

脊柱后路去松质骨截骨术用于脊柱畸形翻修手术的安全性和有效性

杨全中, 张雪松, 杨晓清, 张智发, 胡帆琦, 张少甫

(中国人民解放军总医院骨科脊柱外科 100853 北京市)

【摘要】目的:探讨脊柱后路去松质骨截骨术(vertebral column decancellation,VCD)应用于脊柱畸形翻修手术中的安全性和有效性。**方法:**回顾性分析 2010 年 1 月~2012 年 1 月在我院接受脊柱畸形翻修手术的 20 例患者的临床资料,年龄 17~58 岁(34.5 ± 11.6 岁),男 12 例,女 8 例。强直性脊柱炎后凸畸形 6 例,先天性半椎体后凸畸形 4 例,结核性脊柱侧后凸畸形 4 例,先天性侧后凸畸形 3 例,青少年特发性脊柱侧凸 3 例。翻修手术距初次手术时间为 5.6 ± 3.3 年(1~16 年)。翻修术前 10 例冠状面失衡患者冠状面 Cobb 角 $45^\circ\sim 85^\circ$ ($64.2^\circ\pm 15.6^\circ$),17 例矢状面失衡患者矢状面畸形后凸 Cobb 角 $75^\circ\sim 110^\circ$ ($92.7^\circ\pm 9.7^\circ$)。均在插管全麻下行 VCD 进行畸形矫正。记录患者翻修手术时间、术中出血量及围手术期并发症等一般情况。所有患者翻修术前、术后 1 周及末次随访均拍摄包括骨盆的站立位脊柱全长正侧位 X 线片,测量脊柱矢状面、冠状面 Cobb 角,冠状位顶椎偏移距离、双肩相对高度差,矢状面偏移距离、矢状位腰前凸角、胸腰段后凸角、骨盆倾斜角、骨盆入射角及骶骨倾斜角。采用 SRS-22 调查表评估患者术前及术后 6 个月生存质量。**结果:**均顺利完成手术,平均截骨椎体数量 1.5 ± 0.6 个(1~2 个)。手术时间为 $4\sim 6.5$ h(5.3 ± 0.7 h),术中出血量为 $600\sim 1300$ ml(830.0 ± 150.5 ml)。所有患者术中脊髓监测未发现在复位过程中有体感诱发电位(SEP)及运动诱发电位(MEP)异常变化,术中唤醒试验患者下肢运动感觉功能正常。术后切口均 I 期愈合。3 例发生脑脊液漏,2 例后凸畸形患者术后并发肠系膜上动脉综合征,围手术期未发生感染、呼吸衰竭、下肢深静脉血栓等其他并发症。住院时间 13.9 ± 2.4 d。随访时间 18~40 个月(27.6 ± 2.8 个月),随访期间未出现内固定棒断裂、螺钉松动及深部感染等并发症。冠状面和矢状面畸形获得良好矫正,术后 1 周冠状面和矢状面 Cobb 角分别矫正至 $15.7^\circ\pm 4.9^\circ$ 、 $28.7^\circ\pm 8.7^\circ$ 。术后 1 周脊柱冠状面和矢状面 Cobb 角、顶椎偏移距离及双肩相对高度差、矢状面偏移距离与翻修术前比较均明显变小($P<0.05$),末次随访时与术后 1 周比较无统计学差异($P>0.05$);脊柱-骨盆矢状面参数除骨盆入射角与术前比较无统计学差异($P>0.05$)外,腰前凸角、胸腰段后凸角、骨盆倾斜角及骶骨倾斜角与术前比较均有明显改善($P<0.05$)。术后 1 周冠状面 Cobb 角矫正率为 $(75.5\pm 4.5)\%$,矢状面 Cobb 角矫正率为 $(63.5\pm 5.7)\%$;末次随访时与术后 1 周比较,冠状面畸形丢失率为 26.5%,矢状面畸形丢失率为 34.1%。翻修术后 6 个月 SRS-22 量表功能、疼痛、外观、精神健康、满意度评分与翻修术前比较均明显增加($P<0.05$)。**结论:**VCD 在脊柱畸形翻修手术中可重新恢复脊柱矢状面、冠状面的平衡和稳定,尤其在脊柱矢状面平衡的恢复中有良好的效果,同时可避免脊髓过度短缩、神经卡压等并发症,是一种较安全有效的补救措施。

【关键词】 脊柱畸形;翻修术;矢状面平衡;截骨术

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2016.08.08

中图分类号:R682.3,R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2016)-08-0715-08

The effectiveness and safety of revision surgery with vertebral column decancellation for spinal deformity/YANG Quanzhong, ZHANG Xuesong, YANG Xiaoqing, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(8): 715-722

【Abstract】Objectives: To evaluate the effectiveness and safety of revision surgery for the severe spinal deformity by utilizing the technique of vertebral column decancellation(VCD). **Methods:** A retrospective analysis was carried out for 20 cases suffered from spinal deformity and undergoing revision surgery in 301 Hospital from January 2010 to January 2012. Age ranged from 17 to 58 years old and the average age was 34.5 ± 11.6

