

## ·专题·儿童脊柱外科·

青少年特发性脊柱侧凸矫形术后  
adding-on 现象的研究进展

全文二维码 开放科学码

张百慧 叶文松 朱伟玮 徐璐杰 李立 徐静芳 李海冰

**【摘要】** 青少年特发性脊柱侧凸矫形术后 adding-on 现象时有发生,常见于 Lenke I、Leke II 型的青少年特发性脊柱侧凸患儿。通常导致脊柱侧弯的矫正度数丢失,躯干冠状面失平衡,进而可能导致矫形手术失败,最终需要翻修手术。该问题一直困扰着小儿脊柱外科医师,同时增加患儿痛苦和治疗费用,因此研究分析青少年特发性脊柱侧凸矫形术后发生 adding-on 现象的危险因素以指导临床治疗很有必要。本文就 adding-on 现象发生的危险因素、预防策略等最新文献进行回顾,以期全面认识此并发症,并为矫形手术提供帮助,希望能减少此现象的发生。

**【关键词】** 脊柱侧凸; 外科手术; 手术后并发症; 青少年

**【中图分类号】** R726.8 R682.3

**Research advances of adding-on phenomenon after operations for adolescent idiopathic scoliosis.** Zhang Baihui, Ye Wensong, Zhu Weiwei, Xu Lujie, Li Li, Xu Jingfang, Li Haibing. Department of Orthopedics, Children's Hospital, Zhejiang University School of Medicine, National Clinical Research Center for Child Health Hangzhou 310052, China. Corresponding author: Zhu Weiwei, Email: 6515174@zju.edu.cn

**【Abstract】** Adding-on phenomenon occurs frequently in adolescent idiopathic scoliosis after orthopedic operations. Common in Lenke I / II adolescent idiopathic scoliosis, it usually causes the loss of corrective degrees of scoliosis and the coronal balance of trunk, leading to the failure of orthopedic surgery. Eventually a revision operation is required. It bothers surgeons and brings extra pains and treatment costs to patients. Therefore it is necessary to analyze its risk factors and take the corresponding preventive measures. This article reviews the latest literatures on the risk factors and preventive strategies of adding-on phenomenon for understanding its complications comprehensively and providing assistance for orthopedic surgery to reduce its occurrence.

**【Key words】** Scoliosis; Surgical Procedures, Operative; Postoperative Complications; Adolescent

青少年特发性脊柱侧凸 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 是存在于三维空间内的脊柱畸形,是青春期中最多见的脊柱畸形类型。目前对于 AIS 脊柱侧凸 Cobb 角  $>45^\circ$  的患儿通常采用经后路椎弓根钉棒系统手术矫形治疗,以期阻止脊柱侧弯角度的进展并获得躯干冠状面和矢状面的永久平衡<sup>[1]</sup>。然而 AIS 矫形术后 adding-on 现象时常发生,尤其常见于对 Lenke I、Leke II 型的 AIS 患儿进行选择性后路胸椎内固定矫形和融合术<sup>[2]</sup>。adding-on 现象的发生通常导致脊柱侧弯的矫正度数丢失,躯干冠状面失平衡,进而可能导致矫形手术失败,最终甚至

需要行翻修手术。该现象一直困扰着小儿脊柱外科医师,同时增加患儿痛苦和治疗费用,因此本文拟分析 adding-on 现象的危险因素以指导临床治疗。

### 一、定义与流行病学

Suk 等<sup>[3]</sup>最早在对 Lenke I 型 AIS 患儿的研究中描述了 adding-on 现象,即原有的主胸弯侧凸向腰弯节段延伸;但最早的这一描述性诊断不够精确;此后十多年来不同学者基于各自的理解与各种研究的需要,对 adding-on 现象提出了多种定义;因此既往一段时期内脊柱外科医生对 adding-on 现象缺乏统一共识。目前国内外较公认的 adding-on 现象是指术后即刻至术后 2 年内,下端椎向融合节段远端移动并且冠状面 Cobb 角  $>5^\circ$ ;或者下端固定椎 (lowest instrumented vertebra, LIV) 远端邻近椎间盘成角变化  $>5^\circ$ <sup>[4,5]</sup>。这一明确定义的达成,有利于世界范围内脊柱外科医生对 adding-on 现象的深入

DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.010

基金项目:浙江省医药卫生科技面上项目(编号:2018260443)

