

综述

青少年特发性脊柱侧凸下端融合椎选择的研究进展

张国莹, 张永刚

(解放军总医院骨科专科医院脊柱畸形科 100853 北京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2009.03.15

中图分类号: R682.3, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2009)-03-0236-04

近 20 多年来,随着矫形技术和临床分型系统的不断发展,青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)的手术治疗效果得到了进一步提高。在获得满意矫形、坚固融合、有效改善外观和提高患者术后生存质量的同时,如何选择性融合主弯和减少融合节段,以避免腰椎活动度的丢失和远端节段过早出现退变,仍是脊柱外科医生面临的问题。20 世纪 30 年代 Ferguson 就讨论了骶骨中线穿过下端融合椎的必要性,避免术后失代偿; Harrington 则建议融合节段选择在下端椎上一个到下两个椎体范围内。后来不少学者建议融合至主弯的稳定椎或稳定椎加减一个节段。此后,越来越多的学者对下端融合范围进行了探讨^[1-3]。特别是在采用三维矫形系统和 King 分型系统、Lenke 分型系统下,脊柱外科医生对于远端融合椎选择进行了新一轮的探讨,致力于更多地保留活动节段,切实提高患者术后的生存质量。笔者主要针对常用的 King 分型系统和 Lenke 分型系统,就下端融合椎(lowest instrumented vertebra, LIV)或远端融合椎(distal fusion level, DF)的选择问题作一综述。

1 LIV 选择的原则和要求

在手术治疗 AIS 患者时,正确选择合理的融合范围是一项比较复杂的工作。其原因在于 AIS 的病因并不明确,同时,就 AIS 患者个体而言,还存在一定的不确定性。近年来,对于 AIS 患者端椎(end vertebra, EV)、中立椎(neutral vertebra, NV)和稳定椎(stable vertebra, SV)在选择 LIV 时的作用有了新的认识。但是,脊柱外科医生对于

选择 LIV 的标准存在很大差别,不同医生对于同一病例融合节段的选择差异很大,平均向上可以差 4~8 个节段,向下可以差 3~5 个节段,没有形成明确 LIV 选择的统一标准。在具体操作时,相当多的情况下还是依赖外科医生的经验,没有形成数字化标准。为此甚至有人应用了模糊逻辑等新思路^[4-6]。

在选择 LIV 时有两条基本原则,一是不要选择在有后凸的椎间隙上方,二是尽量保留 3 个以上的活动节段。

King 分型系统给出了选择性胸弯融合的概念,对于主胸弯伴较小腰弯(King II 型)病例建议选择性融合至胸弯的稳定椎,一般不超过 L1。后来发现,并非所有的 King II 型病例都适合选择性融合。Ibrahim 和 Benson^[7]提出,满足下列条件三项者不需要融合腰弯:(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,则需要融合腰弯。这五项条件也是 King IIa 型和 King IIb 型的区别所在。对于 King IIa 型,要求 LIV 选择在稳定椎;对于 King III、IV 和 V 型, LIV 通常选择在下端椎下一个椎体或稳定椎上一个椎体;对于 King IIb、I、胸腰主弯(TL)和腰主弯(L)型, LIV 选择基于尾端基椎(caudal foundation vertebra, CFV),即下端椎本身或其上方的第一个椎体。当去旋转负荷施加后,该椎体应居中位于骶骨上方,并且 CFV 的选择有两个要求,一是其下方的椎间盘楔形变在术后能完全矫正或至少在侧弯像上处于中立位,二是其下位椎体在侧弯像上旋转 $<15^{\circ}$ ^[8]。椎体旋转度数的精确测量有赖于 CT 扫描观察^[9]。

Lenke 分型系统应用了结构性弯曲的概念,即满足冠状面标准(侧弯像上 Cobb 角 $>25^{\circ}$)或矢状面标准(T2~T5 $>+20^{\circ}$, T5~T12 $>+40^{\circ}$ 或 $<+10^{\circ}$, T10~L2 $>+20^{\circ}$)的弯曲,并要

第一作者简介:男(1979-),硕士研究生,研究方向:脊柱外科
电话:(010)66875502 E-mail: zzzgggyy@gmail.com

- term follow-up[J]. The Spine J, 2002, 2(1): 49-56.
- Riddle EC, Bowen JR, Shah SA, et al. The duPont kyphosis brace for the treatment of adolescent Scheuermann kyphosis[J]. J South Orthop Assoc, 2003, 12(3): 135-140.
 - Hedequist DJ. Pedicle screw fixation for Scheuermann kyphosis[J]. Oper Tech Orthop, 2005, 15(2): 331-339.
 - Wenger DR, Frick SL. Scheuermann kyphosis[J]. Spine, 1999, 24(18): 2639-2639.

