

临床论著

生长棒治疗伴椎管内异常的早发性脊柱侧凸
的疗效及安全性分析

马鸿儒, 朱泽章, 夏三强, 刘 盾, 石 博, 史本龙, 刘 臻, 孙 旭, 邱 勇

(南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 江苏省南京市)

【摘要】目的:探讨生长棒治疗伴椎管内异常的早发性脊柱侧凸(early-onset scoliosis, EOS)的疗效及安全性。**方法:**2009 年 11 月~2016 年 8 月共 73 例 EOS 患儿于我院行生长棒治疗, 其中伴椎管内异常的患儿中符合纳入标准的共 11 例, 男 2 例, 女 9 例, 初次就诊年龄为 8.2 ± 1.3 岁(6~10 岁)。先天性脊柱侧凸 9 例, 神经肌源性脊柱侧凸 2 例。伴单纯脊髓空洞 3 例, 单纯脊髓拴系 1 例, 单纯脊髓纵裂 3 例, 脊髓空洞合并脊髓拴系 2 例, 脊髓拴系合并脊髓纵裂 1 例, 脊髓纵裂合并脊髓空洞、脊髓拴系 1 例。术前 2 例患儿存在神经系统症状, 包括 Honor 综合征 1 例和神经源性膀胱伴会阴部麻木 1 例, 其余患儿无神经系统损害表现。记录生长棒置入手术前后和末次随访时患儿站立位主弯 Cobb 角和 T1-S1 高度, 采用配对 t 检验比较术前、术后及末次随访时的差异。记录术中及随访期间的神经及内固定并发症。**结果:**11 例患儿共进行 45 次手术治疗, 其中包括生长棒置入 11 次、生长棒撑开 34 次。平均撑棒间隔时间为 11.2 ± 1.1 个月(8~12 个月), 总随访时长为 39.7 ± 11.6 个月(24~72 个月)。11 例患儿生长棒置入术前主弯 Cobb 角为 $85.2^\circ \pm 23.4^\circ$, 生长棒置入术后为 $51.4^\circ \pm 18.9^\circ$, 末次随访时为 $52.8^\circ \pm 19.4^\circ$; 生长棒置入术前站立位 T1-S1 高度为 24.6 ± 3.9 cm, 初次术后和末次随访时分别为 28.9 ± 3.4 cm 和 31.9 ± 3.4 cm。初次术后和末次随访时主弯 Cobb 角和 T1-S1 高度与初次术前比较均有统计学差异($P < 0.001$)。11 例患儿中, 共 3 例患儿出现 5 次并发症。1 例患者在第 3 次撑开时发现冠状面失衡伴骨盆倾斜和钉棒松动, 撑开同时行翻修术; 1 例第 3 次撑开后随访中发现下端椎螺钉松动合并矢状面失衡, 10 个月前行终末期融合手术; 1 例第 2 次撑开后发现近端交界性后凸, 随访中无明显进展。所有患儿在生长棒置入和后续多次撑开及随访过程中均未观察到新发神经并发症。**结论:**对于伴有椎管内异常的 EOS 患儿, 若无明显神经损害或神经损害相对稳定, 行生长棒置入及多次撑开是相对安全有效的。

【关键词】 早发性脊柱侧凸; 生长棒; 椎管内异常; 疗效; 安全性

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.06.07

中图分类号: R682.3, R687.3 文献标识码 A 文章编号: 1004-406X(2019)-06-0524-06

Efficiency and safety of growing rod in early-onset scoliosis with co-existing intraspinal anomalies/MA Hongru, ZHU Zezhang, XIA Sanqiang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29(6): 524-529

