

临床论著

青少年特发性脊柱侧凸选择性胸弯融合的策略

张国莹, 张永刚, 王 征, 毛克亚, 张雪松, 陆 宁, 王 岩

(解放军总医院骨科专科医院脊柱外科 100853 北京市)

【摘要】目的:探讨青少年特发性脊柱侧凸(AIS)手术矫形时胸弯选择性融合的策略。**方法:**回顾分析手术矫形治疗的 46 例 Lenke 1B 和 1C 型 AIS 患者,男 12 例,女 34 例,手术时年龄 12~18 岁,平均 15.4 岁,Risser 指数 0~IV 级。Lenke 1B 型 29 例,Lenke 1C 型 17 例。胸弯 Cobb 角 43° ~ 82° ,平均 58° ,腰弯 Cobb 角 16° ~ 64° ,平均 45° 。采用单纯后路手术,其中 CD 技术 19 例,全椎弓根螺钉固定技术 27 例。手术融合范围的选择依据腰弯的结构特征,包括弯曲大小、柔韧度、顶椎旋转度以及 C7 重力垂线偏离骶骨中线的距离等,兼顾双肩和腰部外观以及躯干平衡情况。**结果:**25 例 1B 型和 9 例 1C 型融合单胸弯,其余 12 例融合双弯。随访 12~38 个月,平均 15 个月,术后胸弯 Cobb 角平均 18.9° ,矫正率 64%,末次随访时角度丢失平均 2.2° ;术后腰弯 Cobb 角平均 11.8° ,矫正率 70%,末次随访时角度丢失平均 2.7° 。术后躯干和双肩平衡满意(躯干侧方移位和双肩高度差均在 2cm 以内)。2 例随访时出现明显矫形丢失,均为选择性胸弯融合的病例,1 例发生“曲轴现象”,1 例发生腰弯失代偿。**结论:**在确定青少年特发性脊柱侧凸手术融合范围时,应充分评价腰弯的结构特征以及外观和平衡等因素,尽量保留腰椎活动度,以取得满意的矫形效果。

【关键词】 青少年特发性脊柱侧凸;融合范围;选择性融合

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2009.10.15

中图分类号:R682.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2009)-10-0778-07

The strategy for the selective fusion of thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis/ZHANG Guo-ying,ZHANG Yonggang,WANG Zheng,et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord,2009,19(10): 778~784

【Abstract】 Objective:To investigate the rules on the selective fusion of thoracic curve in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) for Lenke type 1B and 1C curves.**Method:**46 AIS patients(34 females and 12 males) with Lenke type 1B and 1C curves were included.Their average age was 15.4 years (12-18 years) and Risser signs were 0 to IV at operation.Lenke type 1B was in 29 cases and 1C in 17 cases.Before operation,the average Cobb angle of the thoracic curve was 58° (43° - 82°) and the lumbar curve was 45° (16° - 64°).All patients were operated with posterior approach among whom 19 were corrected by CD technique and 27 by whole segmental pedicle screw technique.The fusion region of each patient was decided based on the structural feature of the lumbar curve including the curve magnitude,flexibility,the rotation of the apex vertebrae,and the distance between the central sacral vertical line (CSVL) and the C7 plumb line. And the appearance of the shoulders and the back and the trunk balance were also considered.**Result:**25 patients with 1B curves and 9 with 1C curves were fused selectively.12 were fused in double curves.With a follow-up of 12-38 months (mean 15 months),the thoracic curves were corrected to an average of 18.9° (correction rate 64%) and the correction loss was in an average of 2.2° at the final follow-up.The lumbar curves were corrected to an average of 11.8° (correction rate 70%) and the correction loss was in an average of 2.7° at the final follow-up.The balance were well rebuilt.The trunk translation and the shoulders difference in height were all within 2cm.2 patients treated with selective curve fusion were found with obviously correction loss.One was crank-shaft phenomenon and other was lumbar discompensation.**Conclusion:**When deciding the fusion levels of the AIS patients,the structural characteristics of the lumbar curves,the appearance of the patients and the trunk balance should be carefully evaluated,more mobilizable lumbar segments should be retained as far as possible to get a good correcting result.