- Lowe TG. Scheuermann's disease[J]. Orthop Clin North Am, 1999, 61(4): 496-503.
- Lowe TG, Kasten MD. An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Duboussel instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease: a review of 32 patients[J]. Spine, 1994, 19(15): 1680-1685.

(收到日期: 2008-06-24 修回日期: 2008-09-22)

(本文编辑 卢庆霞)

求融合结构性弯曲。在实际应用中发现,对于 Lenke 1c 型病例,腰弯顶椎明显偏离中线的情况下仍行选择性融合就会冒术后失代偿和失平衡的风险。因此,相当一部分此型患者需要融合腰弯才能避免相关并发症。Lenke 等因此对比了胸弯和腰弯的具体差异,使用了一些具体参数来明确融合标准^[9,10]。他认为,选择性胸弯融合的影像学标准为:胸弯与腰弯顶椎旋转度比值(AVR)>1.2,胸弯与腰弯顶椎偏移比值(AVT)>1.2,胸弯与腰弯 Cobb 角比值(MT/L)>1.2,胸腰/腰弯柔韧度>胸弯,没有胸腰段后凸(T10~L2<+10°);同时,他还给出了选择性胸弯融合的临床标准:对于典型的右胸弯患者,需要满足右肩高或双肩水平,躯干偏移胸部大于腰部,以及前弯时胸背部隆起角度大于腰背部 1.2 倍以上。

选择性融合同样适用于上胸弯和胸弯为非结构性弯的患者。当上胸弯为非结构性时,则不需要把融合节段向上延伸到 T2 或 T3^[11]。上胸弯的结构性评价十分重要,术前对弯曲角度的测量尤其要重视矢状面,这对术后肩部平衡以及是否发生颈胸段交界处后凸(proximal junction kyphosis, PJK)有重要影响。对于胸弯为非结构性侧凸时,如果满足腰胸侧凸角比值(TL/L:T Cobb ratio)≥1.25 和/或胸弯侧弯像 Cobb 角≤20°时,不融合胸弯同样能够获得满意结果,骨骼越成熟,手术效果越好^[12]。评价骨骼成熟的常用指标是骺棘骨骺的闭合情况,即 Risser 征,但也有作者认为三角软骨的闭合情况能更好地反映脊椎骨的成熟度^[12]。

2 主弯为胸弯时 LIV 的选择

这类弯曲包括 King II、III、IV、V 和部分 S 型(双主弯)或 Lenke 1、2、3 型。

Lenke 1 型(King III、IV、部分 II 型)患者占 AIS 总数的一半以上。从文献上看,具体病例的实际融合范围有比 Lenke 分型建议的少 3~4 个节段,也有比 Lenke 分型和 King 分型建议的均多 4~6 个节段,但通常不会比 King 分型建议的少,其中 Lenke 1B 型的实际融合 LIV 与 Lenke 建议的一致性最好,Lenke 1C 的 LIV 选择争议最大。部分 Lenke 1B 和 1C 型(King IIb 型)患者的腰弯也需要融合,腰弯侧弯像 Cobb 角<25°并非不需融合的充分条件,对于腰弯度数明显较大(42°±10°),顶椎偏移较大(3.1±1.4cm)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,以减少术后失代偿等并发症^[13]。这导致了 Lenke 1C 型的实际融合范围要大于 Lenke 分型建议的范围。而对于 Lenke 1A 型,随着技术的发展,去旋转等能力加强,使得实际需要融合的范围往往小于 Lenke 分型的建议^[14]。

Suk 等^[12,15]的研究表明,影响融合手术效果的具体指标中,中立椎与端椎的距离(NV-EV)和远端融合节段与中立椎的距离(DF-NV)与满意与否密切相关($P<0.01$),而 LIV 本身、LIV 与下端椎的距离、LIV 与稳定椎的距离以及

术前胸椎柔韧性与手术效果是否满意并不相关。当术前 NV 与 EV 为同一椎体或距离只有 1 个椎体时,LIV 选择在 NV 或 NV+1 可以取得满意结果;当术前 NV 与 EV 距离为两个椎体以上时,LIV 选择在 NV-1 可以取得满意结果;不满意的结果均出现于 LIV 选择在 NV-2 或 NV-3 时;当 LIV 选择少于 NV-1 时,得到不满意结果的可能性很大,而且手术后容易发生追加现象(adding-on phenomenon)。

