

成人退行性脊柱侧凸矢状面平衡的研究进展

A review of sagittal balance in adult degenerative scoliosis

林友禧, 李星野, 沈建雄

(中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院骨科 100730 北京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.08.13

中图分类号: R682.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2016)-08-0745-04

成人退行性脊柱侧凸 (adult degenerative scoliosis, ADS) 是发生于骨骼成熟以后由于椎间盘及椎间小关节的退行性改变而导致的原发性脊柱侧凸, 在冠状面上 Cobb 角大于 10° 。据统计 40 岁以上人群中 ADS 的患病率达 13%~30%, 随着年龄增长, 患病率更高^[1-3]。患者通常表现为腰痛、下肢放射痛和间歇性跛行症状。但侧凸的弯型与患者临床症状间的联系仍不明确。脊柱的矢状面失平衡也可以引起患者明显甚至保守治疗无效的腰背痛。ADS 通常每年进展 1° ~ 6° (平均 3°), 骨质疏松、冠状面 Cobb 角 $>30^{\circ}$ 、椎体旋转 $>II$ 度、侧方滑移 $>6\text{mm}$ 和髂嵴间连线经过 L5 为侧凸进展的危险因素^[4]。

近年来有研究表明, ADS 患者矢状面失平衡是导致患者腰痛、功能受限的主要因素。矢状面平衡被认为是评估和预测术前、术后临床症状及疗效的最重要指标^[5,6]。持续的腰痛、下肢痛严重影响患者的生活质量。然而, 对于退行变的随着年龄增长、不断变化的老年脊柱, 过度地强调脊柱骨盆参数, 盲目地追求理想的矢状面平衡, 可能导致较高的手术并发症和再手术率。在目前存在对脊柱-骨盆参数过度强调的情况下, 很有必要对老年脊柱矢状面平衡重新认识。

1 躯干矢状面平衡的评价参数

按照脊柱侧凸研究学会 (scoliosis research society, SRS) 的标准^[7], 脊柱的矢状面评价参数包括: ①矢状面垂直轴偏移 (sagittal vertical axis, SVA): 通过 C7 椎体中心的铅垂线与 S1 后上缘的距离, 铅垂线位于 S1 后上缘前方为正值, 位于后方为负值, 正常范围为 $<\pm 5\text{cm}$, 超过该范围即为矢状面失平衡; ②胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK): T5~T12 的 Cobb 角, 正常范围为 $<50^{\circ}$; ③胸腰段后凸角 (thoracolumbar kyphosis, TLK): T10~L2 的 Cobb 角, 正常范围为 $<20^{\circ}$; ④腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL): T12~S1 的 Cobb 角, 正常范围为 $>40^{\circ}$ 。骨盆的矢状面评价参数

包括: ①骨盆投射角 (pelvic incidence, PI): S1 上终板中点与双股骨头中心连线中点的直线与 S1 上终板垂线的夹角; ②骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT): S1 上终板中点与双股骨头中心连线中点的直线与铅垂线的夹角; ③骶骨倾斜角 (sacral slope, SS): S1 上终板切线与水平线的夹角。其中, PI 被视为真实反映骨盆解剖形态的参数, 不随体位变化而变化, 在同一个体的测量值自骨骼生长停止后保持恒定^[8]。而 SS、PT 为体位相关性参数。上述三者的关系为 $PI=PT+SS$ (图 1)。近年来有学者提出新的测量参数, 如骶骨骨盆角 (sacral pelvic angle, SPA): S1 后上角与双股骨头中心连线中点的直线与 S1 上终板垂线的夹角^[9]。

以往研究表明, 脊柱-骨盆矢状面参数存在很大个体差异^[10]。Lonner 等^[11]的研究发现不同人种间 PI、PT、LL 等参数有显著性差异; 而 Roussouly 等^[12]对 160 例无症状成年志愿者 (18~48 岁, 平均 27 岁) 拍摄全脊柱侧位 X 线片, 计算出 PI 均值为 51.91° (33.75° ~ 83.72°), PT 均值为 11.99° (-5.06° ~ 30.59°), SS 均值为 39.92° (21.22° ~ 65.90°), 个体间的变异很大。

