

## 主胸弯型青少年特发性脊柱侧凸患者近端融合椎选择的研究进展

## Research progress of proximal fusion level in orthopaedic surgery for adolescent idiopathic scoliosis with major thoracic curve

周传坤<sup>1</sup>, 邹凯<sup>1</sup>, 高书涛<sup>2</sup>, 方煌<sup>2</sup>

(1 长江航运总医院骨科 430010 武汉市; 2 华中科技大学同济医学院附属同济医院骨科 430030 武汉市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.11.13

中图分类号: R682.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2017)-11-1037-04

在青少年特发性脊柱侧凸 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 中, 主胸弯型侧凸是最主要的类型, 其特点是结构性主胸弯 (major thoracic curve, MTC) 伴或不伴结构性次弯——上胸弯 (proximal thoracic curve, PTC), 即 Lenke I ~ IV 型, 约占 AIS 的 79%<sup>[1]</sup>, 因而该型的治疗在 AIS 矫治中占有重要地位。其近端融合椎的选择仍存在较大争议, 被认为是主胸弯型 AIS 手术治疗的主要争论热点之一<sup>[2]</sup>。近端融合椎的确定之所以复杂, 因其涉及到对上胸弯的认识与处理<sup>[2-4]</sup>; 近端融合椎的确定之所以重要, 因其关系到术后患者的双肩平衡状态和满意程度<sup>[5-7]</sup>。国内外学者就此做了许多研究, 现就其研究进展综述如下。

### 1 对 PTC 结构性的认识

尽管学者们对 PTC 的认识很早, 但对 PTC 的定义仍不完整, 统一。1970 年 Moe 等<sup>[8]</sup>首次详细地描述了 PTC: 在双主胸弯特发性脊柱侧凸中, 上端椎 (upper instrumented vertebra, UIV) 常为 T1/T2, 下端椎常为 T5/T6 的弯。1983 年 King 等<sup>[9]</sup>在 King 分型中指出, 若 T1 椎体存在正性倾斜, PTC 柔韧性差, 则该 PTC 为结构性弯, 如仅融合主胸弯将会导致肩部失衡, 故需同时融合双弯。Winter 等<sup>[10]</sup>也认为当 T1 椎体呈正性倾斜或 PTC 的顶椎楔形变时, 提示 PTC 为结构性弯曲; 若 PTC 在 Bending 像上能够纠正到 MTC 的矫正程度, 则无需融合 PTC, 其可自发矫正。Lee 等<sup>[3]</sup>在重新定义 King V 型的同时却指出 T1 倾斜方向并不能很好地判断 PTC 的结构性, 也不能充分反映双肩的平衡状态, 认为术前患者双肩平衡情况、PTC 柔韧性、术中上/下胸弯的矫正程度对判断 PTC 是否需要融合、维持术后肩部水平与否具有决定意义, 如果患者术前左侧肩高, 单纯融合 MTC 会加重左肩高, 此时应融合 PTC; 倘使患者术前右肩高, 可仅融合 MTC, 但需纠正适度, 不得超过 PTC 的自发矫正能力。对于双肩等高的 AIS 患者, 需要重点考虑 PTC 的柔韧程度和双弯的矫正程度; 若 PTC 相对僵硬, 可能需融合双胸弯; 若 PTC 比较柔韧, 可行选择性 MTC 融合, 但

要避免过度矫正 MTC, 否则将导致术后双肩失衡。这种观点在 Harrington 系统矫形时代对合并 PTC 的侧凸矫形中具有重要的指导意义。当矫形能力更为强大的 CD 系统矫形器械研发并投入临床应用后, 结构性 PTC 的概念也被赋予了新的内涵。1994 年 Lenke 等<sup>[11]</sup>通过进一步的研究对结构性 PTC 给出了新的诠释: PTC Cobb 角 > 30°, 在 Bending 位上 > 20°, 顶椎旋转 > 1 度, 顶椎偏距 ≥ 1 cm, 左肩高且 T1 存在正性倾斜, 两胸弯的移行椎不高于 T6, 并指出矫形时应融合至 T2。随着以椎弓根螺钉为代表的三维矫形内固定系统的问世, 对 AIS 的矫形效果获得了显著提高, 当然对于 PTC 结构性的判断及其融合标准也发生了巨大变化。2001 年, Lenke 等<sup>[11]</sup>提出了目前国际上普遍使用的 Lenke 分型, 并在其分型系统中明确指出, 当 PTC 在凸侧动力位 X 线片上残余 Cobb 角 ≥ 25° 或侧位片上 T2~T5 后凸曲度 ≥ 20° 时为结构性 PTC, 需要予以融合, 这一定义的正确性得到了 Cil 等<sup>[12]</sup>的初步验证。

