

· 临床研究 ·

凸侧骨骺阻滞术对阻止半椎体所致脊柱侧凸的进展疗效分析

李叶天, 徐磊磊, 夏超, 潘伟, 盛飞, 邱勇, 朱泽章
(南京医科大学鼓楼临床医学院骨科, 江苏 南京 210008)

【摘要】 目的:探讨凸侧骨骺阻滞术对先天性脊柱侧凸患者的治疗效果。**方法:**回顾分析 1998 年 10 月至 2008 年 2 月行 I 期前后路联合骨骺阻滞术的胸腰椎半椎体畸形 22 例患者, 其中男 12 例, 女 10 例。测量术前、术后及末次随访时主弯及代偿弯角度, 同时计算术后进展率及年进展量。观察侧凸进展率和年进展量与年龄、性别、半椎体数目、半椎体位置、术前主弯 Cobb 角及代偿弯 Cobb 角之间有无相关性, 比较不同年龄、性别、半椎体数目、半椎体位置以及术前主弯 Cobb 角对术后侧凸进展的影响。**结果:**22 例主弯 Cobb 角术前为 $(40.5 \pm 9.8)^\circ$, 术后 3 个月为 $(39.5 \pm 11.1)^\circ$, 末次随访时为 $(46.8 \pm 13.9)^\circ$ 。代偿弯 Cobb 角术前为 $(20.1 \pm 10.8)^\circ$, 术后 3 个月为 $(23.0 \pm 11.1)^\circ$, 末次随访为 $(29.9 \pm 11.5)^\circ$ 。术前主弯及代偿弯 Cobb 角与术后 3 个月比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 末次随访与术前、术后 3 个月比较差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。术后共有 20 例出现主弯角度进展, 平均进展率为 $(19.2 \pm 17.9)\%$, 年进展量为 $(1.5 \pm 1.4)^\circ$, 共有 20 例患者出现代偿弯进展, 平均进展率为 $(39.6 \pm 37.0)\%$, 年进展量为 $(1.4 \pm 1.3)^\circ$ 。3 例因术后侧凸进展明显行侧凸矫形内固定。22 例患者手术时年龄及半椎体数分别与术后主弯进展率之间存在显著相关性, 手术时年龄、主弯角度及术前代偿弯角度分别与术后主弯年进展量之间存在显著相关性 ($P < 0.05$)。**结论:**凸侧骨骺阻滞术不能获得即刻的矫形效果, 长期随访发现, 也不能有效阻止侧凸的进展, 可认为凸侧骨骺阻滞术对于先天性半椎体畸形患者而言是一种无效的手术方式。

【关键词】 先天性半椎体; 脊柱侧凸; 凸侧骨骺阻滞

中图分类号: R687

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.02.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Ineffective treatment technique of convex epiphysiodesis for congenital scoliosis LI Ye-tian, XU Lei-lei, XIA Chao, PAN Wei, SHENG Fei, QIU Yong, and ZHU Ze-zhang. Department of Spinal Surgery, Drum Tower Hospital, Clinical College of Nanjing Medical University, Nanjing 210008, Jiangsu, China