第一作者简介:男(1989-),硕士研究生,研究方向:脊柱畸形

电话:(010)66938303 E-mail:yangquanzhong301@126.com

通讯作者:张雪松 E-mail:zhangxuesong301@126.com

years. There were 12 males and 8 females. Twenty patients included 6 cases with kyphosis secondary to ankylosing spondylitis, 4 cases with congenital kyphosis, 4 cases with kyphoscoliosis secondary to spinal tuberculosis, 3 cases with congenital kyphoscoliosis and 3 patients with adolescent idiopathic scoliosis, all patients were diagnosed by the radiographic and medical records. The average interval from revision surgery to previous corrective surgery was 5.6 ± 3.3 years. The mean Cobb angle of coronal plane was $64.2^\circ \pm 15.6^\circ$ and $92.7^\circ \pm 9.7^\circ$ in sagittal plane. All cases received revision surgery of VCD under general anesthesia. Operation time, intraoperative bleeding and the complications of perioperation were recorded. All 20 study subjects underwent whole spinopelvic right and lateral radiography at the time of pre-revision surgery, one week after revision and the final follow-up. Sagittal parameters included Cobb angle, thoracolumbar kyphosis angle (TK), lumbar lordosis (LL), sacral slope (SS), pelvic tilt (PT), pelvic incidence (PI) and sagittal vertical axis (SVA). Coronal parameters included Cobb angle, apical vertebral offset distance and the relative height of shoulders. Scoliosis Research Society-22 (SRS-22) was used to evaluate the life quality of 20 patients at different time points pre-revision surgery and 6 months of post-operation. **Results:** All surgeries were performed successfully, osteotomies were performed at 1.5 ± 0.6 levels (average, 1-2). Time of revision surgery ranged from 4 to 6.5 hours (average, 5.3 ± 0.7 h) and the blood loss ranged from 600 to 1300ml (average 830.0 ± 150.5 ml). All incisions healed by first intention. No complication occurred such as infection, deep venous thrombosis of lower extremities, respiratory failure or nerve injury occurred during follow-up. Three cases suffered from leakage of cerebrospinal fluid and two cases were complicated with arteria mesenterica superior syndrome. The average hospital stay of all cases was 13.9 ± 2.4 days. The follow-up ranged from 18 months to 40 months (average, 27.6 ± 2.8 months). The Cobb angle was corrected to $15.7^\circ \pm 4.9^\circ$ in coronal plane and $28.7^\circ \pm 8.7^\circ$ in sagittal plane. Cobb angle of coronal plane, apical vertebral offset distance and the relative height of shoulders at one week after operation obviously improved than pre-revision surgery ($P < 0.05$). And there was no statistical significance compared to final follow-up. The sagittal parameters except PI including Cobb angle, TK, LL, SS, PT, SVA at one week after revision operation had statistical significance compared to pre-revision surgery ($P < 0.05$). The correction rate of coronal Cobb angle was $(75.5 \pm 4.5)\%$ and sagittal Cobb angle was $(63.5 \pm 5.7)\%$. The loss of correction at final follow-up compared to one week after revision surgery was 26.5% in coronal plane and 34.1% in sagittal plane. The parameters of SRS-22 such as function, pain, appearance, mental and satisfaction of 6 months after revision surgery improved obviously compared to pre-revision surgery ($P < 0.05$). **Conclusions:** The posterior VCD can restore the balance and stabilization of coronal and sagittal of spine, also can avoid the complications such as the excessive shorten and nerve injury of spinal cord in the procedure of revision severe spinal deformity surgery. This technique is an safe and effective remedial measure for spinal deformity after previous surgery.

【Key words】 Spinal deformity; Revision surgery; Sagittal balance; Osteotomy

【Author's address】 Department of Orthopaedics, Chinese PLA General Hospital, Beijing, 100853, China

一般认为 Cobb 角超过 $90^\circ \sim 100^\circ$ 为重度脊柱畸形^[1,2]。其手术治疗的目的是在维持患者脊柱平衡的同时获得确切融合,矫正畸形,防止畸形的进展^[3],改善患者的外观和生存质量。自 1945 年 Smith-Petersen 等^[4]首次报道后路楔形截骨技术 (SPO) 用于治疗脊柱畸形以来,陆续出现了经椎弓根截骨术 (pedicle subtraction osteotomy, PSO)^[5]、全脊椎切除术 (vertebral column resection, VCR)^[6]、蛋壳技术^[7]等用于脊柱畸形治疗的报道。王岩等^[8]在分析总结 SPO、PSO、VCR 及蛋壳技术等手术技术的基础上提出了脊柱去松质骨截骨术 (vertebral

column decancellation, VCD), 并将其应用于强直性脊柱炎后凸畸形、成人角状后凸畸形及青少年特发性脊柱侧凸的矫形治疗中,取得了良好的临床效果。目前随着三维矫形理论和脊柱内固定系统的发展,截骨术在重度脊柱畸形矫形中扮演着至关重要的角色,大大提高了脊柱畸形的治疗效果^[9,10]。但由于手术技术不成熟、手术方案欠佳、手术时机选择错误等原因造成部分重度畸形患者在初次手术后出现冠状面或矢状面不平衡,导致矫形丢失、内固定物断裂与脱落、假关节形成等术后并发症,严重影响患者的生活质量和外观,给患者

带来沉重的经济负担和心理压力,这部分患者往往需要二次手术进行补救治疗。Pichelmann 等^[11]曾报道脊柱畸形截骨矫形内固定融合术后患者翻修率为 9%,Kuklo 等^[12]报道青少年特发性脊柱侧凸进行截骨矫形内固定融合手术后患者翻修率为 2.1%。目前有关截骨术在重度脊柱畸形翻修手术中的应用报道较少。我们应用 VCD 对 20 例重度畸形患者进行翻修手术治疗,取得了满意的效果,报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