【Abstract】 Objectives: To investigate the efficiency and safety of growing rod in early-onset scoliosis(EOS) with co-existing intraspinal anomalies. **Methods:** A total of 73 EOS patients undergoing growing rod at our center between November 2009 and August 2016 was retrospectively reviewed, of whom 11 patients including 2 males and 9 females were enrolled in the study. The average age at initial surgery was 8.2 ± 1.3 years(6-10 years). The etiologies were congenital scoliosis in 9 patients and neuromuscular scoliosis in 2 patients. 16 intraspinal anomalies were identified in 11 patients, including syringomyelia in 3 patients, tethered cord malformation in 1 patient, split cord malformation in 3 patients, syringomyelia with tethered cord syndrome in 2 patients, tethered cord syndrome with split cord malformation in 1 patient, syringomyelia with split cord malformation and tethered cord syndrome in 1 patient. Two patients were found to have neurological deficit be-

基金项目:江苏省自然科学基金青年基金资助项目(BK20170126);江苏省博士后科研资助计划(1701018C);中国博士后科学基金面上资助项目(2017M610323)

第一作者简介:男(1994-), 研究生在读, 研究方向: 脊柱外科

电话: (025)68182022 E-mail: mrmahr@163.com

通讯作者: 朱泽章 E-mail: zhuzezhang@126.com

fore index surgery, one with Honor syndrome and the other with neurogenic bladder and perineum numb. No neurological symptom was found in the other patients. The Cobb angle and T1-S1 height before and after the implant of growing rod and at last visit were documented and compared by paired *t* test. The peri-operative and post-operative neurological and implant-related complications were noted for each patient. **Results:** A total of 45 operations was conducted including 11 rod fixation and 34 lengthening procedures. The average interval of distractions was 11.2 ± 1.1 (8-12) months. The average follow-up was 39.7 ± 11.6 (24-72) months. The mean Cobb angle was $85.2^\circ \pm 23.4^\circ$ preoperatively, $51.4^\circ \pm 18.9^\circ$ after index surgery and $52.8^\circ \pm 19.4^\circ$ at last visit. The mean T1-S1 height was 24.6 ± 3.9 cm preoperatively, 28.9 ± 3.4 cm after index surgery and 31.9 ± 3.4 cm at last visit. Compared with the measurements before index surgery, the Cobb angle and T1-S1 height after the implant of growing rod and at last visit were significantly different ($P < 0.001$). Five complications were identified in 3 patients. Loosening of instruments combined with coronal imbalance and pelvic obliquity was detected in 1 patient before the third distraction, and revision surgery was conducted during distraction simultaneously. Loosening of lower instrumented screw combined with sagittal imbalance was found in 1 patient after the third distraction, and the final fusion surgery was performed 10 months after third distraction. Proximal junctional kyphosis was observed after the second distraction in 1 patient, and no significant progression was found till the last visit. For all 11 patients, no neurological complication was found during follow-up. **Conclusions:** For EOS patients with asymptomatic or stably-symptomatic intraspinal anomalies, growing rod is relatively safe and effective in clinical practice.

【Key words】 Early-onset scoliosis; Growing rod; Intraspinal anomalies; Efficiency; Safety

【Author's address】 Department of Spine Surgery, Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, 210008, China

早发性脊柱侧凸 (early-onset scoliosis, EOS) 通常指在 10 岁以前发病的脊柱畸形, 患儿具有极高的侧凸进展风险, 严重者常需手术干预^[1]。目前, 生长棒技术已成为 EOS 患儿最常见的手术策略之一, 在有效控制脊柱畸形进展的同时能最大限度地保留脊柱和胸腔的发育潜能^[2-3]。既往文献报道 EOS 患儿应用生长棒治疗是安全有效的, 行多次撑开后侧凸 Cobb 角的改善可达 $40^\circ \sim 60^\circ$ 且脊柱平均纵向生长速度可保持约 1.2 cm/年^[4]。然而, 生长棒在伴椎管内异常的 EOS 患儿中的疗效及安全性目前少见文献报道。本研究回顾性分析在我院行生长棒治疗的伴椎管内异常的 EOS 患儿的影像学疗效及神经并发症情况, 探讨生长棒技术在伴有椎管内异常 EOS 患儿中应用的疗效及安全性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2009 年 11 月~2016 年 8 月在我院行生长棒治疗的 EOS 患儿 73 例, 其中共发现 17 例 (23.3%) 存在椎管内异常。纳入标准: (1) 初诊年龄 ≤ 10 岁; (2) 至少行 3 次撑开且随访时长 ≥ 2 年; (3) 术前全脊柱 CT 及 MRI 确诊伴发至少一项