作者单位:浙江大学医学院附属儿童医院,国家儿童健康与疾病临床医学研究中心(浙江省杭州市,310052)

通信作者:朱伟玮, Email: 6515174@zju.edu.cn

研究,能更好地指导手术计划和术后随访。

目前 AIS 患儿矫形术后 adding-on 现象的发生率仍然很高,国内外文献报道其发生率为 7%~22%<sup>[4,6,7]</sup>。丹麦学者报道高达 51% 的 Lenke I A 型 AIS 患儿在后路椎弓根钉棒系统矫形术后出现 adding-on 现象<sup>[8]</sup>。Yang 等<sup>[9]</sup>通过 Meta 分析发现 AIS 患儿矫形术后 adding-on 现象发生率平均为 14%,其中在 Lenke I A、Lenke II、Lenke V 和混合性 AIS 中 adding-on 现象发生率分别为 15%、12%、9% 和 16%,这说明有结构性胸椎侧弯的 AIS 患儿更容易在术后出现 adding-on 现象。

## 二、危险因素与预防策略

### (一)融合椎

1. 远端固定椎(lowest instrumented vertebra, LIV)的选择:融合节段的选择是每一例脊柱侧弯手术都需要慎重考虑的问题,其中 LIV 的选择一直是 AIS 手术治疗关注的焦点之一。关于 LIV 融合至端椎、中立椎、稳定椎的相关回顾性研究是研究的热点。Wang 等<sup>[8]</sup>认为 LIV 的选择被认为是 adding-on 现象发生的一个重要因素。Qin 等<sup>[10]</sup>研究指出, LIV 接近稳定椎(stable vertebra, SV)与进展性 adding-on 现象明显相关。耿翔等<sup>[7]</sup>指出,对于 Lenke I A 型 AIS 患儿固定到中立椎(neutral vertebra, NV)是最佳选择,当选择 NV-1 作为 LIV 时,术前 LIV 偏离骶骨中线(center sacral vertical line, CSVL)的距离超过 10 mm,容易发生 adding-on 现象。同样, Lee 等<sup>[11]</sup>研究认为,当术前 LIV + 1 偏离 CSVL > 10 mm 时,统计学上会增加 adding-on 现象的发生率。Wang 等<sup>[12]</sup>提出术后 LIV 偏离 CSVL > 10 mm 时,adding-on 现象很可能会发生。Matsumoto 等<sup>[13]</sup>指出, LIV 接近远端触及椎(last touching vertebra, LTV)与术后出现 adding-on 现象呈明显正相关,并建议至少将 LIV 选择延长至 LTV 以避免术后的 adding-on 现象。Shi 等<sup>[14]</sup>对 43 例 Lenke I A 型 AIS 患儿研究后提出,远端融合椎至少延伸至 LTV + 1,以防止术后远端叠加现象的发生。Suk 等<sup>[3]</sup>研究认为,对于 Lenke I A 型 AIS 患儿,当术前中立椎(neutral vertebra, NV)和端椎(end vertebra, EV)间隔 ≤ 2 个椎间隙时,远端椎应融合到 NV;当椎间隙 > 2 个时,远端融合到 NV-1 是令人满意的,可以节省 1~2 个运动节段;然而,融合到 NV-2 或 NV-3 的结果并不理想,会导致 adding-on 现象。Yang 等<sup>[6]</sup>指出,远端未融合椎体的数量、术后腰弯 Cobb 角与 Lenke I、II 型 AIS 患儿术后 adding-on 现象相关,而远端

未融合椎体的数量与最远端融合椎体的选择密切相关,故这项研究进一步证明了 LIV 选择对 AIS 患儿术后 adding-on 现象的发生有重要影响,但遗憾的是目前国内外尚没有统一的指导 LIV 选择的方案来预防 adding-on 现象发生。

融合椎体节段过少通常导致侧弯矫正率不高,侧弯矫正丢失会增加冠状面失代偿风险,但是保持腰椎的活动能力和生长潜力亦很重要,所以 LIV 不可能无限地趋向远端。因此, LIV 的最佳选择应考虑尽可能增加腰椎活动度和最大程度地避免发生 adding-on 现象,但是针对不同脊柱侧弯类型具体融合几个节段最适宜,目前尚无统一认识。从以上大量研究中,我们得出避免 AIS 患儿矫形术后发生 adding-on 现象的方法:① LIV 不能选择侧弯的下端椎;② 术前 LIV 偏离骶骨中线的距离不应超过 10 mm;③ LIV 至少应到达触及椎;④ 慎重选择 NV 或 NV-1 作为 LIV。