统计 2010 年 1 月~2012 年 1 月在我院接受翻修手术的 20 例严重脊柱畸形患者的临床资料。所有患者通过询问病史及影像学检查明确诊断。其中男 12 例,女 8 例;年龄 17~58 岁(34.5 ± 11.6 岁)。翻修手术时距初次手术时间为 1~16 年(5.6 ± 3.3 年)。其中后凸畸形术后 10 例,脊柱侧后凸畸形术后 7 例,侧凸畸形术后 3 例。所有患者翻修手术前常规行包括骨盆的脊柱-骨盆全长正侧位 X 线片、CT 及 MRI 等检查,所有冠状面畸形的患者行冠状位脊柱 Bending 像检查。翻修术前 10 例冠状面失衡患者冠状面 Cobb 角 $45^\circ \sim 85^\circ$ ($64.2^\circ \pm 15.6^\circ$),冠状面畸形患者冠状位脊柱 Bending 像脊柱柔韧性平均为 8.7%,双肩高度差值 $2 \sim 3.9$ cm (3.0 ± 0.8 cm),顶椎偏移距离 $6 \sim 14.8$ cm (8.1 ± 2.3 cm)。17 例矢状面失衡患者矢状面 Cobb 角 $75^\circ \sim 110^\circ$ ($92.7^\circ \pm 9.7^\circ$),矢状面偏移距离 $-2 \sim 20$ cm (14.7 ± 3.4 cm),腰前凸 Cobb 角 (L1~L5) $-20^\circ \sim 23^\circ$ ($2.4^\circ \pm 14.7^\circ$),胸腰段后凸角 (T10~L2) 为 $9^\circ \sim 72.9^\circ$ ($32.1^\circ \pm 7.2^\circ$),骶骨倾斜角 $-10^\circ \sim 18^\circ$ ($4.8^\circ \pm 8.3^\circ$),骨盆入射角 $33^\circ \sim 51.8^\circ$ ($43.8^\circ \pm 6.5^\circ$),骨盆倾斜角 $30^\circ \sim 55^\circ$ ($44^\circ \pm 7.4^\circ$)。

1.2 翻修原因

10 例后凸畸形翻修原因:①3 例强直性脊柱炎患者初次手术时内科治疗不充分,患者手术时仍处于炎症活动期,伴有胸背部疼痛,且术后未继续行内科控制治疗,术后平均 3.5 年 (2~5 年) 后凸畸形加重,矢状面 Cobb 角平均为 $87.3^\circ \pm 6.4^\circ$ ($79^\circ \sim 88.8^\circ$),伴有内固定棒断裂。②1 例强直性脊柱炎后凸畸形患者行经椎弓根截骨矫形术后 5 年内固定节段下方邻近节段发生棘间韧带断裂,驼背畸形加重,矢状面 Cobb 角 76° ,同时该患者伴

有顽固性腰背部疼痛及活动时双下肢疼痛。③2 例强直性脊柱炎患者分别于初次手术 4 年和 6 年后发生固定节段近端椎体压缩骨折,棘间韧带断裂,邻近节段后凸畸形伴胸背部疼痛,矢状面 Cobb 角分别为 94° 和 98° 。④4 例后凸畸形翻修患者中,2 例先天性后凸畸形患者分别于术后 1 年和 3 年因原植骨融合部位融合不佳导致截骨部位内固定棒断裂,后凸畸形加重,后凸 Cobb 角分别为 84° 和 101° ;1 例患者术后 2 年腰背部疼痛及内固定棒断裂行内固定取出术,内固定取出术后 4.5 年后凸畸形加重,矢状面 Cobb 角 85° ;1 例先天性后凸畸形患者于术后 5 年发生螺钉松动及内固定棒断裂,伴有近端邻近节段后凸畸形。

7 例侧后凸畸形术后翻修原因:①4 例结核患者中,1 例为 T12 椎体结核,2 例为 L2 椎体结核,1 例为 L3 椎体结核。4 例患者初次手术仅对结核病灶进行病灶清除引流,未行内固定,术后行抗结核药物治疗,4 例患者术后平均 10.2 年 ($8.5 \sim 11$ 年) 出现局部侧后凸畸形,局部侧凸角度平均为 $50^\circ \pm 7.1^\circ$,局部后凸角度平均为 $91.7^\circ \pm 8.5^\circ$,3 例患者伴严重腰痛及双下肢放射痛,1 例患者仅表现为腰背痛。②3 例先天性侧后凸畸形术后患者中,1 例于术后 7 年出现固定节段上方邻近节段侧凸畸形;1 例患者初次手术时对半椎体未行特殊处理仅进行内固定矫形,于术后 5 年侧后凸畸形加重,局部冠状面 Cobb 角 60° ,矢状面 Cobb 角 92° ,活动时伴双下肢疼痛、麻木;1 例患者术后 6 年出现固定节段上方邻近节段后凸畸形,局部后凸角度为 75° 。

3 例侧凸畸形术后翻修原因:1 例患者于初次手术后 2 年发生邻近节段交界性侧后凸畸形,局部侧凸 Cobb 角为 80° ,局部后凸角度为 92° ;1 例患者初次矫形手术后 3 年行内固定取出术,取出术后 5 年侧凸畸形加重,冠状面 Cobb 角 80° ;1 例患者初次行经椎弓根截骨术,术后 3.5 年内固定棒断裂,固定节段上方邻近节段出现侧凸畸形,局部侧凸 Cobb 角为 60° 。

1.3 手术方法及术后处理

20 例患者在进行充分的术前评估后在插管全麻下行脊柱后路截骨矫形翻修手术。所有手术均采取后正中入路,术中进行神经电生理监测,严格在骨膜下剥离,充分暴露初次手术视野,有内固定物的去除所有内固定物,根据术前 X 线片及三

