

临床论著

脊柱截骨术治疗合并脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征的先天性脊柱侧凸

刘 明, 陶惠人, 段春光, 李 涛, 张波波, 马 骏, 苏 薇, 罗卓荆

(第四军医大学西京医院骨科 710032 陕西省西安市)

【摘要】目的:探讨脊柱截骨术治疗合并脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征的先天性脊柱侧凸的安全性和有效性。方法:回顾性分析 2007 年 6 月~2013 年 6 月在我院采用脊柱截骨术治疗的 23 例合并脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征的先天性脊柱侧凸患者。其中男 6 例,女 17 例;手术时年龄 16.9 ± 3.4 岁(10~23 岁)。腰骶部疼痛 8 例,其中 5 例仅表现为腰骶部疼痛,神经功能损害 18 例。术前冠状位 Cobb 角 $95.4^\circ \pm 25.2^\circ$ ($65^\circ \sim 156^\circ$)。I 型脊髓纵裂 9 例,II 型脊髓纵裂 14 例。脊髓圆锥位置均在 L3 水平以下。对合并 I 型脊髓纵裂伴脊髓拴系的患者,采用骨性纵隔切除、一期脊柱截骨矫形;合并 II 型脊髓纵裂伴脊髓拴系的患者单纯行一期脊柱截骨矫形(未处理纤维纵隔)。其中行全脊椎截骨 13 例,经椎弓根截骨 10 例。术前、术后 3 个月和末次随访时分别测量患者侧凸 Cobb 角,并按脊柱裂神经功能评分(SBNS)分级评估神经功能恢复情况。结果:手术时间 571.1 ± 136.5 min (310~835 min);术中失血量 4888.3 ± 2482.3 ml (500~9600 ml)。随访 38.9 ± 18.3 个月(24~79 个月)。术后冠状面 Cobb 角 $33.7^\circ \pm 15.9^\circ$ ($3^\circ \sim 73^\circ$),较术前明显改善($P < 0.05$),矫正率平均为 $(62.3 \pm 14.1)\%$;末次随访时冠状面 Cobb 角 $37.4^\circ \pm 17.2^\circ$ ($5^\circ \sim 82^\circ$),矫正率平均为 $(58.1 \pm 14.7)\%$,较术后平均丢失 $4.2^\circ \pm 2.3^\circ$,与术后比较无明显畸形丢失($P > 0.05$),但与术前相比有明显改善($P < 0.05$)。末次随访时,18 例患者神经损害症状获得不同程度改善,其中 13 例术前 SBNS 神经功能分级为 II 级者术后恢复至 I 级;2 例 III 级恢复至 II 级;另外 3 例神经损害评分提高,SBNS 分级维持不变,脊柱侧凸畸形及局部疼痛明显好转。围手术期出现并发症 5 例,其中 2 例术后出现单侧下肢肌力下降,1 例术后 2 周下肢肌力恢复至 4 级,另 1 例于术后 3 个月恢复至术前水平,术后 2 年随访肌力基本恢复正常;术中发现胸膜破裂 1 例,术后脑脊液漏 1 例、泌尿系感染 1 例。所有病例术后无伤口感染、假关节形成、内固定松动/断裂及永久性神经损害并发症。结论:脊柱截骨术治疗合并脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征的先天性脊柱侧凸患者安全有效,且对神经功能恢复有促进作用。

【关键词】脊柱侧凸;脊髓纵裂;脊髓拴系综合征;截骨术

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2016.01.06

中图分类号:R682.1,R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2016)-01-0030-07

Spinal osteotomy for longitudinal split spinal cord malformation associated with tethered cord syndrome of congenital scoliosis/LIU Ming, TAO Huiren, DUAN Chunguang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(1): 30-36

【Abstract】Objectives: To study the safety of spinal osteotomy for congenital scoliosis associated with longitudinal split spinal cord malformation(SSCM) and tethered cord syndrome(TCS). Methods: From June 2007 to June 2013, a total of 23 patients underwent spinal osteotomies for longitudinal SSCM associated with TCS in our hospital. 6 of them were male, and 17 cases were female with an average age of 16.9 years(range, 10 to 23 years). 8 patients presented with lumbosacral pain, including 5 patients with only lumbosacral pain. 18 patients had neurological deficit. There were 9 patients with type I SSCM and 14 patients with type II SSCM. During surgery, bony spurs were resected in patients with type I SSCM, while nothing was done for type II SSCM; pedicle subtraction osteotomy(PSO) was performed in 10 patients and vertebral column resection(VCR) in 13; posterior fusion surgery was performed following the correction. The local of conus medullaris

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:81070698)

第一作者简介:男(1985-),硕士在读,住院医师,研究方向:脊柱外科

电话:(029)84775288 E-mail:liuming2186@163.com

通讯作者:陶惠人 E-mail:taohr816@fmmu.edu.cn

of all patients were below L3. Preoperative average coronal Cobb angle was $94.5^{\circ} \pm 25.4^{\circ}$ ($65^{\circ} - 156^{\circ}$). All coronal Cobb angle and SBNS grade were measured before operation, after operation and at final follow-up.