第一作者简介:男(1979-),医学硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(010)66875502 E-mail:zzzggyyy@gmail.com

通讯作者:张永刚

[Key words] Adolescent idiopathic scoliosis; Fusion levels; Selective curve fusion

[Author's address] Department of Orthopedics of PLA General Hospital, Beijing, 100853, China

青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)手术治疗时应尽量避免术后主弯矫正率的丢失、腰弯加重和躯干的失代偿。如何恰当地进行选择性的胸弯融合,仍有很多争议^[1-3]。回顾我院 2002 年~2007 年手术治疗的 46 例 Lenke 1B 和 1C 型 AIS 患者,探讨其胸弯选择性融合的相关问题。

1 临床资料

1.1 一般资料

46 例患者中, Lenke 1B 型 29 例, 1C 型 17 例;男 12 例,女 34 例。手术时年龄 12~18 岁,平均 15.4 岁。根据站立后前位 X 线片胸、腰弯的上、下端椎(end vertebrae, EV)测量 Cobb 角,仰卧位侧弯位 X 线片上弯曲的矫正率为弯曲的柔韧度, Nash-Moe 方法确定顶椎旋转度。胸弯 Cobb 角 43°~82°, 平均 58°, 柔韧度 5%~75%, 平均 42%;腰弯情况见表 1。根据椎弓根位置、形态及棘突的位置确定旋转中立椎(neutral vertebrae, NV), 按照 Harrington 原则确定稳定椎(stable vertebrae, SV)。腰弯腰骶角范围 10°~30°, Risser 指数 0~IV 级, 其中 II 级以下 5 例, 均为角度大于 50°的进展性侧凸。通过 C7 重力垂线观察躯干平衡情况, 所有患者 C7 重力垂线不同程度地偏离骶骨中线。

1.2 手术方法

采用单纯后路手术。按 CD 矫形技术矫形 19 例, 依据 CD 矫形原理选择锚定点, 9 例上胸段采用椎弓根钩和椎板钩, 10 例采用椎弓根螺钉;按全胸椎椎弓根钉矫形技术矫形 27 例, 凹侧每个脊椎均作为锚定点, 凸侧适当减少, 重点选择上下端椎和顶椎。

手术在全麻下进行。采用腹卧位后正中入路,

显露脊柱后方结构, 两侧显露至横突尖, 完全切除横突间肌肉及韧带。置入钩、钉后, 首先置入凹侧棒, 通过旋棒、撑开、加压、平移和直接去旋转等技术进行矫形、固定, 然后置入凸侧棒。脊柱后方结构去除皮质骨及破坏小关节, 局部自体骨植骨或异体骨植骨融合。术中所有病例均采用 MEP 脊髓监护和术中唤醒试验证实患者无脊髓损伤。

术后 3~4d 患者恢复良好即可下床活动, 采用 CD 矫形技术者常规佩戴支具 3 个月, 采用全胸椎椎弓根螺钉技术矫形者可不佩戴任何支具。出院前及随访时, 摄站立后前位和侧位 X 线片, 观察各项指标的变化。

1.3 选择性融合原则

参照文献中相关的融合原则, 综合考虑腰弯的结构特征, 包括弯曲大小、柔韧度、顶椎旋转度以及和骶骨中线的位置关系等, 兼顾外观和平衡。倾向于融合腰弯的情况有: a, 腰弯角度较大(>30°); b, 腰弯顶椎偏移明显(>2cm); c, 腰弯柔韧性较差(侧弯像腰弯角度纠正率<70%, 或者顶椎旋转纠正结果≥2°); d, 腰部狮背畸形明显; e, 右胸弯伴左肩高且上胸弯不明显; f, C7 垂线偏离骶骨中线>2cm。腰弯 Cobb 角<30°时不融合腰弯; 腰弯 Cobb 角>30°时, 如果同时存在 b、c、d、e、f 中任意两种情况, 则需要融合腰弯, 只伴有一种情况者不融合腰弯。

下端融合椎(lowest instrumented vertebrae, LIV)的确定: 选择性胸弯融合时以胸弯中立椎(NV)为基础, 非选择性融合时以腰弯下端椎(LEV)为基础, 同时要求 LIV 接触到骶骨中线。

2 结果

46 例患者中, 34 例实际融合单胸弯, 即行选择性融合, Lenke 1B 型 25 例, 1C 型 9 例; 12 例融合双弯, 即行非选择性融合。实际手术融合弯曲数为 58 个。术前腰弯情况与选择性融合之间的关系见表 2。所有病例均予随访, 随访时间 12~38 个月, 平均 15 个月, 实际手术效果满意, 术后胸弯矫正至平均 18.9°, 矫正率为 64%, 末次随访时与术后即刻比较 Cobb 角平均丢失 2.2°; 术后腰弯矫正至平均 11.8°, 矫正率为 70%, 末次随访与术后即

表 1 46 例患者术前腰弯情况

	Lenke 1B	Lenke 1C
病例数	29	17
Cobb角(°)	41.6±6.8	48.5±9.4
侧弯像 Cobb 角(°)	-3.6±12.9	12.5±7.3
柔韧度(%)	84.1±40.9	68.6±37.8
顶椎偏移(mm)	16.8±4.3	28.1±6.9
顶椎旋转度(度)	1.3±0.6	1.9±0.6