维 CT 确定融合固定范围、截骨椎体及截骨角度,在原固定范围的基础上向头侧或尾侧延长固定范围,取出原有固定螺钉,所有患者使用万向椎弓根螺钉内固定系统。在确定的固定范围内,除截骨椎外的所有椎体置入万向椎弓根螺钉,对原钉道完整的换用直径较粗、长度较长的螺钉,钉道破损的用骨蜡封堵原钉道,选取新的进针点置入新的螺钉,椎弓根解剖结构不清者在 CT 导航下置入螺钉。完成椎弓根螺钉置入后,用骨刀去除截骨椎的后方组织如棘突、上下关节突等暴露截骨椎椎弓根;建立截骨通道后通过不同型号的开路器扩大截骨通道进入椎体后柱,在后柱由内向外进行楔形截骨操作,在高速气钻的辅助下经双侧椎弓根截骨通道去除椎体后柱松质骨。去除截骨椎后方及侧方皮质骨和椎板时,需在截骨操作对侧进行临时棒固定,以防椎体后柱突然闭合造成神经卡压,截骨终点在椎体中后柱 1/3 交界处,整个截骨过程成 Y 字形进行(图 1a),完成椎体 Y 形截骨后交替使用磨钻和椎板咬钳去除截骨椎后方椎板,完全暴露脊髓,如为胸椎则去除双侧肋骨约 3cm,使用椎板咬钳对截骨平面上下邻近椎体后方椎板上下缘穹窿减压。最后去除临时棒安装提前预弯好弧度的永久连接棒,在手术床复位的辅助下通过后路加压闭合楔形截骨面,使前柱自然张开(图 1b),对于冠状面失衡患者行双侧不对称截骨,凸侧截骨量多于凹侧,在截骨完成后行凸侧加压、凹侧撑开使凸侧楔形截骨面闭合,同时取自体髂骨在凹侧空隙做自体骨填充融合。矫形复位时行体感诱发电位(SEP)及运动诱发电位(MEP)监测。完成复位后对患者行唤醒试验,观察有无神经系统的损伤,确定无神经系统损伤后,用大量生理盐水冲洗切口,逐层缝合切口,放置引流管接引流袋。

术后患者均行补液、止痛对症治疗,术后 24h

预防性使用抗生素,住院期间均穿戴抗血栓弹力袜进行防血栓治疗,无脑脊液漏者术后 48h 拔除伤口引流管,术后 3~4d 佩戴支具下床活动,术后 1 周行全脊柱正侧位 X 线片复查。20 例患者均于术后 10~17d 出院,佩戴支具 3 个月~半年。

1.4 疗效观察

统计分析所有患者手术时间、术中出血量及围手术期并发症等一般情况。翻修手术前、翻修术后 1 周及末次随访时均拍摄站立位脊柱全长正侧位 X 线片,使用 Surgimap Spine 软件测量脊柱冠状面、矢状面参数和骨盆参数。Cobb 法测量冠状面和矢状面 Cobb 角;采用矫正率评估矫形效果,矫正率=[(术前 Cobb 角-术后 Cobb 角/术前 Cobb 角)] $\times$ 100%。冠状面参数包括:冠状面 Cobb 角;顶椎偏移距离,顶椎中心到骶骨中心垂线的垂直距离;双肩相对高度差(shoulder height difference, SHD)。矢状面脊柱-骨盆参数包括:腰前凸角(lumbar Lordosis, LL);胸腰段后凸角(thoracic kyphosis, TK);骶骨倾斜角(sacral slope, SS), S1 椎体上终板的延长线与水平线之间的夹角;骨盆入射角(pelvic incidence, PI), S1 椎体上终板的垂线和 S1 上终板中点到股骨头中点的连线的夹角;骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT), S1 上终板中点与股骨头中点的连线和身体重心垂线的夹角;矢状面偏移距离(sagittal vertical axis, SVA),经 C7 椎体中心所作的铅垂线与 S1 椎体后上缘的水平距离,铅垂线位于 S1 椎体后上缘前方, SVA 为正值,反之, SVA 为负值。所有患者在翻修手术前、术后 6 个月及末次随访时均填写 SRS-22 调查表评估生活质量。

1.5 统计分析方法

采用 SPSS 17.0 统计软件包进行数据统计分析。数据以均数 $\pm$ 标准差表示,采用 Wilcoxon 配对秩和检验对患者术前、术后 1 周和末次随访时

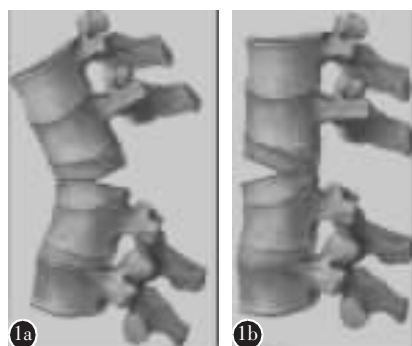


图 1 a VCD 截骨操作中去除椎体后方韧带、上下关节突及棘突和椎板,楔形切除椎体后柱的松质骨,对椎体进行 Y 形截骨 b 截骨完成后闭合椎体后方楔形截骨面,椎体前柱张开

Figure 1 a After corresponding spinous processes, lamina and facet joints were removed, posterior cancellous bone of the osteotomy column were resected partly by a drill or a curette through pedicles b Linear fractures of anterior cortex and lateral walls almost were achieved by drill. The Y shape osteotomy was well illustrated when osteoclasis of anterior cortex and closing of posterior wedge osteotomy were completed

的脊柱冠状面、矢状面参数及骨盆参数、矫正率进行两两比较分析,患者术前及术后 6 个月 SRS-22 评分结果同样进行 Wilcoxon 配对秩和检验。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