Results: All patients were followed up for a minimum of 24 months after initial surgical treatment with an average follow-up of 38.9 ± 18.3 months (range, 24–79 months). The average operation time was 571.1 ± 136.5 min (range, 310–835 min), and the average intraoperative blood loss was 4888.3 ± 2482.3 ml (range, 500–9600 ml). Postoperative coronal Cobb angle ranged from 3° to 73° (average, $33.7^{\circ} \pm 15.9^{\circ}$). Compared with preoperative Cobb angle, postoperative Cobb angle showed significant decrease ($P < 0.05$). The immediate postoperative correction rate was $(62.3 \pm 14.1)\%$. At the final follow-up, the coronal Cobb angle ranged from 5° to 82° (average, $37.4^{\circ} \pm 17.2^{\circ}$), with a correction loss $4.2^{\circ} \pm 2.3^{\circ}$. The final correction rate was $(58.1 \pm 14.7)\%$. Compared with preoperation, these indexes showed significant differences ($P < 0.05$). The neurological function was improved in 18 cases. 13 patients improved from preoperative SBNS grade II to grade I. 2 patients from preoperative SBNS grade III to grade II. Although neurological function scores of the other 3 cases improved, SBNS grading remained unchanged. The coronal deformity and the local back pain relieved very well. The overall perioperative complications were noted in 5 cases. Postoperative unilateral lower limb neurological deterioration was noted in 2 cases, which recovered at 2 weeks and 3 months respectively. Cerebrospinal fluid leakage was noted in 1 case, pleural rupture in 1 case and urinary infection in 1 case. No infection surgical site, nonunion, pseudarthrosis, implant failure and permanent neurological deterioration were noted in all cases.

Conclusions: The spinal osteotomy for SSCM associated with TCS is safe, effective and of well recovery of neurological function.

[Key words] Scoliosis; Split spinal cord malformation; Tethered cord syndrome; Osteotomy

[Author's address] Department of Orthopaedics, Xijing Hospital, Fourth Military Medical University, Xi'an, 710032, China

脊髓纵裂作为一种先天性骨性或纤维性纵隔,将脊髓分为两部分,进而对脊髓产生牵拉、限制,可引起脊髓拴系综合征^[1-3]。脊髓拴系综合征(tethered cord syndrome, TCS)是由于各种原因限制脊髓移动,将脊髓固定于相对较低的位置,脊髓受牵拉、张力增加,造成脊髓缺血、缺氧和变性,进而产生神经损害的症状^[4-5]。脊髓纵裂合并脊髓拴系综合征的发生率为 $12.5\% \sim 70.8\%$ ^[6-9],其危害主要表现为神经功能的损害。传统的治疗方案主要是去除脊髓纵裂间隔,同时探查终丝、马尾,切断增粗、变短的终丝,减低圆锥和马尾的张力^[6,10]。近年来,有学者提出采用脊柱截骨缩短术治疗脊髓拴系综合征,通过脊柱缩短截骨间接减少对脊髓的张力,缓解神经症状^[7,11-13]。但是,对于合并脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征的脊柱侧凸是否可以通过截骨术达到既矫正脊柱侧凸又促进神经损害症状恢复的相关报道较少。2007 年 6 月~2013 年 6 月我们采用脊柱截骨术治疗合并脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征的先天性脊柱侧凸患者,报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

23 例患者中,男 6 例,女 17 例,均为合并脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征的先天性脊柱侧凸患者;年龄 10~23 岁(16.9 ± 3.4 岁)。术前以局部症状为主的 5 例,主要表现为腰骶部疼痛;18 例有不同程度神经损害症状,其中 3 例仅有一种神经症状,6 例有两种神经症状,9 例有 3 种或 3 种以上神经症状。其中 8 例出现腰骶部疼痛,5 例仅表现为腰骶部疼痛,另外 3 例合并其他神经功能损害表现;11 例下肢肌力下降,踝背伸肌肌力下降 6 例,其中 1 例单侧下肢不完全性瘫痪;4 例下肢感觉障碍,其中 1 例合并会阴部感觉减退;2 例小便功能障碍,1 例表现为尿频、尿急,另 1 例频发夜间遗尿;膝腱、跟腱反射减弱 3 例,消失 5 例,亢进 2 例;5 例肢体细小,2 例足畸形,马蹄内翻足、高弓足各 1 例。所有患者术前常规行全脊柱 X 线片、CT 及 MRI 检查,明确脊柱侧凸畸形程度、脊髓纵裂类型、脊髓圆锥位置。术前冠状位 Cobb 角 $65^{\circ} \sim 156^{\circ}$ ($95.4^{\circ} \pm 25.2^{\circ}$),柔韧性为 $4.0\% \sim 19.3\%$ [$(13.1 \pm 3.4)\%$], I 型脊髓纵裂 9 例, II 型脊髓纵裂 14 例。I 型脊髓纵裂患者中骨性纵隔主要位于胸腰段及腰段,其中位于 T6~T7 2 例, T10~T12、T12~L1、L3~L4 各 1 例, L2、L4 各 2 例。II 型纵裂