表 2 术前腰弯情况与选择性融合之间的关系

	选择性融合	非选择性融合	P值
病例数	34	12	
Cobb角(°)	40.1±9.7	48.6±9.5	0.012
侧弯像 Cobb 角(°)	0.7±14.0	11.2±8.1	0.018
柔韧度(%)	78.3±41.2	71.4±44.7	0.642
顶椎偏移(mm)	19.7±7.5	27.6±6.3	0.002
顶椎旋转度(度)	1.4±0.6	2.0±0.7	0.006

刻比较 Cobb 角平均丢失 2.7° (图 1、2)。按 Lenke 1B、1C 亚型分别统计,主胸弯矫正率分别为 68% 和 60%,腰弯的矫正率分别为 71% 和 68%。选择性融合组胸弯和腰弯的矫正率分别为 64% 和 67%,非选择性融合组胸弯和腰弯的矫正率分别为 64% 和 74%。术后躯干和双肩平衡满意(躯干侧方移位和双肩高度差均在 2cm 以内)。

2 例随访时出现明显畸形丢失,均为选择性胸弯融合的病例,1 例发生“曲轴现象”(图 3),1 例发生腰弯失代偿(图 4),冠状面胸、腰弯角度增

大,矢状面情况良好,未出现交界性后凸等情况,躯干平衡尚可。

3 讨论

特发性脊柱侧凸手术治疗的目的是在矫正畸形的同时维持脊柱矢状面平衡,改善肺功能,降低病死率和减少腰背痛。手术应在确保满意矫形的同时,保留尽可能多的脊柱活动节段,特别是腰椎活动度。在手术前对脊柱各个弯曲,尤其是腰弯的结构特征应仔细进行分析,选择恰当的融合范围,避免将融合节段终止于矢状面或冠状面病理性弯曲内。对矢状面要给予充分重视,如果术前存在胸腰段后凸,手术融合范围必须跨过该区域^[4]。同样,必须认识到上胸弯的重要性,才能更好地控制肩部平衡^[5]。在冠状面,经常出现的问题是对胸弯进行选择融合后,出现腰弯失代偿。如果腰椎失代偿比较轻,并且躯干失平衡很小,一般不需要治疗,但要定期随访患者腰弯的进展情况。对严重失代偿的患者,可以用支具治疗腰椎弯曲。如果支具

