

临床论著

支撑棒技术在后路胸腰椎矫形融合术治疗伴严重冠状面失衡和骨盆倾斜脊柱侧凸中的临床应用

徐 辉¹, 汤子洋², 胡宗杉¹, 钱至恺², 凌 宸², 许彦劼¹, 孙 旭^{1,2}, 朱泽章^{1,2}, 邱 勇^{1,2}, 刘 臻^{1,2}

(1 南京大学医学院附属鼓楼医院骨科, 脊柱外科; 2 南京医科大学鼓楼临床医学院骨科, 脊柱外科 210008 南京市)

【摘要】目的:评价应用支撑棒(kickstand rod, KR)技术的后路胸腰椎矫形融合术治疗伴有严重冠状面失衡(coronal imbalance, CI)和骨盆倾斜(pelvic obliquity, PO)脊柱侧凸患者的矫正效果及其并发症。**方法:**回顾性分析 2019 年 1 月~2020 年 12 月在我院接受后路胸腰椎矫形融合术(脊柱-骨盆融合手术)治疗的 45 例伴严重 CI 和 PO 的脊柱侧凸的患者资料。男性 6 例, 女性 39 例, 年龄 51.2 ± 17.5 岁(12~73 岁), 随访时间 16.4 ± 5.3 个月(11~26 个月)。按骨盆固定的方式将使用经 S2 骶髂螺钉(S2 alar-iliac, S2AI)而未应用支撑棒技术行骨盆固定的患者纳入非 KR 组(25 例), 将使用支撑棒内固定技术行骨盆固定的患者纳入 KR 组(20 例)。术前、术后 7d 和末次随访时在全脊柱正侧位 X 线片测量冠状面平衡距离(coronal balance distance, CBD)、骨盆倾斜角(pelvic obliquity angle, POA)、侧凸 Cobb 角、腰骶半弯(lumbosacral fractional curve, LFC)和骨盆入射角(pelvic incidence, PI), 比较两组患者脊柱骨盆参数矫正率以及末次随访时的矫正丢失率, 记录患者术后及随访期间的并发症发生情况。**结果:**两组患者术前的侧凸 Cobb 角、POA、CBD、LFC 和 PI 均无统计学差异($P>0.05$)。两组患者侧凸 Cobb 角、POA、CBD、LFC 术后 7d 时与术前相比均有明显改善($P<0.05$), KR 组患者末次随访时与术后 7d 相比无统计学差异($P>0.05$), 非 KR 组患者在末次随访时 POA 出现明显矫正丢失($P<0.05$)。KR 组和非 KR 组患者术后 POA 的矫正率分别为 $(66.9 \pm 13.4)\%$ 和 $(44.2 \pm 23.4)\%$, CBD 的矫正率分别为 $(58.5 \pm 20.9)\%$ 和 $(42.9 \pm 20.9)\%$, 有统计学差异($P<0.05$); 其余影像学参数在两组患者间均无统计学差异($P>0.05$)。随访期间 KR 组 1 例发生断棒, 非 KR 组 3 例发生术后 CI, 两组并发症发生率的差异无统计学意义($\chi^2=0.672, P=0.412$)。**结论:**对于合并严重 CI 和 PO 的脊柱侧凸患者, 与传统骨盆固定方式相比, 应用 KR 技术的后路矫形脊柱-骨盆融合手术可以在矫正脊柱侧凸的同时维持良好的骨盆水平和冠状面平衡。

【关键词】 脊柱侧凸; 骨盆倾斜; 冠状面失衡; 支撑棒技术; 骨盆固定

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2022.10.01

中图分类号: R682.3, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2022)-10-0865-07

Clinical effect of kickstand rod in posterior thoracolumbar orthopedic fusion surgery in treating patients with spinal scoliosis accompanied by severe coronal imbalance and pelvic obliquity/XU Hui, TANG Ziyang, HU Zongshan, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2022, 32(10): 865-871

【Abstract】 Objectives: To evaluate the correction of kickstand rod (KR) in posterior thoracolumbar fusion surgery for the treatment of scoliosis patients with severe coronal imbalance (CI) and pelvic obliquity (PO). **Methods:** From January 2019 to December 2020, a consecutive cohort of 45 scoliosis patients with CI and PO undergoing posterior thoracolumbar(spino-pelvic) fusion in our hospital were retrospectively analyzed, including 6 males and 39 females, aged 51.2 ± 17.5 (12-73) years, and followed up for 16.4 ± 5.3 months (11-26 months). According to pelvic fixation method, the patients were divided into KR group of 20 cases fixed with KR technique and non-KR group of 25 cases fixed with S2 alar-iliac(S2AI) screw and iliac sacral screw(ISS). On the full spine anteroposterior and lateral radiographs before operation, at postoperative 7d and final follow-up, the coronal balance distance(CBD), pelvic obliquity angle(POA), coronal Cobb angle, lumbosacral fractional