椎管内异常, 包括脊髓空洞、脊髓拴系或脊髓纵裂等; (4) 每次随访有站立位全脊柱正侧位 X 线片及完善的神经系统查体记录。排除标准: (1) 既往有其他脊柱手术史; (2) 使用混合型生长棒治疗者。17 例患者中, 1 例患儿因撑开次数少于 3 次、5 例患儿因使用混合生长棒技术未纳入本研究。最终共 11 例患儿纳入本研究 (图 1), 其中男 2 例, 女 9 例, 初次手术时年龄为 8.2 ± 1.3 岁 (6~10 岁)。先天性脊柱侧凸 9 例, 神经肌源性脊柱侧凸 2 例。2 例有神经系统损害症状, 其中神经源性膀胱伴会阴部麻木 1 例, Honor 综合征 1 例, 病因学分别



图 1 纳入与排除流程图

Figure 1 Flow chat of inclusion and exclusion

为脊髓拴系和颈胸段半椎体。11 例患儿中椎管内异常诊断共 16 个,包括脊髓空洞 6 例(37.5%)、脊髓拴系 5 例(31.3%)、脊髓纵裂 5 例(31.3%),其中单纯脊髓空洞 3 例,单纯脊髓拴系 1 例,单纯脊髓纵裂 3 例,脊髓空洞合并脊髓拴系 2 例,脊髓拴系合并脊髓纵裂 1 例,脊髓纵裂合并脊髓空洞、脊髓拴系 1 例。本研究获得本单位伦理委员会批准。

1.2 治疗方案

初次生长棒置入在全静脉麻醉下取俯卧位进行。根据畸形整体情况在上、下端分别选择 2 个相邻椎体作为锚定点,通过术中透视确定两端锚定点的位置。在上、下端锚定点区域分别作纵行小切口,显露需固定节段的椎板、棘突和上下关节突并置入椎弓根螺钉。将预弯的钛棒穿过深筋膜下肌层,分别与上、下端锚定点处椎弓根螺钉以及多米诺连接,并于多米诺处留足够长度的钛棒以备后续撑开延长。双向手法牵引矫形后锁紧螺钉和多米诺。术后 3 个月内佩戴保护性支具,嘱患儿避免剧烈运动及外伤。所有患者生长棒置入术前均未手术干预其椎管内异常。

所有患儿每 8~12 个月进行一次生长棒撑开手术。每次撑开时仅暴露深筋膜下的多米诺进行适当撑开。以上所有操作均由高年资脊柱外科医师在神经电生理监护下完成。

1.3 观察指标

影像学指标:(1)生长棒置入术前后及末次随访时的主弯侧凸 Cobb 角;(2)生长棒置入术前后及末次随访时的 T1-S1 高度:站立位 T1 椎体上终板到 S1 椎体上终板间垂直距离,并计算 T1-S1 增长速率。 $T1-S1 \text{ 增长速率} = (\text{末次随访时 T1-S1 高度} - \text{初次术前 T1-S1 高度}) / [\text{随访问隔时间 (年)}]$ 。(3)生长棒置入术前 CT 及 MRI 检查记录椎管内异常。以上影像学参数的测量均由两名脊柱外科医师使用 Surgimap 2.2.15.4 软件进行测量,分别连续测量 2 次,取平均值。

另外,记录患儿每次手术的神经并发症及内固定相关并发症。

1.4 数据处理

应用 Prism 8.0.1 软件进行统计分析,采用配对 t 检验比较患儿术前、术后以及末次随访的参数差异及变化。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

11 例患儿共进行 45 次手术治疗,其中生长棒置入 11 次,生长棒撑开 34 次。随访时长为 39.7 ± 11.6 个月(24~72 个月)。撑棒间隔时间为 11.2 ± 1.1 个月(8~12 个月)。至末次随访时有 2 例已行融合手术,9 例仍保留生长棒(表 1)。