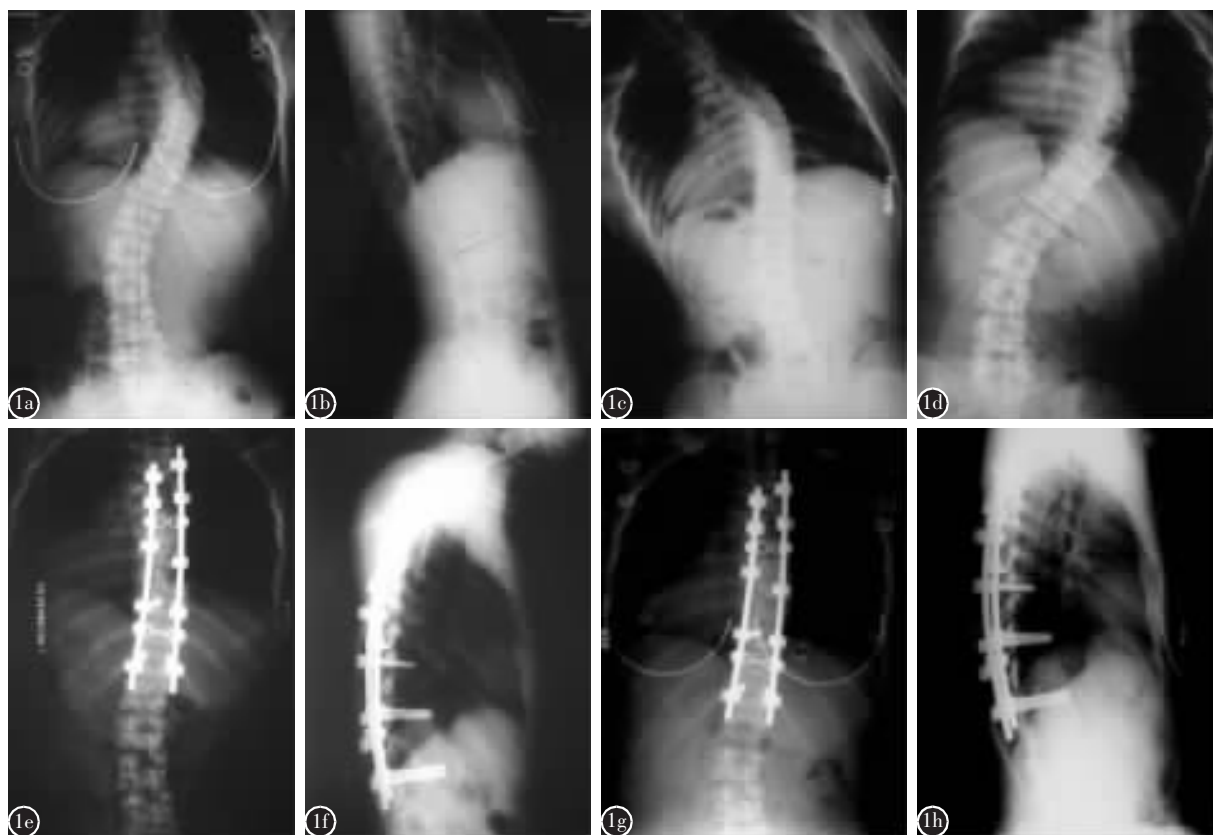


图 1 患者女性,18 岁,Lenke 1B 型,CD 技术矫形,选择性融合 a 术前站立后前位 X 线片示主胸弯 Cobb 角 52° ,腰弯 Cobb 角 35° b 术前站立侧位 X 线片示胸椎后凸变小 c 术前仰卧左侧弯位 X 线片示腰弯 Cobb 角为 5° d 术前仰卧右侧弯位 X 线片示胸弯 Cobb 角为 39° e 术后站立后前位 X 线片示胸弯矫正至 29° f 术后站立侧位 X 线片示胸椎后凸恢复正常 g 术后 12 个月站立后前位 X 线片示胸弯 Cobb 角为 29° h 术后 12 个月站立侧位 X 线片示矢状面曲度良好



图 2 患者女性, 16 岁, Lenke 1B 型, 全椎弓根螺钉固定技术矫形, 选择性融合 **a** 术前站立后前位 X 线片示主胸弯 Cobb 角 66° , 腰弯 Cobb 角 43° **b** 术前站立侧位 X 线片示脊柱矢状面曲度基本正常 **c** 术前仰卧左侧弯位 X 线片示腰弯 Cobb 角为 20° **d** 术前仰卧右侧弯位 X 线片示胸弯 Cobb 角为 45° **e** 术后站立后前位 X 线片示胸弯矫正至 12° **f** 术后站立侧位 X 线片示矢状面曲度良好 **g** 术后 25 个月站立后前位 X 线片示胸弯 Cobb 角仍为 12° **h** 术后 25 个月站立侧位 X 线片与术后无明显变化