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 82072518)

第一作者简介: 男(1997-), 硕士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科

电话: (025)83106666 E-mail: xuhui366@163.com

通信作者: 刘臻 E-mail: drliuzhen@163.com

curve(LFC), and pelvic incidence(PI) were measured. The correction rates of spinopelvic parameters and the correction loss rates at the final follow-up were compared between the two groups. The complications after operation and during follow-up were collected. **Results:** The Cobb angle, POA, CBD, LFC and PI before operation were not statistically different from each other between the two groups($P>0.05$), and those at postoperative 7d of both groups were statistically different from those before operation($P<0.05$). In KR group, the Cobb angle, POA, CBD, LFC, and PI at final follow-up were not significantly different from those at postoperative 7d($P>0.05$). In non-KR group, while the POA at final follow-up significantly decreased from that at postoperative 7d($P<0.05$). The correction rates of POA and CBD in KR group and non-KR group were(66.9±13.4)% vs (44.2±23.4)% and (58.5±20.9)% vs (42.9±20.9)% respectively($P<0.05$). The differences of other imaging parameters between the two groups were not with statistical significance ($P>0.05$). During follow-up period, 1 patient in KR group developed rod breakage and 3 patients in non-KR group developed CI. The incidence of complications did not show any statistical difference between the two groups($\chi^2=0.672$, $P=0.412$). **Conclusions:** Compared with traditional spino-pelvic fixation technique, KR based posterior spino-pelvic fusion surgery could achieve comparable correction and maintain coronal balance and pelvic level in scoliosis patients combined with severe coronal imbalance and pelvic obliquity.

[Key words] Scoliosis; Pelvic obliquity; Coronal imbalance; Kickstand rod; Pelvic fixation

[Author's address] Division of Spine Surgery, Department of Orthopedic Surgery, Nanjing Drum Tower Hospital, the Affiliated Hospital of Nanjing University Medical School, 210008, Nanjing, China

冠状面失平衡(coronal imbalance, CI)是指脊柱侧凸患者中发生的冠状面失代偿,一般冠状面平衡距离(coronal balance distance, CBD)超过 30mm 即可诊断为 CI^[1-2]。严重的 CI 常导致患者躯干倾斜、腰背部疼痛、行动受限等^[3-4]。在部分伴有 CI 的脊柱侧凸患者中,由于骨盆对于脊柱侧凸的代偿以及侧凸引起的单侧腰腹部肌肉的挛缩等因素会引起骨盆倾斜(pelvic obliquity, PO)^[4-5];PO 会导致患者腰背部疼痛、行走困难等,严重影响患者的生活质量^[6]。而脊柱矫形术中对于 CI 和 PO 的矫正一直是一个难题。最近, Makhni 等^[7]提出一项新的技术——支撑棒(kickstand rod, KR)技术。该技术在行骨盆固定的前提下,通过一根额外的髂骨钉和一根短棒,在局部形成多棒结构。这种内固定模式在短棒跨越的侧凸节段构成良好的力学结构,同时通过支撑棒在躯干倾斜侧施加额外的作用力来矫正冠状面畸形以及维持术后的冠状面平衡。我们团队自 2019 年开始在后路胸腰椎矫形融合术(脊柱-骨盆融合手术)中应用 KR 技术,发现该技术除了能够有效矫正和维持脊柱冠状位平衡以外,对患者术后的 PO 亦具有一定的改善效果。目前,国内尚未见 KR 技术临床应用的相关报道,对于使用该技术的手术矫正效果、术后并发症的发生率等还缺乏系统的研究。本研究通过回顾性分析在我院接受后路胸腰椎矫形融合术的患者的临床及影像资料,分析应用 KR 技术的后路矫

形胸腰椎融合手术治疗严重 CI 和 PO 的脊柱侧凸患者的矫正效果及其并发症。

1 资料与方法

1.1 病例纳入与排除标准

纳入标准:(1)符合成人脊柱侧凸诊断标准(Cobb 角 $>10^\circ$);(2)合并严重 CI 和 PO 者,即 POA $>5^\circ$, CBD >3 cm;(3)采用后路胸腰椎矫形融合术(脊柱-骨盆融合手术)治疗者;(4)随访时间大于 1 年。