2.2 影像学参数

11 例患儿生长棒置入前后及末次随访时的主弯 Cobb 角、T1-S1 高度见表 2。与初次术前相比,生长棒置入术后($t=8.130, P < 0.001$)和末次随访时($t=8.008, P < 0.001$)Cobb 角有统计学差异;与初次术前相比,生长棒置入术后($t=5.739, P < 0.001$)和末次随访时($t=9.805, P < 0.001$)T1-S1 高度同样有统计学差异(表 2,图 2)。患儿 T1-S1 高度平均增长 $7.3 \pm 2.2 \text{ cm}$ (3.6~10.9 cm),增长速率为 $2.3 \pm 0.8 \text{ cm/年}$ (1.2~3.7 cm/年),平均每次撑开术后可获得 T1-S1 高度改善为 $1.5 \pm 0.8 \text{ cm}$ (0.1~3.2 cm)。

2.3 并发症

2 例(18.2%)初次术前存在神经系统损害的患儿在术后多次撑开操作中神经系统症状均未出现加重。术前存在神经源性膀胱的患儿在第 2 次生长棒撑开手术前于外院进行了“膀胱扩大术”,Honor 综合征患儿予以保守治疗。余 9 例无明显神经损害的患儿亦无新发神经损害表现。所有患儿术中未发现神经电生理不良事件。1 例患者在第 3 次撑开时发现钉棒松动、冠状面失衡伴骨盆倾斜,撑开同时行翻修术;1 例患者第 3 次撑开后随访中发现下端椎螺钉松动合并矢状面失衡,10 个月后行终末期融合手术;1 例患者第 2 次撑开后发现近端交界性后凸,随访中无明显进展。所有患儿在生长棒置入和后续多次撑开及随访过程中均未观察到新发神经并发症。

3 讨论

3.1 椎管内异常在 EOS 患儿中的发生率

既往文献报道 EOS 患儿中各种椎管内异常的发生率高达 15%~43%^[5-7,4],主要包括脊髓纵裂、脊髓拴系和脊髓空洞等。Prahinski 等^[8]发现 30 例先天性 EOS 患儿中共 9 例(30%)存在椎管内异常,包括 5 例(16.7%)脊髓拴系综合征、4 例(13.3%)脊髓空洞和 1 例脊髓纵裂(3.3%)。Shen 等^[9]回顾性研究了 226 例先天性 EOS 患儿,发现椎管内异常发生率约 43%,其中脊髓纵裂发生率

表 1 11 例患者详细资料
Table 1 Detailed information of the 11 patients

编号 No.	性别 Gender	初次手术年龄 (岁) Age at initial surgery (y)	病因学 Etiology	椎管内异常 Intraspinal anomalies	随访时长(月) Follow up(m)	上端固定椎 Upper instrumented vertebra	下端固定椎 Lower instrumented vertebra	末次随访 T1-S1 增长 (cm) Growth of T1-S1 at last visit	末次随访主弯矫正率 (%) Correction of main curve at last visit	并发症 Complications
1	女 F	10	神经肌源性侧后凸畸形 Neuromuscular scoliosis	脊髓空洞, 脊髓拴系 Syringomyelia Tethered cord syndrome	40	T3	L3	10.3	56.3	—
2	女 F	8	先天性脊柱侧凸 Congenital scoliosis	脊髓空洞, 脊髓拴系 Syringomyelia Tethered cord malformation	72	T2	L4	7.9	24.0	冠状面失衡伴骨盆倾斜; 钉棒松动 Coronal imbalance with pelvic obliquity; Loosening of instruments
3	男 M	8	先天性脊柱侧凸 Congenital scoliosis	脊髓纵裂 Syringomyelia	34	T6	L5	4.8	40.0	下端椎螺钉松动, 矢状面失衡 Loosening of screw; Sagittal imbalance
4	女 F	10	神经源性脊柱侧凸 Neuromuscular scoliosis	脊髓空洞 Syringomyelia	47	T3	L5	9.5	37.3	—
5	男 M	9	先天性脊柱侧凸 Congenital scoliosis	脊髓空洞 Syringomyelia	37	T4	L3	3.6	39.7	近端交界性后凸 Proximal junctional kyphosis
6	女 F	8	先天性脊柱侧凸 Congenital scoliosis	脊髓拴系 Tethered cord syndrome	36	T3	L4	7.6	57.6	—
7	女 F	8	先天性脊柱侧凸 Congenital scoliosis	脊髓空洞 Syringomyelia	43	T1	L2	5.6	60.9	—
8	女 F	6	先天性胸椎脊柱侧凸 Congenital scoliosis	脊髓纵裂 Split cord malformation	24	T2	L4	7.0	29.0	—
9	女 F	6	先天性脊柱侧凸 Congenital scoliosis	脊髓纵裂 Syringomyelia	36	T1	L1	5.5	18.0	—
10	女 F	8	先天性脊柱侧凸 Congenital scoliosis	脊髓拴系、脊髓纵裂 Tethered cord syndrome, Split cord malformation	35	T2	L3	10.9	38.5	—
11	男 M	9	先天性胸椎脊柱侧凸 Congenital scoliosis	脊髓纵裂, 脊髓拴系, 脊髓空洞 Split cord malformation, Tethered cord syndrome, Syringomyelia	33	T2	L4	8.2	21.8	—