Lenke 分型中关于 PTC 的认识是目前最为广大学者所认可的定义标准, 被广泛使用, 但也存在一定争议: (1) 即使是结构性 PTC 也并不代表其柔顺情况必然很差, 而且有些非结构性 PTC 的柔顺性也很差; 邱勇等<sup>[12]</sup>认为 Lenke 分型在判断侧凸的结构性上可信度一般, 尤其是 PTC, 归因为肩胛骨的阻挡和观察者间的测量误差。在临床中也发现有些存在结构性 PTC 的 AIS 患者未行 PTC 融合时肩部平衡良好, 而有些非结构性 PTC 未予融合术后患者却发生了肩部失衡进一步加重。(2) 对术前双肩平衡情况的重要性认识不足。右侧 MTC 的矫正将右倾的躯干向左拉向中线进而会抬高左侧肩部, 这种变化可以对术前右肩高的 AIS 患者肩部矫正起到平衡代偿作用, 此时可能就不需融合 PTC, 这种变化亦可让术前已经表现出左肩高的 AIS 患者肩部失衡更加显著, 此时就需要进行 PTC 的融合, 因此患者术前肩部水平状态对手术方案的制定起着重要的指导作用<sup>[3, 13, 14]</sup>, 然而这一点在 Lenke 标准中却没有得到具体体现。所以, 仅仅依照 Lenke 分型中关于结构性 PTC 的限定标准来指导 PTC 是否融合的原则是片面的, 同时也说明 PTC 的结构性质与柔韧情况既不是判断 PTC 是否需要融合的唯一关键因素, 也不是决定术后肩部平衡状态的唯一关键因素。

第一作者简介: 男 (1988-), 住院医师, 医学硕士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (027) 82451652 E-mail: 1049695080@qq.com

通讯作者: 方煌 E-mail: fanghuangjh@126.com

## 2 PTC 的处理

### 2.1 PTC 的融合指征

对于 PTC 融合指征的讨论可谓百家争鸣, 矫形内固定器械的不断研发和升级更使得 PTC 的处理标准不断变化。2000 年 Suk 等<sup>[15]</sup>对使用椎弓根螺钉矫形的 40 例 AIS 患者进行了回顾性研究, 认为如果患者术前 PTC 的 Cobb 角 $>25^\circ$ 、左肩较对侧偏高 $>10\text{mm}$ 或双肩水平可考虑其存在 PTC, 需对双胸弯进行融合, 但 PTC 的 Cobb 角在 $25^\circ\sim 40^\circ$ 之间时, 如果右肩偏高, 尤其是双侧肩关节影像学高度差 $>12\text{mm}$ 时, 可仅行 MTC 的选择性融合。Kuklo 等<sup>[16]</sup>的研究结果与 Lee 等<sup>[9]</sup>类似, 认为如果患者术前双肩平衡, PTC 是否融合对术后双肩平衡状态影响不大, PTC 可不予以融合; 如果患者术前右肩高, 因为 MTC 矫正后左肩的自发抬高可发挥代偿作用, 即使 PTC 较为僵硬也无需进行全部融合; 而对于左肩高的 AIS 患者其 PTC 则应予以融合或部分融合。同时他们还发现锁骨角(clavicle angle, CA)对术后肩部平衡情况具有最好的预测作用; 若 $CA\leq -2^\circ$ , 不必要融合 PTC; 若 $CA<2^\circ$ , PTC 融合与否对肩部外观影响很小; 若 $CA\geq 2^\circ$ , 应对 PTC 部分或全部融合。邱贵兴等<sup>[10]</sup>按照国际脊柱侧凸研究协会(SRS)的标准去界定 PTC, 通过分析他们认为满足以下条件时: (1) PTC 的 Cobb 角 $>30^\circ$ ; (2) PTC 在凸侧 Bending 像上 Cobb 角 $>20^\circ$ ; (3) 术前患者左侧肩高或双肩水平, 应当融合固定 PTC, 不仅可获得良好的侧凸矫正, 同时还可以减少术后双肩失衡现象的出现。以上研究关于 PTC 的融合指征虽具体详实, 但却未形成共识, 不能作为标准或指南来指导 PTC 是否融合。