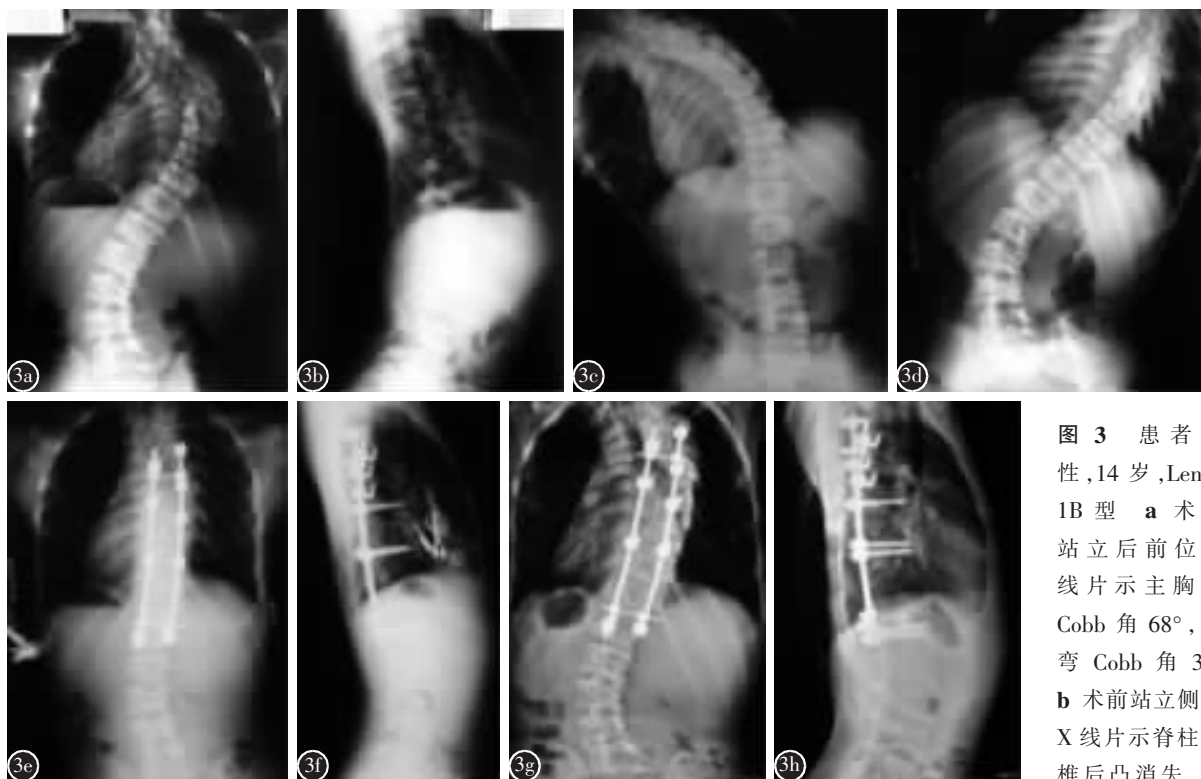


图 3 患者男性, 14 岁, Lenke 1B 型 **a** 术前站立后前位 X 线片示主胸弯 Cobb 角 68° , 腰弯 Cobb 角 39° **b** 术前站立侧位 X 线片示脊柱胸椎后凸消失, 出现前凸 **c** 术前仰卧左侧弯位 X 线片示腰弯 Cobb 角为 8° **d** 术前仰卧右侧弯位 X 线片示胸弯 Cobb 角为 36° **e** 术后站立后前位 X 线片示胸弯矫正至 30° , 腰弯自发矫正至 22° **f** 术后站立侧位 X 线片示胸椎后凸明显恢复 **g** 术后 36 个月站立后前位 X 线片示胸弯 Cobb 角为 57° , 腰弯为 39° **h** 术后 36 个月站立侧位 X 线片示矢状面曲度尚可

现前凸 **c** 术前仰卧左侧弯位 X 线片示腰弯 Cobb 角为 8° **d** 术前仰卧右侧弯位 X 线片示胸弯 Cobb 角为 36° **e** 术后站立后前位 X 线片示胸弯矫正至 30° , 腰弯自发矫正至 22° **f** 术后站立侧位 X 线片示胸椎后凸明显恢复 **g** 术后 36 个月站立后前位 X 线片示胸弯 Cobb 角为 57° , 腰弯为 39° **h** 术后 36 个月站立侧位 X 线片示矢状面曲度尚可

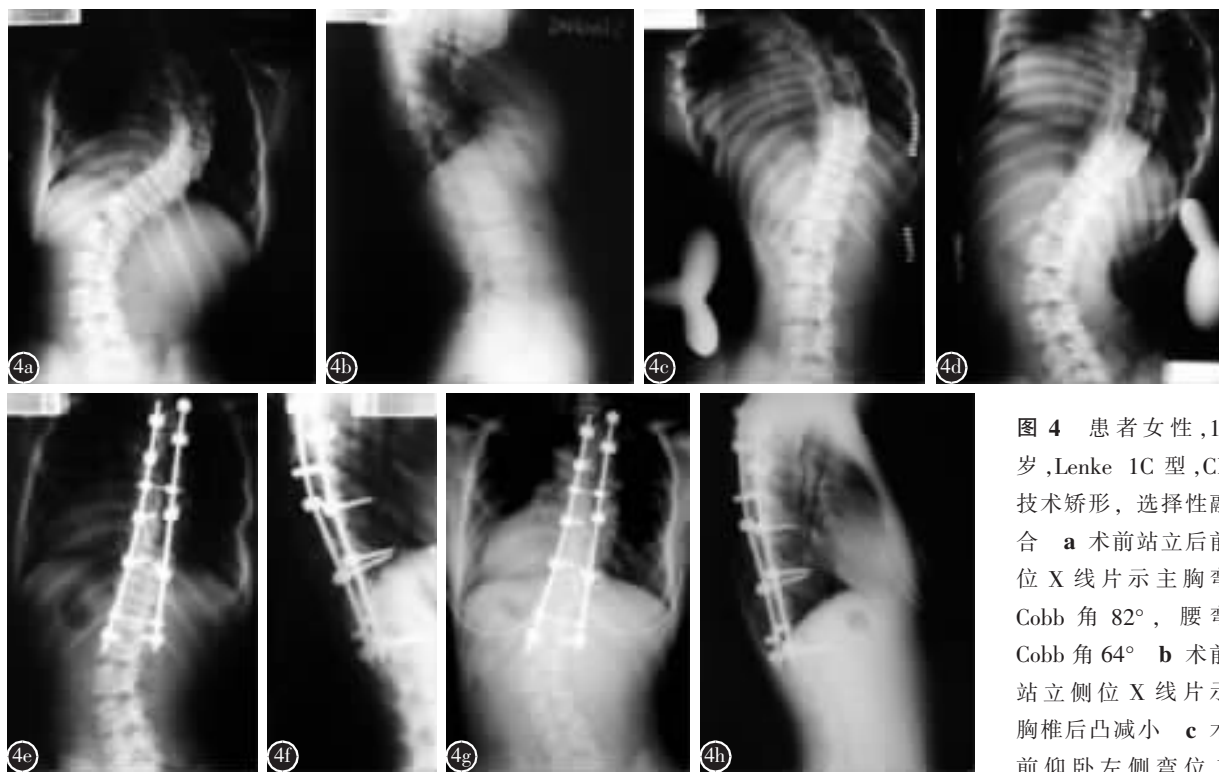


图 4 患者女性,16 岁,Lenke 1C 型,CD 技术矫形,选择性融合 a 术前站立后前位 X 线片示主胸弯 Cobb 角 82°, 腰弯 Cobb 角 64° b 术前站立侧位 X 线片示胸椎后凸减小 c 术前仰卧左侧弯位 X