排除标准:(1)合并脊柱感染、肿瘤、外伤等其他疾病者;(2)术前、术后影像学及临床资料不完整者。

1.2 一般资料

2019 年 1 月~2020 年 12 月在我院接受后路胸腰椎矫形融合术(脊柱-骨盆融合手术)治疗的脊柱侧凸患者,按上述的纳入及排除标准,共有 45 例患者纳入本研究。

所有患者中先天性脊柱侧凸 8 例,退变性脊柱侧凸 25 例,神经肌源性脊柱侧凸 10 例,综合征型脊柱侧凸 2 例。所有患者中女性 39 例,男性 6 例;年龄 51.2 ± 17.5 岁(12~73 岁),术后随访 16.4 ± 5.3 个月(11~26 个月)。术前全脊柱正侧位 X 线片、全脊柱 CT 平扫及三位重建均显示存在不同程度的脊柱侧凸畸形,侧凸 Cobb 角为 $69.1^\circ\pm 17.2^\circ$ ($44^\circ\sim 122^\circ$),骨盆倾斜角(pelvic obliquity

angle, POA) 为 $12.9^{\circ} \pm 8.6^{\circ}$ ($5^{\circ} \sim 47^{\circ}$), CBD 为 $40.6 \pm 13.2\text{mm}$ ($30 \sim 90\text{mm}$)。根据骨盆固定的方式将使用经 S2 骶髂螺钉 (S2 alar-iliac, S2AI) 而未应用支撑棒技术行骨盆固定的患者纳入非 KR 组 (25 例), 将使用支撑棒内固定技术行骨盆固定的患者纳入 KR 组 (20 例)。本研究经本单位伦理委员会批准并征得所有患者的同意。

1.3 手术方法

所有手术均在全身麻醉下进行。患者取俯卧位, 后路正中纵向切口, 逐层切开皮肤、皮下组织, 剥离椎旁肌, 依术前预定的内固定范围暴露需融合的节段。在预定的需固定节段的双侧置入椎弓根螺钉, 根据术前规划选取合适的骨盆固定技术, 并行骨盆固定。

S2AI 置入方法: 选择经 S1 骶孔外缘 1mm 的垂线和经下缘 1mm 的水平线的交点作为进钉点, 术中在实时三维导航下选择穿过髂骨中央的直线作为理想的 S2AI 钉道, 置入 S2AI 螺钉。

KR 置入方法: 在双侧 S2AI 或髂骨钉置入后, 在髂后上嵴近端 4~5cm 处楔形切除髂嵴, 然后置入额外的一枚髂骨钉。置钉完成后根据侧凸畸形程度和顶椎位置行三柱截骨, 对凹侧软组织进行广泛松解, 先于凹侧置入一根长棒, 对侧放置一根短的临时棒, 通过凹侧撑开, 凸侧加压抱紧保持腰椎水平化, 并在主弯顶椎处放置双头连接器在连接器与额外置入的髂骨钉之间置入一根长棒, 再次进行合适的撑开以完成矫形。

随后, 拧紧所有螺帽, 将剪除的棘突和椎板骨质制成植骨条, 置于椎板植骨床, 行全椎体切除或闭合不全时放置椎间融合器。放置引流管, 逐层缝合, 关闭切口。手术全程均在体感诱发电位 (somatosensory evoked potential, SEP) 及运动诱发电位 (motor evoked potential, MEP) 监测的保护之下进行。

术后常规给予补液、营养神经治疗, 预防性使用抗生素, 根据患者引流量, 择期拔除引流管。

1.4 观察指标

分别于术前、术后 7d 和末次随访时摄站立位全脊柱正、侧位 X 线片, 测量相关影像学参数以评估矫形效果、内固定位置等。(1) CBD: C7 铅垂线与骶骨正中线的垂直距离; (2) POA: 骨盆冠状面参考线与水平线之间的夹角; (3) 侧凸 Cobb 角: 主弯上、下端椎之间侧凸角度; (4) 腰骶半弯

(lumbosacral fractional curve, LFC): L4 上终板到 S1 上终板之间的侧凸角度。(5) 骨盆入射角 (pelvic incidence, PI): S1 上终板中点与两股骨头连线中点的连线与垂直 S1 上终板直线的夹角。矫正率 (%) = (术前 - 术后 7d) / 术前 $\times 100\%$; 矫正丢失率 (%) = (末次随访 - 术后 7d) / 术后 $\times 100\%$; 正值代表随访期间出现矫正丢失; 负值代表随访期间出现自发矫正。