### 2.2 UIV 的选择

近年来对于 PTC 区融合节段选择的研究多集中在术前双肩平衡状态和 PTC 的结构特性两方面。Rose 等<sup>[17]</sup>将术前双肩平衡情况和 PTC 的结构性质同时考虑到 PTC 的融合策略中, 建议当 PTC 为非结构性时, 如果术前患者右肩高, 则不融合 PTC, UIV 选择在 T4 或 T5; 如果术前患者双肩水平, 则将 UIV 选择在 T3; 如果术前患者左侧肩高, 则将 UIV 选择在 T1 或 T2。当 PTC 为结构性时, 如果术前患者左肩高, UIV 选择在 T2; 若术前患者双肩水平, 部分融合 PTC, 将 UIV 选择在 T3; 而如果术前患者右肩高, 由于 PTC 的柔韧性较差, 仍部分融合 PTC 将 UIV 选择至 T3。Ilharreborde 等<sup>[18]</sup>强调第一胸椎椎体(T1)倾斜对于合理选择融合节段的重要性, 主张参照 T1 倾向、双肩倾斜方向及 PTC 与 MTC 的柔韧性三因素综合分析进而确定融合节段; 对于 PTC 比较僵硬的 AIS 患者, 若术前 T1 倾斜方向与双肩平衡均为负性, 则选择部分融合 PTC 至 T2 或 T3, 其他情况则完全固定至 T1; 对于 PTC 比较柔韧的 AIS 患者, 术前 T1 倾斜方向与双肩倾斜方向均为负性, 无需固定 PTC; 如果 T1 倾斜方向和肩部失衡方向相反, 需部分融合 PTC 至 T2 或 T3, 如果为左肩高也需完全融合 PTC 至 T1。Hong 等<sup>[19]</sup>将 Lenke 分型中六型 AIS 全部按照以下原则进行上端融合范围的确定: 如果 PTC 在凸侧动力位 X 线片上 Cobb 角 $>25^\circ$ , 固定 PTC 至 T1 或 T2; 如果 PTC 为非结

构性但伴有明显肩部失衡( $>10\text{mm}$ ), 融合至 T2 或 T3; 如果没有明显 PTC 存在, 则选择 UIV 在 T4, 发现三种融合选择术前与术后双肩平衡情况均无明显差异, 间接说明了上述上端融合原则的合理性, 但是总体上三组肩部参数术后较术前明显增加, 考虑可能其他因素导致了双肩失衡。Menon 等<sup>[20]</sup>根据双肩的平衡决定因素确定 PTC 区融合策略: 若肩部的水平取决于 PTC, 则应融合上端椎至 T2, 无需顾及 PTC 的大小和柔韧性; 若肩部的水平取决于 MTC, 则选择上端椎在 T4 更加适当, 但要考虑 PTC 的大小和柔韧情况, 以避免 PTC 的过度矫正。唐翔宇等<sup>[21]</sup>的研究认为术后患者肩部外观存在一定程度的可塑性, 考虑到该特性, 建议 Lenke I 型 AIS 患者胸弯融合时 UIV 的选择策略为: 术前右肩高非僵硬性 PTC 患者选择在端椎上一椎体, 僵硬性 PTC 患者选择在端椎; 肩部水平非僵硬性 PTC 患者选择在端椎下一椎体, 僵硬性 PTC 患者选择在 T3; 左侧肩高非僵硬性 PTC 患者选择在端椎下一椎体, 僵硬性 PTC 患者选择在 T3。

