

· 综 述 ·

青少年特发性脊柱侧凸术后远端叠加现象研究进展[△]

李韬, 张耕铭, 张宏其, 郭超峰*

(中南大学湘雅医院骨科脊柱外科, 湖南长沙 410008)

摘要: 青少年特发性脊柱侧凸 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 是最常见的脊柱侧凸畸形。远端叠加 (distal adding-on) 现象是 AIS 患者后路选择性胸弯融合术后常见的并发症。远端叠加现象可影响患者生活质量。既往文献报道的主要危险因素有下固定椎的选择、生长潜能、胸弯和腰弯相关因素、L₄椎体倾斜方向、肩平衡、冠状面平衡等。但目前关于远端叠加现象发生发展的危险因素尚存在争议。本文对远端叠加现象的定义、流行病学、危险因素及防治进行综述, 以期进一步认识此并发症。

关键词: 青少年特发性脊柱侧凸, 后路选择性胸弯融合术, 远端叠加现象, 下固定椎

中图分类号: R682.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 17-1579-06

Research progress in distal adding-on phenomenon after surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis // LI Tao, ZHANG Geng-ming, ZHANG Hong-qi, GUO Chao-feng. Department of Spinal Surgery and Orthopaedics, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China

Abstract: Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is the most common scoliosis deformity, while distal adding-on is a common complication after selective posterior thoracic fusion in AIS patients. The distal adding-on phenomenon may impact the quality of life of patients, with the main risk factors reported in the previous literature of the selection of lowest instrumented vertebra, growth potential, factors related to thoracic curvature and lumbar curvature, L₄ vertebral tilt direction, shoulder balance, coronal balance, etc. However, there is still controversy about the risk factors of distal adding-on phenomenon. This article reviews the definition, epidemiology, risk factors and prevention of distal adding-on phenomenon in order to further understand this complication.

Key words: adolescent idiopathic scoliosis, selective posterior thoracic fusion, distal adding-on phenomenon, lowest instrumented vertebra

青少年特发性脊柱侧凸 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 是发生于 10~18 岁青少年的一种原因尚不明的三维空间内的脊柱畸形。它与特定疾病无关, 定义为脊柱在冠状面上的 Cobb 角 $>10^{\circ}$, 并伴有轴向旋转^[1, 2]。AIS 的患病率为 0.4%~5.2%, 16 岁以下儿童的平均患病率为 2%~3%^[3-5], 国内报道的患病率为 0.1%~2.5%^[6, 7]。AIS 患者公认的手术指征是主弯 Cobb 角 $>45^{\circ}$ ^[8, 9]。脊柱后路选择性胸弯融合术是目前治疗 Lenke 1/2 型 AIS 的标准矫形手术方案, 目的是尽可能减少腰椎融合节段以保留更多的腰椎活动节段^[10, 11]。然而, 在脊柱侧弯患者行后路选择性胸弯融合术后的随访期间可观察到一种远端叠加 (distal adding-on) 现象, 以 Lenke 1 型和 2 型最常

见^[10, 12]。

1 远端叠加现象的定义

关于远端叠加现象的定义, 目前尚存在一定的争议, 不同学者采用不同的参数和标准对其进行定义。在 2003 年, Suk 等^[13]定义远端叠加现象为未能恢复足够的躯干平衡、失代偿或主弯的进展或延伸, 然而这一定义对远端叠加现象的诊断比较模糊, 因此未被广泛采用。Sponseller 等^[14]认为远端叠加现象是主弯近端或远端的椎骨数量增加, 与术后第 1 次 X 线片相比角度增加超过 6° 。Schlechter 等^[15]定义远端叠加现象为融合节段以下主弯 Cobb 角的进展, 这是由

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.17.08

[△]基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 82170901; 82072390)