线片腰弯 Cobb 角为 18° d 术前仰卧右侧弯位 X 线片示胸弯 Cobb 角为 56° e 术后站立后前位 X 线片示胸弯矫正至 36°, 腰弯自发矫正至 30° f 术后站立侧位 X 线片示胸椎后凸有所恢复 g 术后 18 个月站立后前位 X 线片示胸弯 Cobb 角为 42°, 腰弯为 45° h 术后 18 个月站立侧位 X 线片示矢状面曲度尚可

治疗仍然失败,则必须把融合范围延伸到腰弯的稳定椎。

随着矫形技术和临床分型系统的发展,如何进行选择性胸弯融合再次成为争论的热点,目的是更多地保留腰椎活动度,真正改善术后功能。King 等在 1983 年提出了特发性脊柱侧凸的分型方法,同时建议对于 King II 型弯曲均应行选择性胸弯融合^[6]。然而 Knapp 等报道的 108 例 King II 型患者中,只有 17 例实际行选择性胸弯融合, LIV 至稳定椎^[7]。2003 年,Newton 等^[1]报道,Lenke 1B 和 1C 型的选择性融合率总体为 83%,1B 型的选择性融合率为 92%,1C 型的为 68%。我们对本组 Lenke 1B 和 1C 型病例的统计总体为 74%,1B 型的选择性融合率为 86%,1C 型的为 53%。由于病因的不明确以及个体差异的存在,目前对 AIS 患者的选择性融合原则尚没有明确、统一的标准,更多的还是依赖术者的经验。腰弯角度的大小、柔韧性、腰椎的旋转度,以及外观和平衡(包括软组织平衡)等因素混杂在一起,在评价腰弯的结构特征时需要综合考虑。

许多作者在文献中提出了自己的选择性融合

原则,Ibrahim 和 Benson 等^[8]针对 King 分型系统将 King II 型分为 II A 和 II B 两个亚型,认为满足下列条件中三项者定为 King II A 型,行选择性胸弯融合:(1)腰弯比胸弯柔软;(2)腰弯 Cobb 角 $<35^{\circ}$;(3)腰弯侧弯像矫正率 $>70\%$;(4)骶骨中线通过腰弯顶椎;(5)腰骶侧弯角 $\leq 12^{\circ}$;如果只满足其中两项,则不进行选择性融合,需要融合腰弯。Lenke 等^[9]为其分型系统补充了一些参数,认为满足以下标准中三项时行选择性胸弯融合,只满足其中两项则行非选择性融合:(1)柔韧度指数(FI)为正数(F.I.),即腰弯柔韧度大于主胸弯;(2)胸、腰弯顶椎旋转度比值(AVR) >1.2 ;(3)胸、腰弯顶椎偏移比值(AVT) >1.2 ;(4)胸、腰侧弯角比值(MT/L) >1.2 。还有作者根据自己的经验提出了针对腰弯特征的一些具体数值以供参考,认为对于腰弯度数较大($42^{\circ}\pm 10^{\circ}$),顶椎偏移较大($3.1\pm 1.4\text{cm}$),以及胸弯/腰弯度数比率较小(1.31 ± 0.29)的病例,需要融合腰弯,以减少术后发生失代偿等并发症^[1]。