记录术中、术后 7d 及随访期间并发症的发生情况, 主要包括断棒、断钉、术后 CI、感染、神经功能损害等。

1.5 统计学分析

采用 SPSS 26.0 (IBM SPSS、美国) 统计软件包进行统计分析, 正态分布数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 非正态分布资料均以中位数表示, 两组患者术前资料和术后 7d 矫正率的比较使用 Mann-Whitney U 检验, 两组患者的术前、术后和末次随访时的临床资料的比较采用 Wilcoxon 检验, 检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结果

2.1 患者的基本资料

所有患者手术顺利, 固定节段 10.4 ± 2.5 个, 手术时间为 $6.4 \pm 1.5\text{h}$, 出血量为 $1385.1 \pm 657.4\text{ml}$ 。两组患者性别、年龄、术前侧凸 Cobb 角、POA、CBD、LFC、PI 等影像学参数均无统计学差异 ($P > 0.05$, 表 1), 具有可比性。

2.2 脊柱畸形的矫正

KR 组患者术后侧凸 Cobb 角、POA、CBD、LFC 和 PI 得到明显矫正 ($P < 0.05$, 表 1), 在末次随访时未见明显矫正丢失 ($P > 0.05$)。非 KR 组患者侧凸 Cobb 角、POA、CBD 和 LFC 术后 7d 得到明显矫正 ($P < 0.05$), 末次随访时侧凸 Cobb 角和 CBD 未见明显矫正丢失 ($P > 0.05$), POA 出现矫正丢失 ($P = 0.001$), LFC 较术后 7d 出现自发的矫正 ($P = 0.015$)。两组患者的侧凸 Cobb 角和 LFC 的矫正率和矫正丢失率均无明显统计学差异 ($P > 0.05$), KR 组患者的 POA 和 CI 的矫正率明显大于非 KR 组 (表 2, $P < 0.05$)。两组典型病例分别见图 1、2。

2.3 内固定并发症发生情况

KR 组 1 例在术后 2 年时出现断棒, 未出现明显的躯干倾斜及临床症状, 采取密切随访观察,

表 1 两组患者术前、术后 7d 和末次随访时影像学参数

Table 1 Radiographic parameters between the two groups at preoperation, postoperative 7d and final follow-up

	KR 组 (n=20) KR group			非 KR 组 (n=25) Non-KR group		
	术前 Preoperation	术后 7d Postop 7d	末次随访 Final follow-up	术前 Preoperation	术后 7d Postop 7d	末次随访 Final follow-up
侧凸 Cobb 角 (°) Cobb angle	71.0±19.9	27.6±18.7 ^①	28.3±17.9	67.9±15.5	23.3±14.8 ^①	25.0±14.9
骨盆倾斜角 (°) Pelvic obliquity angle	16.6±12.4	5.6±4.5 ^①	6.1±4.0	10.7±4.2	5.3±1.7 ^①	6.1±2.1 ^②
冠状面平衡 (mm) Coronal balance distance	44.6±16.4	21.1±20.2 ^①	20.9±18.7	38.2±10.3	22.0±10.1 ^①	21.9±12.6
腰骶半弯 (°) Lumbosacral fractional curve	16.2±10.4	6.6±2.8 ^①	5.9±3.1	14.3±5.1	6.9±3.3 ^①	6.3±2.9 ^②
骨盆入射角 (°) Pelvic incidence	40.0±13.0	36.2±11.3 ^①	37.2±13	43.8±10.7	41.6±10.2	43.7±11.3

注:①与术前相比 $P<0.05$;②与术后 7d 相比 $P<0.05$ Note: ①Compared with preoperative values, $P<0.05$; ②Compared with postoperative 7d values, $P<0.05$

表 2 两组患者矫正率与矫正丢失率的比较

Table 2 Comparison of the correction rates and correction loss rates between the two groups

	KR 组 (n=20) KR group	非 KR 组 (n=25) Non-KR group	P 值 P value
侧凸 Cobb 角 Cobb angle			
矫正率 (%) Correction rate	63.2±17.6	66.2±18.0	0.462
矫正丢失率 (%) Correction loss rate	6.1±11.9	14.5±40.7	1.000
骨盆倾斜角 Pelvic obliquity angle			
矫正率 (%) Correction rate	66.9±13.4	44.2±23.4	0.001
矫正丢失率 (%) Correction loss rate	38.1±45.6	23.1±27.2	0.582
冠状面平衡 Coronal balance distance			
矫正率 (%) Correction rate	58.5±20.9	42.9±20.9	0.031
矫正丢失率 (%) Correction loss rate	6.1±23.1	9.6±79.4	0.870
腰骶半弯 Lumbosacral fractional curve			
矫正率 (%) Correction rate	51.8±24.0	51.4±19.0	0.908
矫正丢失率 (%) Correction loss rate	-7.9±23.9	-7.3±14.4	0.908