2. 融合固定节段范围内冠状面的偏移(fusion mass shift, FMS): Shigematsu 等<sup>[15]</sup>在循证医学等级为 II 级的研究中指出,融合固定节段范围内冠状面的偏移 > 18 mm 时发生 adding-on 现象的可能性极大;建议术前采用支点弯曲影像来决策融合节段选择,对于术中固定节段范围内冠状面的偏移要积极纠正,从而避免 adding-on 现象。这提示我们要提高对于融合节段范围内侧弯矫正率的重视,不能仅仅是对侧弯节段进行原位固定;我们也注意到尽管有研究推荐采用术前支点弯曲像来作为制定术前计划的参考,但目前术前支点弯曲像并未同术前 Bending 位像那样被医院广泛采用。因此,我们应该进一步通过多中心大样本的临床研究来比较术前支点弯曲像与术前 Bending 位像在制定术前计划时的优缺点。

### (二)生长潜能

一般认为,脊柱生长潜力越大,侧弯加重的可能性越大,出现 adding-on 现象的可能性也越大。然而, Yang 等<sup>[6]</sup>研究指出,对于 Lenke I、II 型 AIS 患儿, adding-on 现象与 Risser 征、术后主胸弯 Cobb 角、术后 2 年时主胸弯 Cobb 角无相关性。目前脊柱外科临床常用的预测生长潜力的指标有: Risser 征、髂臼三角软骨开放与闭合情况、骨龄,但这些观测指标不够精确。综合目前多数学者<sup>[4,5,7]</sup>的研究我们依然有理由认为:患儿的生长潜力越大,矫形术后随访时出现 adding-on 现象的风险越高。Qin 等<sup>[10]</sup>指出, Risser 征分级较低与进展性 adding-on 现

象明显相关,髋臼三角软骨开放与进展性 adding-on 现象明显相关。Joo 等<sup>[16]</sup>研究了 126 例 Lenke I A 型 AIS 患儿指出,adding-on 组( $n=13$ )年龄较非 adding-on 组( $n=113$ )更小。Yang 等<sup>[9]</sup>也认为,年龄较小、骨骼发育成熟度低是 adding-on 现象发生的危险因素。

### (三) 肩部平衡状态

Cao 等<sup>[17]</sup>对 142 例 Lenke II 型 AIS 的研究发现,术后肩部平衡与术后 adding-on 现象的关系较弱,但有相关性。Qin<sup>[10]</sup>进一步研究认为,术后左肩高与进展性 adding-on 现象呈正相关,术后左肩越高,越容易在随访期间发生 adding-on 现象。Cao 等<sup>[18]</sup>通过 Logistic 回归分析发现锁骨角(Clavicle angle, 经过锁骨最高点的水平线与两锁骨连线的夹角)是术后发生 adding-on 现象的独立危险因素,该研究指出随访时有较大锁骨角者,发生 adding-on 现象的概率相对于较小锁骨角者低。以上研究均表明,术后肩部平衡状态与术后 adding-on 现象有关联;然而如何在手术中保证术后肩部平衡情况目前仍没有好的办法,临床中我们也发现术中俯卧位摄片肩部获得平衡,但术后拍摄站立位全脊柱正位片时肩部出现不等高。此外,也有学者进一步提出了内肩平衡与外肩平衡的概念,但与 adding-on 现象的关系仍未知。这提示我们做脊柱手术一定要有全脊柱观念,只注意融合侧弯的远端而不注意近端最终不可能很好解决远端 adding-on 现象的问题。

### (四) 胸弯

Yang 等<sup>[9]</sup>指出,术前上胸弯(proximal thoracic curve, PTC)较小、主胸弯(main thoracic curve, MTC)较小是特发性脊柱侧凸病人术后发生 adding-on 现象的危险因素。相对于冠状面参数,目前探讨脊柱矢状面参数与 adding-on 现象之间关系的研究较少见。Bai 等<sup>[19]</sup>对 Lenke I 型、II 型 AIS 患儿采用多因素 Logistic 回归分析,得出术后 T5~T12 胸椎后凸(T5~T12 thoracic kyphosis, TK)与 adding-on 现象显著相关;他们提出,术后较小的 TK 会导致过多的负荷传递到腰椎曲线,从而导致脊柱侧弯远端的侧弯进展。说明除了常规注意胸弯冠状面的矫正以外,还要注意恢复正常的胸椎矢状面的后凸生理曲度,尤其要注意防止术后出现平背畸形。