为 68.7%, 脊髓空洞发生率 41.4%, 脊髓拴系发生率为 26.3%。本研究中 EOS 患儿的椎管内异常发生率为 23.3%, 与既往文献报道类似。

3.2 伴椎管内异常的 EOS 患儿生长棒治疗的疗效

既往文献报道^[4,10,11], EOS 患儿行生长棒治疗不仅可以获得良好的畸形矫正效果, 脊柱的生长

潜能也可得到良好的维持。在一项多中心研究中, Akbarnia 等^[10]回顾性分析了 23 例接受传统双侧生长棒治疗的 EOS 患儿, 在平均 4.75 年的随访中患儿的侧凸 Cobb 角由初次术前的 81°改善至 36°, T1-S1 长度由 23.01cm 增加至 32.65cm。孙旭等^[11]回顾性研究了 19 例 EOS 患儿生长棒治疗过程中的影像学参数, 平均随访 49.5 个月, 主弯侧

表 2 11 例患者生长棒置入术前、术后和末次随访的影像学参数

Table 2 Comparison of radiographic parameters at preoperation, postoperation, and the last follow-up

	初次术前 Pre-operative	初次术后 Post index surgery	P 值(初次术前 VS 初次术后) P value(pre-operative vs post initial surgery)	末次随访 Final follow- up	P 值(初次术前 VS 末次随访) P value(post initial surgery vs final follow-up)
Cobb 角(°) Cobb	85.2±23.4	51.4±18.9	<0.001	52.8±19.4	<0.001
T1-S14 高度(cm) T1-S1 height	24.6±3.9	28.9±3.4	<0.001	31.9±3.4	<0.001



图 2 女性 EOS 患儿, 初诊年龄 10 岁 a、b 初次术前全脊柱正侧位 X 线片, 主弯 Cobb 角为 80°, T1-S1 高度为 22.1cm c、d 术前 MRI 提示患儿伴有脊髓空洞及脊髓拴系 e、f 生长棒置入术后全脊柱正侧位 X 线片, 主弯 Cobb 角为 45°, T1-S1 高度为 26.8cm g、h 生长棒置入术后 40 个月全脊柱正侧位 X 线片, 已行 4 次撑开, 主弯 Cobb 角改善至 42°, T1-S1 高度为 32.4cm

Figure 2 A 10 year-old female EOS patient was illustrated a, b The pre-operative Cobb angle and T1-S1 height were 80° and 22.1cm c, d The pre-operative MRI revealed syringomyelia and tethered cord e, f The Cobb angle and T1-S1 height improved to 45° and 26.8cm after fixation by growing rods g, h The Cobb angle was 42° and T1-S2 height was 32.4cm after the 4th distraction