未行手术翻修。非 KR 组 3 例随访期间出现 CI, 其中 1 例患者行翻修手术。其余患者未出现螺钉松动、断钉、断棒等并发症。

3 讨论

3.1 KR 技术对脊柱畸形的矫正效果

对于伴有术前 CI 和 PO 的脊柱畸形患者, 手术不仅是为了矫正脊柱畸形, 更重要的是在纠正 PO 的基础上恢复冠状面平衡。Ploumis 等^[8]的研究

发现, 19.3% (11/54) 的成人脊柱畸形患者术前存在 CI, 而在术后 2~5 年的随访中, 存在 CI 的患者可达 33.3%。Daubs 等^[9]也提出, 15% 的术前存在 CI 的脊柱侧凸患者术后出现了 CI 的恶化。这提醒我们, 脊柱畸形患者矫形术后如何维持术后冠状面平衡是一项很大的挑战。为了恢复并维持脊柱侧凸患者的冠状面平衡, Makhni 等^[7]提出了一项新的钉棒技术——KR 技术。该技术在常规脊柱-骨盆后路融合的基础上, 通过髂骨钉与额外的长棒, 在局部形成多棒结构, 可提供在凹侧局部再次进行撑开矫形, 从而进一步矫正脊柱侧凸患者 CI。同时, KR 技术在局部形成的多棒结构以及髂骨钉牢固的支撑作用, 使得其在维持冠状面平衡的方面有独特优势。

在 Makhni 等^[10]的研究中, 接受 KR 技术治疗的患者, 患者 CBD 由术前的 63mm 下降到术后的 21mm, 腰椎前凸 (lumbar lordosis, LL) 则由术前的 34° 纠正为 47°, 矢状面轴向距离 (sagittal vertical axis, SVA) 由术前的 73mm 下降为 30mm。Buell 等^[11]发现, 19 例采用基于 KR 技术的脊柱矫形手术的患者, 其 Cobb 角由术前的 37° 下降至术后的 12°, CI 由术前的 8cm 减少到术后的 1cm。本研究的结果也显示, 接受 KR 技术治疗的 20 例患者侧凸 Cobb 角由术前的 71.0°±19.9° 减少至术后的 27.6°±18.7°, 矫正率为 (63.2±17.6)%; CBD 由术前的 40±21.6mm 改善为术后的 21.1±20.2mm, 矫正率为 (48.7±23.1)%; LFC 由术前的 16.2°±10.4° 减少至术后的 6.6°±2.8°, 矫正率为 (51.8±24.0)%。在非 KR 组患者中, 其 Cobb 角、CBD 和 LFC 的矫正率分别为 (66.2±18.0)%, (12.5±