### (五) 腰弯

Sponseller 等<sup>[20]</sup>发现 AIS 患儿在脊柱后路选择性矫形融合术后有更多的自发代偿腰弯矫正的丢失。Joo 等<sup>[16]</sup>Logistic 回归分析显示,术前腰弯 Cobb

角是影响 Lenke I A 型 AIS 患儿术后发生 adding-on 现象的独立危险因素。Yang 等<sup>[9]</sup>进一步指出,术前腰弯(lumbar curve, LC)较小是 AIS 患儿术后发生 adding-on 现象的危险因素。Studer 等<sup>[21]</sup>发现,adding-on 现象组术前 bending 位弯腰 Cobb 角明显小于非 adding-on 组。孙旭等<sup>[22]</sup>回顾性分析 110 例行单次前或后路主胸弯融合术的 Lenke I A 型 AIS 患儿,发现远端代偿性腰弯的柔韧度是影响 adding-on 现象发生的重要因素,腰弯的柔软度越高,发生 adding-on 现象风险越大;该研究认为这可能与腰弯柔韧度好以致易于向胸主弯的旋转方向逆转有关,在矫形术后即刻,代偿性腰弯可自发纠正,并与融合的胸主弯构成很好的脊柱平衡,但在术后随访中,由于其柔韧度好,紧邻 LIV 的腰椎节段易于受头端胸弯的影响而呈现与胸主弯一致的旋转方向,从而进入胸主弯。这表明术前代偿性的非结构性腰弯在矫形术后经历了一个动态的再平衡过程,术后即刻的冠状面平衡并非都能长久维持。

### (六) L4 椎体倾斜

临床工作中我们发现,Lenke I A 型 AIS 患儿的胸弯大多数凸向右侧,相应的代偿性腰弯侧凸多凸向左侧,但是随着代偿性腰弯侧凸的继续增大,L4 椎体倾斜方向也发生改变,最终甚至会在下腰椎与骶椎形成一个局部的小的代偿性侧弯。针对这一现象,Cho 等<sup>[4]</sup>对 195 例 Lenke I A 型 AIS 患儿进行回顾性研究,基于 L4 椎体倾斜方向将患儿分为 1A-L(左)和 1A-R(右),研究发现 adding-on 现象组平均增加 Cobb 角  $11.9^\circ$ ,非 adding-on 现象组仅平均增加 Cobb 角  $3.8^\circ$ ;Lenke I A-R(右)组比 I A-L(左)组发生 adding-on 现象概率高出 2.2 倍;Lenke I A-R(右)组,年龄和骨骼成熟度不是发生 adding-on 现象的危险因素;Lenke I A-L(左)组,年龄较小(12.7 岁)、骨骼成熟度低(Risser 征 0 级)患儿更有可能发生 adding-on 现象;建议为防止 Lenke I A-R(右)型发生 adding-on 现象,远端融合至中立椎体以上 1 个节段,或稳定椎体以上 1 至 2 节段;Lenke I A-L(左)型,发生 adding-on 现象可能只是为了平衡年龄较小、骨骼成熟度低所致的代偿性腰椎侧弯的进展。Joo<sup>[16]</sup>等进一步研究 Lenke I A 型 AIS,发现 I A-L(左)型的骶骨倾斜通常向左侧,1A-R(右)型的骶骨倾斜通常向右侧。因此,我们也建议,对于 Lenke I A、L4 椎体右倾斜型的 AIS,远端至少要融合至中立椎体以上 1 个节段,或稳定椎体以上 1~2 节段。



### 三、分型与治疗

国内外大量研究表明,adding-on 现象是一个复杂的术后改变,可能存在不同类型,并对应不同原因,目前最新的有代表性的关于 adding-on 现象的分型有2种观点。一种是2017年杨长伟等<sup>[5]</sup>提出的依据影像学资料、年龄和骨骼成熟度等参数将 AIS 患儿术后 adding-on 现象分成3种类型:I型指伴有术后双肩失平衡型;II型指伴有术后冠状位失平衡型;III型指不伴有双肩和冠状位失平衡型;其中I型占42.9%(6例),II型占21.4%(3例),III型占35.7%(5例);随访2年发现I型和II型无再次手术者,1例III型患儿因侧凸进展迅速经历了翻修手术。另一种是2018年Qin等<sup>[10]</sup>提出的进展性 adding-on 现象(椎间盘成角进一步增加 $>5^{\circ}$ 或椎体偏移进一步增加 $>5\text{ mm}$ )与非进展性 adding-on 现象的分类。该研究对284例AIS患儿平均随访2年以上,发现39%的 adding-on 现象呈现不断加重趋势,61%的 adding-on 现象在随访中并无进展。

