel 分级 Frankel grade					
		术前 Pre- OP	术后 (矫正率) Post-OP(CR)	随访 (矫正率) FU(CR)	术前 Pre- OP	随访 (提高率) FU(IR)	术前 Pre-OP			随访 FU		
							A-C	D	E	C	D	E
总计 ^a Total	62	94.3	32.1(67.2%)	33.7(60.6%)	22.3	12.0(52.2%)	10	30	22	4	15	43
病因 Etiology												
先天 Congenital	17	89.3	25.1(73.4%)	27.9(69.6%)	19.2	10.4(40.5%)	2	9	6	0	5	12
结核 TB	45	96.1	34.4(64.9%)	35.9(63.7%)	20.6	11.2(45.2%)	8	21	16	4	10	31
后凸角 Kyphosis angle												
≥95°	32	112.5	41.5(63.5%)	43.9(61.2%)	21.0	11.7(52.9%)	5	15	12	2	5	25
<95°	30	74.8 ^①	22.0(71.1% ^①)	22.9(69.7% ^①)	23.7	12.5(51.4%)	5	15	10	2	10	18
年龄(岁) Age(years)												
≥35 岁	39	96.1	36.3(63.6%)	37.5(62.6%)	24.8	12.9(50.5%)	7	25	7	2	12	25
<35 岁	23	91.2	24.9(73.1% ^①)	27.3(69.9% ^①)	18.5	10.6(48.9%)	3	5	15	2	3	18
后凸顶点 Kyphosis apex												
UMT	32	90.8	34.1(63.5%)	36.3(61.2%)	21.9	13.4(43.1%)	7	18	9	4	9	19
TL	30	98.0 ^①	29.6(71.1% ^①)	31.0(69.6% ^①)	13.1	5.4(64.4% ^①)	3	12	17	0	6	24
Frankel 分级 Frankel grade												
A-C	10	91.8	31.0(67.0%)	31.9(65.6%)	30.0	17.5(41.4%)	10			4	5	1
D	30	94.3	37.6(62.0%)	39.3(60.0%)	23.3	13.0(46.1%)		30		0	10	20
E	22	95.4	25.2(74.3%)	26.9(72.3% ^①)	4.3 ^①	1.2(77.6% ^①)			22	0	0	22
并发症 Complications												
有 Yes	21	93.4	29.7(68.6%)	30.2(68.1%)	24.6	15.3(42.5%)	2	12	7	2	4	15
无 No	41	94.7	33.3(66.5%)	35.5(63.9%)	21.3	9.8(56.8% ^①)	8	18	15	2	11	28

注:a, 排除内固定松动或断裂 6 例;b, 排除 13 例无症状患者(术前 ODI=0); ①与其他组比较 $P<0.05$; CR, correction rate; IR, improvement rate

Note: a, 6 patients with internal fixation loosen or broken were excluded; b, 13 patients with asymptomatic(preoperative ODI=0) were excluded; ①Compare with other group/groups, $P<0.05$; CR, correction rate; IR, improvement rate

除一个或多个椎体节段, 可仅采用后路手术或前后路联合手术, 可纠正矢状面和多平面畸形^[4]。对于中度至重度的角状侧后凸, 通常考虑采用 VCR 方法进行截骨矫形。虽然该技术要求较高, 但 VCR 对不同病因引起的严重脊柱后凸或侧后凸的矫正效果显著^[17,18]。

对于大多数患者来说, 角状后凸畸形多呈进行性进展。随着后凸的进展, 其局部解剖结构会变得更加复杂, 增加了手术难度。本研究中, 后凸角度 $<95^\circ$ 及年龄 <35 岁者, 其纠正角度较其他患者更高。此外, 随着畸形的发展, 脊髓的压迫和牵张

程度会更加严重, 对神经功能的损害越来越大。多因素分析提示, 术前后凸角度小、矫形程度越大、神经功能损害轻(Frankel D 和 E)的患者 ODI 术后改善率明显高于术前神经功能受损者。后凸发生在中上胸椎、出现围术期并发症, 是 ODI 改善率的潜在危险因素。由于胸椎本身存在生理性后凸, 以及稳定性较好, 中上段胸椎后凸畸形的畸形程度和外观往往不像下段胸椎或胸腰椎交界处的后凸畸形那样严重。然而, 由于中上胸段脊髓本身的血液循环较差, 对压迫的耐受性差, 同样的后凸畸形更容易造成神经功能受损。同时由于后凸的