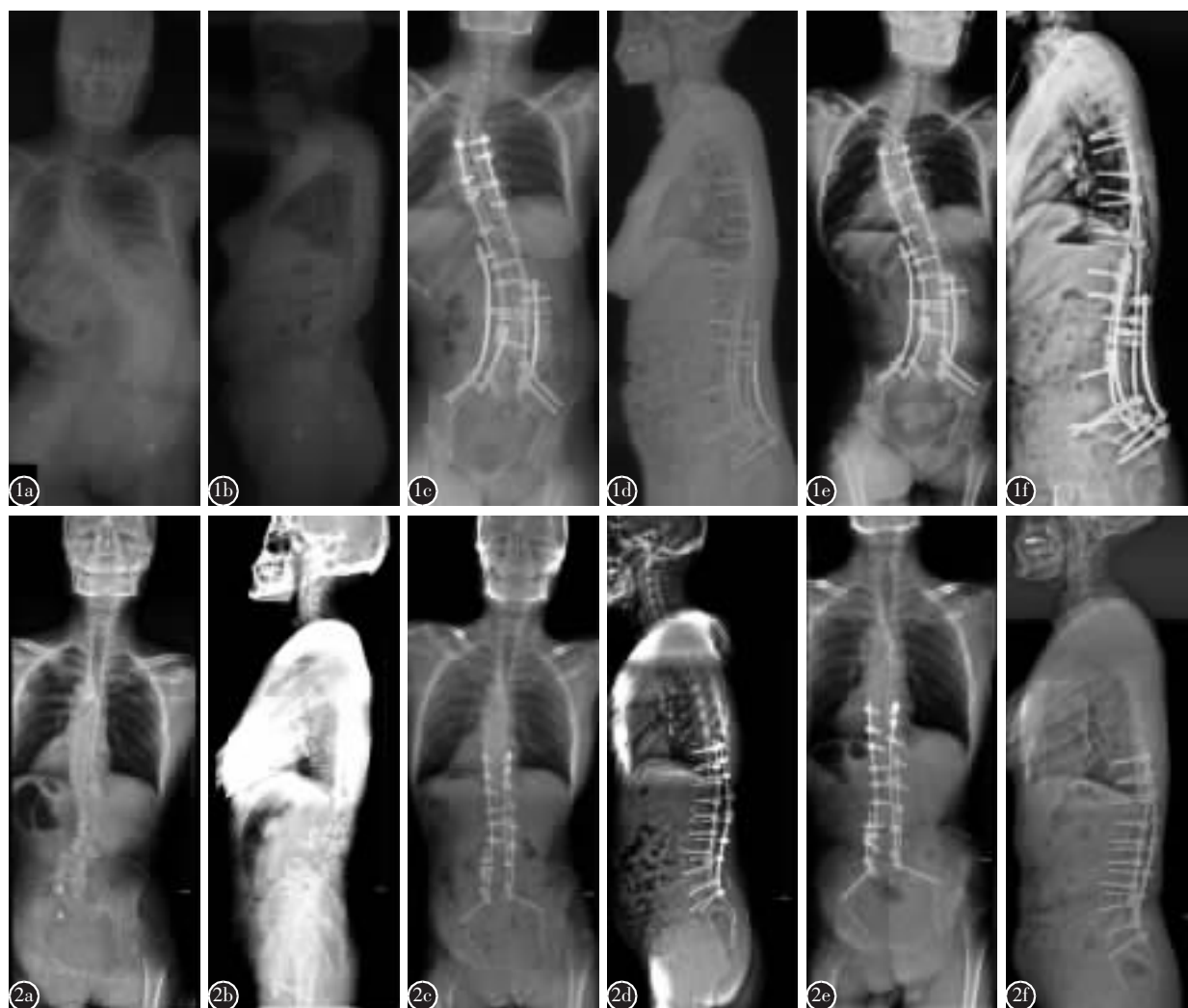


图 1 女, 43 岁, 神经肌源性脊柱侧凸, 行基于 KR 技术的后路胸腰椎矫形融合术 **a、b** 术前站立位全脊柱正侧位 X 线片示冠状面失代偿伴有 PO, Cobb 角为 84° , CBD 为 64mm, POA 为 23.3° , LFC 为 6.6° **c、d** 行后路胸腰椎矫形融合术后 1 周站立位全脊柱正侧位 X 线片示 Cobb 角为 44.6° , CBD 为 29.7mm, POA 为 7.8° , LFC 为 5.6° **e、f** 随访 1 年时站立位全脊柱正侧位 X 线片示 Cobb 角为 42.9° , CBD 为 32.8mm, POA 为 9.7° , LFC 为 2.7° **图 2** 男, 62 岁, 神经肌源性脊柱侧凸, 行后路胸腰椎矫形融合术, 导航下置入双侧 S2AI 螺钉 **a、b** 术前站立位全脊柱正侧位 X 线片示 CI 伴 PO, CBD 为 50mm, Cobb 角为 50° , POA 为 13.9° , LFC 为 26° **c、d** 行后路胸腰椎矫形融合术后 1 周站立位全脊柱正侧位 X 线片示 CBD 为 20mm, Cobb 角为 30° , POA 为 11.1° , LFC 为 12.0° **e、f** 随访 2 年时站立位全脊柱正侧位 X 线片示 CBD 为 8.9mm, Cobb 角为 28.9° , POA 为 12.4° , LFC 为 12.5°

Figure 1 A 43-year-old female patient diagnosed with neuromuscular scoliosis (NMS), underwent KR-based posterior thoracolumbar fusion **a, b** Preoperative full-length standing anteroposterior and lateral X-rays showed coronal decompensation, accompanied with pelvic obliquity, a Cobb angle of 84° , a CBD of 64mm, a POA of 23.3° , and a LFC of 6.6° **c, d** One week after posterior spino-pelvic fusion surgery, X-rays showed the Cobb angle of 44.6° , CBD of 29.7mm, POA of 7.8° and LFC of 5.6° **e, f** At 1 year follow-up, X-rays showed the Cobb angle was 42.9° , CBD was 32.8mm, POA was 9.7° and LFC was 2.7° **Figure 2** A 62-year-old male patient diagnosed with NMS underwent posterior thoracolumbar fusion, and bilateral S2 alar-iliac screws were implanted under navigation **a, b** Preoperative full-length standing anteroposterior and lateral X-rays showed coronal imbalance, accompanied by pelvic obliquity, a CBD of 50mm, a Cobb angle of 50° , a POA of 13.9° and LFC of 26° **c, d** One week after posterior spino-pelvic fusion surgery (KR technique), X-rays showed the CBD of 20mm, Cobb angle of 30° , POA of 11.1° and LFC of 12.0° **e, f** At 2-year follow-up X-rays showed CBD was 8.9mm, Cobb angle was 28.9° , POA was 12.4° and LFC was 12.5°