由此可见, 对 UIV 的选择主要取决于术前双肩的平衡状况与 PTC 的结构性质, 只是不同研究中对双肩平衡状况的评估和对 PTC 的判断各自不同而已。因此, 不管双肩的平衡状态是从影像学评估还是从临床外观上判断<sup>[5, 6]</sup>, 不管按照哪种标准分析 PTC 的结构性<sup>[1, 3, 4, 8, 9]</sup>, 为取得患者满意的手术效果医生都必须正确认识这两方面对上端椎选择策略上的重要性。

## 3 UIV 选择与双肩平衡的关系

合理选择 UIV 除了保证主胸弯的良好矫正外, 更重要的是为了恢复或维持患者术后双肩的平衡。然而, 尽管手术医师在术前制定融合策略时非常谨慎, 但出现术后双肩失衡的现象仍十分常见, 其发生率为 $7\%\sim 31\%$ <sup>[22]</sup>, 其中术后新发率可高达 $9\%$ 。所以, 很多学者不仅试图找到合适的 UIV, 同时不断地对术后双肩失衡的患者进行原因分析, 以尝试找到术后双肩失衡的危险因素或预测因子以指导术前科学的制定手术决策。

### 3.1 术后肩部失衡的危险因素

Matsumoto 等<sup>[23]</sup>回顾分析了 106 例随访超过 2 年的 Lenke I A 型 AIS 患者的病例资料, 把 CA 与 T1 椎体倾斜角(T1 tilt angle, T1TA)作为术后双肩失衡评估指标, 详细分析了末次随访时 CA 及 T1TA 与术前相关影像学指标的皮尔逊相关性, 并对比了末次随访时 CA 及 T1TA 阳性组与阴性组的术前相关指标, 发现术后双肩失衡易发生于术前 CA 和 T1TA 更大、PTC 角度较大、柔韧性较差及 MTC 矫正过度的患者, 同时他们还发现 T1TA 与 UIV 密切相关, 即 T1TA 越大, UIV 越偏上。换言之, 术后双肩失衡可能取决于术前双肩平衡状态、PTC 的性质、MTC 的矫正程度及 UIV。Menon 等<sup>[20]</sup>认为大体照上喙突连线(intercoracoid line, ICL)能很好地反映临床外观双肩状态且对于影像学测量具有良好的代表性, 故他们选用 ICL 来作为患者外观上双肩平衡情况的测量指标, 发现术后双肩水平情况主要

决定于术前 PTC 或 MTC 的情况,且影响 UIV 的选择,即:如果 ICL 倾向 PTC 则术后双肩水平取决于 PTC,此时近端融合至 T2 比较合理;如果 ICL 倾向主胸弯则术后双肩情况取决于主胸弯,此时 UIV 选在 T4 较为安全,且此时主胸弯的纠正程度取决于 PTC 的大小及 MTC 的僵硬程度。Hong 等<sup>[19]</sup>根据术后双肩情况将 89 例 AIS 患者分为加重组和改善组,通过比较两组间肩关节影像学指标与冠状面侧凸大小,发现术后肩部平衡状态同胸弯或腰弯的矫正率和术前双肩平衡状况紧密相关,特别强调术前双肩状态对术后肩部情况起决定性作用,而与 UIV 无密切联系。Bjerke 等<sup>[20]</sup>分析了目前关于 UIV 的选择标准与术后双肩平衡的相关性,并未发现术后双肩失衡与 UIV 的选择存在密切联系。江华等<sup>[24]</sup>使用与 Matsumoto 类似的研究方法分析了 34 例 Lenke I 型 AIS 患者术后肩部平衡的影响因素,发现术前右肩高的 Lenke I 型患者行主胸弯融合术,UIV 选择在 T4 或 T5 可获得满意的双肩平衡,且认为 PTC 柔韧性较差和 MTC 纠正过度可能与术后双肩失衡相关。此观点得到了蒋军等<sup>[25]</sup>的进一步证实。Lee 等<sup>[26]</sup>发现双胸弯术后双肩失衡的影响因素除了与术后 PTC/MTC 的矫正率有关外,还同术前骨骼发育程度及融合近端楔形角密切相关。关于 PTC 和 MTC 的纠正情况与术后双肩状况的关系,Gotfryd 等<sup>[27]</sup>进行了同样的研究却得到截然相反的结论:术后双肩平衡状态与 PTC 和 MTC 的矫正程度无明显相关性。而且他们运用的方法是前瞻性队列研究,具有较强的说服力和更高的证据等级。