ABSTRACT Objective: To discuss the long-term outcome of convex epiphysiodesis in the treatment for congenital scoliosis (CS). **Methods:** The clinical data of 22 patients with hemivertebral deformity undergoing convex epiphysiodesis from the October 1998 to February 2008 were respectively analyzed. There were 12 males and 10 females. The whole spine anteroposterior radiographs were taken preoperatively, at 3-month postoperatively and at the final follow-up to measure the main curve and the compensatory curve. The progression rate was calculated for each patient. Observing the correlation between the progression rate and annual progression of the scoliosis and age, gender, hemivertebral number, hemivertebral position, preoperative main curve Cobb angle and compensatory curve Cobb angle, comparing different ages, genders, hemivertebral number and position, and preoperative main curve Cobb angle on the progression of postoperative curve. **Results:** The mean Cobb angle of main curve changed from $(40.5 \pm 9.8)^\circ$ before surgery to $(39.5 \pm 11.1)^\circ$ at 3 months after surgery, which significantly increased to $(46.8 \pm 13.9)^\circ$ in the final follow-up. Meanwhile the mean Cobb angle of compensatory curve was changed from $(20.1 \pm 10.8)^\circ$ before surgery to $(23.0 \pm 11.1)^\circ$, which significantly increased to $(29.9 \pm 11.5)^\circ$ in the final follow-up. There were no significant differences in the Cobb angle of the main curve and the compensatory curve between postoperative 3 months and before operation ($P > 0.05$). The difference between the final follow-up and the preoperative, postoperative 3 months was statistically significant ($P < 0.01$). Twenty patients experienced progression of both main curve and compensatory curve, with a mean progression rate of $(19.2 \pm 17.9)\%$ for main curve and $(39.6 \pm 37.0)\%$ for compensatory curve. The annual progression volume was $(1.5 \pm 1.4)^\circ$ for main curve and $(1.4 \pm 1.3)^\circ$ for compensatory curve. Three patients underwent lateral convex orthopedic internal fixation due to postoperative scoliosis progression. The curve progression was significantly correlated with age at the time of surgery and hemivertebral number. There was a significant correlation between the age of the operation, the main curve angle, the pre-

通讯作者: 朱泽章 E-mail: drzhuzhang@126.com

Corresponding author: ZHU Ze-zhang E-mail: drzhuzhang@126.com

operative compensatory curve angle and the annual progression volume of the main curve ($P<0.05$). **Conclusion:** The convex epiphysiodesis technique cannot effectively prevent curve progression of CS patients in the long-term follow-up. It is not recommended to apply this technique to the treatment of patients with congenital hemivertebrae.

KEYWORDS Congenital hemivertebrae; Scoliosis; Convex epiphysiodesis

凸侧骨骺阻滞术因无需切除半椎体和植入内固定器械、手术时间短、相对安全等优点,曾被用于先天性脊柱侧凸(congenital scoliosis, CS)的外科治疗^[1]。凸侧骨骺阻滞术的治疗原理是阻止凸侧骨板的生长同时保留凹侧骨板的生长潜能,使侧凸脊柱产生自发的矫正。该技术适用于完全分节的半椎体畸形,因该类患儿凸侧骨骺融合后凹侧仍有足够生长潜能^[2]。但该方法对于先天性脊柱侧凸的治疗效果一直存在争议^[3]。因此本文以先天性完全分节的半椎体畸形患儿为研究对象,探讨凸侧骨骺阻滞术是否能有效阻止先天性半椎体畸形患者侧凸的进展。

1 资料与方法

1.1 病例选择

(1)纳入标准:1998 年 10 月至 2008 年 2 月于我院行 I 期前后路联合骨骺阻滞术的胸腰椎半椎体畸形患者。(2)排除标准:部分分节和未分节半椎体、凹侧骨桥形成、伴神经肌肉疾病或伴后凸畸形患儿。

1.2 一般资料

本组 22 例,男 12 例,女 10 例,接受手术时年龄为 23 个月~9 岁,平均 (4.8 ± 1.7) 岁,22 例患者中,半椎体位于胸段 13 例,胸腰段 9 例;11 例为单一半椎体畸形,10 例为 2 个半椎体畸形,其中 2 例患者半椎体位于对侧,8 例患者半椎体位于同侧;1 例患者伴有同侧 3 个半椎体。此外 21 例患者存在代偿弯。所有病例行术前站立位全脊柱正侧位 X 线片、全脊柱 CT 平扫加三维重建、全脊柱 MRI 平扫检查。

1.3 治疗方法

1.3.1 手术方法 本组患者均选择前后路联合骨骺阻滞术,在气管插管下行全身麻醉,取侧卧位,侧凸侧在上。半椎体位于 T₅-T₁₁ 节段采用开胸术,位于 T₁₂-L₂ 节段采用胸腹联合切口。阻滞范围包括半椎体在内的凸侧半的 4 个椎间隙 8 个生长板。术中注意防止胸腹膜损伤,进入凸侧椎体侧前方,注意保护胸腹腔大血管,显露包含半椎体在内的 4 个椎间隙。先凿除凸侧椎间盘和椎间骺组织,然后用髓核钳或刮勺去除残余的骺板,将自体肋骨或髂骨经咬骨剪咬碎后植入椎间隙内,同法处理其余 3 个椎间隙;取与骨骺阻滞手术节段相对应的后正中切口,显露对应融合节段凸侧椎板及关节突,将椎板表面的软组织完全去除,使皮质骨成毛糙面后,植入预先剪成条状的肋骨或髂骨,同时破坏关节突间关节软骨,并行关节面间植骨融合。检查椎体前方有无明显出血,彻底