77.7)%和(51.4±19.0)%。由此可见,采用 KR 技术的患者中其 CI 在术后得到了良好矫正,并且在患者的术后随访过程中,没有出现明显的矫正丢失。

3.2 KR 技术对 PO 的矫正效果

脊柱侧凸的患者由于髋髂关节和腰骶部的代偿作用,常常会引起 PO。PO 通常导致患者出现腰背部疼痛、髋关节脱位或半脱位、行走功能受限等。Saito 等^[12]的研究表明,对于存在 PO 的脊柱侧凸患者行后路脊柱融合手术时,远端融合至 L5 会造成 PO 的进展。根据 O'Brien 等^[13]的报道,由于患者对坐姿和行走功能的需求,当脊柱侧凸与 PO 并存时,应首先考虑重建骨盆平衡。Banno 等^[14]的研究表明,在青少年特发性脊柱侧凸中,术前存在 PO 的患者,术后发生 CI 的几率将会增加。目前在临床中较常应用的骨盆固定技术为髂骨钉(ilial screw, IS)、经第 2 骶椎髂嵴螺钉(second sacral alar-ilial, S2AI)等。Awwad 等^[6]的研究表明,使用 IS 进行骨盆固定,PO 的矫正率可达 78%。而在 Sponseller 和 Lee 等^[15,16]的研究中,使用 S2AI 行骨盆固定对 PO 的矫正率分别为 55%和 68%。

由此可见,使用 IS 或 S2AI 可有效矫正 PO。在 Mundis 等^[17]的研究中,KR 技术对于 PO 无明显的矫正效果。值得注意的是,其所研究的病例术前无明显 PO($POA=2.0^{\circ}\pm1.4^{\circ}$)。在本研究中,KR 组的 POA 由术前的 $16.6^{\circ}\pm12.4^{\circ}$ 降至术后的 $5.6^{\circ}\pm4.5^{\circ}$,矫正率为 $(66.9\pm13.4)\%$,明显高于非 KR 组 $(44.2\pm23.4)\%$ 。说明 KR 技术不仅可以矫正脊柱侧凸患者的 CI,还可以对患者的 PO 起到良好的矫正效果。

3.3 KR 技术的内固定并发症

严重的脊柱侧凸和固定的骨盆使连接棒和螺钉受到强大的应力,骨盆固定术后置入物相关并发症的发生率一直居高不下。据 Lee 等^[16]的报道,使用 IS 骨盆固定的并发症发生率为 57%,远高于 S2AI 固定的发生率(27%)。在刘臻等^[18]的研究中,使用 IS 行骨盆固定发生并发症的几率远高于使用 S2AI 及 ISS 固定的患者。由于 KR 技术在原有两棒的基础上植入了额外的长棒,在局部形成了多棒结构,该结构不仅增强了腰骶部和髋髂部的局部稳定性,而且分担了其余连接棒和螺钉受到的应力,使得诸如螺钉松动、断棒、断钉等的并发症发生率降低。

Buell 等^[11]在其纳入研究的 19 例使用 KR 技术的胸腰椎融合术治疗的患者中未发生置入物相关的并发症。在 Makhni 等^[10]的研究中,24 例接受 KR 技术治疗的患者未见置入物相关并发症。在本研究中,KR 组 1 例患者在术后 2 年随访时发生断棒,但由于患者未出现临床症状以及畸形矫正的丢失,采取定期门诊随访,未进行翻修手术,随访过程中也未见置入物相关并发症。未使用 KR 技术行骨盆固定的患者中 3 例在随访期间出现 CI,其中 1 例行翻修手术。因此,可见 KR 技术不仅可以有效矫正脊柱侧凸患者的 PO,而且不会导致术后并发症的发生风险增加。但我们也不能排除随访时间过短而导致并发症发生率低。因此,更大病例队列和更长时间随访的研究是十分必要的。

3.4 本研究的局限性

本研究首次探究 KR 技术对 PO 的矫正效果。由于本研究是单中心的回顾性研究,仅有 20 例患者纳入研究,并且本研究随访时间较短,并发症的发生情况可能存在偏倚,需要有更多病例及更长时间的随访。