也有研究表明,对 King II 型患者进行选择性胸弯融合时 LIV 选择在 T12 时腰弯的矫正比例好于 LIV 在 L1^[16]。但融合时是否应该将胸弯完全矫正存在争议,有人认为不完全矫正可以更好地保持冠状面平衡;但也有研究对 Lenke 1C 或 2C 的 IS 患者应用压棒技术(cantilevel bending technique, CBT),在选择性胸弯融合时进行了最大程度的矫形,使术后的矫正率与侧弯像柔韧度之比(correction/flexibility ratio)由 2.4 又增加了 1.2,术前后冠状面失衡情况差别不大,分别为 11mm 和 12mm^[17]。选择较少的融合节段并保留一定的角度作不完全矫正是个新思路,提示我们在作选择性融合时态度要坚决,如果为了提高矫正度数或减少术后失代偿等并发症而多融合 1~2 个节段可能会适得其反。

Lenke 2、3 型(King V、部分 II、部分 S 型)患者属于 Lenke 分型理论中的双结构性弯,要对两个结构性弯曲均予融合。对于 Lenke 2(King V)型双胸弯患者,进行术前评价时,上胸弯矫正后肩部平衡改善最好的影像学指标不是 T1 倾斜度、上胸弯的垂直程度或侧弯像 Cobb 角,而是锁骨角^[18],另外还要综合患者外观来确定手术方案。对于 Lenke 3 型(King 部分 II、部分 S 型)患者,需要融合胸弯和腰弯两个弯曲,属长节段融合,并发症较多,在后面与 Lenke 6 型一并讨论。

采用前路或后路手术时,LIV 的选择也存在差异。对于单悬垂(single overhang)型胸弯(Lenke 1A 和 1B 或 King III 型)患者,对其 LIV、SV、LEV 位置关系进行分析,结果表明,采用前路手术时,97%的患者 LIV 可以选择在 SV 或 SV 以上,平均为 SV-1.49 个椎体;采用后路融合手术时,只有 65%的患者 LIV 选择在 SV 或者 SV 以上,平均为 SV+0.01 个椎体。比较 LIV 与 LEV 的位置关系,前路手术 93%选择在 LEV 或 LEV 以上,平均为 LEV-0.4;后路手术只有 28%选择在 LEV 或 LEV 以上,平均为 LEV+1.2。前路融合手术较后路融合手术平均可以节省 1.5 个左右融合节段。不过此项研究是时间跨度超过 10 年的多中心研究,而且未包括全椎弓根螺钉技术^[19]。对于 70°~90°胸弯,通常不需要进行前路松解,以避免增加费用和出现并发症。目前,有学者认为,采用单纯后路器械矫形融合术同样也可以达到前路手术相同的效果^[20]。

LIV 的选择直接影响到选择性胸弯融合的手术效果。对于 AIS 患者行选择性胸弯融合,如果 LIV 选择不当,术后会发生或加重胸腰段交界处后凸畸形(distal junction kyphosis, DJK)。研究发现,如果术前存在 DJK,那么术后加

重的风险要大得多,后路融合范围小于 LEV+1 时更容易发生 DJK。作者认为如果术前存在 DJK,那么无论前路还是后路的胸弯融合术,均应包括胸腰段^[21]。

3 主弯为胸腰/腰弯时 LIV 的选择

这类弯曲包括 King I 型、部分 S 型,TL、L 主弯型或 Lenke 5、6 型。

Lenke 5 型(King TL、L、部分 I 型)患者主弯大多数凸向左侧,手术方式选择前路的较多,LIV 可定在 LEV,常位于 L2 或 L3。如果 LIV 选择到 L4 则前路手术就没有什么优势了,建议行后路手术。行后路手术时,要求 LIV 旋转 $<15^\circ$,并且在侧弯像上水平成角 $<10^\circ$ 。行前路手术时,Zielke 等^[22]提出,如果 L3 为 LEV,L2/3 椎间盘平行且旋转 $<15^\circ$,LIV 应选择在 L2;如果 L4 为 LEV,L3/4 椎间盘平行且旋转 $<15^\circ$,LIV 应选择在 L3;如果 L3/4 椎间盘有变形,则考虑后路途径融合至 L4。还可通过对部分弯曲作过度矫正的方法减少融合节段,以达到整体平衡。Satake 等^[9]研究发现,前路融合术后,LIV 下位椎间盘的楔形变与 LIV 位置的选择密切相关,而与术前 LEV 位置关系不大。与术后 LIV 下位椎间盘角相关的具体参数包括术前椎间盘角、术前顶椎与 LIV 距离和术前 T12-LIV 前凸角;与术后 LIV 偏移相关的参数包括术前 LIV 偏移和术前 LIV 旋转;与术后 C7-CSVL 距离相关参数只有术前 C7-CSVL 距离。术后下位椎间盘楔形变通常出现在术前下位椎间盘接近平行和 LIV 高于 LEV 时,术前 LIV 旋转与术后 LIV 旋转显著相关。