位于胸段 8 例,胸腰段 3 例,腰段 3 例。合并 I 型脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征采用一期手术切除骨性纵隔的截骨矫形术;合并 II 型脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征患者直接行截骨矫形,不处理纤维纵隔。采用全脊椎截骨(vertebral column resection, VCR)13 例,经椎弓根楔形截骨(pedicle subtraction osteotomy, PSO)10 例。

1.2 手术方法

全身麻醉,患者俯卧位,自上端固定椎棘突至下端固定椎棘突,沿上、下端固定椎间的各椎体棘突连线做弧形切口。(1)脊髓纵裂的处理:对 I 型脊髓纵裂患者,首先于骨性纵隔所在节段行椎旁肌肉显露,骨膜下剥离显露骨性纵隔。以咬骨钳或磨钻切除骨性纵隔,探查骨性纵隔是否完全切除并彻底止血。对 II 型脊髓纵裂,截骨矫形前不予处理纤维纵隔。(2)截骨:①13 例 Cobb 角 $>90^\circ$ 、柔韧性 $<20\%$ 的脊柱侧凸行全脊椎截骨术。于顶椎区凸侧距离肋横突关节 2cm 处切断并切除近端肋骨约 2~3cm,咬除该椎体全椎板及其上、下关节突。于凸侧经横突—椎弓根—椎体切除前方椎体及其邻近上、下椎间盘和软骨终板。同法处理凹侧,使之与凸侧贯通。截骨完毕后使用平移技术安装内固定系统,凸侧加压闭合截骨间隙,凹侧撑开完成矫形。②10 例 Cobb 角在 $65^\circ\sim 90^\circ$ 且柔韧性 $<20\%$ 的侧凸患者行经椎弓根楔形截骨术。于顶椎区凸侧距离肋横突关节 2cm 处切断并切除近端肋骨约 2~3cm,咬除该椎体椎板及其上、下关节突。凸侧经横突—椎弓根—椎体切除前方椎体及其邻近上、下椎间盘和软骨终板,凹侧打开椎间孔,形成冠状面凸侧宽、凹侧窄的截骨间隙。使用平移技术安装内固定系统,行凸侧加压闭合截骨间隙,凹侧撑开完成矫形。将切除的椎板和椎体修剪成碎骨粒,植入截骨间隙。13 例用异体骨板重建椎管后壁。安装横联,放置引流管,缝合切口。

手术过程均在体感诱发电位(SEP)和运动诱发电位(MEP)监护下进行,在截骨及骨性纵隔切除时,当 SEP 波幅下降大于 50%或 MEP 消失,立即停止手术操作,补充血容量、提升血压等措施,观察脊髓监护改变;如无改善,应探查截骨断端及内固定装置,减少矫形力度改善脊髓皱褶引起的脊髓缺血,必要时行唤醒试验。

1.3 术后处理

术后常规行心电图监护,严密观察患者生命体

征、双下肢感觉、运动情况及引流量变化,术后引流量较多患者结合血常规及时予以输血。术后第 1 天,所有患者开始在床上行双下肢功能锻炼,预防双下肢深静脉血栓形成。术后 3~5d 拔除引流管,同时在腰围或支具保护下下床活动,腰围、支具穿戴时间为 6~12 个月。