止血后关闭切口。

1.3.2 术后处理 术前及术后 3、6、12 个月常规拍摄站立位全脊柱正侧位 X 线片,以后每半年到 1 年至门诊随访,每次随访均拍摄站立位全脊柱正侧位 X 线片。所有患者术后佩戴 Boston 支具 3 个月,对于术后冠状面脊柱侧凸 $>15^\circ$ 或随访期间侧弯进展患者继续佩戴支具控制畸形。

1.4 观察项目与方法

在 PACS 工作站上测量术前、术后 3 个月及末次随访站立位全脊柱侧位 X 线片上主弯及代偿弯 Cobb 角,在全脊柱侧位 X 线片上沿侧凸上端椎的上终板和下端椎的下终板分别画平行线,其交角即为 Cobb 角。同时计算术后进展率及年进展量。术后进展率 $=[(末次随访 Cobb 角-术后 3 个月 Cobb 角)/术后 3 个月 Cobb 角]\times 100\%$,年进展量 $=(末次随访 Cobb 角-术后 3 个月 Cobb 角)/随访时间(年)$ ^[4]。观察侧凸进展率和年进展量与年龄、性别、半椎体数目、半椎体位置、术前主弯 Cobb 角及代偿弯 Cobb 角之间有无相关性,比较不同年龄、性别、半椎体数目、半椎体位置及术前主弯 Cobb 角对术后侧弯进展的影响。

1.5 统计学处理

采用 SPSS19.0 软件分析数据,通过配对样本 *t* 检验比较手术前后不同时间点的主弯及代偿弯的角度。通过线性相关性分析侧凸进展率和年进展量与年龄、性别、半椎体数目、半椎体位置、术前主弯 Cobb 角及代偿弯 Cobb 角之间的相关性。不同年龄、性别、半椎体数目、半椎体位置、术前主弯 Cobb 角对术后侧弯进展影响的比较采用独立样本 *t* 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本组患者手术时间为 121~182(144 ± 24) min,术中出血量为 190~430(320 ± 111) ml,术后随访时间为 5~12(7.0 ± 1.5)年。

主弯 Cobb 角术前为 $(40.5\pm 9.8)^\circ$,术后 3 个月为 $(39.5\pm 11.1)^\circ$,末次随访时为 $(46.8\pm 13.9)^\circ$,术前与术后 3 个月相比差异无统计学意义($P>0.05$),末次随访与术前、术后 3 个月比较差异有统计学意义($P<0.01$)。术后共有 20 例患者出现主弯进展,进展率为 0~80.6%(19.2 ± 17.9)%,年进展量为 $(1.5\pm 1.4)^\circ$;仅 2 例患者术后主弯未见明确进展,但较术前仍无明显改善。

代偿弯 Cobb 角术前为 $(20.1\pm10.8)^{\circ}$,术后 3 个月为 $(23.0\pm11.1)^{\circ}$,末次随访时为 $(29.9\pm11.5)^{\circ}$,术前与术后 3 个月相比差异无统计学意义 ($P>0.05$),末次随访 Cobb 角与术前、术后 3 个月比较差异有统计学意义 ($P<0.01$),术后共有 20 例患者出现代偿弯进展,平均进展率为 $(39.6\pm37.0)\%$ (0~71.4%),年进展量为 $(1.4\pm1.3)^{\circ}$ 。3 例患者因术后侧凸进展明显行侧凸矫形内固定手术治疗。