凸 Cobb 角初次术前平均为 66.5°, 术后改善至 35.2°, 末次随访时平均为 36.7°; 另外, T1-S1 高度由术前的 25.9cm 增加至末次随访时的 34.0cm。Jawaswal 等^[12]报道了 13 例接受生长棒治疗的伴有椎管内异常的 EOS 患儿, 发现主弯侧凸 Cobb 角由术前的 78.5° 改善至术后的 57.4°, 并在 2 年随访时进一步改善至 53.1°; T1-S1 高度由术前 22.7cm 改善至末次随访 27.5cm。本研究中 11 例伴椎管内异常的 EOS 患儿主弯侧凸 Cobb 角生长棒置入术前平均为 85.2°, 末次随访时平均为 52.8°; 而术前站立位 T1-S1 高度平均 24.6cm, 末次随访平均 31.9cm, 患儿 T1-S1 高度平均增长 7.3cm, 平均增长速率为 2.3cm/年。

综合既往文献及本研究结果, 我们认为伴椎管内异常的 EOS 患儿行生长棒置入及后续撑开治疗中可以获得与不伴椎管内异常患儿类似的影像学改善。

3.3 伴椎管内异常的 EOS 患儿生长棒治疗的安全性

传统观点认为椎管内异常会增加脊柱矫形手术中神经并发症的风险^[2], 故既往多建议在矫形手术前预防性处理患儿椎管内异常。但对于这些异常的外科干预往往并不能很好地缓解神经系统症状, 并且术后椎管内粘连、脑脊液漏等其他并发症的发生率较高^[13]。近年来越来越多的研究^[14-16]表明, 对于伴有椎管内异常的脊柱侧凸患者直接进行后路融合内固定矫形手术而不干预椎管内异常并不明显增加患儿神经系统并发症的发生率。Sha 等^[14]报道了 43 例伴脊髓空洞的 AIS 患儿在未干预脊髓空洞的前提下直接进行了后路矫形手术, 术后 2 年随访中无一例发生神经系统损害。Xie 等^[15]的研究进一步表明, 同时合并 Chiari 畸形及脊髓空洞的先天性脊柱侧凸患儿直接进行后路融合内固定矫形同样不增加神经损害的风险。Zhang 等^[16]则进一步认为, 对于合并 Chiari 畸形、脊髓纵裂和脊髓拴系的不同病因学的脊柱侧凸患者患儿, 直接进行后路融合内固定矫形也是相对安全有效的。另外, Shen 等^[17]分析了 73 例 I 型脊髓纵

裂和 141 例 II 型脊髓纵裂的先天性脊柱侧凸患儿,发现在未干预椎管内异常的情况下其后路融合内固定矫形术中和术后神经系统并发症的发生率未见明显增加。然而,对于合并椎管内异常的 EOS 患儿,生长棒治疗的安全性少见文献报道。

本研究中 11 例伴椎管内异常的 EOS 患儿行生长棒置入及多次撑开过程中,共发生 5 次并发症,但无一例为新发神经系统损害,并且 2 例术前已经存在神经系统症状的患儿在治疗过程中均未出现原有神经系统症状的加重。另一方面,在 Jayaswal 等^[12]报道的 13 例经生长棒治疗的 EOS 患儿中,有 11 例在矫形手术前对存在的椎管内异常进行了干预,而其中共 7 例患儿矫形手术中发生了 15 次并发症,包括 2 例神经系统并发症。该结果表明,对于椎管内异常的预防性干预仍有出现神经系统并发症的风险,同时增加了患儿手术创伤、延长了住院时间。因此,对于伴椎管内异常的 EOS 患儿,若患儿无明显神经损害表现或神经损害相对稳定,行生长棒置入及随访中多次撑开是相对安全有效的。