表 4 随访 ODI 改善率 Enter 多元线性回归分析

Table 4 Results of Enter multiple regression analysis with ODI improvement rate as a dependent variable

	非标准化系数 Unstandardized		标准化参数 Standardized		P值 P	95%置信区间 95.0% CI for Beta	
	B	标准差 SE	B	t		下限 Lower Bound	上限 Upper Bound
常数 Constant	48.9	18.1		2.7	0.010	12.4	85.3
术前后凸角 Pre-op kyphosis	-0.8	0.2	-0.5	-3.6	0.001	-1.2	-0.3
随访后凸角变化 Change of kyphosis at follow-up	1.3	0.3	0.6	4.0	<0.001	0.7	2.0
后凸顶点位于胸腰段 Kyphosis apex at thoracolumbar	5.7	9.4	0.1	0.6	0.551	-13.3	24.7
术前 Frankel A-C 级 Frankel A-C at pre-op	-19.2	9.5	-0.2	-2.0	0.048	-38.2	-2.3
并发症 Comlications	-9.5	9.0	-0.1	-1.1	0.229	-27.7	8.6

存在,可以导致顶点位置脊髓承受纵向牵张力,造成进一步缺血^[19]。因此,中上胸椎后凸通常会导致更严重的神经功能损害,因此术后生活质量也相对较差。在本研究中,中上胸椎后凸患者的 ODI 改善率低于下胸椎或胸腰段脊柱后凸的改善率。

既往研究表明,后路 VCR 的手术风险较高,可能导致严重的并发症,尤其是神经损伤。Wang 等^[20]评价 VCR 治疗 24 例先天性后凸畸形患者的疗效和安全性。这些患者术前平均后凸角度 87.3°,4 例(17%)术后出现严重并发症(神经功能障碍约 8%)。另外一项研究结果显示,98 例不同病因的复杂脊柱畸形患者术前平均局部后凸角度为 104°,均行后路 VCR,术后出现严重并发症 46 例(47%),其中 25 例(25.5%)出现神经损伤^[21]。在我们的研究中,术前局部后凸平均为 94.14°,术中及术后早期并发症发生率为 35.3%,神经功能障碍发生率为 5.9%,低于既往文献报道。本研究中,4 例脊髓损伤所致暂时性瘫痪患者均为中上胸段角状后凸患者。由于中上胸段脊髓易出现供血不足,应注意维持正常血压,维持脊髓血液灌注,以预防脊髓损伤^[22]。此外,有手术史或严重畸形的患者因其复杂、异常和混乱的解剖结构而更容易伤及神经根。在我们的研究中,后凸角的矫正率在是否出现并发症的患者之间无明显差别,但出现手术并发症的患者生活质量改善水平相对较差,其神经功能的改善也较未出现并发症组差。最终随访显示 6 例患者出现了内固定失败,其原因可能由于术前较大的畸形角度和/或骨质疏松,也与截骨区域未骨性融合,钛网塌陷和假关节形成有关。

因此,应该增加截骨上下端的锚定点,创造更有利于植骨融合的稳定环境。同时应进行充分的前柱植骨,并且增加钛网的横截面积,减小钛网塌陷至邻近椎体而出现前柱支撑力不足,后方固定棒疲劳折断也非常重要。

综上所述,采用后路全脊椎截骨矫形术是治疗胸腰椎中重度角状后凸/侧后凸畸形的一种有效、安全的方法,并且可获得满意的畸形矫正效果以及可靠的长期疗效。然而,由于该手术技术对术者要求较高,并且存在出现各种并发症的风险,故手术必须经过周密的计划,并由经验丰富的外科团队完成。