对于出现 adding-on 现象后翻修的手术指征目前尚无定论,大多数学者通过回顾性研究发现,对于术后2年内出现的 adding-on 现象很少有病例进行了翻修手术。Cao等<sup>[18]</sup>对116例Lenke II A型患儿进行回顾性分析,发现14%(16例)术后出现 adding-on 现象,其中0.9%(1例)因进展性的 adding-on 现象导致胸腰段侧弯进展合并下腰痛经历翻修手术。同样,Yang等<sup>[6]</sup>回顾性分析了98例Lenke I A和II A型患儿,16%(16例)术后发生 adding-on 现象,12.5%(2例)出现进展性 adding-on 现象,其中1%(1例)最终行翻修手术。施剑雄等<sup>[23]</sup>报道1例患儿术后出现 adding-on 现象致使腰背部隆起外观异常,并对其心理产生影响是进行翻修手术的重要原因,而非疼痛,这提醒我们还需要注意 adding-on 现象对于患儿生活质量及心理健康的影响。翻修手术大多采用延长下端固定节段、融合节段的方式<sup>[6,19,24]</sup>。

### 四、结论

青少年特发性脊柱侧凸矫形术后出现的 adding-on 现象与多种因素有关,目前尚无预防此现象发生的共识。虽然关于该病病因学的研究较多,但关于其处理对策的报道和研究相对偏少,这一问题在世界范围内仍困扰着脊柱矫形外科医生,亟待进一步多中心大样本临床研究。

### 参考文献

- 1 Lenke LG. The lenke classification system of operative adolescent idiopathic scoliosis[J]. Neurosurg Clin N Am, 2007, 18(2):199-206. DOI:10.1016/j.nec.2007.02.006.
- 2 Marks M, Newton PO, Petcharaporn M, et al. Postoperative segmental motion of the unfused spine distal to the fusion in 100 patients with adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(10):826-832. DOI:10.1097/BRS.0b013e31823b4eab.
- 3 Suk SI, Lee SM, Chung ER, et al. Determination of distal fusion level with segmental pedicle screw fixation in single thoracic idiopathic scoliosis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(5):484-491. DOI:10.1097/01.BRS.0000048653.75549.40.
- 4 Cho RH, Yaszay B, Bartley CE, et al. Which Lenke 1A curves are at the greatest risk for adding-on... and why? [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(16):1384-1390. DOI:10.1097/BRS.0b013e31824bac7a.
- 5 杨长伟,夏士博,杨明园,等.青少年特发性脊柱侧凸术后 adding-on 现象病例分析及分类初探[J].中国骨与关节杂志, 2017, 6(1):10-14. DOI:10.3969/j.issn.2095-252X.2017.01.003.  
Yang CW, Xia SB, Yang MY, et al. Cases report of postoperative adding-on phenomenon in adolescent idiopathic scoliosis and a preliminary classification[J]. Chinese Journal of Bone & Joint, 2017, 6(1):10-14. DOI:10.3969/j.issn.2095-252X.2017.01.003.
- 6 Yang C, Li Y, Yang M, et al. Adding-on phenomenon after surgery in lenke type 1, 2 adolescent idiopathic scoliosis: is it predictable? [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(8):698-704. DOI:10.1097/BRS.0000000000001303.
- 7 耿翔,王孝宾,吕国华,等. Lenke 1A 型青少年特发性脊柱侧凸患者胸弯融合术后附加现象的原因分析[J].中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(7):622-627. DOI:1004-406X(2013)-07-0622-06.  
Geng X, Wang XB, Lv GH, et al. Risk factors for distal adding-on phenomenon in type Lenke 1A scoliosis[J]. Chinese Journal of Spine & Spinal Cord, 2013, 23(7):622-627. DOI:1004-406X(2013)-07-0622-06.
- 8 Wang Y, Hansen ES, Høy K, et al. Distal adding-on phenomenon in Lenke 1A scoliosis: risk factor identification and treatment strategy comparison[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(14):1113-1122. DOI:10.1097/BRS.0b013e3181f51e95.
- 9 Yang M, Zhao Y, Yin X, et al. Prevalence, risk factors, and characteristics of the "Adding-On" phenomenon in idiopathic