20 例患者均顺利完成手术,截骨椎体为 1.5 ± 0.6 个(1~2 个)。手术时间为 $4\sim 6.5\text{h}$ ($5.3\pm 0.7\text{h}$),术中出血量 $600\sim 1300\text{ml}$ ($830.0\pm 150.5\text{ml}$)。术中未发生脊髓神经损伤、硬膜撕裂等并发症。术中脊髓监测未发现在复位过程中有 SEP 及 MEP 异常变化者,术中唤醒试验患者下肢运动感觉功能正常。术后切口均 I 期愈合。3 例术后出现脑脊液漏,行硬膜修补后伤口愈合良好。3 例脑脊液漏患者住院时间为 $14.3\pm 2.1\text{d}$ (12~16d)。2 例后凸畸形患者分别于术后第 2 天和术后第 4 天并发肠系膜上动脉综合征,行胃肠减压、禁食及营养支持治疗,分别于术后第 7 天及术后第 10 天恢复正常。围手术期未发生感染、呼吸衰竭、动静脉血栓等其他并发症。所有患者平均住院时长为 $13.9\pm 2.4\text{d}$ 。随访 18~40 个月 (27.6 ± 2.8 个月),未出现内固定棒断裂、螺钉松动、矫形丢失及深部感染等并发症。截骨矫形植骨融合部位, X 线片显示在术后 10~15 个月 (11 ± 1.4 个月)良好融合。20 例患者术后 1 周站立位脊柱全长正侧位 X 线片显示,冠状面和矢状面失平衡均得到良好的矫正,冠状面 Cobb 角矫正率为 $(75.5\pm 4.5)\%$,矢状面 Cobb 角矫正率为 $(63.5\pm 5.7)\%$,术后 1 周冠状面和矢状面 Cobb 角、冠状位顶椎偏移距离、双肩相对高度差及矢状面偏移距离与术前比较均明显变小 ($P<0.05$),末次随访时与术后 1 周比较无统计学差异 ($P>0.05$,表

1)。矢状位上各参数在术后 1 周与翻修术前比较 P 值均 <0.05 ,均得到了有效的改善,与末次随访时比较无明显改变 ($P>0.05$,表 2,图 2)。末次随访时,冠状面矫形丢失率为 26.5%,矢状面矫形丢失率为 34.1%。翻修术后 6 个月 SRS-22 量表功能、疼痛、外观、精神健康、满意度评分与翻修术前比较均明显增加 ($P<0.05$,表 3)。

3 讨论

本研究中采用的 VCD 截骨技术由王岩等^[13]首先报道用于矫正成人先天性僵硬性脊柱侧后凸畸形,并取得了良好的手术效果。该技术在总结 PSO、VCR 及蛋壳技术的基础上改良而成,为经椎弓根对椎体进行的 Y 形截骨,通过楔形切除椎体后柱部分松质骨而实现矫正畸形的目的。在矫形

表 1 10 例冠状面失衡患者翻修术前、术后 1 周和末次随访时冠状面 Cobb 角、顶椎偏移距离与双肩相对高度差 ($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Coronal Cobb angle, apical vertebral offset distance, the relative height of shoulders of one week after revision surgery, final follow-up and pre-revision operative

	冠状面 Cobb 角($^{\circ}$) Coronal Cobb angle	顶椎偏移距 离(cm) Apical vertebral offset distance	双肩相对高 度差(cm) The relative height of shoulders
翻修术前 Pre-revision operative	64.2 ± 15.6	8.1 ± 2.3	3.0 ± 0.8
术后 1 周 One week after revision surgery	$15.7\pm 4.9^{\text{①}}$	$1.3\pm 0.9^{\text{①}}$	$0.3\pm 0.2^{\text{①}}$
末次随访 Final follow-up	$15.7\pm 4.9^{\text{②}}$	$1.3\pm 0.9^{\text{②}}$	$0.3\pm 0.2^{\text{②}}$

注:①与翻修手术前比较 $P<0.05$;②与翻修手术后 1 周比较 $P>0.05$

Note: ①Compared with pre-revision operative, $P<0.05$; ②Compared with one week after revision surgery, $P>0.05$

表 2 17 例矢状面失衡患者翻修术前、术后 1 周及末次随访时矢状面参数

Table 2 Spinopelvic parameters of pre-revision operative, one week after revision operative and the final follow-up of 17 cases with sagittal imbalance

	矢状面 Cobb 角($^{\circ}$) Sagittal Cobb angle	腰前凸角度($^{\circ}$) Lumbar lordosis	骶骨倾斜角 ($^{\circ}$) Sacral slope	骨盆倾斜角 ($^{\circ}$) Pelvic tilt	矢状面偏移距 Sagittal vertical axis(cm)	胸腰段后凸角 Thoracolumbar kyphosis($^{\circ}$)	骨盆入射角($^{\circ}$) Pelvic incidence
翻修手术前 Pre-revision surgery	92.7 ± 9.7	2.4 ± 14.5	4.8 ± 8.3	44 ± 7.4	14.7 ± 3.4	38.1 ± 7.2	43.8 ± 6.5
术后 1 周 One week post-operative	$28.7\pm 8.7^{\text{①}}$	$38.8\pm 5.9^{\text{①}}$	$33.5\pm 7.2^{\text{①}}$	$10.4\pm 4.5^{\text{①}}$	$5.5\pm 0.9^{\text{①}}$	$8.0\pm 3.9^{\text{①}}$	43.8 ± 6.5
末次随访 Final follow-up	$28.2\pm 8.8^{\text{②}}$	$37.7\pm 5.8^{\text{②}}$	$33.2\pm 7.2^{\text{②}}$	$10.8\pm 4.6^{\text{②}}$	$5.5\pm 0.9^{\text{②}}$	$8.5\pm 3.9^{\text{②}}$	43.8 ± 6.5