1.4 疗效评价指标

所有患者术后 3 个月、末次随访时均行站立位全脊柱正侧位 X 线片检查,了解侧凸矫形、内固定位置及植骨融合情况,测量主弯 Cobb 角。当患者术后出现神经损害症状,术后即刻行 MRI 或 CT 检查,检查是否存在术中脊髓损伤,如椎弓根螺钉误入椎管、血肿压迫脊髓等;或随访过程中原有神经损害症状逐渐加重时,行脊柱 MRI 或 CT。采用脊柱裂神经功能评分^[14](Spina Bifida Neurological Scale, SBNS)对患者神经功能进行评分,包括肌力、反射、大小便功能。每项评分分别为 6 分、4 分、5 分,总分 15 分。按评分结果对神经功能状态进行分级:Ⅰ级(15 分),脊髓功能完整;Ⅱ级(11~14 分),可自主活动伴肌力减弱;Ⅲ级(6~10 分),可自主活动伴不完全性瘫痪或大小便功能障碍;Ⅳ级(4~5 分),生活不能自理;Ⅴ级(3 分),完全卧床。对存在腰骶部疼痛患者,采用视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)对疼痛进行评分,总分 10 分。

1.5 统计学处理

应用 SPSS 18.0 统计学软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示。对术前、术后、末次随访 Cobb 角、SBNS 及 VAS 评分采用配对 t 检验进行统计学处理, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

手术均顺利完成,手术时间 $571\pm 136.5\text{min}$ (310~835min);术中失血量 $4888\pm 2482.3\text{ml}$ (500~9600ml);术中输血量 $4917\pm 2183.4\text{ml}$ (200~9350ml)。术后随访 38.9 ± 18.3 个月(24~79 个月)。术前、术后 3 个月和末次随访时的冠状面 Cobb 角见表 1。术后 Cobb 角较术前明显改善 ($P<0.05$),矫形率平均为 $(62.3\pm 14.1)\%$;末次随访时 Cobb 角较术后平均丢失 4.2° ,与术后比较无明显矫形丢失 ($P>0.05$) (图 1、2)。

末次随访时,患者无新发神经症状及原有症状加重。3 例有一种神经症状的患者中,2 例症状

完全消失,1 例症状部分缓解;6 例有两种神经症状的患者中,4 例症状明显缓解,2 例部分改善;9 例有 3 种或 3 种以上神经症状的均有不同程度的缓解。18 例(78.3%,18/23)患者神经损害症状获得不同程度改善,其中 13 例术前 SBNS 神经功能分级为 II 级,术后恢复到 I 级,2 例 III 级恢复至 II 级,另外 3 例虽然 SBNS 分级维持不变,但神经损害评分提高,而且脊柱侧凸畸形及局部疼痛明显好转(表 2)。腰骶部疼痛患者改善率 75%(6/8),下肢肌力下降患者症状改善率,72.7%(8/11),下肢细小患者改善率 60%(3/5),2 例术前有大小便功能障碍患者症状均消失,改善率为 100%(2/2)。2 例足畸形患者未见明显改善,仍需手术矫形。手术前、后 SBNS 功能评分及 VAS 评分有统计学差异($P<0.05$,表 1)。

共 5 例(21.7%,5/23)出现并发症。其中术后神经并发症 2 例(8.7%,2/23),均为 I 型脊髓纵裂

表 1 手术前后 SBNS 评分、VAS 评分、冠状位 Cobb 角的比较

Table 1 Comparison of SBNS and VAS score, Coronal Cobb angle between preoperation and postoperation

	术前 Preoperation	术后 3 个月 3 months postoperation	末次随访时 Final follow-up
SBNS 评分(分) SBNS(points)	12.6±1.9 (7~15)	14.2±1.4 ^① (11~15)	14.5±1.2 ^{①②} (10~15)
VAS 评分(分) VAS(points)	5.3±1.9 (3~7)	1.4±1.3 ^① (0~3)	1.6±1.1 ^{①②} (0~3)
冠状位 Cobb 角(°) Coronal Cobb angle(degrees)	95.4±25.2 (65~156)	33.7±15.9 ^① (3~73)	37.4±17.2 ^{①②} (5~82)

注:①与术前比较 $P<0.05$;②与术后 3 个月比较 $P>0.05$

Note: ①Compared with preoperative, $P<0.05$;②Compared with postoperative, $P>0.05$



图 1 患者女,13 岁,脊柱侧凸合并 I 型脊髓纵裂 a、b 术前正侧位 X 线片示主胸弯 Cobb 角 92° c~e 术前 CT 及 MRI 示 I 型脊髓纵裂,骨性纵隔位于 L3、L4 之间 f、g T6、T7 全脊椎截骨术后正侧位 X 线片示冠状位 Cobb 角为 35° h、i 术后 2 年正侧位 X 线片示 Cobb 角 37°,无明显畸形丢失

Figure 1 A 13-year-old girl presented with scoliosis associated with type I split cord malformation a, b Preoperative anteroposterior and lateral X-ray showed the major curve angle was 92° c~e CT and MRI showed the bony spur at L3, L4 f, g After T6, T7 vertebral column resection anteroposterior and lateral X-ray showed Cobb angle was 35° h, i 2 years late anteroposterior and lateral X-ray showed Cobb angle was 37°