2 ADS 患者脊柱-骨盆参数的变化

随着年龄的增长, 椎间盘逐渐发生退行性变化, 导致多个椎间隙高度丢失, 表现为 LL 度数逐渐减小^[12,13], 脊柱

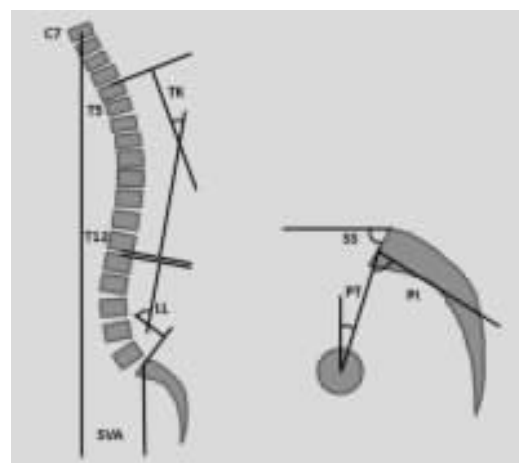


图 1 脊柱-骨盆参数测量示意图

第一作者简介: 男 (1990-), 住院医师, 医学硕士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (010)69152800 E-mail: linuc5@126.com

通讯作者: 沈建雄 E-mail: shenjianxiong@medmail.com.cn

重力线缓慢前移^[14]。机体为了代偿这种前倾,逐渐出现以下几种变化。首先,为了代偿 LL 减小,TK 亦自动逐渐减小,避免躯干前倾逐渐加重。其次,机体通过其相邻的近端腰椎或胸腰椎的前凸增加来代偿逐渐减小的 LL。这种变化使脊柱后柱的受力增加,从而出现后方结构退行加重及滑脱风险增大等后果。此外,骨盆围绕股骨头发生后倾改变,带动躯干整体后仰而发挥代偿作用,在骨盆参数上表现为 SS 减小、PT 增大。然而,这种代偿方式受限于患者的 PI,有研究^[15]显示,骨盆代偿能力与 PI 呈正相关,在 PI 较小的患者,容易出现失代偿而导致矢状面失平衡。最后,髋关节屈曲挛缩及髋关节炎等因素也会影响骨盆的代偿能力。

3 矢状面平衡与 ADS 患者生活质量的相关性

Glassman 等^[16]对多中心 297 例成人脊柱畸形患者的生活质量进行调查,发现矢状面的畸形对 ADS 患者生活质量的影响明显强于冠状面畸形;甚至有时轻度的矢状面失衡即可引起该类患者生活质量的明显改变^[17]。在脊柱参数中,LL 和 TK 是影响成人脊柱畸形患者生活质量最重要的局部矢状面平衡指标。ADS 患者为代偿矢状面平衡状态,肌肉、小关节、韧带等结构在直立时需承受较大的应力,由此带来的疲劳和损耗将导致顽固的腰背痛等症状。而骨盆参数对 ADS 患者生活质量的影响近年来也逐渐引起重视。Lafage 等^[18]对 125 例成人脊柱畸形患者进行调查,发现 PT 与健康相关生活质量 (health-related quality of life, HRQOL) 显著相关,并认为在没有标明刻度的影像学资料中该角度指标可以避免测量误差。Mac-Thiong 等^[19]对 73 例患者进行 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 评定和生活质量调查,发现 SVA 正值与 ODI 高度相关, SVA 大于 6cm, 即脊柱矢状面失平衡的患者, ODI 评分显著升高。

4 脊柱-骨盆矢状面参数在 ADS 分型中的应用

目前,对退变性脊柱侧凸的分类尚无统一标准,既往文献中主要有 Simmons 分型、SRS 分型、Schwab 分型及 SRS-Schwab 分型等。后三者的分型标准、内容及指导意义在 ADS 患者亦适用。早期的 Simmons 分型^[20]将是否伴有 LL 减少作为分型标准之一,认为伴有 LL 减少的患者应采用长节段融合固定、矫正旋转畸形及恢复腰椎前凸。这标志着开始将矢状面参数作为患者术前评估及治疗方案选择的指标之一。随后的 SRS 分型系统^[21]中,脊柱参数被列入矢状面修正型(上胸段、主胸段、胸腰段、腰段)和整体平衡修正型(SVA)中。同年 Schwab 等^[22]提出成人脊柱侧凸影像学分型,其中沿袭 Simmons 分型将 LL 作为修正型之一,并按照 0°和 40°为界划分为三型,同时发现腰椎修正指数越高,患者的接受手术的比例越高,A 型(LL>40°)为 36%, C 型(LL<0°)为 54%。一年后,在对其分型的改良中, Schwab 等^[23]加入了类似 SRS 分型中的整体矢状面平衡修正型(SVA),并给出正常(1~4cm)、偏正(4~9.5cm)和极偏