4 参考文献

- Atici Y, Balioglu MB, Kargin D, et al. Analysis of complications following posterior vertebral column resection for the treatment of severe angular kyphosis greater than 100° [J]. Acta Orthop Traumatol Turc, 2017, 51(3): 201-208.
- Hamzaoglu A, Alanay A, Ozturk C, et al. Posterior vertebral column resection in severe spinal deformities: a total of 102 cases[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2011, 36(5): E340-344.
- Yang C, Zheng Z, Liu H, et al. Posterior vertebral column resection in spinal deformity: a systematic review [J]. Eur Spine J, 2016, 25(8): 2368-2375.
- Rajasekaran S, Rishi Mugesh Kanna P, Shetty AP. Closing-opening wedge osteotomy for severe, rigid, thoracolumbar post-tubercular kyphosis[J]. Eur Spine J, 2011, 20(3): 343-348.
- Xia L, Li N, Wang D, et al. One-stage posterior spinal osteotomy in severe spinal deformities: a total of 147 cases[J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(4): E448-e453.
- Faundez A, Byrne F, Sylvestre C, et al. Pedicle subtraction

- osteotomy in the thoracic spine and thoracolumbar junction: a retrospective series of 28 cases [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24 (Suppl 1): S42–48.
7. Berjano P, Pejrona M, Damilano M, et al. Corner osteotomy: a modified pedicle subtraction osteotomy for increased sagittal correction in the lumbar spine[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(Suppl 1): 58–65.
8. La Marca F, Brumblay H. Smith–Petersen osteotomy in thoracolumbar deformity surgery[J]. *Neurosurgery*, 2008, 63(3 Suppl): 163–170.
9. Papadopoulos EC, Boachie–Adjei O, Hess WF, et al. Early outcomes and complications of posterior vertebral column resection[J]. *Spine J*, 2015, 15(5): 983–991.
10. Lowe T, Berven SH, Schwab FJ, et al. The SRS classification for adult spinal deformity: building on the King/Moe and Lenke classification systems [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(19 Suppl): S119–125.
11. Daltroy LH, Cats–Baril WL, Katz JN, et al. The North American Spine Society lumbar spine outcome assessment instrument: reliability and validity tests [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1996, 21(6): 741–749.
12. Zeng Y, Chen Z, Qi Q, et al. Clinical and radiographic evaluation of posterior surgical correction for the treatment of moderate to severe post–tuberculosis kyphosis in 36 cases with a minimum 2–year follow–up [J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 16(4): 351–358.
13. Zeng Y, Chen Z, Qi Q, et al. The posterior surgical correction of congenital kyphosis and kyphoscoliosis: 23 cases with minimum 2 years follow–up [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(2): 372–378.
14. Rajasekaran S. Kyphotic deformity in spinal tuberculosis and its management[J]. *Int Orthop*, 2012, 36(2): 359–365.
15. McMaster MJ, Singh H. Natural history of congenital kyphosis and kyphoscoliosis: a study of one hundred and twelve patients[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1999, 81(10): 1367–1383.
16. Xie J, Wang Y, Zhao Z, et al. Posterior vertebral column resection for correction of rigid spinal deformity curves greater than 100 degrees[J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 17(6): 540–551.
17. Lenke LG, O’leary PT, Bridwell KH, et al. Posterior vertebral column resection for severe pediatric deformity: minimum two–year follow–up of thirty–five consecutive patients[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(20): 2213–2221.
18. 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.
19. Zeng Y, Chen Z, Guo Z, et al. The posterior surgical treatment for focal kyphosis in upper–middle thoracic spine [J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(11): 2291–2298.
20. Wang S, Aikenmu K, Zhang J, et al. The aim of this retrospective study is to evaluate the efficacy and safety of posterior–only vertebral column resection (PVCR) for the treatment of angular and isolated congenital kyphosis [J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(7): 1817–1825.
21. Sacramento–Domínguez C, Yagi M, Ayamga J, et al. Apex of deformity for three–column osteotomy: does it matter in the occurrence of complications[J]. *Spine J*, 2015, 15(11): 2351–2359.
22. Zeng Y, Chen Z, Guo Z, et al. Complications of correction for focal kyphosis after posterior osteotomy and the corresponding management[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2013, 26(7): 367–374.

(收稿日期:2019–12–31 修回日期:2020–05–26)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 彭向峰)