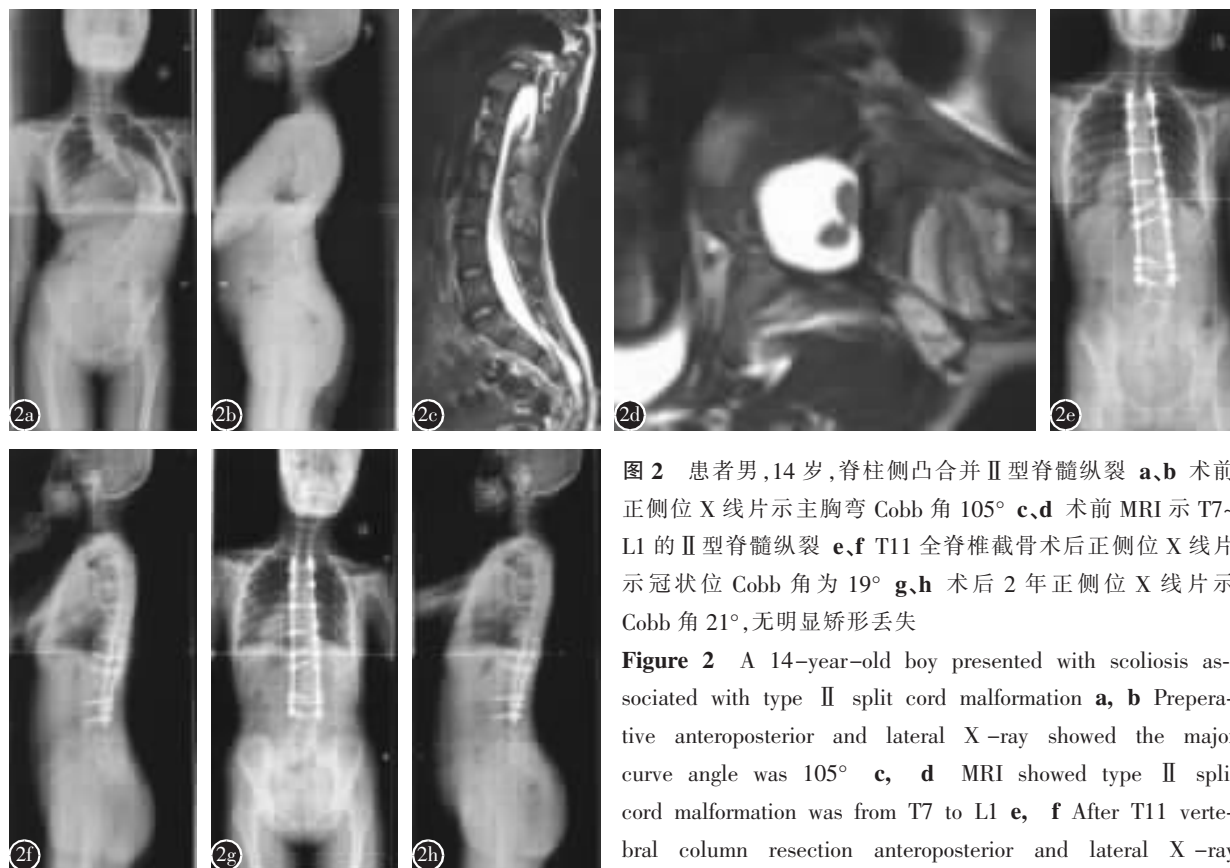


图 2 患者男, 14 岁, 脊柱侧凸合并 II 型脊髓纵裂 a、b 术前正侧位 X 线片示主胸弯 Cobb 角 105° c、d 术前 MRI 示 T7~L1 的 II 型脊髓纵裂 e、f T11 全脊椎截骨术后正侧位 X 线片示冠状位 Cobb 角为 19° g、h 术后 2 年正侧位 X 线片示 Cobb 角 21°, 无明显畸形丢失

Figure 2 A 14-year-old boy presented with scoliosis associated with type II split cord malformation a, b Preoperative anteroposterior and lateral X-ray showed the major curve angle was 105° c, d MRI showed type II split cord malformation was from T7 to L1 e, f After T11 vertebral column resection anteroposterior and lateral X-ray showed Cobb angle was 19° g, h 2 years late anteropos-

terior and lateral X-ray showed Cobb angle was 21°

表 2 手术前、末次随访时的 SBNS 分级比较

Table 2 Comparison between SBNS grade before surgery and at final follow-up visit

术前 SBNS 分级 Preoperative SBNS grade	例数 Cases	末次随访 SBNS 分级 Final follow-up SBNS grade		
		I	II	III
I	5	5		
II	15	13	2	
III	3		2	1