- ic scoliosis after correction surgery: a systematic review and Meta-Analysis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43 (11): 780-790. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002423.
- 10 Qin X, Xia C, Xu L, et al. Natural history of postoperative Adding-On in adolescent idiopathic scoliosis: what are the risk factors for progressive Adding-On? [J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018:3247010. DOI: 10.1155/2018/3247010.
  - 11 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. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.03.020.
  - 12 Wang Y, Bünger CE, Zhang Y, et al. Distal adding-on in Lenke 1A scoliosis: how to more effectively determine the onset of distal adding-on [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38 (6): 490-495. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318273ed11.
  - 13 Matsumoto M, Watanabe K, Hosogane N, et al. Postoperative distal adding-on and related factors in Lenke type 1A curve [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38(9): 737-744. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318279b666.
  - 14 Shi J, Ye F, Zhou Y, et al. Related factors analysis of distal adding-on phenomenon in major thoracic curve after posterior selective fusion[J]. *Chinese Journal of Reparative & Reconstructive Surgery*, 2016, 30 (10): 1258-1263. DOI: 10.7507/1002-1892.20160257.
  - 15 Shigematsu H, Cheung JP, Bruzzone M, et al. Preventing fusion mass shift avoids postoperative distal curve adding-on in adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2017, 475 (5): 1448-1460. DOI: 10.1007/s11999-016-5216-2.
  - 16 Joo YS, Hwang CJ, Cho JH, et al. Does sacral slanting affect distal adding-on in lenke type 1a adolescent idiopathic scoliosis? [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43 (17): 990-997. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002722.
  - 17 Cao K, Watanabe K, Hosogane N, et al. Association of postoperative shoulder balance with adding-on in Lenke Type II adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39 (12): 705-712. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000325.
  - 18 Cao K, Watanabe K, Kawakami N, et al. Selection of lower instrumented vertebra in treating Lenke type 2A adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39 (4): 253-261. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000126.
  - 19 Bai J, Chen K, Wei Q, et al. Selecting the LSTV as the lower instrumented vertebra in the treatment of lenke types 1a and 2a adolescent idiopathic scoliosis: a minimal 3-year follow-up[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43 (7): 390-398. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002375.
  - 20 Sponseller PD, Betz R, Newton PO, et al. Differences in curve behavior after fusion in adolescent idiopathic scoliosis patients with open triradiate cartilages[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34 (8): 827-831. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31819139ef.
  - 21 Studer D, Awais A, Williams N, et al. Selective fusion in adolescent idiopathic scoliosis: a radiographic evaluation of risk factors for imbalance[J]. *J Child Orthop*, 2015, 9(2): 153-160. DOI: 10.1007/s11832-015-0653-0.
  - 22 孙旭, 邱勇, 孙超, 等. 特发性胸椎侧凸选择性融合术后远端叠加现象[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2013, 23 (2): 103-108. DOI: 1004-406X (2013) -02-0103-06.
  - 23 施剑雄, 郭晓华, 初同伟. 叠加现象致翻修特发性脊柱侧凸一例[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31 (12): 1526. DOI: 10.7507/1002-1892.201703098.
- Sun X, Qiu Y, Sun C, et al. Distal adding-on phenomenon after selective fusion for idiopathic thoracic scoliosis [J]. *Chinese Journal of Spine & Spinal Cord*, 2013, 23 (2): 103-108. DOI: 1004-406X (2013) -02-0103-06.

Shi JX, Guo XH, Chu TW. One case of revision idiopathic scoliosis caused by superposition [J]. *Chinese Journal of Reparative & Reconstructive Surgery*, 2017, 31 (12): 1526. DOI: 10.7507/1002-1892.201703098.

(收稿日期: 2019-02-14)

**本文引用格式:** 张百慧, 叶文松, 朱伟玮, 等. 青少年特发性脊柱侧凸矫形术后 adding-on 现象的研究进展[J]. *临床小儿外科杂志*, 2020, 19 (2): 140-144. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.010.

**Citing this article as:** Zhang BH, Ye WS, Zhu WW, et al. Research advances of adding-on phenomenon after operations for adolescent idiopathic scoliosis[J]. *J Clin Ped Sur*, 2020, 19 (2): 140-144. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.010.