相关性分析显示手术时年龄及半椎体数分别与术后主弯进展率之间存在显著正相关,手术时年龄、术前主弯及代偿弯角度分别与术后主弯年进展量之间存在显著正相关。见表 1。

年龄、性别、半椎体数目、半椎体位置以及术前主弯 Cobb 角等对术后侧弯进展的影响见表 2。手术年龄 ≥ 5 岁和术前伴有 2 个以上半椎体畸形患者进展率显著增高;且手术时年龄 ≥ 5 岁和术前主弯角度 $\geq 40^{\circ}$ 的患者年进展度数显著增高。本组典型病例影像学资料见图 1-2。

3 讨论

先天性脊柱侧凸是由于胚胎期脊柱椎体发育异常而引起的脊柱畸形,根据椎体发育的异常可分为形成不良型、分节不良型和混合型^[5]。半椎体畸形属于椎体形成不良型,同时根据其两端软骨板及椎间盘的发育情况,将半椎体分为完全分节、部分分节和未分节 3 类^[5]。其中完全分节的半椎体导致侧凸可能性最大,因为该类半椎体上下生长板完整,因此除双侧对称存在的半椎体外,大多数 CS 会进行性加重^[6]。

Newton 等^[7]通过凸侧骨骺阻滞成功诱导形成脊柱侧凸,提示骨骺阻滞可能作为一种治疗先天性脊柱畸形的方法。前后路联合凸侧骨骺阻滞术实际上是前方凸侧骨骺阻滞,后方凸侧关节融合术。其原理

主要是通过融合半椎体以及上下邻椎同侧生长板以消除脊柱凸侧的生长,依靠凹侧存在的“正常”生长潜能,达到在未来自然生长中逐渐矫正畸形的目的。

Arlet 等^[8]研究表明凸侧骨骺阻滞术可控制或逆转冠状面侧凸的进展,适用于侧凸的凹侧有生长潜力、侧凸节段少、进行性加重的先天性脊柱侧凸患者。Uzumcugil 等^[4]在其研究中表述凸侧骨骺阻滞术适应于进展性脊柱侧凸,不伴有明显的脊柱后凸或前凸畸形;侧凸弧包括的椎体数 <5 个;侧凸 Cobb 角 $<40^{\circ}$;年龄 <5 岁;不伴有凹侧骨桥形成。Kieffer 等^[9]通过对比不同年龄组先天性脊柱侧凸患者前后路凸侧骨骺阻滞术疗效,认为此方法仅适用于 5 岁以内患儿。对凸侧骨骺阻滞治疗先天性脊柱畸形的相关文献进行回顾分析,发现 32 例平均手术年龄 2 岁 7 个月的各种类型先天性脊柱侧凸患者行前后路凸侧骨骺阻滞术,术后平均随访 3 年 4 个月,畸形角度由术前平均 55° 降至 50° ,认为骨骺阻滞术是治疗小儿先天性脊柱畸形安全、有效的方法,该方法在 5 岁以下患儿中具有普遍适用性^[4]。

本组患者均为半椎体畸形,其中 50%为单一半椎体畸形,45.5%为 2 个半椎体畸形,4.5%为 3 个半椎体畸形。所有患者平均随访 7 年,最长达 12 年。本研究结果表明,骨骺阻滞术后主弯 Cobb 角跟术前相比虽有降低,但并无统计学意义,且随访发现,有 20 例出现了术后主弯进展,与术前及术后 3 个月相比差异显著。术前 21 例患者存在代偿弯,骨骺阻滞术后代偿弯也并未得到控制,与术前相比,两者虽无统计学差异,但 Cobb 角度数有所增加,随访发现,有 20 例出现了术后代偿弯角度的进展,末次随访时平均 29.8° ,与术前及术后 3 个月 Cobb 角相比有显著增加。该长期随访结果表明凸侧骨骺阻滞术并未能

表 1 各因素与术后主弯及代偿弯进展率和年进展量相关性
Tab.1 Correlation of various factors with the progress rate and annual progress of the main curve and compensatory curve after operation

相关因素	术后主弯				术后代偿弯			
	进展率		年进展量		进展率		年进展量	
	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值
年龄	0.416	0.031*	0.469	0.028*	0.02	0.929	0.069	0.667
性别	0.115	0.610	0.082	0.718	0.022	0.924	0.043	0.849
半椎体数目	0.361	0.046*	-0.153	0.496	-0.223	0.317	-0.276	0.212
半椎体位置	0.105	0.641	0.220	0.325	0.046	0.840	0.156	0.487
术前主弯 Cobb 角	-0.028	0.900	0.308	0.050*	-0.284	0.200	0.123	0.585
术前代偿弯 Cobb 角	0.222	0.320	0.573	0.005*	-0.402	0.064	0.197	0.379