注:①与翻修手术前比较 $P<0.05$;②与翻修手术后 1 周比较 $P>0.05$

Note: ①Compared with pre-revision operative, $P<0.05$; ②Compared with one week after revision surgery, $P>0.05$



图 2 患者男, 27 岁, 22 岁时于当地医院诊断为强直性脊柱炎后凸畸形并行椎弓根经椎弓根截骨矫形椎弓根螺钉内固定术, 术后 5 年出现驼背畸形进行性加重伴有腰背部疼痛及行走时双下肢放射痛 a 术前站立位侧面外观照示患者身体前倾, 不能平视前方 b 术前 X 线片示初次手术固定范围为 T10~L3, 箭头 A 所指为初次截骨部位, 箭头 B 所指为术后 L3/4 棘突间韧带发生断裂, 形成一假关节, 术前患者站立侧位矢状面测量 T1-S1 Cobb 角为 76°, 胸腰段 Cobb 角 9°, 腰前凸消失 L1-L5 Cobb 角为 -6°, 骶骨倾斜角(SS) 为 1°, 骨盆倾斜角(PT)41°, 骨盆入射角(PI)43°, 矢状面偏移(SVA)16.5cm c 术前脊柱三维 CT 重建, 箭头 1 指向初次截骨部位显示已骨性融合, 箭头 2 指示退变部位 d 术中完成截骨及矫形复位之后透视, 显示畸形获得良好矫正 e 术后 1 周站立位侧面外观照显示患者身体前倾角度减小, 可正常平视前方 f 术后 1 周 X 线片示翻修术固定范围为 T10~L5, 术后 1 周患者站立侧位矢状面测量 T1-S1 Cobb 角为 37°, 胸腰段 Cobb 角 9°, 腰前凸恢复一定的角度, L1-L5 Cobb 角为 31°, SS 34°, PT 13°, PI 43°, SVA 7.6cm g, h 术后 1 年复查 X 线片及脊柱 CT 重建示 VCD 截骨部位已获得骨性融合, 矫形无丢失, 内固定物位置良好

术前患者站立侧位矢状面测量 T1-S1 Cobb 角为 76°, 胸腰段 Cobb 角 9°, 腰前凸消失 L1-L5 Cobb 角为 -6°, 骶骨倾斜角(SS) 为 1°, 骨盆倾斜角(PT)41°, 骨盆入射角(PI)43°, 矢状面偏移(SVA)16.5cm c 术前脊柱三维 CT 重建, 箭头 1 指向初次截骨部位显示已骨性融合, 箭头 2 指示退变部位 d 术中完成截骨及矫形复位之后透视, 显示畸形获得良好矫正 e 术后 1 周站立位侧面外观照显示患者身体前倾角度减小, 可正常平视前方 f 术后 1 周 X 线片示翻修术固定范围为 T10~L5, 术后 1 周患者站立侧位矢状面测量 T1-S1 Cobb 角为 37°, 胸腰段 Cobb 角 9°, 腰前凸恢复一定的角度, L1-L5 Cobb 角为 31°, SS 34°, PT 13°, PI 43°, SVA 7.6cm g, h 术后 1 年复查 X 线片及脊柱 CT 重建示 VCD 截骨部位已获得骨性融合, 矫形无丢失, 内固定物位置良好

Figure 2 A male patient of 27 years old suffered pedicle subtraction osteotomy because of ankylosing spondylitis with kyphotic deformity. The man suffered a developing kyphotic deformity with low back pain and radiating pain of both lower extremities a According to preoperative standing side appearance showed that patients with the body forward and disable to stare forward b Perioperative X-ray radiographic shows that pedicle screws were implanted from T10-L3 for primary correction surgery and pedicle subtraction osteotomy was carried out for the first lumbar vertebrae showed by the arrow A; pseudoarthrosis and ligamenta interspinalia fracture between L3 and L4 occurred showed by arrow B. Sagittal parameters of Standing lateral radiography of preoperative was T1-S1 Cobb angle 76°, TK 9°, LL -6°, PI 43°, PT 41°, SS 1°, SVA 16.5cm c Sagittal CT scan of preoperative, number 1 arrow shows the first osteotomy site, number 2 arrow shows the ligamenta interspinalia degenerative change and the broken site d The kyphotic deformity was corrected satisfactorily with the help of VCD and instrument rod by cantilever during the monitoring of C-arm as planned e The angle of body forward was reduced and can stare forward naturally one week after revision surgery f One week of postoperative X-ray radiographic shows that internal instrumentation range from T10-L5, the third lumbar vertebrae was removed by VCD and intervertebral fusion cage were used for revision surgery. Sagittal parameters of Standing lateral radiography of post-operative one week was T1-S1 Cobb angle 37°, TK 9°, LL 31°, PI 43°, PT 13°, SS 34°, SVA 7.6cm g, h The X-ray and sagittal CT scan of one year after revision surgery shows the second osteotomy site obtained good fusion, no correction loss and no instrumentation failure

机理方面, 传统的 SPO 技术通过前方椎间隙的张开实现后方截骨面的闭合达到矫形的目的, 属于楔形张开式截骨技术^[14]; 而 PSO 技术铰链中心位

于椎体前方的皮质骨, 主要是通过铰链中心闭合后方楔形截骨面完成矫形手术, 属于闭合式截骨矫形技术^[14]; VCD 是经椎弓根截骨通道楔形去除

表 3 翻修术前与术后 6 个月 SRS-22 量表评分比较
Table 3 Comparison of the pre-revision operative and post-operative 6 month follow-up data of SRS-22

