

· 综 述 ·

退变性脊柱侧凸分型的现状[△]

幸 洋¹, 付长峰¹, 崔佳乐^{2*}

(1. 吉林大学第一医院脊柱外科, 吉林长春 130021; 2. 吉林大学基础医学院, 吉林长春 130021)

摘要: 伴随人口老龄化加剧, 中老年群体中退变性脊柱侧凸的发病率正逐渐升高, 更多患者选择手术矫正以提高生活质量。在退变性脊柱侧凸的诊治中, 分型系统起着重要作用, 选择合适的分型系统既有利于评估预后情况, 又有助于医师对患者进行规范化、系统化的诊治。近 20 年来关于退变性脊柱侧凸的分型已有十余个, 如 SRS-Schwab 分型、Lenke-Silva 分型、MISDEF 分型等, 但尚缺乏可被广泛认可的统一分型方式。本文回顾、分析、评估了其中较为重要的分型, 并归纳一个理想的分型系统应包括的要素, 以期推动退变性脊柱侧凸理想分型系统的形成, 帮助医师选择合理而具体的手术矫正方式。

关键词: 退变性脊柱侧凸, 分型系统, 脊柱畸形, 手术治疗

中图分类号: R682.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 11-1009-05

Current status of classifications for degenerative scoliosis // XING Yang¹, FU Chang-feng¹, CUI Jia-yue². 1. Department of Spine Surgery, The First Hospital of Jilin University, Changchun 130021, China; 2. College of Basic Medical Science, Jilin University, Changchun 130021, China

Abstract: With the aging of the population, the incidence of degenerative scoliosis (DS) is increasing in the middle-aged and older adults, and more patients are opting for surgical correction to improve their quality of life. In the diagnosis and treatment of DS, a suitable classification plays an important role in the evaluation of patients' prognosis and helping surgeons to standardize and systematize the treatment. There have been more than ten classifications for DS in the last two decades, like SRS-Schwab classification, Lenke-Silva classification and MISDEF classification, but a widely accepted classification is still absent. This article reviews, analyzes, and evaluates some important classifications, and then summarizes the elements that should be included in an ideal classification, in order to promote the formation of an ideal classification to help surgeons choose reasonable and detailed correction approaches.

Key words: degenerative scoliosis, classification system, spinal deformity, surgery

退变性脊柱侧凸 (degenerative scoliosis, DS) 是指骨骼成熟且无脊柱侧凸病史的患者, 由于椎间盘、关节突关节等结构的不对称退变所造成的冠状面 Cobb 角 $>10^\circ$ 的脊柱畸形^[1-3]。伴随人口老龄化的加剧, DS 发生率逐渐增高, 在中老年群体中可达 38%^[4, 5]。DS 多发生于胸腰段或腰段, 常伴有椎管狭窄、椎间盘突出、椎体侧方滑移、旋转畸形等病理改变, 其主要临床表现为腰背部疼痛, 双下肢麻木、放射性疼痛, 间歇性跛行等^[6-8]。当保守治疗无效或侧凸进展过快时, 常需手术干预, 如椎管减压、固定融合、截骨矫形^[9, 10]。在 DS 的诊治过程中, 应用合适的分型系统对治疗及预后有着关键作用。目前应用于 DS 的分型已有十余种, 各有优缺点, 但缺乏被广泛

认可的 DS 分型系统^[2, 11]。一个有效的分型系统应当具有纳入病例进行分类、判断生活质量与畸形严重程度关系、提供准确的预后情况、提供特定的治疗指导方案 4 个作用^[12]。本文将结合分型系统特点及临床实际对现有常见的 DS 分型系统进行综述。

1 基于病因分型

2005 年 Aebi^[1] 依据病因学将脊柱侧凸分为 3 个亚型: I 型为成人原发性的退变性脊柱侧凸, II 型为成人特发性脊柱侧凸, IIIa 型为胸腰段和腰骶段的成人继发性脊柱侧凸, IIIb 型为骨代谢异常导致的继发性脊柱侧凸。Aebi 分型可帮助医师了解侧凸原因和

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.11.09

△基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 82071391)

作者简介: 幸洋, 研究生在读, 研究方向: 脊柱及神经系统疾病, (电话) 18043547180, (电子信箱) xingyang2120@mails.jlu.edu.cn