注: *差异有统计学意义, $P<0.05$
Note: *There were significant differences in the factors, $P<0.05$

表 2 各因素分组后主弯 Cobb 角变化
Tab.2 Cobb angle change of main curve after correlation factor grouping

相关因素	组别	主弯 Cobb 角($\bar{x}\pm s, ^\circ$)			进展率($\bar{x}\pm s, \%$)	年进展量($\bar{x}\pm s, ^\circ$)
		术前	术后 3 个月	末次随访		
年龄	<5 岁(11 例)	39.6 $\pm$ 7.7	38.9 $\pm$ 9.1	45.7 $\pm$ 11.9	15.7 $\pm$ 7.2	1.00 $\pm$ 0.47
	$\geq$ 5 岁(11 例)	41.4 $\pm$ 11.9	40.0 $\pm$ 13.1	47.9 $\pm$ 16.1	23.6 $\pm$ 10.1	1.8 $\pm$ 1.0
	<i>t</i> 值	0.40	0.23	0.36	2.1	2.2
	<i>P</i> 值	0.690	0.823	0.721	0.048	0.043
性别	男(12 例)	36.2 $\pm$ 5.0	34.9 $\pm$ 5.1	41.2 $\pm$ 5.9	18.2 $\pm$ 8.1	1.40 $\pm$ 0.92
	女(10 例)	45.7 $\pm$ 11.8	44.9 $\pm$ 13.9	53.6 $\pm$ 17.7	20.4 $\pm$ 25.7	1.6 $\pm$ 1.9
	<i>t</i> 值	2.6	2.3	2.3	0.28	0.38
	<i>P</i> 值	0.019	0.031	0.032	0.782	0.718
半椎体数	1(11 例)	40.7 $\pm$ 7.9	39.1 $\pm$ 10.8	45.8 $\pm$ 14.2	15.1 $\pm$ 7.9	1.7 $\pm$ 1.7
	$\geq$ 2(11 例)	40.3 $\pm$ 11.8	39.8 $\pm$ 11.8	47.8 $\pm$ 14.2	23.5 $\pm$ 10.2	1.3 $\pm$ 1.0
	<i>t</i> 值	0.11	0.15	0.33	2.2	0.51
	<i>P</i> 值	0.916	0.882	0.744	0.043	0.610
半椎体位置	胸椎(13 例)	38.5 $\pm$ 8.6	37.9 $\pm$ 9.7	44.7 $\pm$ 11.6	19.2 $\pm$ 20.6	1.20 $\pm$ 0.88
	胸腰段(9 例)	43.33 $\pm$ 11.20	41.8 $\pm$ 13.0	49.9 $\pm$ 16.8	19.2 $\pm$ 14.1	1.9 $\pm$ 1.9
	<i>t</i> 值	1.1	0.81	0.86	0.0064	1.2
	<i>P</i> 值	0.269	0.426	0.400	0.995	0.217
术前主弯角度	<40°(6 例)	35.1 $\pm$ 4.7	34.6 $\pm$ 5.9	41.6 $\pm$ 9.6	20.1 $\pm$ 19.5	1.10 $\pm$ 0.86
	$\geq$ 40°(16 例)	49.9 $\pm$ 9.5	47.9 $\pm$ 13.2	56.0 $\pm$ 15.9	17.6 $\pm$ 15.6	2.3 $\pm$ 1.8
	<i>t</i> 值	4.8	2.3	2.1	0.32	1.6
	<i>P</i> 值	0.003	0.026	0.041	0.755	0.039