	翻修术前 Pre-revision operative	术后 6 个月 Post-operative 6 month	P 值 P value
功能 Function	2.61±0.72	4.43±0.44	0.002
疼痛 Pain	3.36±1.15	4.18±0.58	0.001
外观 Appearance	2.27±0.55	4.25±0.50	0.000
精神健康 Mental	2.84±0.98	4.61±0.59	0.003
满意度 Satisfaction	1.85±0.34	4.81±0.20	0.002

椎体后方 1/3 松质骨, 通过后方楔形截骨面的闭合以及前方皮质骨适当张开达到矫形的目的。VCD 技术适用于先天性脊柱侧后凸畸形、脊柱角状后凸畸形、脊柱肿瘤及强直性脊柱炎脊柱后凸畸形及需经 VCR 矫正的僵硬性脊柱畸形。相关文献陆续报道使用该技术治疗脊柱矢状面成角畸形、强直性脊柱炎脊柱后凸畸形以及 Pott's 畸形, 均获得了良好的临床效果^[15-17]。VCD 技术用于脊柱畸形翻修手术与 SPO、PSO 和 VCR 等截骨技术相比, 具有以下优点: ①VCD 截骨技术以椎弓根为导向对椎体进行 Y 形截骨操作, 楔形截骨的止点位于椎体中后柱 1/3 交界处, 其铰链中心亦位于此处, 截骨完成后通过后柱楔形截骨面的闭合使前柱自然张开和延长, 避免了 PSO 技术中以椎体前柱为铰链中心, 使后柱过度短缩造成的脊髓皱缩、神经根受压等严重并发症^[2,18]。Willems 等^[19]报道 62 例行 VCD 手术的强直性脊柱炎后凸畸形患者术后神经损伤的并发症为 9.6%。Ahn 等^[20]曾报道 PSO 神经损伤的发生率为 12.0%; Buchowski 等^[21]报道 33 例行 PSO 矫形术的患者中神经损伤的发生率为 15.2%。本组 20 例患者术中脊髓监测未发现在复位过程中有 SEP 及 MEP 异常变化者, 术中唤醒试验患者下肢运动感觉功能正常。②VCD 截骨技术保留了椎体的中柱和前柱, 而椎体中柱是椎体三维结构保持稳定的重要成分, 在三维重建中起重要作用, 降低了 VCR 技术中造成的脊柱畸形矫形术后冠状面或矢状面失平衡的风险。本组 20 例患者术后随访期间未发现冠状面及矢状面失平衡现象, 末次随访与术后 1 周冠状面的顶椎偏移和矢状面偏移距离相比无统计学差异

($P>0.05$)。③VCD 技术并不完全切除截骨椎体的所有松质骨, 与 VCR 及 PSO 技术相比避免了因松质骨大量切除造成的术中大出血^[22]。相关文献报道单节段 VCR 截骨操作过程中平均失血量约为 2000ml^[22]。Yang 等^[23]曾报道后路多节段椎体截骨矫形术用于严重脊柱畸形术后的翻修治疗, 其失血量平均为 4130ml。本研究中 20 例患者术中平均失血量为 830.0±150.5ml。④截骨操作从咬除椎弓根建立截骨通道至截骨完成始终在骨性结构内进行, 由内向外缓慢进行, 避免了椎体周围大血管损伤及大量失血的风险^[13]。⑤VCD 截骨后残余骨质可作为骨性 cage^[13,15,16]取代 VCR 技术中的金属融合器, 增加术后截骨面的融合成功率, 翻修术后的高融合率可有效避免因融合失败导致内固定失败如断钉、断棒等造成的矫正丢失。Smith 等^[24]报道脊柱手术后融合尚未坚固时内固定系统的载荷稳定性较差, 容易发生内固定棒断裂。

对于脊柱畸形翻修手术的患者, 无论心理方面还是经济方面都承受着巨大的压力, 因为经历过前次手术的失败, 对翻修手术存在一定的恐惧感, 而且对翻修手术的期望值更大。除此之外, 因为前次手术经历, 患者原手术部位往往出现瘢痕组织增生, 正常解剖结构难以辨认, 在暴露过程中存在失血过多及损伤硬膜或神经的风险, 增加手术难度及延长手术时间。VCD 截骨为经椎弓根由内向外进行椎体的 Y 形截骨, 截骨操作主要在椎体后方进行, 铰链中心的位置可随着截骨角度的大小而进行调整, 截骨过程中保留椎弓根内外壁的完整可以有效避免神经根及硬膜的损伤, 降低了术中硬膜破裂及脑脊液漏的风险。本组 20 例翻修患者中仅 3 例出现脑脊液漏, 且在术后平均 9d 恢复并出院。VCD 截骨过程中, 后方椎板在前方椎体 Y 形截骨完成后再行切除, 避免因过多松质骨和椎板的切除而出现大量失血, 同时可以缩短手术时间, 本组 20 例患者手术时间为 5.3±0.7h, 术出血量为 830.0±150.5ml。减少术中失血量及神经、硬膜损伤率的降低可以使患者术后早期下地活动, 有助于术后的恢复, 减少住院时间及治疗费用, 本组病例住院时间为 13.9±2.4d。

综上所述, 脊柱畸形为脊柱三维平面失平衡后出现的严重结果, 手术可以获得满意的临床效果, 但如若手术方式选择不当或手术经验不足以及对脊柱畸形的认识不充分易导致术后畸形易加