作者简介: 李韬, 在读硕士研究生, 研究方向: 脊柱畸形、脊柱感染, (电话) 19198052406, (电子信箱) taoli91@csu.edu.cn

* 通信作者: 郭超峰, (电话) 18073111375, (电子信箱) guochaofeng2016@126.com

于 Cobb 角中包含的椎体数量增加, 或者内固定远端椎间盘成角增加。目前, 大多数的学者采用 Wang 等^[16]在2011年提出的远端叠加现象定义, 即远端叠加现象是指脊柱侧弯矫形术后第1次站立位 X 线片至末次随访期间, 内固定远端发生主弯跨度的延长(主弯下端椎向远端移动, 主弯远端椎体数目增加), 包括: (1) 最低固定椎体 (lowest instrumented vertebra, LIV) 下位椎间盘成角增加 $>5^{\circ}$; (2) LIV 下位椎体偏移骶骨中线 (central sacral vertical line, CSVL) 距离增加 $>5\text{ mm}$ 。这一较为公认的定义的提出有利于对远端叠加现象的进一步研究, 以指导手术方案的制定并减少其发生率。

2 远端叠加现象的流行病学和发病机制

近年来, 关于术后远端叠加现象的发生率已被广泛研究和报道, 但差异很大, 为 0.8% ^[17]~ 51.1% ^[16], 这种广泛的变异可能与不同脊柱侧凸类型远端叠加现象的发生率不同有关。Yang 等^[18]进行的一项荟萃分析显示, 远端叠加现象的总体发生率为 14% , 亚组分析显示, Lenke 1A 型、Lenke 2 型、Lenke 5 型和混合型 AIS 的远端叠加现象发生率分别为 15% 、 12% 、 9% 和 16% 。

目前, 对于远端叠加现象的发生机制尚存在较大的争议, 仍需进一步研究, 其中两种主要的理论是肩平衡代偿学说和骨骼发育不成熟学说^[19]。

3 远端叠加现象的危险因素

3.1 LIV 的选择

LIV 的选择被认为是远端叠加现象发生的最重要因素。脊柱融合节段的确定对 AIS 手术治疗的成功起着重要的作用。其中 LIV 的选择一直是 AIS 手术治疗关注的焦点之一, 但目前国内外尚没有统一的指导 LIV 选择的方案来预防远端叠加现象发生, 对于 LIV 的选择仍然存在极大的争议^[20]。近年来, 大多关于远端叠加现象的研究集中于 LIV 的选择^[21, 22]。Wang 等^[23]发现在 Lenke 1A 患者中, LIV 的选择与远端叠加现象高度相关, 远端融合的程度越短, 远端叠加现象的发生率越高。Wang 等^[16]回顾性分析了 45 例 Lenke 1A 型 AIS 患者, 发现稳定椎 (stable vertebral, SV) 与 LIV 间椎体数、端椎 (end vertebra, EV) 与 LIV 间椎体数、 $(\text{LIV}+1)-\text{CSVL}$ 在远端叠加组与非远端叠加组之间有显著差异, 且与远端叠加存在显著

相关, 认为 LIV 的选择是远端叠加现象发生的重要因素。Fischer 等^[24]提出了中立椎 (neutral vertebra, NV) 亚型、稳定椎亚型以及总稳定性, 建议远端融合在 L_2 水平或以上时选择被 CSVL 接触到且在 NV 以上两个水平以内的 LIV, 避免不理想的影像学结果。此外, Wang 等^[25]提出术后 LIV-CSVL 距离 $>10\text{ mm}$ 可以作为远端叠加现象的主要判断标准。Murphy 等^[26]纳入 160 例 Lenke 1A-R 或 2A-R 型 AIS 患者, 发现 89 例融合到远端充分触及椎 (last substantially touched vertebra, LSTV) 的患者中仅 8 例发生远端叠加现象, 当 $\text{LIV}<\text{LSTV}$ 时, 远端叠加发生率为 29% , 结果显示 LIV 选择为 LSTV 可明显降低远端叠加现象的发生率。Lenke 教授团队提出 LIV 选择为 LSTV, 能够有效防止术后发生远端叠加现象^[21, 26]。Matsumoto 等^[27]对 112 名 Lenke 1A 型 AIS 研究, 发现 LIV 接近远端触及椎 (last touching vertebra, LTV)、术后即刻残留的顶椎偏距 (apex vertebra translation, AVT) 与远端叠加发生相关, 并建议至少将 LIV 选择延长至 LTV、术后即刻的 AVT 应 $<25\text{ mm}$, 以减少术后远端叠加现象的发生。