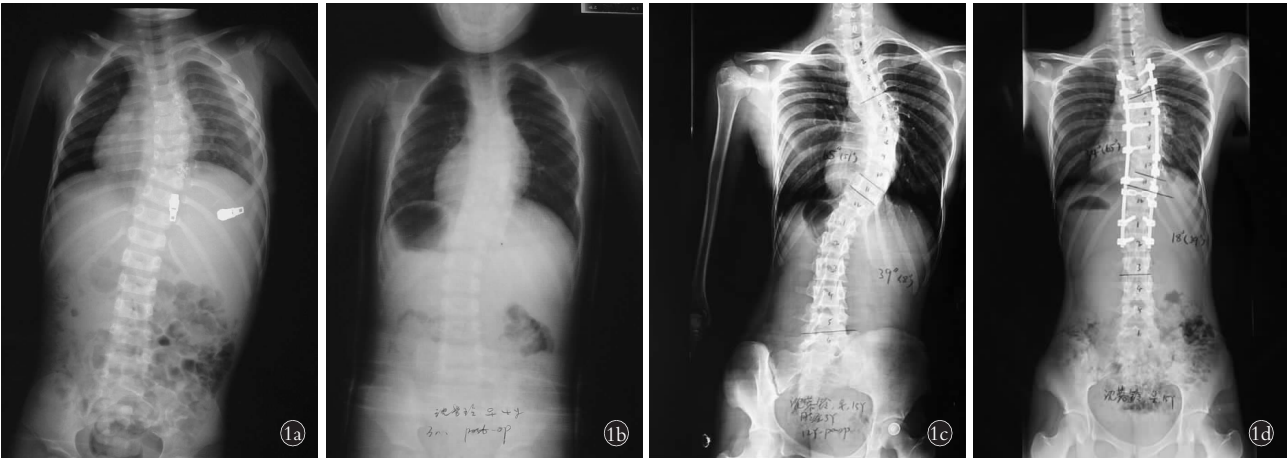


图 1 女性患者,4 岁,T₉半椎体畸形 1a. 术前主弯 Cobb 角 39°, 代偿弯 Cobb 角 12° 1b. 术后 3 个月主弯 Cobb 角 36°, 代偿弯 Cobb 角 21° 1c. 术后 12 年主弯 Cobb 角 65°,代偿弯 Cobb 角 39° 1d. 行侧凸后路矫形内固定术后 X 线
Fig.1 A 4-year-old girl with hemivertebral deformity of T₉ 1a. The Cobb angle of main curve and compensatory curve were respectively 39° and 12° before convex epiphysiodesis 1b. The Cobb angle of main curve and compensatory curve respectively were 36° and 21° at three months after convex epiphysiodesis 1c. The Cobb angle of main curve and compensatory curve were respectively 65° and 39° at 12 years after convex epiphysiodesis 1d. Post-operative X-ray underwent scoliosis posterior orthopedic internal fixation

有效控制侧凸的进展,同时本研究发现所有患者术后主弯平均进展率为 19.22%,术后代偿弯平均进展率为 39.61%,代偿弯进展更为迅速。本研究结果与既往研究并不完全一致,分析其原因可能和患者纳入年龄和随访时间有关,低龄患儿术后侧弯的转归是时间依赖性现象,既往文献随访时间较短且手术时年龄小,而本研究中部分患儿在接受手术时平均年龄相对较大且术后平均随访 7 年,此时大部分患儿已经接近或达到生长高峰期,脊柱生长和侧弯进展均较快而表现出畸形加重的趋势^[2,7,9]。



图 2 女性患者,2 岁,同侧 T₈-T₁₀ 半椎体畸形 **2a.** 术前主弯 Cobb 角 41°,代偿弯 Cobb 角 26° **2b.** 术后 3 个月主弯 Cobb 角 39°,代偿弯 Cobb 角 20° **2c.** 术后 4.5 年主弯 Cobb 角 46°,代偿弯 Cobb 角 33° **2d.** 术后 9 年主弯 Cobb 角 54°,代偿弯 Cobb 角 35°

Fig.2 A 2-year-old girl with hemivertebral deformity of ipsilateral T₈-T₁₀ **2a.** The Cobb angle of main curve and compensatory curve were respectively 41° and 26° before convex epiphysiodesis **2b.** The Cobb angle of main curve and compensatory curve were respectively 39° and 21° at three months after convex epiphysiodesis **2c.** The Cobb angle of main curve and compensatory curve were respectively 46° and 33° at 4.5 years after convex epiphysiodesis **2d.** The Cobb angle of main curve and compensatory curve were respectively 54° and 35° at 9 years after convex epiphysiodesis