综上所述,KR 技术可以有效地矫正脊柱侧凸患者的 CI 和 PO,并且在随访期间不会出现明显的矫正丢失。同时,这种局部的多棒结构在未来还可以用在长节段脊柱融合的其他部位来增强局部的稳定性,以减少术后并发症的发生。

4 参考文献

1. Choi HJ, Smith JS, Shaffrey CI, et al. Coronal plane spinal malalignment and Parkinson's disease: prevalence and associations with disease severity[J]. Spine J, 2015, 15(1): 115-121.
2. Bao H, Yan P, Qiu Y, et al. Coronal imbalance in degenerative lumbar scoliosis: Prevalence and influence on surgical decision-making for spinal osteotomy[J]. Bone Joint J, 2016, 98-B(9): 1227-1233.
3. Fiani B, Jarrah RM. The "Kickstand Rod" technique for coronal imbalance in patients with spinal deformity: a case report with review of literature[J]. Cureus, 2020, 12(12): e11876.
4. Obeid I, Berjano P, Lamartina C, et al. Classification of coronal imbalance in adult scoliosis and spine deformity: a treatment-oriented guideline[J]. Eur Spine J, 2019, 28(1): 94-113.
5. Yen W, Gartenberg A, Cho W. Pelvic obliquity associated with neuromuscular scoliosis in cerebral palsy: cause and treatment[J]. Spine Deform, 2021, 9(5): 1259-1265.
6. Awwad W, Al-Ahaideb A, Jiang L, et al. Correction of severe pelvic obliquity using maximum-width segmental sacropelvic

- screw fixation: an analysis of 20 neuromuscular scoliosis patients[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2015, 25(Suppl 1): S233-241.
7. Makhni MC, Cerpa M, Lin JD, et al. The "Kickstand Rod" technique for correction of coronal imbalance in patients with adult spinal deformity: theory and technical considerations[J]. *J Spine Surg*, 2018, 4(4): 798-802.
8. Ploumis A, Simpson AK, Cha TD, et al. Coronal spinal balance in adult spine deformity patients with long spinal fusions: a minimum 2-5 year follow-up study[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2015, 28(9): 341-347.
9. Daubs MD, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Does correction of preoperative coronal imbalance make a difference in outcomes of adult patients with deformity [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38(6): 476-483.
10. Makhni MC, Zhang Y, Park PJ, et al. The "kickstand rod" technique for correction of coronal imbalance in patients with adult spinal deformity: initial case series[J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 32(3): 1-8.
11. Buell TJ, Christiansen PA, Nguyen JH, et al. Coronal correction using kickstand rods for adult thoracolumbar/lumbar scoliosis: case series with analysis of early outcomes and complications[J]. *Oper Neurosurg(Hagerstown)*, 2020, 19(4): 403-413.
12. Saito W, Inoue G, Shirasawa E, et al. Limitations of posterior spinal fusion to L5 for flaccid neuromuscular scoliosis focusing on pelvic obliquity[J]. *Spine Deform*, 2020, 9(2): 559-565.
13. O'Brien JP, Dwyer AP, Hodgson AR. Paralytic pelvic obliquity. Its prognosis and management and the development of a technique for full correction of the deformity[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1975, 57(5): 626-631.
14. Banno T, Yamato Y, Oba H, et al. Preoperative pelvic obliquity: possible relation to postoperative coronal decompensation in thoracolumbar/lumbar adolescent idiopathic scoliosis[J]. *J Neurosurg Spine*. 2021: 1-10. doi: 10.3171/2021.4.SPINE21265.
15. Sponseller PD, Zimmerman RM, Ko PS, et al. Low profile pelvic fixation with the sacral alar iliac technique in the pediatric population improves results at two-year minimum follow-up[J]. *Spine*, 2010, 35(20): 1887-1892.
16. Lee MC, Jarvis C, Solomito MJ, et al. Comparison of S2-Alar and traditional iliac screw pelvic fixation for pediatric neuromuscular deformity[J]. *Spine J*, 2018, 18(4): 648-654.
17. Mundis GM Jr, Walker CT, Smith JS, et al. Kickstand rods and correction of coronal malalignment in patients with adult spinal deformity[J]. *Eur Spine J*, 2022, 31(5): 1197-1205.
18. 刘臻, 李劫, 赵志慧, 等. 重度神经肌源性脊柱侧凸伴骨盆倾斜三种内固定模式的比较研究[J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38(4): 193-203.
- (收稿日期:2022-03-14 末次修回日期:2022-08-13)
- (英文编审 谭 啸)
- (本文编辑 姜雅浩)