3.2 生长潜能

近年来, 大多数学者认为 AIS 患者生长潜力越大即手术年龄越小、骨骼发育成熟度越低, 在进行选择性后路胸弯融合术后, 随着其骨骼的不断发育, 出现远端叠加现象的概率越高^[18, 21]。Wang 等^[23]纳入 60 例 Lenke 1A 型患者, 回顾性分析了 10 个与远端叠加现象可能相关的潜在危险因素, 发现骨骼不成熟与远端叠加现象高度相关, 骨骼成熟程度越低, 远端叠加现象越可能发生。Murphy 等^[26]的研究也证实, 在 Lenke 1A-R 或 2A-R 型 AIS 患者中 Risser 征为 0 级或 1 级的 AIS 患者术后更容易出现远端叠加现象。Yang 等^[18]进行了一项系统综述和荟萃分析, 发现年龄较小、骨骼发育成熟度低 (即 Risser 征低) 是远端叠加现象发生的危险因素。Sponseller 等^[14]通过对 44 例三角软骨开放的 AIS 患者和 450 例三角软骨闭合的 AIS 患者进行回顾性分析, 发现行单一前路矫形治疗的三角软骨开放患者术后发生远端叠加现象的风险比三角软骨闭合患者高。然而, 也有少数研究发现骨骼成熟程度与远端叠加现象的发生无明显相关性。例如, Yang 等^[28]的研究发现, 远端叠加组比非远端叠加组的 Risser 征分级低 ($P=0.017$), 但无相关性。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, 主要是因为拍摄的胶片中进行评估比较方便, 但在判断骨骼

成熟度方面可能比较粗糙^[29]。因此,骨骼成熟度是否与远端叠加有关还需要进一步研究^[30]。

3.3 胸弯和腰弯相关因素

Yang等^[18]的研究发现,发生远端叠加现象的特发性脊柱侧凸患者具有较小的上胸弯(proximal thoracic curve, PTC)和主胸弯(main thoracic curve, MTC),并且PTC矫正率较大,其认为术前PTC及MTC越小是患者术后发生远端叠加现象的危险因素。Studer等^[31]的研究发现,远端叠加患者的MTC柔韧度更大,平均MTC矫正率为59%,而非远端叠加的患者平均MTC矫正率为43%。Matsumoto等^[27]发现在Lenke 1A型患者中,远端叠加现象更可能发生于术后MTC的AVT较大的患者。Bai等^[32]对120例至少随访3年的Lenke 1A/2A型AIS患者研究发现,有16例(13.3%)患者观察到远端叠加现象,远端叠加组患者在术后即刻和末次随访时胸椎后凸角明显较小,MTC的Cobb角更小,即MTC的矫正率明显更高,胸腰椎前凸角明显更大。因此,其提出术后较小的胸椎后凸角会使更多的负荷传递到腰弯,进而导致远端的侧弯进展。

Yang等^[18]研究发现,术前PTC、MTC、腰弯Cobb角较小是AIS患儿术后发生远端叠加现象的危险因素。Yang等^[28]指出远端未融合椎体数、术后腰弯Cobb角是Lenke 1、2型AIS患儿术后远端叠加现象的重要因素,提出远端叠加指数(定义为4×远端未融合椎体数-术后腰弯Cobb角)可以有效预测远端叠加现象的发生。孙旭等^[33]对110例行单次前或后路主胸弯融合术的Lenke 1A型AIS患儿进行回顾性分析,发现远端叠加组(97.0%±9.1%)患者远端代偿性腰弯的柔韧度明显比非远端叠加组(90.5%±15.5%)高($P=0.017$),腰弯的柔韧度是远端叠加现象发生的重要因素,其认为这可能与腰弯柔软度高容易向主胸弯方向逆转有关。