可见,术后患者肩部失衡的危险因素主要集中在四方面,即术前双肩情况、PTC 的性质、近端融合水平及 PTC 或 MTC 矫正程度,其中关于前两方面的观点一致性比较高,而后两者尚存诸多争议,这也提醒手术医师在制定手术决策时需全面考虑术后双肩失衡可能存在的危险因素,同时需注意结合患者实际情况对患者进行个体化治疗。

### 3.2 术后肩部失衡的预测因子

Kuklo 等<sup>[14]</sup>回顾了 112 例 PTC>20° 的 AIS 患者手术前后病例资料,将患者按手术入路及 UIV 的位置分为 4 组:后路融合至 T2 (融合 PTC),后路融合至 T3 (部分融合 PTC),后路融合至 T4 或 T5 (不融合 PTC)及前路融合至 T4 及其以下,详细分析了各组术后患者双肩平衡情况及其与术前 PTC 和肩部指标的相关性发现,CA 是预测患者术后肩部平衡状态的最佳影像学参数,其次为喙突高度差,且认为术前 CA 越小则术后双肩平衡恢复越好,并建议对于 CA 阳性患者 UIV 需选择至 T2 或 T3。Yagi 等<sup>[28]</sup>的研究提出了锁骨胸廓交角差的概念,并认为主胸弯旋转度超过 III 度或锁骨胸廓交角差达到 3 级(>10°)对出现术后双失衡具有可靠的预测作用。但 Lee 等<sup>[26]</sup>对此却持怀疑态度。Smyrnis 等<sup>[6]</sup>对 56 例 Lenke I、II 型 AIS 患者术后肩部平衡情况进行了多元线性回归分析,发现第一肋指数对术后肩部平衡起主要的预测作用,其他预测指标还有 PTC 的 Cobb 角大小、术前双肩平衡情况、T1 倾斜角大小。Koller 等<sup>[29]</sup>报道了患者术后影像学双肩失衡的良好的预测

因子主要有术前左肩抬高、术前 PTC 的 Cobb 角>40°、MTC 的矫正程度及手术入路,且认为双肩平衡状态可能主要通过主胸弯或腰弯对双肩平衡的代偿性作用来维持。孙晓飞等<sup>[30]</sup>认为 T1 倾斜、CA、术前双肩平衡状态、PTC 侧凸大小、MTC 与 PTC 的 Cobb 角差值及 MTC 与 PTC 的矫正率比值是较好的预测 Lenke I 型 AIS 患者术后双肩失衡的影像学参数。Elfiky 等<sup>[31]</sup>在其研究中则认为术前肩关节影像学指标(CA、RSH 及第一肋高度差)不能有效预测术后肩关节失衡,并建议 Cobb 角在 30°~45° 的 PTC 可不融合,因为其能自发纠正。Ono 等<sup>[32]</sup>把外观上双肩不对称分为两部分,即正面斜方肌饱满度和侧面锁骨角大小,然后分别比较其与影像学指标的相关性,认为斜方肌饱满度对双肩影像学平衡具有更好的预测性。