重或发生新的畸形等严重并发症, 此类患者需接受二次手术重新获取脊柱的平衡和稳定。VCD 综合了多种截骨术式的优点, 在脊柱畸形的翻修治疗中通过单个或多个椎体的 Y 形松质骨切除技术同时结合脊柱内固定融合技术, 可安全有效地重新恢复脊柱的平衡和稳定, 获得良好的三维矫正效果, 同时可避免术中大量失血、神经损伤等严重并发症, 可作为脊柱畸形翻修治疗的一种安全有效的手术方法。

4 参考文献

- Hamzaoglu A, Ozturk C, Aydogan M, et al. Posterior only pedicle screw instrumentation with intraoperative halo-femoral traction in the surgical treatment of severe scoliosis (>100 degrees)[J]. Spine, 2008, 33(9): 979-983.
- Lehmer SM, Keppler L, Biscup RS, et al. Posterior transvertebral osteotomy for adult thoracolumbar kyphosis [J]. Spine, 1994, 19(18): 2060-2067.
- 杨庆磊, 尹庆水, 马向阳, 等. 重度脊柱畸形后路截骨术应用进展[J]. 中国骨科临床与基础研究杂志, 2013, 5(3): 179-183.
- Smith-Petersen MN, Larson CB, Aufranc OE. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis[J]. Clin Orthop Relat Res, 1969, 66: 6-9.
- Thomasen E. Vertebral osteotomy for correction of kyphosis in ankylosing spondylitis[J]. Clin Orthop Relat Res, 1985, 194: 142-152.
- Suk SI, Chung ER, Kim JH, et al. Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis[J]. Spine, 2005, 30(14): 1682-1687.
- Boachie-Adjei O. Role and technique of eggshell osteotomies and vertebral column resections in the treatment of fixed sagittal imbalance[J]. Instr Course Lect, 2006, 55: 583-589.
- 王岩, 张永刚, 郑国权, 等. 脊柱去松质骨截骨治疗僵硬性脊柱侧凸的有效性及其安全性分析[J]. 中华外科杂志, 2010, 48(22): 1701-1704.
- 海涌, 陈志明, 马华松, 等. 重度脊柱侧凸的手术治疗[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2005, 15(4): 199-202.
- Buchowski JM, Skaggs DL, Sponseller PD. Temporary internal distraction as an aid to correction of severe scoliosis. Surgical technique[J]. J Bone Joint Surg Am, 2007, 89(Suppl 2): 297-309.
- Pichelmann MA, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Revision rates following primary adult spinal deformity surgery: six hundred forty-three consecutive patients followed-up to twenty-two years postoperative[J]. Spine, 2010, 35(2): 219-226.
- Kuklo TR, Potter BK, Lenke LG, et al. Surgical revision rates of hooks versus hybrid versus screws versus combined anteroposterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2007, 32(20): 2258-2264.
- Wang Y, Zhang Y, Zhang X, et al. A single posterior approach for multilevel modified vertebral column resection in adults with severe rigid congenital kyphoscoliosis: a retrospective study of 13 cases[J]. Eur Spine J, 2008, 17(3): 361-372.
- Chang KW, Chen YY, Lin CC, et al. Closing wedge osteotomy versus opening wedge osteotomy in ankylosing spondylitis with thoracolumbar kyphotic deformity[J]. Spine, 2005, 30(14): 1584-1593.
- Wang Y, Lenke LG. Vertebral column decancellation for the management of sharp angular spinal deformity[J]. Eur Spine J, 2011, 20(10): 1703-1710.
- Zhang X, Zhang Z, Wang J, et al. Vertebral column decancellation: a new spinal osteotomy technique for correcting rigid thoracolumbar kyphosis in patients with ankylosing spondylitis[J]. Bone Joint J, 2016, 98-B(5): 672-678.
- Wang Y, Zhang Y, Zhang X, et al. Posterior-only multilevel modified vertebral column resection for extremely severe Pott's kyphotic deformity [J]. Eur Spine J, 2009, 18(10): 1436-1441.
- Kawahara N, Tomita K, Kobayashi T, et al. Influence of acute shortening on the spinal cord: an experimental study[J]. Spine, 2005, 30(6): 613-620.
- Willems KF, Slot GH, Anderson PG, et al. Spinal osteotomy in patients with ankylosing spondylitis: complications during first postoperative year[J]. Spine, 2005, 30(1): 101-107.
- Ahn UM, Ahn NU, Buchowski JM, et al. Functional outcome and radiographic correction after spinal osteotomy[J]. Spine, 2002, 27(12): 1303-1311.
- Buchowski JM, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Neurologic complications of lumbar pedicle subtraction osteotomy: a 10-year assessment[J]. Spine, 2007, 32(20): 2245-2252.
- Newton PO, Bastrom TP, Emans JB, et al. Antifibrinolytic agents reduce blood loss during pediatric vertebral column resection procedures[J]. Spine, 2012, 37(23): E1459-1463.
- Yang JH, Suh SW, Cho WT, et al. Effect of posterior multilevel vertebral osteotomies on coronal and sagittal balance in fused scoliosis deformity caused by previous surgery: preliminary results[J]. Spine, 2014, 39(22): 1840-1849.
- Smith JS, Shaffrey CI, Ames CP, et al. Assessment of symptomatic rod fracture after posterior instrumented fusion for adult spinal deformity[J]. Neurosurgery, 2012, 71(4): 862-867.

(收稿日期: 2016-02-21 末次修回日期: 2016-07-08)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)