3.4 L₄椎体倾斜方向

Miyanji等^[34]根据L₄冠状面倾斜将Lenke 1A型细分成两种不同的亚型:1A-R(右)型和1A-L(左)型,发现1A-L型与1B型具有共同的影像学特征,并且在远端融合节段的处理上也是类似的,在形式和处理上不同于1A-R型。与1A-L型和1B型相比,1A-R型似乎需要不同的LIV选择“规则”,1A-R型不需要融合至更远端的稳定椎,融合至稳定椎更近端的水平(1或2个水平)通常是安全的。Cho等^[21]也根据L₄椎体倾斜的方向,将Lenke 1A型AIS患者进一步分为1A-L型和1A-R型,发现Lenke

1A-R型发生远端叠加现象的可能性是1A-L型的2.2倍,了解Lenke 1A-L和1A-R型之间的差异可能有助于防止术后远端叠加现象。此外,Qin等^[35]也根据L₄椎体倾斜的方向,对Lenke 2A型AIS患者进一步分为2A-L型和2A-R型,通过逐步Logistic回归分析,发现LIV和LSTV之间的椎体数是2A-L型和2A-R型患者术后远端远端叠加现象发生的重要因素。此外,还进一步发现对于2A-R型患者,LIV水平至少应扩展到LSTV,而对于2A-L型患者,LIV水平应扩展到LSTV+1,以避免术后远端叠加现象。

3.5 肩平衡

Lee等^[36]的研究发现虽然在统计学上没有显著性($P=0.089$),但是远端叠加现象的存在与术后双肩失衡的趋势增加有关。Cao等^[37]对116例进行选择性的胸弯融合术的Lenke 2A型AIS患者进行回顾性研究,发现在随访时锁骨角较大的患者中,远端叠加现象的发生率较低(OR 值=0.557),术后双肩失衡可通过未融合的腰弯进行补偿,术后双肩失衡和术后远端叠加现象之间关系微弱但具有相关性,并且远端叠加现象也有助于补偿双肩失衡。此外,Qin等^[35]发现在随访过程中,残余的左肩抬高可以通过远端叠加的逐渐发生来补偿。Matsumoto等^[38]的研究也发现,远端叠加组患者的锁骨角比非远端叠加组的明显小,远端叠加现象发生在术后双肩失衡之后,是为了代偿冠状面失衡,因此认为双肩失衡为远端叠加现象的成因。此外,秦晓东等^[39]根据远端叠加现象的自然史,将远端叠加现象进一步分为进展型和非进展型,发现在随访期间进展型远端叠加组双肩失衡的改善明显大于非进展型远端叠加组($P=0.002$),认为远端叠加现象的进展对术后双肩失衡有一定程度的代偿作用。

3.6 冠状面平衡

目前,广泛使用C₇中垂线(C₇ plumb line, C₇PL)与CSVL之间的距离来判断冠状面是否失衡。冠状面失衡被认为是术后2年内C₇PL与CSVL之间的距离>20 mm^[40]。Yang等^[18]的研究发现术前冠状面和矢状面的明显失衡、冠状面和矢状面的过度矫正是远端叠加现象的危险因素之一。此外,一些研究进一步发现远端叠加现象的发生是为了补偿冠状面失衡。例如,Jiang等^[41]对136例行选择性胸弯融合术并至少随访2年的Lenke 1/2型AIS患者进行回顾性分析,发现在具有A型腰椎修正分型的Lenke 1/2型AIS患者中,远端叠加现象可能是冠状面失衡的补偿机制。Zang等^[42]对48例接受了后路脊柱融合手术

的严重僵硬脊柱侧凸患者进行了一项回顾性研究,发现远端叠加组患者比非远端叠加组患者在术后即刻更容易出现冠状面失衡,认为这可能是与MTC矫正率太高而无法代偿冠状面有关,发生远端叠加现象是为了补偿冠状面失衡。

4 远端叠加现象的预防

远端叠加现象与许多因素有关,其中文献中报道的主要危险因素有LIV的选择、生长潜能、胸弯和腰弯相关因素、L₄椎体倾斜方向、肩平衡及冠状面平衡。目前,许多学者针对LIV的选择及生长潜能提出预防术后远端叠加现象发生的建议。