Lenke 6 型(部分 King I、部分 S 型)与 Lenke 3 型患者,King 和 Lenke 分型均建议融合胸弯及腰弯两个弯曲。这样长节段的融合,带来了脊柱活动度明显下降以及并发症发生率增加等问题。融合手术对 AIS 患者脊柱活动度的影响较大,通常术后活动度减小超过 25%以上,非融合节段的活动度未如预料的那样代偿性增加,导致脊柱整体柔韧性下降^[23]。需要指出的是,非融合节段在姿势和活动度代偿方面的作用不如骨盆的位置重要,骨盆在术后患者平衡和活动度代偿上的作用是首要的。其中骶髂关节的活动度可以忽略,骨盆也被称作盆椎。这也提示我们在 LIV 的选择时应尽可能保留较多的非融合节段,同时应该注重术后非融合节段和骨盆的功能锻炼^[24,25]。假关节形成是特发性脊柱侧凸长节段融合术后的一个重要并发症,发生率约为 17%,年龄 >55 岁,长节段融合(>12 个节段)以及胸腰段后凸超过 20° 会增加假关节的形成,同时,LIV 的位置选择不同,假关节的发生率也有差别^[26]。不过也有研究显示,LIV 选择在 L3~L4 组与 T11~L2 组相比,有相似的假关节发生率,但是 L3~L4 组失平衡发生率较高,不同年龄组的发生率相似^[27]。

4 不同融合技术和器械的影响

应用不同融合技术和器械,在融合范围、矫形效果和

术后失代偿等并发症的发生率方面存在差异。对于前路和后路融合术的比较,一般认为手术效果相似^[28],但前路在保留脊柱活动度、减少融合节段方面更有优势^[29]。CD 三维矫形系统的出现,打破了以往依据 Harrington 原则制定的融合标准,把下端融合椎从稳定椎上移至中立椎以上,并取得了良好的治疗效果^[30]。全节段椎弓根螺钉技术进一步提高了器械的去旋转等能力,并已被证明是非常安全的。对 Lenke 1C 型患者行选择性胸弯融合术时,椎弓根螺钉系统在胸弯矫形效果上优于钩系统,术后失代偿的发生率也较低^[31]。椎弓根螺钉系统虽然比较昂贵,但是与钩系统相比,它对主、次弯的矫正能力和提高肺功能方面有明显优势,而且几乎没有神经并发症,并能减少融合范围,平均节省 0.8 个节段^[32,33]。