由此可以看出,关于术后患者双肩失衡的预测因子较多,且意见不一,有待大样本多中心的随机对照研究来探索与证实。值得注意的两点是:(1)T1 倾斜方向虽然可以很好地评估 PTC 结构性、反映颈部倾斜情况,但与双肩平衡状态相关性低且一致性不确定,不能作为评价双肩平衡的客观指标<sup>[23,33,34]</sup>;(2)术后是否发生双肩失衡可取决于 PTC、MTC 的矫正程度<sup>[3,5,7,19,20,30,32]</sup>,这一点常被忽视且术中难以把握适度。不同研究中手术前后肩部失衡程度不尽相同,其侧凸矫正大小也大不一样,因此需要进行进一步研究来明确地定量各弯最佳的矫正程度。

总之,对主胸弯型 AIS 患者 UIV 的确定至关重要,尤其是 PTC 的认识与 UIV 的选择,因为它将中轴骨与上肢带骨、肩部平衡与脊柱平衡密切联系起来,如果选择不当导致术后颈部偏斜与双肩失衡进展甚至继发脊柱整体失衡,严重影响患者的整体外观及美学平衡。所以在确定 UIV 之前一定要在术前综合评估肩关节的平衡状况与 PTC 的结构性质,同时术中适度把握各弯的矫正程度,这样才能最大程度减少脊柱失衡等并发症的发生。

### 4 参考文献

1. Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2001, 83(8): 1169-1181.
2. Lee CS, Hwang CJ, Lee DH, et al. Five major controversial issues about fusion level selection in corrective surgery for adolescent idiopathic scoliosis: a narrative review[J]. Spine J, 2017, 17(7): 1033-1044.
3. Lee CK, Denis F, Winter RB, et al. Analysis of the upper thoracic curve in surgically treated idiopathic scoliosis: a new concept of the double thoracic curve pattern [J]. Spine(Phila Pa 1976), 1993, 18(12): 1599-1608.
4. Lenke LG, Bridwell KH, O'Brien MF, et al. Recognition and treatment of the proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis treated with Cotrel-Dubousset instrumentation [J]. Spine(Phila Pa 1976), 1994, 19(14): 1589-1597.
5. Chang DG, Kim JH, Kim SS, et al. How to improve shoulder balance in the surgical correction of double thoracic adoles-