Wang等^[16]对45例Lenke 1A型AIS患者进行回顾性研究,发现术前LIV+1偏离CSVL距离>10 mm是远端叠加的一个独立预测因素,因此,建议LIV应选择为DV(定义为从骶骨头侧偏离CSVL距离>10 mm的第1个椎体),以预防远端叠加现象的发生和保留更多的腰椎活动度。许多学者建议LIV选择为接触椎(touch vertebra, TV)或其以上水平^[19, 22, 27, 30]。但是,关于TV与实质接触椎的定义易于混淆。本研究推荐采用Qin等^[30]提出的充分接触椎(substantially touch vertebra, STV)定义,Qin等对104例行选择性后路胸弯融合术的Lenke 1A型AIS患者进行了至少2年的随访研究,根据LIV选择为非实质接触椎(non-substantially touched vertebra, nSTV)、nSTV的下一椎体(nSTV+1)或STV分为三组,比较其临床结局,分析了与远端叠加现象发生的相关因素,发现LIV与STV/nSTV+1之间的距离(LIV-STV<0或LIV-(nSTV+1)<0)是与远端叠加现象发生相关的唯一独立因素($OR=27.1$, $95\%CI$ 2.3~311.2, $P=0.002$)。因此,建议正确区分STV与nSTV,选择STV或nSTV+1作为LIV,以减少远端叠加现象的发生率。

Wang等^[23]发现LIV选择和骨骼不成熟与远端叠加的发生高度相关,并建议对于Risser征≤3级的Lenke 1A型AIS患者,应该尽可能地避免行融合手术,认为生长棒可能是最佳的治疗方式。然而,对于骨骼成熟的患者,LIV的选择应该是首要考虑的;当Risser征为4级时,术前LIV-CSVL距离应<21 mm;当Risser征为5级时,术前LIV-CSVL距离应<26 mm。此外,有学者建议术前应该根据L₄椎体的倾斜方向进一步对Lenke分型区分。Cho等^[21]的研究发现,Lenke 1A-R型比1A-L型患者发生远端叠加

概率更高,并建议1A-R型患者远端融合至NV上方的1个节段或SV上方1~2个节段,以防止1A-R型发生远端叠加现象。Zhang等^[43]的研究发现,远端叠加现象可能是术后双肩失衡的补偿机制,建议术中应对PTC充分校正,对MTC和腰弯适度校正,并且应该预防术后双肩失衡,这不仅是为了患者术后的外观,也是为了防止术后远端叠加现象的发生。

5 远端叠加现象的治疗

大多数文献报道远端叠加组患者与非远端叠加组患者在末次随访时的脊柱侧凸研究学会22项(Scoliosis Research Society-22, SRS-22)问卷表总评分和各项评分上均无统计学差异^[18, 26-28],这可能与随访时间短有关。但文献报道约有6%~7%的远端叠加患者需要行翻修手术^[22, 28]。Yang等^[28]的研究中有16例患者发生了远端叠加现象,其中1例行支具治疗,1例行翻修手术;没有发生远端叠加现象的患者(82例)均不需要翻修手术。Cao等^[22]分析了116例Lenke 2A患者,有16例观察到术后远端叠加现象,其中1例因胸腰弯向右进行性加重和腰痛需要行翻修手术。秦晓东等^[39]首次根据远端叠加现象的自然演化过程,将远端叠加现象分为进展型和非进展型,建议对于术后发生远端叠加现象的患者,需要每3~6个月随访1次,如果属于非进展型,可继续随访观察;如果属于进展型,建议早期予以支具、功能锻炼等干预,延缓进展,避免行翻修手术。目前关于远端叠加现象的治疗研究较少,因此需要更长的随访时间来观察随着远端叠加现象的不断进展,发生远端叠加现象的患者是否将在未来出现不利的影响。

综上所述,远端叠加现象是复杂的术后并发症,有许多危险因素,如LIV的选择、生长潜能、胸弯和腰弯相关因素、L₄椎体倾斜方向等,外科医师应该综合考虑这些因素,以防止远端叠加现象发生。此外,远端叠加现象可影响生活质量,甚至需要翻修手术,未来也需要进一步对远端叠加现象发生的机制、危险因素及防治进行多中心大样本的研究,以避免远端叠加现象发生。