伴脊髓拴系的脊柱侧凸患者, 1 例术前肌力正常, 仅表现为反射异常; 另 1 例术前表现为进行性右下肢肌力下降(3 级), 以足趾背伸肌力明显。均行胸段全脊椎截骨术后患者。2 例患者术中脊髓监护信号均正常, 术后出现单侧下肢肌力下降为 2~3 级。术后即刻行 MRI 及三维 CT 检查未见椎弓根螺钉误入椎管内情况, 予甲泼尼龙琥珀酸钠冲击治疗 3d、神经营养药物、高压氧等对症治疗。前者于术后 2 周下肢肌力恢复至 4 级, 后者于术后 3 个月恢复至术前水平。2 例术后 2 年随访时肌力

基本恢复正常。

其他并发症: 1 例术后脑脊液漏患者, 通过头低脚高位、间断夹闭引流管等措施 1 周左右引流量小于 100ml, 顺利拔除引流管。1 例术中发现顶椎截骨凸侧胸膜破裂, 立即行缝合、止血, 并于麻醉苏醒前予以正压通气使肺复张, 术后无胸腔积液、肺不张等情况发生。1 例术后 7d 出现泌尿系感染, 经抗感染治疗 3d 后症状好转, 7d 后治愈出院。本组患者均未发生远期永久性神经并发症, 无下肢深静脉血栓及肺栓塞、肺部感染、伤口感染、假关节形成、断钉断棒、死亡等并发症发生。

3 讨论

3.1 先天性脊柱侧凸合并脊髓纵裂伴脊髓拴系的手术方案选择

脊髓纵裂与脊髓拴系均是先天性脊柱侧凸常见的椎管内畸形。沈建雄等^[15]报道国内脊髓纵裂是先天性脊柱侧凸中最常见的椎管内畸形, 其发生率高达 31%。国外亦有学者^[16,17]报道脊髓拴系

是最常见的椎管内畸形。但是,对于脊髓纵裂伴脊髓拴系的脊柱侧凸报道较少,对其治疗同样缺乏共识。贺增良等^[9]认为双管型脊髓纵裂(Pang I 型)合并脊髓拴系的患者,应去除脊髓纵裂的间隔,对胸腰段以下脊髓纵裂常规探查终丝和马尾,并对增粗、变短的终丝进行松解术,总体有效率达 91%。郝定均等^[7]单纯采用脊柱截骨术治疗合并脊髓纵裂的脊柱侧凸,未处理纵裂,其中合并脊髓拴系 7 例,4 例神经功能获得不同程度恢复。本研究中,对于 I 型脊髓纵裂伴脊髓拴系的脊柱侧凸,我们认为骨性纵隔是引起脊髓拴系的主要原因,尤其当合并神经功能损害时,为避免在矫形过程中骨性纵隔进一步对脊髓造成切割,加重神经损害症状,我们采用骨性纵隔切除加脊柱截骨矫形;对于 II 型脊髓纵裂伴拴系患者,不处理纤维纵隔直接行脊柱截骨短缩矫形术。

脊柱截骨术不仅是脊柱畸形矫形的重要方法,也是治疗脊髓拴系的一种新方法,通过截骨间接减轻脊髓、神经根以及终丝纵轴的张力,促进神经功能恢复^[11,13,18-20]。本组患者术后总体有效率达 78.3%,以膀胱功能障碍症状改善最明显(100%),其次是腰骶部疼痛(改善率均为 75%),肌力较术前改善率为 72.2%,术后 1 年下肢细小改善率为 60%。与传统的拴系松解术后疗效 75%~91%^[6,9]相当。本研究证实,脊柱截骨术可获得与传统拴系松解术同样满意的神经功能恢复效果。

脊柱冠状位平衡的恢复亦是评价矫形效果的一个重要指标。脊柱截骨术不断完善,使矫形率大大提高,应用于脊柱侧凸矫形中矫形率为 59.0%~63.3%^[7,21,22]。对于中、重度僵硬性脊柱侧凸、后凸矫形,可选择经椎弓根截骨或全脊椎截骨,脊柱前后柱均可获得良好重建^[23]。本组病例均为僵硬性脊柱侧凸,柔韧性<20%,对于 13 例 Cobb 角>90°的患者采用全脊椎截骨,对于 10 例 Cobb 角在 60°~90°的患者采用经椎弓根截骨手术。术后冠状位主弯 Cobb 角的平均矫正率为 62.3%,末次随访时矫形平均丢失 4.2°,矫形效果良好,随访效果满意。矫形率既高于脊柱侧凸合并脊髓纵裂的 49.1%~51.0%^[7,24,25],又高于传统拴系松解加侧凸矫形治疗侧凸合并脊髓拴系的 23%~27%^[26,27]。因此,我们认为应用脊柱截骨术治疗合并脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征的脊柱侧凸,在降低脊髓张力、缓解神经症状同时,又提高了脊柱侧凸的矫形率。