* 通信作者: 崔佳乐, (电话) 13504307678, (电子信箱) cuijiayue@jlu.edu.cn

后续进展, 但并未详细描述某一亚型的具体特征, 也未对相关亚型提出指导治疗方案^[2, 7]。

2 基于稳定性分型

2007 年 Faldini 等^[2, 13] 根据侧弯稳定性将 DS 患者分为 A 型(稳定)和 B 型(不稳定), 并进一步根据关节突关节面增生、椎间孔狭窄、中央管狭窄、椎间盘退变等症状, 和关节突关节、纤维环、黄韧带和椎间盘等结构对退变进展的影响分为各种亚型, 同时对各亚型进行特定的减压和融合联合选择。但 Faldini 分型并未考虑躯干平衡及生活质量因素, 手术策略上只简单强调减压与融合内固定, 并未涉及融合节段的选择、截骨等问题。

3 基于椎管狭窄分型

2007 年 Ploumis 等^[8] 根据椎体旋转、侧方滑移程度、脊柱平衡、临床症状等因素, 将退变性腰椎侧凸合并椎管狭窄的患者分为 3 种类型: I 型指有轻微或无旋转滑脱(椎体侧方移位 <6 mm), II 型指有明显旋转滑脱(椎体侧方移位 >6 mm), III 型指有明显旋转滑脱且冠状面和(或)矢状面失平衡, 纳入 3 个症状修正参数: A 腰痛不伴放射痛; B 来自腰骶部侧凸的坐骨神经痛伴或不伴腰背痛; C 来自主侧凸的大腿痛伴或不伴腰背痛, 并进一步结合节段稳定性的评估, 分别予以单纯减压、选择性固定融合以及长节段固定融合。Ploumis 分型对椎间滑移和节段稳定性的评估都具有量化的标准, 同时纳入了临床症状修正参数, 但在手术的选择上较笼统, 缺乏融合节段选择和截骨矫形等问题的指导。

4 基于影像学参数分型

4.1 SRS 分型和 Schwab 分型

2006 年国际脊柱侧凸研究协会(Scoliosis Research Society, SRS)制定了以站立位全脊柱正侧位 X 线片冠状面与矢状面形态的评估为主要内容的成人脊柱畸形分型系统——SRS 分型, 主要包括: (1) 主侧凸类型; (2) 区域性矢状面修正型; (3) 腰椎退变性修正型; (4) 整体平衡修正型; (5) 侧凸区段的界定; (6) 具体主侧凸类型的标准^[12]。SRS 分型考虑了脊柱局部畸形、整体平衡和退变性因素等影像学特征, 但未纳入临床症状的分析, 缺乏在手术治疗方面

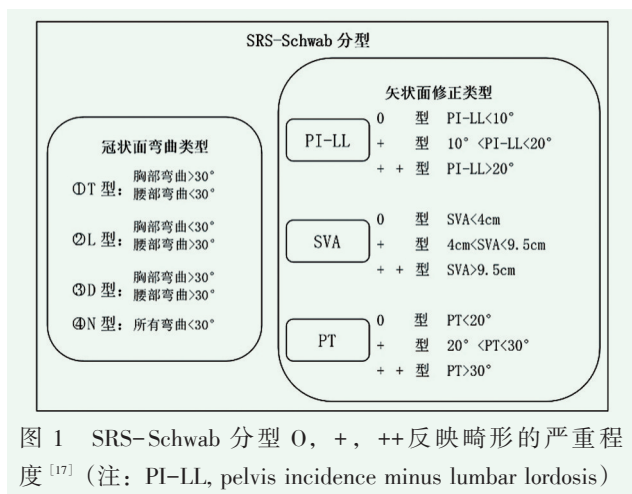
的指导价值^[2, 12]。

2006 年 Schwab 等^[14] 提出依据影像学特征进行分类的成人脊柱畸形分型系统——Schwab 分型, 主要内容为 3 个影像学参数: (1) 顶椎水平; (2) 腰椎前凸修正型(lumbar lordosis, LL); (3) 椎体半滑脱修正型。随后改良的 Schwab 分型被提出, 新加入了与临床症状密切相关的整体矢状面平衡修正型参数, 并从统计学上研究了手术入路、截骨术使用、融合至骶骨, 与不同类型的脊柱畸形或不同程度的修正型之间的关系, 如胸腰椎侧凸畸形(IV 型)多采用前后路联合手术, 腰椎侧凸畸形(V 型)倾向于采用单纯后路手术^[15]。改良的 Schwab 分型在修正型内容和指导治疗方面进一步丰富, 能够在手术入路、截骨术、融合等问题上提供一定指导, 但不足在于缺少临床症状或与临床症状相关的脊柱参数, 也并未系统性地将治疗与分型结合。