我们在处理选择性融合时,综合考虑腰弯的结构特征,包括弯曲大小、柔韧度、顶椎旋转度以

及和骶骨中线的位置关系等,不仅通过 X 线片观察,还注重患者的外观和躯体平衡,在矫形与保护腰椎活动功能之间做到兼顾。胸腰段以下的脊椎,由于失去胸廓的固定作用,相对于胸段其弯曲更容易进展,腰椎大于 30° 的 Lenke 1B 和 1C 型弯行选择性胸弯融合后腰弯自发矫正率只有 50% 左右^[10],如果合并有旋转角度大、顶椎偏移明显等其他结构性特征,比较容易进展。腰弯的柔韧性非常重要,在仰卧位侧弯像上其角度和旋转度的纠正与术后情况通常十分相近,对于角度纠正率 $<70\%$ 或者顶椎旋转纠正结果 $\geq 2^\circ$ 的弯曲,需要融合双弯。腰部的外观情况通常指狮背畸形程度,其对手术矫形的影响不仅反映在骨骼上,一方面提示腰椎有明显的旋转,另一方面也提示了局部软组织的发育两侧不平衡^[11,12]。双肩的平衡也十分重要,这直接关系到手术的实际效果和患者的满意度,对患者的心理影响也比较大。双肩高度差在 2cm 以内是可以接受的^[13]。对于典型的右胸弯伴右肩高,通常纠正胸弯即可达到平衡双肩的目的。在选择性胸弯融合时,为了兼顾双肩平衡,有时需要对胸弯进行不完全矫正。在临床工作中我们也会遇到右胸弯伴左肩高的情况,如果上胸弯不明显,那么问题通常出在腰弯,而且常伴有躯干的失平衡,这常需要矫正腰弯来控制整体的平衡。C7 垂线偏离骶骨中线的距离也很重要,如果术前该距离 $<2\text{cm}$,通常术后不会出现冠状面失衡^[14],如果偏移较大 ($>2\text{cm}$),很难通过单独矫正胸弯来纠正,也增加了发生附加现象(adding-on)等矫形并发症的风险。这些情况下通常需要融合双弯来解决问题。在具体确定下端融合椎(lowest instrumented vertebrae, LIV)时,无论是融合单弯或双弯,均应使 LIV 接触到骶骨中线。选择性胸弯融合时以胸弯中立椎(NV)为基础,非选择性融合时以腰弯下端椎(LEV)为基础。

依据上述原则,本组病例在实际手术中,在充分矫形的基础上注重了保留腰椎活动度,46 例患者中,34 例实际只融合单胸弯(1B 型 25 例,1C 型 9 例),仅 12 例融合双弯,保留了 34 例患者的腰椎活动度。选择性融合的胸弯和腰弯的矫正率分别达到 64% 和 67%,与 Suk 等^[2]的报道相近。躯干和双肩平衡满意。我们将所选病例腰弯的结构特征与是否行选择性融合之间进行了分析,结果发现腰弯的直立位 Cobb 角、侧弯像角度、顶椎偏移

和顶椎旋转度与选择性融合关系密切,而腰弯柔韧度本身与选择性融合关系不大。所选病例应用了 CD 矫形系统和全椎弓根螺钉矫形系统两种后路技术,早期病例使用 CD 系统较多,近期病例多使用全椎弓根螺钉矫形系统。1 例发生“曲轴现象”的病例可能与术前胸弯角度较大(68°),顶椎旋转明显(2°),骨龄较小(Risser 征 0 级)有关,并非由于选择性融合。手术时如果采用前路松解加骨骺阻滞可能会避免此并发症。1 例发生腰弯失代偿,该患者术前胸弯角度大(82°),腰弯顶椎旋转 2° ,腰弯具一定的结构性特征。我们分析认为,融合双弯有利于避免腰弯失代偿等并发症,但却牺牲了大量病例的腰弯活动度,而且轻度的腰弯失代偿对患者的平衡、生活质量是否有明显影响有待进一步研究。

总之,在确定青少年特发性脊柱侧凸手术融合范围时,应充分评价腰弯的结构特征以及外观和平衡等因素,以期取得满意的矫形效果,同时尽量保留腰椎活动度。

4 参考文献

1. Newton PO, Faro FD, Lenke LG, et al. Factors involved in the decision to perform a selective versus nonselective fusion of lenke 1B and 1C (King-Moe II) curves in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2003, 28(20 Suppl):217-223.
2. Suk S, Lee SM, Chung ER, et al. Selective thoracic fusion with segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis: more than 5-year follow-up[J]. Spine, 2005, 30(14):1602-1609.
3. Frez R, Cheng JC, Wong EM, et al. Longitudinal changes in trunk balance after selective fusion of King II curves in adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2000, 25(11):1352-1359.
4. Lowe TG, Lenke L, Betz R, et al. Distal junctional kyphosis of adolescent idiopathic thoracic curves following anterior or posterior instrumented fusion: incidence, risk factors, and prevention[J]. Spine, 2006, 31(3):299-302.
5. Kuklo TR, Lenke LG, Graham EJ, et al. Correlation of radiographic, clinical, and patient assessment of shoulder balance following fusion versus nonfusion of the proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2002, 27(18):2013-2020.
6. King HA, Moe JH, Bradford DS, et al. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis[J]. J Bone Joint Surg Am, 1983, 65(10):1302-1313.
7. Knapp DR, Price CT, Jones ET, et al. Choosing fusion levels in progressive thoracic idiopathic scoliosis[J]. Spine, 1992, 17(10):1159-1165.