3.2 脊柱截骨术的并发症及手术风险

关于并发症方面,应用脊柱截骨术治疗脊柱侧凸的并发症发生率为 17.9%~59%^[21,28,29]。传统的拴系松解术治疗脊髓拴系的并发症发生率为 17%~27.5%^[26,27],其中重要并发症之一是再拴系,发生率可高达 5%~50%^[30-32]。本研究中术后总体并发症的发生率为 21.7%(5/23),神经并发症发生率为 8.7%(2/23)。除神经并发症外,缩短手术时间、减少术中出血量亦是手术成败的关键。文献报道^[23,28]全脊椎截骨手术时间平均 285~670min,术中出血量 3800~11000ml。本组病例手术时间平均 571min;术中出血量平均 4888ml,手术时间及出血量未明显高于既往研究。因此,采用脊柱截骨术治疗合并脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征的脊柱侧凸并未增加手术并发症的风险,尤其是神经损害的风险,说明脊柱截骨术的治疗是安全的。

脊柱截骨手术及骨性纵隔切除风险的规避,尤其是神经并发症的预防:(1)应做充分术前评估,了解患者心肺功能及手术耐受情况,积极进行干预。(2)术中行控制性降压,平均动脉压一般不低于 70mmHg,矫形、闭合截骨面时最好保持在 75~80mmHg,保证脊髓血液灌流。应用超声骨刀进行截骨可减少截骨面的渗血,用双极电凝控制椎管内静脉丛的出血。(3)在良好的神经监护下进行,在截骨及骨性纵隔切除过程中,当体感诱发电位波幅下降或运动诱发电位消失,立即停止手术操作,补充血容量、提升血压等措施观察脊髓监护改变;如无改善,应探查截骨断面及内固定装置,减少矫形力度改善脊髓皱褶引起的脊髓缺血,必要时行唤醒试验。

本研究结果显示,所有病例在未增加术中、术后并发症的同时,有效提高侧凸的矫形率,并促进神经功能恢复,无永久性神经功能损害并发症发生。我们认为采用脊柱截骨术治疗合并脊髓纵裂伴脊髓拴系综合征的脊柱侧凸患者是安全、有效的。但本研究样本量小,随访时间不长,需进一步进行多中心的病例对照研究,并进行长期随访。

4 参考文献

1. van Leeuwen R, Notermans NC, Vandertop WP. Surgery in adults with tethered cord syndrome: outcome study with independent clinical review[J]. J Neurosurg, 2001, 94(2 Suppl): 205-209.
2. 尚爱加, 张远征, 程东源, 等. 儿童脊髓拴系综合征的临床分