4.2 SRS-Schwab 分型

由于骨盆参数与患者临床症状的高度相关性已得到充分验证, 2012 年 Schwab 等^[17] 主张将矢状面偏移(sagittal vertical axis, SVA)、骨盆倾斜角(pelvis tilt, PT)以及骨盆入射角(pelvis incidence, PI)等脊柱-骨盆参数考虑在分型系统内, 并在 SRS 分型和 Schwab 分型的基础上提出 SRS-Schwab 分型。SRS-Schwab 分型的参数分为冠状面弯曲类型和矢状面修正类型, 矢状面修正类型参数又分为 PI-LL、SVA 和 PT(图 1)。相比前两代, 新分型更注重与临床的相关性, 其矢状面修正型等级能反映患者畸形严重程度, 与手术策略和患者生活质量密切相关^[18-20], 例如 LL 在 DS 患者中常会减小, 当 PI-LL 重建不佳可能导致术后生活质量降低, 腰背痛、邻近节段退变的风险增大^[21]。但 SRS-Schwab 分型中参数和参数的标准(决定修正量的多少)需要进一步讨论^[22-24]。Berjano 等^[24] 认为 LL 修正到 $PI+10^\circ$ 能更有效地恢复脊柱骨盆矢状面平衡, 且可考虑纳入胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)这一能在脊柱骨盆对齐和平衡的预测中发挥重要作用的参数。在 PT、PI-LL、SVA 等的重建中, 年龄也是重要因素, 患者年龄越大, 矫形目标应相对降低^[23, 24]。

作为基于影像学的分型系统, SRS-Schwab 分型较简洁、可信度较高、与临床相关性较大, 但从分型的系统性来看, 该分型未纳入冠状面平衡参数、临床症状及手术方式的选择, 这也使 SRS-Schwab 分型成为后续一些分型如 MISDEF 分型改良的基础^[25, 26]。



5 强调手术策略的分型

2010 年 Silva 等^[3] 基于患者临床症状、影像学表现提出成人退变性脊柱侧凸 6 级治疗干预策略——Lenke-Silva 分型 (表 1)。Lenke-Silva 分型可有效指导临床治疗: I 级行症状节段减压; II 级行症状节段减压和固定融合; III 级行症状节段和腰椎侧凸节段的减压和固定融合; IV 级除 III 级的后路椎间融合外, 还需行前路支撑融合术; V 级需延长固定融合至胸椎; VI 级即当侧凸矫正低于 30% 时, 需在 V 级治疗的基础上联合特定畸形节段的截骨术。Lenke-Silva 分型首次将影像学参数和临床症状结合, 并涵盖对应分级的手术治疗干预, 是目前 DS 研究和临床常采用的分型系统之一^[27-29]。但 Lenke-Silva 分型中评估症状的标准比如脊柱整体平衡, 尚需进一步完善^[30]。此外, 该分型可考虑纳入其他有效的脊柱-骨盆参数, 在手术策略上引入微创概念如改进腰椎入路方式^[28, 29, 31]。

表 1 Lenke-Silva 分型

症状	0	I	II	III	IV	V	VI
神经源性跛行及神经根病	轻度	+	+	+	+	+	+
腰背痛	轻度	轻度	+/-	+	+	+	+
椎体前缘骨赘	+	+	-	-	-	-	-
椎体滑移	-	-	-	+	+	+	+
冠状面 Cobb 角 (>30°)	-	-	-	+	+	+	+
腰椎后凸	-	-	-	-	+	+	+
脊柱整体失衡	-	-	-	-	-	+	+

注: 0 代表非手术治疗, I-VI 代表手术治疗; + 出现、- 未出现^[3]

2014 年 Berjano 等^[7] 根据症状责任节段或严重退变节段与主侧凸顶椎区的关系和脊柱平衡状况对成人脊柱畸形合并胸腰椎退变性疾病提出 Berjano 分