- cent idiopathic scoliosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2014, 39 (23): E1359-1367.
6. Smyrnis PN, Sekouris N, Papadopoulos G. Surgical assessment of the proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Eur Spine J, 2009, 18(4): 522-530.
7. Namikawa T, Matsumura A, Kato M, et al. Radiological assessment of shoulder balance following posterior spinal fusion for thoracic adolescent idiopathic scoliosis[J]. Scoliosis, 2015, 10(Suppl 2): S18.
8. Moe JH, Kettleson DN. Idiopathic scoliosis: analysis of curve patterns and the preliminary results of Milwaukee-brace treatment in one hundred sixty-nine patients[J]. J Bone Joint Surg Am, 1970, 52(8): 1509-1533.
9. 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(9): 1302-1313.
10. Winter RB, Denis F. The King V curve pattern: its analysis and surgical treatment[J]. Orthop Clin North Am, 1994, 25 (2): 353-362.
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(Phila Pa 1976), 2005, 30(22): 2550-2555.
12. 邱勇, 朱泽章, 朱锋, 等. 青少年特发性脊柱侧凸 King、Lenke 和 PUMC(协和)分型的可信度和可重复性比较及意义[J]. 中华骨科杂志, 2007, 27(10): 748-752.
13. 邱勇. 重视青少年特发性脊柱侧凸上胸弯融合选择与双肩平衡问题[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(4): 289-291.
14. 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.
15. Suk SI, Kim WJ, Lee CS, et al. Indications of proximal thoracic curve fusion in thoracic adolescent idiopathic scoliosis: recognition and treatment of double thoracic curve pattern in adolescent idiopathic scoliosis treated with segmental instrumentation[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2000, 25(18): 2342-2349.
16. 邱贵兴, 王以朋, 于斌, 等. 含有上胸弯的青少年特发性脊柱侧凸患者的矫形效果分析[J]. 中华外科杂志, 2007, 45(8): 520-524.
17. Rose PS, Lenke LG. Classification of operative adolescent idiopathic scoliosis: treatment guidelines [J]. Orthop Clin North Am, 2007, 38(4): 521-529, vi.
18. Ilharreborde B, Even J, Lefevre Y, et al. How to determine the upper level of instrumentation in Lenke types 1 and 2 adolescent idiopathic scoliosis: a prospective study of 132 patients[J]. J Pediatr Orthop, 2008, 28(7): 733-739.
19. Hong JY, Suh SW, Modi HN, et al. Analysis of factors that affect shoulder balance after correction surgery in scoliosis: a global analysis of all the curvature types [J]. Eur Spine J, 2013, 22(6): 1273-1285.
20. Menon KV, Tahasildar N, Pillay HM, et al. Patterns of shoulder imbalance in adolescent idiopathic scoliosis: a retrospective observational study[J]. J Spinal Disord Tech, 2014, 27(7): 401-408.
21. 唐翔宇, 张永刚, 郑国权, 等. 青少年特发性脊柱侧凸术后肩部外观可塑性融合策略[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(4): 313-320.
22. Bjerke BT, Cheung ZB, Shifflett GD, et al. Do current recommendations for upper instrumented vertebra predict shoulder imbalance? an attempted validation of level selection for adolescent idiopathic scoliosis[J]. Hss J, 2015, 11(3): 216-222.
23. Matsumoto M, Watanabe K, Kawakami N, et al. Postoperative shoulder imbalance in Lenke type 1A adolescent idiopathic scoliosis and related factors [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2014, 15: 366.
24. 江华, 邱勇, 俞杨, 等. Lenke 1 型特发性脊柱侧凸患者术后双肩平衡的影响因素分析[J]. 中华外科杂志, 2013, 51(4): 344-348.
25. 蒋军, 邱勇, 钱邦平, 等. 选择性胸弯融合治疗右肩高的 Lenke 2 型青少年特发性脊柱侧凸患者术后肩关节平衡的分析[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2015, 8(1): 21-26.
26. Lee CS, Hwang CJ, Lim EJ, et al. A retrospective study to reveal factors associated with postoperative shoulder imbalance in patients with adolescent idiopathic scoliosis with double thoracic curve[J]. J Neurosurg Pediatr, 2016, 25(6): 744-752.
27. Gotfryd AO, Silber Caffaro MF, Meves R, et al. Predictors for postoperative shoulder balance in lenke 1 adolescent idiopathic scoliosis: a prospective cohort study [J]. Spine Deform, 2017, 5(1): 66-71.
28. Yagi M, Takemitsu M, Machida M. Clavicle chest cage angle difference (CCAD): a novel predictor of postoperative shoulder imbalance in patients with adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2013, 38(12): E705-712.
29. Koller H, Meier O, McClung A, et al. Parameters leading to a successful radiographic outcome following surgical treatment for Lenke 2 curves [J]. Eur Spine J, 2015, 24 (7): 1490-1501.
30. 孙晓飞, 陈自强, 杨武, 等. Lenke 1 型青少年特发性脊柱侧凸患者术后双肩失平衡的影像学评估 [J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23(9): 779-783.
31. Elfiky TA, Samartzis D, Cheung WY, et al. The proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis: surgical strategy and management outcomes[J]. Global Spine J, 2011, 1(1): 27-36.
32. Ono T, Bastrom TP, Newton PO. Defining 2 components of shoulder imbalance: clavicle tilt and trapezial prominence[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2012, 37(24): E1511-1516.
33. Kwan MK, Wong KA, Lee CK, et al. Is neck tilt and shoulder imbalance the same phenomenon? a prospective analysis of 89 adolescent idiopathic scoliosis patients(Lenke type 1 and 2)[J]. Eur Spine J, 2016, 25(2): 401-408.
34. 邱旭升, 邱勇, 蒋军, 等. Lenke 2 型青少年特发性脊柱侧凸患者第一胸椎倾斜与双肩美学平衡的相关性研究[J]. 中华外科杂志, 2013, 51(8): 728-731.

(收稿日期:2017-07-05 末次修回日期:2017-08-30)

(本文编辑 卢庆霞)