总之,对于伴有椎管内异常的 EOS 患儿,术前应仔细分析患儿影像学参数并行全面的神经系统查体,若患儿无明显神经损害或神经损害相对稳定,行生长棒置入及随访中多次撑开是相对安全有效的。但本研究仅纳入了 11 例 EOS 患儿,椎管内异常分类并不统一,并且伴与不伴神经损害患者之间未行对比分析。其次,虽然本研究前期结果表明伴椎管内异常的 EOS 患儿进行生长棒治疗是相对安全的,但在临床工作中仍需谨慎对待,行个体化治疗。最后,本研究仅评估了 3 种最常见的椎管内异常对 EOS 患儿生长棒治疗安全性和有效性的影响,其他椎管内异常对其影响仍需进一步的研究证实。

4 参考文献

- Hasler CC. Early-onset scoliosis: contemporary decision-making and treatment options[J]. J Pediatr Orthop, 2018, 38(Suppl 1): S13-S20.
- Campbell RMJ, Smith MD, Mayes TC, et al. The Characteristics of thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85(3): 399-408.
- 史本龙, 乔军, 朱泽章, 等. 生长棒及 VEPTR 技术对早发性脊柱侧凸患儿纵向生长及肺功能影响的研究进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(10): 942-945.
- Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, et al. Dual growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: a multicenter study [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2005, 30(17 Suppl): S46-S57.
- Bollini G, Launay F, Docquier PL, et al. Congenital abnormalities associated with hemivertebrae in relation to hemivertebrae location[J]. J Pediatr Orthop B, 2010, 19(1): 90-94.
- Bradford DS, Heithoff KB. Intraspinal abnormalities and congenital spine deformities: a radiographic and MRI study[J]. J Pediatr Orthop, 1991, 11(1): 36-41.
- Bollini G, Launay F, Docquier PL, et al. Congenital abnormalities associated with hemivertebrae in relation to hemivertebrae location[J]. J Pediatr Orthop B, 2010, 19(1): 90-94.
- Prahinski JR, Polly DW, McHale KA. Occult intraspinal anomalies in congenital scoliosis [J]. J Pediatr Orthop, 2000, 20(1): 59-63.
- Shen J, Wang Z, Liu J, et al. Abnormalities associated with congenital scoliosis: a retrospective study of 226 Chinese surgical cases[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2013, 38(10): 814-818.
- Akbarnia BA, Breakwell LM, Marks DS, et al. Dual growing rod technique followed for three to eleven years until final fusion: the effect of frequency of lengthening[J]. Spine, 2008, 33(9): 984-990.
- 孙旭, 徐亮, 陈忠辉, 等. 传统双侧生长棒对早发性脊柱侧凸患者顶椎旋转的治疗效果[J]. 中华外科杂志, 2018, 56(3): 206-211.
- Jayaswal A, Kandwal P, Goswami A, et al. Early onset scoliosis with intraspinal anomalies: management with growing rod[J]. Eur Spine J, 2016, 25(10): 3301-3307.
- Miller A, Guille JT, Bowen JR. Evaluation and treatment of diastematomyelia[J]. J Bone Joint Surg Am, 1993, 75(9): 1308-1317.
- Sha S, Qiu Y, Sun W, et al. Does surgical correction of right thoracic scoliosis in syringomyelia produce outcomes similar to those in adolescent idiopathic scoliosis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2016, 98(4): 295-302.
- Xie J, Wang Y, Zhao Z, et al. One-stage and posterior approach for correction of moderate to severe scoliosis in adolescents associated with Chiari I malformation: is a prior suboccipital decompression always necessary[J]. Eur Spine J, 2011, 20(7): 1106-1113.
- Zhang ZX, Feng DX, Li P, et al. Surgical treatment of scoliosis associated with syringomyelia with no or minor neurologic symptom[J]. Eur Spine J, 2015, 24(7): 1555-1559.
- Shen J, Zhang J, Feng F, et al. Corrective surgery for congenital scoliosis associated with split cord malformation: it may be safe to leave diastematomyelia untreated in patients with intact or stable neurological status[J]. J Bone Joint Surg Am, 2016, 98(11): 926-936.

(收稿日期:2019-03-04 修回日期:2019-05-20)

(英文编审 孙浩林/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)