正(>9.5cm)的分级范围。然而,上述分型均未将骨盆参数考虑在内。近年来,有研究发现骨盆参数与患者疼痛症状及功能障碍密切相关^[16,18]。因而后续的 SRS-Schwab 分型^[24]中弱化了冠状面侧凸类型的分类,去除与患者生活质量没有显著相关性的半脱位修正参数,而将 PI-LL、PT 与 SVA 这三个与患者临床症状关系密切的脊柱-骨盆矢状面参数分别作为独立的矢状面修正参数,并成为目前较为公认的成人脊柱侧凸分型方法。

5 脊柱-骨盆矢状面参数对 ASD 治疗的指导意义

ADS 引起的腰腿痛及神经损害等症状严重影响患者的生活质量,而有临床症状的脊柱矢状面失平衡患者保守治疗效果往往不满意,因此手术矫正畸形是最主要的治疗方法。ADS 手术治疗的最终目的以缓解症状、改善患者的生活质量为主,同时也应重视脊柱矢状面平衡的重建。不少文献报道脊柱-骨盆矢状面参数与成人脊柱畸形术后的临床疗效相关。Rose 等^[25]对 40 例行经椎弓根椎体截骨的患者利用术前 PI 及 TK 值预计术中矫正的 LL 度数,提出理想的矢状面平衡矫正的模型, $LL+TK+PI \leq 45^\circ$ (其中 LL 为负值),经过 2 年以上随访发现,91% 的患者可达到理想的矢状位平衡。Schwab 等^[26]则认为 $LL=PI \pm 9^\circ$ 是成人脊柱畸形手术治疗矢状面平衡的重要目标。如果患者术后的 LL 大于其预测值区间,则在直立姿势时骨盆负荷将超过脊柱-骨盆系统的代偿能力,容易发生矢状面失代偿与失平衡。Kim 等^[27]指出,脊柱-骨盆参数为差异很大的个体化参数,目前仍存在许多不可预测的干扰因素,使术前预测患者融合术后所需最适合的 LL 难以实现,他认为保证融合术后 LL 超过 TK 20°以上,则可能获得更理想的术后脊柱矢状面平衡。Gottfried 等^[28]回顾了 15 例行后路脊柱融合矢状面失平衡的患者,发现 PI 与 PT 较高的患者,矫形术后发生平背畸形的概率明显高于值较低的患者,他们认为 PI 及 LL 应作为 ADS 患者术前评估的重要参考指标。Silva 等^[29]提出了 ADS 患者手术的 6 个分级,其中脊柱参数中的 LL 和 TK 被列入分级标准,当 LL 减小甚至出现后凸时,考虑腰椎后路减压前后路联合内固定融合腰弯;在此基础上若同时存在总体失平衡及胸椎后凸畸形,侧凸柔韧性较好者内固定融合应延长至胸段;脊柱畸形僵硬或已经做过融合手术的患者应考虑截骨矫形(表 1)。

6 脊柱-骨盆参数在 ADS 患者中应用的局限性

脊柱矢状面平衡及矢状面参数在临床上越来越多地被学者们推崇,然而过度强调重建矢状面平衡而带来的负面报道也逐年增多,尤其在再手术率、内固定失败方面。

Charosky 等^[30]对 306 例成人腰椎侧凸进行手术治疗的患者进行平均 54 个月的随访,总并发症发生率为 39%,且 26% 患者需翻修手术,并发现术前 $PT \geq 26^\circ$ 为危险因素之一。其原因为高 PT 常见于矢状面失代偿患者,这些患者重建矢状面平衡时进行截骨或将融合延伸至高骶,因而更