有理由相信,随着理论的创新,技术的进步和器械的改进,能够通过较少的融合节段达到满意的手术效果。

5 参考文献

1. Douglas CB, Marc AA, Lee SM, et al. The selection of fusion levels using torsional correction techniques in the surgical treatment of idiopathic scoliosis[J]. Spine, 1999, 24(16):1728-1739.
2. Suk S, Lee SM, Chung ER, et al. Determination of distal fusion level with segmental pedicle screw fixation in single thoracic idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2003, 28(5):484-491.
3. Satake K, Lenke LG, Kim YJ, et al. Analysis of the lowest instrumented vertebra following anterior spinal fusion of thoracolumbar/lumbar adolescent idiopathic scoliosis; can we predict postoperative disc wedging[J]? Spine, 2005, 30(4):418-426.
4. Nault ML, Labelle H, Aubin CE, et al. The use of Fuzzy Logic to select which curves need to be instrumented and fused in adolescent idiopathic scoliosis: a feasibility study [J]. J Spinal Disord Tech, 2007, 20(8):594-603.
5. Potter BK, Rosner MK, Lehman RA, et al. Reliability of end, neutral, and stable vertebrae identification in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2005, 30(14):1658-1663.
6. Lenke LG, Betz RR, Haher TR, et al. Multisurgeon assessment of surgical decision-making in adolescent idiopathic scoliosis: curve classification, operative approach, and fusion levels [J]. Spine, 2001, 26(21):2347-2353.
7. 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.
8. Aaro S, Dahlborn M. Estimation of vertebral rotation and the spinal rib cage deformity in scoliosis by computer tomography [J]. Spine, 1981, 6(5):460-467.
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. Lenke LG, Bridwell KH, Baldus C, et al. Preventing decompensation in King type II curves treated with Cotrel-Dubousset instrumentation: strict guidelines for selective thoracic fusion [J]. Spine, 1992, 17(8 Suppl): 274-281.
11. Cil A, Pekmezci M, Yazici M, et al. The validity of Lenke criteria for defining structural proximal thoracic curves in patients with adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2005, 30(22): 2550-2555.
12. Sanders AE, Baumann R, Brown H, et al. Selective anterior fusion of thoracolumbar/lumbar curves in adolescents: when can the associated thoracic curve be left unfused [J]? Spine, 2003, 28(7): 706-713.
13. 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.
14. Ward WT, Rihn JA, Solic J, et al. A Comparison of the Lenke and King classification systems in the surgical treatment of idiopathic thoracic scoliosis [J]. Spine, 2008, 33(1): 52-60.
15. 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.
16. 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.
17. Chang KW, Chang KI, Wu CM, et al. Enhanced capacity for spontaneous correction of lumbar curve in the treatment of major thoracic-compensatory C modifier lumbar curve pattern in idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2007, 32(26): 3020-3029.
18. 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.
19. Kuklo TR, O'Brien M F, Lenke LG, et al. Comparison of the lowest instrumented, stable, and lower end vertebrae in "single overhang" thoracic adolescent idiopathic scoliosis: anterior versus posterior spinal fusion [J]. Spine, 2006, 31(19): 2232-2236.
20. Burton DC, Sama AA, Asher MA, et al. The treatment of large (>70 degrees) thoracic idiopathic scoliosis curves with posterior instrumentation and arthrodesis: when is anterior release indicated [J]? Spine, 2005, 30(17): 1979-1984.
21. 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.
22. Zielke K, Stunkat R, Beaujean F, et al. Derotation and fusion - anterior spinal instrumentation [J]. Orthop Trans, 1978, 2(2): 270.
23. Wilk BM, Karol LA, Johnston CE, et al. The effect of scoliosis fusion on spinal motion: a comparison of fused and nonfused patients with idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2006, 31(3): 309-314.
24. Engsberg JR, Lenke LG, Reitenbach AK, et al. prospective evaluation of trunk range of motion in adolescents with idiopathic scoliosis undergoing spinal fusion surgery [J]. Spine, 2002, 27(12): 1346-1354.
25. Skalli W, Zeller RD, Miladi L, et al. Importance of pelvic compensation in posture and motion after posterior spinal fusion using CD instrumentation for idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2006, 31(12): E359-E366.
26. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Pseudarthrosis in primary fusions for adult idiopathic scoliosis: incidence, risk factors, and outcome analysis [J]. Spine, 2005, 30(4): 468-474.
27. Rinella A, Bridwell K, Kim YJ, et al. Late complications of adult idiopathic scoliosis primary fusions to L4 and above: the effect of age and distal fusion level [J]. Spine, 2004, 29(3): 318-325.
28. Burton DC, Asher MA, Lai SM, et al. Patient-based outcomes analysis of patients with single torsion thoracolumbar-lumbar scoliosis treated with anterior or posterior instrumentation: an average 5-to 9-year follow-up study [J]. Spine, 2002, 27(21): 2363-2367.
29. Engsberg JR, Lenke LG, Uhrich ML, et al. Prospective comparison of gait and trunk range of motion in adolescents with idiopathic thoracic scoliosis undergoing anterior or posterior spinal fusion [J]. Spine, 2003, 28(17): 1993-2000.
30. 张永刚, 王岩, 张雪松, 等. 特发性脊柱侧凸 King III 型和 IV 型远端融合椎的选择 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2006, 20(4): 387-390.
31. Dobbs MB, Lenke LG, Kim YJ, et al. Selective posterior thoracic fusions for adolescent idiopathic scoliosis: comparison of hooks versus pedicle screws [J]. Spine, 2006, 31(20): 2400-2404.
32. Kim YJ, Lenke LG, Cho SK, et al. Comparative analysis of pedicle screw versus hook instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2004, 29(18): 2040-2048.
33. 王岩, 张永刚, 张雪松, 等. 全节段椎弓根螺钉固定矫治单胸弯特发性脊柱侧凸的下固定融合椎选择 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2005, 14(4): 203-206.

(收稿日期: 2008-07-31 修回日期: 2008-09-01)

(本文编辑 卢庆霞)