参考文献

- [1] 于文强,任富超,郑坤,等.特发性脊柱侧凸矫形器的生物力学研究进展[J].中国矫形外科杂志,2022,30(17):1582-1586.
- [2] 买硕,曾岩,袁磊,等.青少年特发性脊柱侧凸支具治疗效果影

- 响因素的研究现状[J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (11): 942-945.
- [3] Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis [J]. *J Child Orthop*, 2013, 7 (1): 3-9.
- [4] Hresko MT, Talwalkar V, Schwend R. Early detection of idiopathic scoliosis in adolescents [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2016, 98 (16): e67.
- [5] Yilmaz H, Zateri C, Kusvuran Ozkan A, et al. Prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in Turkey: An epidemiological study [J]. *Spine J*, 2020, 20 (6): 947-955.
- [6] De Mendonça RGM, Sawyer JR, Kelly DM. Complications after surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Orthop Clin North Am*, 2016, 47 (2): 395-403.
- [7] Jada A, Mackel CE, Hwang SW, et al. Evaluation and management of adolescent idiopathic scoliosis: a review [J]. *Neurosurg Focus*, 2017, 43 (4): E2.
- [8] Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JCY, et al. Adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Lancet (London, England)*, 2008, 371 (9623): 1527-1537.
- [9] Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, et al. Adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Nat Rev Dis Prim*, 2015, 1: 15030.
- [10] 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.
- [11] Sanchez-Raya J, Bago J, Pellise F, et al. Does the lower instrumented vertebra have an effect on lumbar mobility, subjective perception of trunk flexibility, and quality of life in patients with idiopathic scoliosis treated by spinal fusion [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25 (8): 437-442.
- [12] 白锦毅, 赵检, 李明. 脊柱侧凸矫形术后的附加现象[J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (7): 627-630.
- [13] 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*, 2003, 28 (5): 484-491.
- [14] 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.
- [15] Schlechter J, Newton P, Upasani V, et al. Risk factors for distal adding-on identified: What to watch out for [J]. 2008, 8 (5-suppl): 164S.
- [16] 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.
- [17] Li M, Zhao YC, Zhu XD, et al. Analysis of posterior pedicle screw-only constructs in surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis with a minimum three-year follow-up [J]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2010, 48 (6): 410-414.
- [18] Yang M, Zhao Y, Yin X, et al. Prevalence, risk factors, and characteristics of the "adding-on" phenomenon in idiopathic scoliosis after correction surgery: a systematic review and meta-analysis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43 (11): 780-790.
- [19] 张宇, 唐小蓓, 穆小平, 等. 青少年特发性脊柱侧凸融合术后远端附加现象的研究进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29 (7): 656-660.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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): E253-261.
- [23] Wang Y, Bünger CE, Zhang Y, et al. Distal adding on in Lenke 1a scoliosis: What causes it? How can it be prevented [J]. *Spine Deform*, 2014, 2 (4): 301-307.
- [24] Fischer CR, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Optimal lowest instrumented vertebra for thoracic adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Spine Deform*, 2018, 6 (3): 250-256.
- [25] 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.
- [26] Murphy JS, Upasani VV, Yaszay B, et al. Predictors of distal adding-on in thoracic major curves with AR lumbar modifiers [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017, 42 (4): E211-e218.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] Li Y, Bai H, Liu C, et al. Distal adding-on phenomenon in lenkeia and Lenke IIa: Risk analysis and selection of the lowest instrumented vertebra [J]. *World Neurosurg*, 2020, 136: e171-e180.
- [30] Qin X, Sun W, Xu L, et al. Selecting the last "substantially" touching vertebra as lowest instrumented vertebra in Lenke type 1a curve: Radiographic outcomes with a minimum of 2-year follow-up [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41 (12): E742-E750.
- [31] 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.
- [32] 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*, 2018, 43 (7): E390-E398.
- [33] 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.
- [34] Miyajni F, Pawelek JB, Van Valin SE, et al. Is the lumbar modifier