型。Berjano 分型共有 4 型, 其中 I、II、III 型患者脊柱平衡, 症状责任节段分别在非顶椎区、顶椎区、整个主曲线或跨腰骶交界区, 对应的基本手术方式都是责任节段的固定融合, 并可辅助减压, 而 IV 型患者脊柱失衡, 需在固定融合的基础上行截骨术。Berjano 分型创新性地将脊柱胸腰椎退行性疾病和脊柱畸形结合起来, 能够辅助制定 DS 的手术策略, 特别是短节段的固定融合, 在一定程度上也弥补了 SRS-Schwab 分型在 DS 治疗领域的不足^[32]。

6 基于冠状面失衡分型

DS 患者常同时具有矢状面和冠状面的失衡, 但多数分型系统甚少关注冠状面平衡情况^[33, 34]。2009 年邱勇等^[34, 35] 考虑到 DS 患者躯干向主侧凸的凸侧倾斜时, 若按传统凸侧截骨矫形会加重冠状面的失代偿, 进而根据站立位全脊柱正位 X 线片中 C₇ 铅垂线 (C₇PL) 与骶骨中心线 (CSVL) 之间的位置关系提出冠状面失衡分型系统, 即邱勇分型, 分为: A 型, C₇PL 偏距 CSVL < 3 cm; B 型, C₇PL 偏向腰椎主弯凹侧 > 3 cm; C 型, C₇PL 偏向腰椎主弯凸侧 > 3 cm, 在截骨治疗方面, A、B 型应通过顶椎区截骨治疗, C 型应在顶椎的远端凹侧行截骨术, 再根据侧凸的僵硬程度决定是否行顶椎区截骨矫形。

2019 年 Obeid 等^[36] 提出新的指导冠状面失衡的脊柱侧凸患者的临床治疗分型系统。该分型根据 T₁ 铅垂线与冠状面主侧凸的位置关系将冠状面失衡分为 1 型 (凹侧冠状面失衡) 和 2 型 (凸侧冠状面失衡), 并纳入了 3 种治疗修正型: (1) 主侧凸的僵硬程度 (灵活、僵硬/有融合史); (2) 腰骶连接处的冠状面活动度 (灵活、僵硬); (3) 腰骶连接处的退变程度 (未退变/轻微、中等/严重退变), 并针对不同细化的亚型提出相对完善的治疗指导, 以更好地重建冠状面平衡。Obeid 分型不论在亚型的确定还是治疗的指导上与邱勇分型都有相似之处, 但后者内容更为全面, 既综合考虑了主侧凸和腰骶连接处的情况, 在治疗指导方面也不仅限于处理冠状面失衡的截骨矫形^[37, 38]。

7 基于微创手术的分型

近年来随着微创技术的发展, 脊柱微创手术逐渐成为轻中度 DS 的主要治疗方式之一, 由国际脊柱研究学会 (ISSG) 在 2014 年提出的微创脊柱畸形手术

(minimally invasive spinal deformity surgery, MISDEF)分型和2019年改进的MISDEF2分型是针对包括DS在内的脊柱畸形的微创治疗分型系统。MISDEF分型基于SVA、PT、PI-LL匹配程度、Cobb角等影像学参数将患者分为3种类型,其中对I型行单纯微创减压或融合滑移节段;II型对顶椎区或整个侧凸范围进行微创减压和椎间融合;III型常需三柱截骨矫形,必要时延伸固定至胸椎,不适合使用斜外侧腰椎椎间融合术等微创手术治疗^[25]。由于微创理念和微创技术的不断进步更新,改良的MISDEF2分型应运而生,MISDEF2分型在MISDEF分型的基础上进一步纳入了脊柱僵硬程度、融合节段数量及范围、是否存在内固定史等因素,并增加了一种类型,其中IV型有L₅S₁在内的5个以上节段的融合术史、需10个节段以上的固定融合、有内固定史等情况,手术方面行含截骨术的开放式手术,可延长融合至胸椎,而III型无IV型融合和内固定情况,手术方面新提出微创联合开放式手术^[26]。

脊柱畸形MISDEF分型系列除沿用SRS-Schwab分型中的参数外,还加入了胸椎后凸角(TK)、胸腰椎后凸角(TLK),考虑了融合史的有无和融合节段的不同与微创手术运用情况的关系。脊柱微创手术作为日趋流行的脊柱手术方式,在未来具有较好的前景,但微创技术的范围广泛,其技术日新月异,因此该分型更重要的指导意义在于:在何种情况、哪些节段使用微创技术,而非具体某项微创技术的使用^[39]。