综述

快速成型三维实物模型在脊柱外科中的应用进展

陈玉兵, 陆 声, 徐永清

(成都军区昆明总医院全军骨科中心 昆明医学院昆明总医院临床学院 650032 昆明市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2009.10.16

中图分类号: R682.3, R319

文献标识码: A

文章编号: 1004-406X(2009)-10-0784-04

由于脊柱解剖结构的复杂性, CT、MRI、X 线片等医学影像资料有时难于为复杂的脊柱外科手术提供足够的解剖学信息, 对于那些由于解剖畸变而导致病理形态改变的脊柱尤其如此。尽管二维、三维重建医学影像能使复杂的脊柱解剖结构获得更好的显示^[1-4], 但有时仍然难以满足复杂脊柱外科的手术需要。1999 年 D'Urso 报道了快速成型脊柱三维实物模型的制作过程及其临床应用^[5], 初步表明快速成型脊柱三维实物模型是进行术前规划及和患者沟通交流的有用工具, 之后快速成型三维实物模型在脊柱外科中的应用研究逐渐增多^[6-18]。笔者通过复习近年来国内外有关文献, 将这方面的应用研究进展情况综述如下。

1 快速成型脊柱三维实物模型的制作

1.1 逆向工程

脊柱三维实物模型的制作主要通过逆向工程(reverse engineering, RE)结合快速成型技术(rapid prototyping, RP)获得。RE 是 20 世纪 80 年代后期出现在制造领域里的新技术, 是计算机辅助设计(computer aided design, CAD)领域中一个相对独立的范畴。RE 是对产品设计过程的一种描述, 与传统的“产品概念设计-产品 CAD 模型-产品(物

理模型)”的正向工程相反, 它是利用各种数字化设备对现有的实物进行扫描和测量, 获得密集的空间点资料, 然后通过计算机技术处理得到实物的数字模型并结合快速成型技术制造出三维实体产品的过程^[19, 20]。RE 一般分为 4 个技术阶段: (1)实物原形的数字化, 通常采用三坐标测量机或激光扫描等测量装置来测量获取实物原形表面点的三维坐标值。此外还有层析法、光学测量、CT 断层扫描图像法、立体视觉测量法等来获取原形的数字信息。(2)从测量的数据中提取实物原形的几何特征, 当实物原形数字化测量后形成一系列的空间点信息, 应用计算机技术, 采用几何特征匹配与识别等方法来获取实物原形所具有的设计与加工特征, 为构造实物原形的 CAD 模型打下基础。(3)实物原形 CAD 模型的重建, 将分割拟合后的三维数据在 CAD 系统中做表面模型的曲面接合, 并通过各表面片的求交与拼接可获取实物原形表面的 CAD 模型。(4)新建 CAD 模型的检验与修正, 根据获得的 CAD 模型加工出样品, 用来检验重建的 CAD 模型是否满足精度或其他试验性能指标, 对不满足要求者, 重复以上过程, 直至达到产品的设计要求, 在此过程中需要和快速成型、数控加工等技术结合来加工样品, 以提高精度和速度。

目前, 已有较多的逆向工程软件开始应用在医学领域, 如美国 EDS 公司的 UG Imageware, 比利时 Materialise 公司的 MIMICS, 美国 Raindrop 公司的 Geomagic Studio,

第一作者简介: 男(1970-), 主治医师, 硕士研究生, 研究方向: 脊柱解剖与临床, 四肢创伤修复与重建
电话: (0871)4474657 E-mail: chenlubingsd@126.com

8. Ibrahim K, Benson L, Cotrel-Dubousset. Instrumentation for double major right thoracic left lumbar scoliosis, the relation between frontal balance, hook configuration and fusion level[J]. Orthop Trans, 1991, 15(1): 114.
9. Lenke LG, Edwards CC II, Bridwell KH. The Lenke classification of adolescent idiopathic scoliosis: how it organizes curve patterns as a template to perform selective fusions of the spine[J]. Spine, 2003, 28(20 Suppl): 199-207.
10. Patel PN, Upasani VV, Bastrom TP. Spontaneous lumbar curve correction in selective thoracic fusions of idiopathic scoliosis: a comparison of anterior and posterior approaches[J]. Spine, 2008, 33(10): 1068-1073.
11. 贾惊宇, 孙英伟, 张立军. 特发性脊柱侧凸患者两侧椎旁肌横截面积的 CT 测量[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2009, 19(3): 208-211.

12. 吴亮, 邱勇, 王斌, 等. 脊柱侧凸椎旁肌纤维不对称性分布的研究[J]. 脊柱外科杂志, 2004, 2(5): 276-279.
13. Kuklo TR, Lenke LG, Graham EJ, et al. Correlation of radiographic, clinical, and patient assessment of shoulder balance following fusion versus nonfusion of the proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2002, 27(18): 2013-2020.
14. Edwards CC II, Lenke LG, Peelle M. Selective thoracic fusion for adolescent idiopathic scoliosis with C modifier lumbar curves: 2 to 16-year radiographic and clinical results [J]. Spine, 2004, 29(5): 536-546.

(收稿日期: 2009-03-04 修回日期: 2009-08-21)

(英文编审 郭万首)

(本文编辑 卢庆霞)