- useful in surgical decision making: Defining two distinct Lenke 1a curve patterns [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33 (23): 2545-2551.
- [35] Qin X, He Z, Yin R, et al. Selecting the last substantially touching vertebra as lowest instrumented vertebra in Lenke type 2a-R and 2a-L curves [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2020, 45 (5): 309-318.
- [36] 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.
- [37] 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): E705-712.
- [38] 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.
- [39] 秦晓东, 夏超, 薛冰川, 等. 青少年特发性脊柱侧凸术后远端叠加现象的自然史研究 [J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38 (4): 220-227.
- [40] 胡宗杉, 邱勇, 刘臻, 等. 单平面椎弓根螺钉联合椎体去旋转技术治疗 Lenke 5c 型特发性脊柱侧凸 [J]. *中华骨科杂志*, 2015, 35 (11): 1151-1158.
- [41] Jiang H, Shao W, Xu E, et al. Coronal imbalance after selective posterior thoracic fusion in patients with Lenke 1 and 2 adolescent idiopathic scoliosis [J]. *BioMed Res Int*, 2018, 2018: 3476425.
- [42] Zang L, Hai Y, Yuan S, et al. Distal adding-on and risk factors in severe and rigid scoliosis [J]. *Spine*, 2017, 42 (3): 160-168.
- [43] Zhang S, Zhang L, Feng X, et al. Incidence and risk factors for postoperative shoulder imbalance in scoliosis: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Spine J*, 2018, 27 (2): 358-369.
- (收稿:2022-10-25 修回:2023-04-07)
(同行评议专家: 西永明, 崔志明)
(本文编辑: 宁桦)

读者·作者·编者

如何提高向本刊投稿的成功率

为了提高向本刊投稿的成功率,避免稿件反复修改而延长刊用周期,投稿前一定要认真研读本刊近期出版的杂志,特别是应检索相关内容的文章,并注意参考其内容。可登录中国矫形外科杂志官网 (<http://jxwk.ijournal.cn>) 点击“期刊浏览”栏目,按提示阅读。在网站首页点击来稿要求,即可查看最新的《中国矫形外科杂志》稿约,在下载区查看 2021 年本刊各栏目样稿,并按照稿约及样稿的要求书写。稿件格式一定要按拟投栏目的格式要求撰写,字数、图表、参考文献要完全符合相应栏目要求。在投稿系统上传稿件的同时,必须上传 2 个基本附加文件(单位介绍信、学术诚信承诺书)。如有基金支持一定要标注清楚,在读研究生、住院医师投稿必须要有导师和上级医师推荐函。

除以上附加文件外,如作者能提供同行专家推荐意见(2 名),对文稿内容的科学性、创新性、实用性、可读性做出评价。可提升本刊来稿审评效率,缩短审稿周期,使优质稿件尽快发表。

以上附加文件的参考样式请登录本刊中国矫形外科杂志官网 (<http://jxwk.ijournal.cn>) 首页下载专区下载。填写并签名或加印章后,需制成 JPG 或 PDF 文件,上传至本刊投稿系统,或将原件快递至编辑部。必备文件齐全后,本刊方对稿件进行处理。

投稿步骤如下:

(1) 点击网站左侧“作者登录”按钮。(2) 输入您已注册的账号及密码。(3) 如您不需要修改您的信息,请点击下一步跳过。(4) 点击页面左侧“投稿”按钮。(5) 依次点击“下一步”及“已阅读并同意”。(6) 上传全文。(7) 在附件中上传单位介绍信、学术诚信承诺书、基金证明文件、导师推荐函(适用于在读研究生)、上级医师推荐函(适用于高级职称以下人员),以及同行评议函(限非本单位专家)。文中有图片时,必须将每一个独立画面的图像文件,以高清质量(300dpi)的 JPG 格式,按在正文中的名称,如:1a, 1b, 3c 等命名文件,在附件中同时上传。然后点击下一步。(8) 填写稿件基本信息,完成投稿。

中国矫形外科杂志编辑部

2022 年 12 月 25 日