8 小 结

回顾各种适用于DS的分型系统,SRS-Schwab分型和Lenke-Silva分型运用相对较多,而多数分型系统的关注角度不尽相同,或临床症状,或影像学特征,或治疗指导策略,目前仍然缺乏一种既能对疾病进行分型、明确疾病自然史,又能将畸形的严重程度与健康状况联系起来,并有效指导治疗的系统分型。综合对既往分型的评估和临床实际,作者认为一个理想的DS分型系统应具有:(1)与临床密切相关的影像学特征:冠状面、矢状面的影像学参数、椎间盘和关节突关节的病变情况、椎管狭窄等;(2)患者临床症状:顽固性腰痛、腰骶部疼痛、下肢放射痛、跛行等;(3)特定而有效的治疗指导方案:包括微创技术在内的减压、固定融合、截骨矫形等;(4)兼顾常与DS并发的基础疾病,如

骨质疏松等;(5)能在前瞻性研究中被反复验证其有效性,具有简洁性、系统化的特点。

参考文献

- [1] Aebi M. The adult scoliosis [J]. *Eur Spine J*, 2005, 14 (10) : 925-948.
- [2] York PJ, Kim HJ. Degenerative Scoliosis [J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2017, 10 (4) : 547-558.
- [3] Silva FE, Lenke LG. Adult degenerative scoliosis: evaluation and management [J]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28 (3) : E1.
- [4] McAviney J, Roberts C, Sullivan B, et al. The prevalence of adult de novo scoliosis: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Spine J*, 2020, 29 (12) : 2960-2969.
- [5] Diebo BG, Shah NV, Boachie-Adjei O, et al. Adult spinal deformity [J]. *Lancet*, 2019, 394 (10193) : 160-172.
- [6] de Vries AA, Mullender MG, Pluymakers WJ, et al. Spinal decompensation in degenerative lumbar scoliosis [J]. *Eur Spine J*, 2010, 19 (9) : 1540-1544.
- [7] Berjano P, Lamartina C. Classification of degenerative segment disease in adults with deformity of the lumbar or thoracolumbar spine [J]. *Eur Spine J*, 2014, 23 (9) : 1815-1824.
- [8] Ploumis A, Transfeldt EE, Denis F. Degenerative lumbar scoliosis associated with spinal stenosis [J]. *Spine J*, 2007, 7 (4) : 428-436.
- [9] Martin BI, Mirza SK, Spina N, et al. Trends in lumbar fusion procedure rates and associated hospital costs for degenerative spinal diseases in the United States, 2004 to 2015 [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2019, 44 (5) : 369-376.
- [10] 陆晓生, 黄涓景, 赵劲民. 脊柱畸形手术治疗现状与方向 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23 (3) : 239-241.
- [11] 何守玉, 朱锋, 邱勇. 成人脊柱侧凸分型方法与手术治疗策略 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2014, 22 (9) : 799-803.
- [12] Lowe T, Berven SH, Schwab FJ, et al. The SRS classification for adult spinal deformity: building on the King/Moe and Lenke classification systems [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31 (19 Suppl) : S119-125.
- [13] Faldini C, Pagkrati S, Grandi G, et al. Degenerative lumbar scoliosis: features and surgical treatment [J]. *J Orthop Traumatol*, 2006, 7 (2) : 67-71.
- [14] Schwab F, Farcy JP, Bridwell K, et al. A clinical impact classification of scoliosis in the adult [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31 (18) : 2109-2114.
- [15] Schwab F, Lafage V, Farcy JP, et al. Surgical rates and operative outcome analysis in thoracolumbar and lumbar major adult scoliosis: application of the new adult deformity classification [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007, 32 (24) : 2723-2730.
- [16] Lafage V, Schwab F, Patel A, et al. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34 (17) : E599-606.
- [17] Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society-