既往学者研究认为凸侧骨骺阻滞术对 5 岁以下、侧凸角度<40°的患者是一种安全有效的方法^[7]。本次研究结果表明术后主弯进展与患儿年龄、半椎体个数、术前主弯角及术前代偿弯严重程度均存在显著正相关。本研究还发现手术时年龄>5 岁的患者术后主弯角度平均进展率及平均年进展量均显著高于手术时年龄<5 岁的患者,而术前主弯角度≥40°的患者术后主弯角度平均年进展量较术前主弯角度<40°的患者有显著增加。虽然手术时年龄<5 岁、主弯角度<40°的患者术后平均进展率及年进展量不高,然而仍存在不同程度的进展。该结果表明凸侧骨骺阻滞术对手术年龄低、术前角度小的患者也并不能有效阻止侧凸的进展,更没有达到随着患儿生长而自发纠正畸形的目的。分析原因可能与低龄儿童椎体的生长模式有关,在椎体与椎板交界处存在一对三维软骨板,该软骨称为神经中央软骨,特点为双向生长,参与椎弓根和椎体后份的生长,而凸侧骨骺阻滞术仅仅对椎间隙水平的骺板进行处理,忽略了椎体与椎板交界处神经中央软骨不对称生长也同样是先天性脊柱侧弯畸形加重的诱发因素^[10]。

本次研究的缺陷之一是回顾性研究,大部分患者未能拍 CT 观察凸侧阻滞节段融合情况。而 Uzumcugil 等^[4]研究结果提示是否植骨融合术、融合面积大小等并不影响骨骺阻滞术的效果。而本次研究的临床意义在于对行凸侧骨骺阻滞术患者术后长期随访,证实凸侧骨骺阻滞术并不能有效阻滞侧凸的进展。术前患者年龄,半椎体数量以及术前侧凸严重程度是术后侧凸进展的显著风险因素。因此对于

先天性半椎体畸形患者而言凸侧骨骺阻滞术不推荐作为优先治疗方案。

参考文献

[1] Helenius IJ. Treatment strategies for early-onset scoliosis[J]. EFORT Open Rev, 2018, 3(5):287-293.

[2] Burnei G, Gavrilu S, Vlad C, et al. Congenital scoliosis: an up-to-date[J]. J Med Life, 2015, 8(3):388-397.

[3] Chen Z, Qiu Y, Zhu Z, et al. Posterior-only hemivertebra resection for congenital cervicothoracic scoliosis: correcting neck tilt and balancing the shoulders[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2018, 43(6):394-401.

[4] Uzumcugil A, Cil A, Yazici M, et al. Convex growth arrest in the treatment of congenital spinal deformities, revisited[J]. J Pediatr Orthop, 2004, 24(6):658-666.

[5] Guo JH, Liao CH, Chen DC, et al. Hemivertebra with accompanying costal deformity[J]. Joint Bone Spine, 2017, 84(1):95.

[6] Yang X, Song Y, Liu L, et al. Emerging S-shaped curves in congenital scoliosis after hemivertebra resection and short segmental fusion[J]. Spine J, 2016, 16(10):1214-1220.

[7] Newton PO, White KK, Faro F, et al. The success of thoracoscopic anterior fusion in a consecutive series of 112 pediatric spinal deformity cases[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(4):392-398.

[8] Arlet V, Odent T, Aebi M, et al. Congenital scoliosis[J]. Eur Spine J, 2003, 12(5):456-463.

[9] Kieffer J, Dubousset J. Combined anterior and posterior convex epiphysiodesis for progressive congenital scoliosis in children aged <or=5 years[J]. Eur Spine J, 1994, 3(2):120-125.

[10] Zhang H, Sucato DJ. Unilateral pedicle screw epiphysiodesis of the neurocentral synchondrosis. Production of idiopathic-like scoliosis in an immature animal model[J]. J Bone Joint Surg Am, 2008, 90(11):2460-2469.

(收稿日期:2019-02-14 本文编辑:王宏)