- 型、手术治疗及疗效分析[J]. 中华神经外科杂志, 2012, 28(6): 606-610.
3. 徐林, 俞兴, 郑大滨, 等. 脊髓栓系综合征合并脊柱、脊髓畸形临床研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2004, 3(5): 321-324.
4. Yamada S, Won DJ, Pezeshkpour G, et al. Pathophysiology of tethered cord syndrome and similar complex disorders [J]. *Neurosurg Focus*, 2007, 23(2): E6.
5. Yamada S, Won DJ, Yamada SM. Pathophysiology of tethered cord syndrome: correlation with symptomatology[J]. *Neurosurg Focus*, 2004, 16(2): E6.
6. 江毅, 杜欣建, 耿伯民, 等. 脊髓栓系综合征的手术治疗(附 16 例报告)[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2004, 14(8): 497-499.
7. 郝定均, 贺宝荣, 刘团江, 等. 脊柱截骨治疗先天性脊柱侧凸合并脊髓纵裂畸形的安全性和近期疗效 [J]. 中华骨科杂志, 2013, 33(8): 803-808.
8. 刘福云, 夏冰, 司丕成, 等. 小儿脊髓纵裂及其合并畸形的治疗[J]. 中国矫形外科杂志, 2006, 14(11): 808-811.
9. 贺增良, 兰宾尚, 郝定均, 等. 脊髓纵裂合并脊髓栓系综合征的治疗[J]. 美国国际创伤杂志, 2005, 4(1): 27-29.
10. Lee GY, Paradiso G, Tator CH, et al. Surgical management of tethered cord syndrome in adults: indications, techniques, and long-term outcomes in 60 patients [J]. *J Neurosurg Spine*, 2006, 4(2): 123-131.
11. Kokubun S, Ozawa H, Aizawa T, et al. Spine-shortening osteotomy for patients with tethered cord syndrome caused by lipomyelomeningocele[J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 15(1): 21-27.
12. Grande AW, Maher PC, Morgan CJ, et al. Vertebral column subtraction osteotomy for recurrent tethered cord syndrome in adults: a cadaveric study[J]. *J Neurosurg Spine*, 2006, 4(6): 478-484.
13. 沈超, 陶惠人, 黄景辉, 等. 脊柱缩短截骨术治疗合并脊髓栓系的先天性脊柱侧凸[J]. 中华骨科杂志, 2014, 34(9): 909-914.
14. Oi S, Matsumoto S. A proposed grading and scoring system for spina bifida: Spina Bifida Neurological Scale (SBNS)[J]. *Childs Nerv Syst*, 1992, 8(6): 337-342.
15. Shen J, Wang Z, Liu J, et al. Abnormalities associated with congenital scoliosis: a retrospective study of 226 Chinese surgical cases[J]. *Spine*, 2013, 38(10): 814-818.
16. Prahinski JR, Polly DW Jr, McHale KA, et al. Occult intraspinal anomalies in congenital scoliosis [J]. *J Pediatr Orthop*, 2000, 20(1): 59-63.
17. Rajasekaran S, Kamath V, Kiran R, et al. Intraspinal anomalies in scoliosis: an MRI analysis of 177 consecutive scoliosis patients[J]. *Indian J Orthop*, 2010, 44(1): 57-63.
18. Kanno H, Aizawa T, Ozawa H, et al. Spine-shortening vertebral osteotomy in a patient with tethered cord syndrome and a vertebral fracture: case report[J]. *J Neurosurg Spine*, 2008, 9(1): 62-66.
19. Miyakoshi N, Abe E, Suzuki T, et al. Spine-shortening vertebral osteotomy for tethered cord syndrome: report of three cases[J]. *Spine*, 2009, 34(22): E823-825.
20. 李超, 付青松, 周宇, 等. 一期胸腰椎两处截骨治疗重度先天性脊柱侧凸并脊髓栓系综合征 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(12): 1003-1007.
21. Suk SI, Kim JH, Kim WJ, et al. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities[J]. *Spine*, 2002, 27(21): 2374-2382.
22. Hamzaoglu A, Alanay A, Ozturk C, et al. Posterior vertebral column resection in severe spinal deformities: a total of 102 cases[J]. *Spine*, 2011, 36(5): E340-344.
23. Dorward IG, Lenke LG. Osteotomies in the posterior-only treatment of complex adult spinal deformity: a comparative review[J]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28(3): E4.
24. 于斌, 王以朋, 邱贵兴, 等. 先天性脊柱侧凸合并脊髓纵裂的手术治疗[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2004, 14(10): 18-21.
25. 王亭, 邱贵兴, 沈建雄, 等. 先天性脊柱侧凸合并脊髓分裂症的诊治探讨[J]. 中华外科杂志, 2005, 43(12): 770-773.
26. Mehta VA, Gottfried ON, McGirt MJ, et al. Safety and efficacy of concurrent pediatric spinal cord untethering and deformity correction[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2011, 24(6): 401-405.
27. Hamzaoglu A, Ozturk C, Tezer M, et al. Simultaneous surgical treatment in congenital scoliosis and/or kyphosis associated with intraspinal abnormalities[J]. *Spine*, 2007, 32(25): 2880-2884.
28. 吕国华, 王孝宾, 王冰, 等. 一期后路全脊椎切除术治疗重度僵硬性胸腰椎畸形的并发症分析[J]. 中华外科杂志, 2010, 48(22): 1709-1713.
29. Lenke LG, Newton PO, Sucato DJ, et al. Complications after 147 consecutive vertebral column resections for severe pediatric spinal deformity: a multicenter analysis[J]. *Spine*, 2013, 38(2): 119-132.
30. Lad SP, Patil CG, Ho C, et al. Tethered cord syndrome: nationwide inpatient complications and outcomes[J]. *Neurosurg Focus*, 2007, 23(2): E3.
31. Al-Holou WN, Muraszko KM, Garton HJ, et al. The outcome of tethered cord release in secondary and multiple repeat tethered cord syndrome[J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2009, 4(1): 28-36.
32. Samuels R, McGirt MJ, Attenello FJ, et al. Incidence of symptomatic retethering after surgical management of pediatric tethered cord syndrome with or without duraplasty [J]. *Childs Nerv Syst*, 2009, 25(9): 1085-1089.

(收稿日期:2015-08-31 修回日期:2015-11-04)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)