- Schwab adult spinal deformity classification: a validation study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37 (12): 1077-1082.
- [18] Terran J, Schwab F, Shaffrey CI, et al. The SRS-Schwab adult spinal deformity classification: assessment and clinical correlations based on a prospective operative and nonoperative cohort [J]. *Neurosurgery*, 2013, 73 (4): 559-568.
- [19] Liu Y, Liu Z, Zhu F, et al. Validation and reliability analysis of the new SRS-Schwab classification for adult spinal deformity [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38 (11): 902-908.
- [20] Hong JY, Suh SW, Modi HN, et al. The prevalence and radiological findings in 1347 elderly patients with scoliosis [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2010, 92 (7): 980-983.
- [21] Rothenfluh DA, Mueller DA, Rothenfluh E, et al. Pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch predisposes to adjacent segment disease after lumbar spinal fusion [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24 (6): 1251-1258.
- [22] Zhang HC, Zhang ZF, Wang ZH, et al. Optimal pelvic incidence minus lumbar lordosis mismatch after long posterior instrumentation and fusion for adult degenerative scoliosis [J]. *Orthop Surg*, 2017, 9 (3): 304-310.
- [23] Lafage R, Schwab F, Challier V, et al. Defining spino-pelvic alignment thresholds: Should operative goals in adult spinal deformity surgery account for age [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41 (1): 62-68.
- [24] Berjano P, Langella F, Ismael MF, et al. Successful correction of sagittal imbalance can be calculated on the basis of pelvic incidence and age [J]. *Eur Spine J*, 2014, 23 (6 Suppl): 587-596.
- [25] Mummaneni PV, Shaffrey CI, Lenke LG, et al. The minimally invasive spinal deformity surgery algorithm: a reproducible rational framework for decision making in minimally invasive spinal deformity surgery [J]. *Neurosurg Focus*, 2014, 36 (5): E6.
- [26] Mummaneni PV, Park P, Shaffrey CI, et al. The MISDEF2 algorithm: an updated algorithm for patient selection in minimally invasive deformity surgery [J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 32 (2): 221-228.
- [27] Zhang HC, Yu HL, Yang HF, et al. Short-segment decompression/fusion versus long-segment decompression/fusion and osteotomy for Lenke-Silva type VI adult degenerative scoliosis [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2019, 132 (21): 2543-2549.
- [28] Yang SL, Liu XY, Ma R, et al. Treatment of degenerative lumbar scoliosis with oblique lumbar interbody fusion in conjunction with unilateral pedicle screw fixation via the Wiltse approach [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13 (4): 1181-1190.
- [29] Li H, Xu Z, Li F, et al. Does lateral lumbar interbody fusion decrease the grading of Lenke-Silva classification and determine the optimal fusion level in severe adult degenerative scoliosis [J]. *World Neurosurg*, 2020, 139: e335-e344.
- [30] Ploumis A, Liu H, Mehdob AA, et al. A correlation of radiographic and functional measurements in adult degenerative scoliosis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34 (15): 1581-1584.
- [31] Xu DS, Walker CT, Godzik J, et al. Minimally invasive anterior, lateral, and oblique lumbar interbody fusion: a literature review [J]. *Ann Transl Med*, 2018, 6 (6): 104.
- [32] Slattery C, Verma K. Classification in brief: SRS-Schwab classification of adult spinal deformity [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2018, 476 (9): 1890-1894.
- [33] 王超, 杨依林, 袁佳滨, 等. 退行性脊柱侧弯术后冠状面失平衡相关因素 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (5): 385-389.
- [34] 邱勇, 王斌, 朱锋, 等. 退变性腰椎侧凸的冠状面失衡分型及对截骨矫形术式选择的意义 [J]. *中华骨科杂志*, 2009, 29 (5): 418-423.
- [35] Bao H, Yan P, Qiu Y, et al. Coronal imbalance in degenerative lumbar scoliosis: Prevalence and influence on surgical decision-making for spinal osteotomy [J]. *Bone Joint J*, 2016, 98-B (9): 1227-1233.
- [36] Obeid I, Berjano P, Lamartina C, et al. Classification of coronal imbalance in adult scoliosis and spine deformity: a treatment-oriented guideline [J]. *Eur Spine J*, 2019, 28 (1): 94-113.
- [37] Kieser DC, Boissiere L, Bourghli A, et al. Obeid-coronal malalignment classification is age related and independently associated to personal reported outcome measurement scores in the nonfused spine [J]. *Neurospine*, 2021, 18 (3): 475-480.
- [38] Hayashi K, Boissière L, Cawley DT, et al. A new classification for coronal malalignment in adult spinal deformity: a validation and the role of lateral bending radiographs [J]. *Eur Spine J*, 2020, 29 (9): 2287-2294.
- [39] Mundis GM, Godzik J, Park P, et al. Prospective multicenter study of minimally invasive surgery for the treatment of adult spinal deformity [J]. *J Neurosurg Spine*, 2022, 36 (5): 767-774.

(收稿:2022-02-25 修回:2022-11-14)

(同行评议专家: 孙中仪 陈君生 杨有庚 李岩峰)

(本文编辑: 宁 桦)