表 1 Lenke-Silva 分级

症状	非手术治疗	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	VI 级
神经性跛行/神经根病	轻微	+	+	+	+	+	+
腰痛	轻微	轻微	+/-	+	+	+	+
前方骨赘	+	+	-	-	-	-	-
前滑脱	-	-	-	+	+	+	+
冠状面 Cobb(<30°)	-	-	-	+	+	+	+
腰后凸	-	-	-	-	+	+	+
整体平衡	-	-	-	-	-	+(柔韧性好)	+(柔韧性差或融合)

容易发生并发症。Smith 等^[31]回顾 173 例矢状面失衡(SVA>50mm、GSA>45°、PI-LL>10°)的成人脊柱畸形患者,在其进行脊柱融合手术后平均随访 42 个月,发现急性近端交界区融合失败(acute proximal junctional failure, APJF)的发生率为 35%,其中 21.7%需要翻修,术后 SVA≤50mm 为危险因素之一,他们认为术后患者不能适应矢状位急剧变化,其直立姿势设定点仍保留在身体前方,因而术后早期仍保持前倾姿态,从而增加了 APJF 发生的可能性。Soroceanu 等^[32]调查 245 例进行脊柱融合内固定手术的成人脊柱畸形患者,发现 31.7%发生内固定相关并发症,其中 52.6%需翻修,多因素回归分析发现按照 SRS-Schwab 分型系统矢状面整体平衡修正型为 SVA++是独立危险因素之一,认为相对于矢状面平衡患者,对矢状面失衡患者更多的矫正及进行截骨、内固定系统上更集中的应力可能是高并发症率的原因。

此外,人体是一个相互关联、动态变化的整体,利用脊柱-骨盆参数拟定手术目标时,必须考虑到年龄对该参数的影响。Lafage 等^[33]对 773 例成人脊柱畸形患者进行基线调查,发现理想的脊柱-骨盆参数随年龄增长而增长,由年龄<35 岁分组 PT=10.9°、PI-LL=-10.5°、SVA=4.1mm 逐渐增长为年龄>75 岁分组 PT=28.5°、PI-LL=16.7°、SVA=78.1mm,随年龄增长,人逐渐适应矢状面的退变,因此对年长患者的术前评估中,脊柱-骨盆参数基线应进行调整。对不同年龄的患者,矢状面重建时严格按同一标准,显然是不恰当的。

矢状面的平衡不仅包括脊柱、骨盆,还包括髋、膝、踝等关节的功能状态。当双下肢髋、膝、踝关节处于完全正常功能的情况下,谈论脊柱重建矢状面平衡是可行的,但随着年龄的增加,退变将多方面、多部位出现。Wang 等^[34]发现严重膝关节骨关节炎患者矢状面平衡受影响,人体通过屈髋、骨盆前倾等代偿;Weng 等^[35]发现髋关节骨关节炎也影响矢状面平衡,人体通过骨盆前倾代偿,但因脊柱代偿能力差,容易发生严重失衡。这说明以单一的脊柱-骨盆的标准化指标所包含的矢状面平衡来期望达到良好的生活质量是不可行的。

对于矢状面已经失衡的患者,进行重建的必要性也是值得斟酌的问题。事实上,虽然部分文献报道矢状面失衡与患者症状及生活质量相关,但手术不进行矢状面重建并不代表不能缓解症状、改善患者生活质量。Bayerl 等^[36]对 100 例仅行微创减压手术的腰椎管狭窄患者进行 2 年随访,发现患者腰腿疼痛症状改善的同时,矢状面平衡与失衡的患者生活质量并无显著性差异。Hikata 等^[37]和 Dohzono 等^[38]的研究也得出相同结论,提示对于矢状面失衡但无明显脊柱失稳的患者,矢状面重建并非绝对必要。另一方面,在影像学提示矢状面平衡的脊柱上,因脊柱的微小骨折及下肢关节的退变,也可能产生症状及功能变化。

综上所述,对重建 ADS 患者矢状面平衡的概念应全面认识,不能过度强调。

7 参考文献

- de Vries AA, Mullender MG, Pluymakers WJ, et al. Spinal decompensation in degenerative lumbar scoliosis[J]. Eur Spine J, 2010, 19(9): 1540-1544.
- Xu L, Sun X, Huang S, et al. Degenerative lumbar scoliosis in Chinese Han population: prevalence and relationship to age, gender, bone mineral density, and body mass index[J]. Eur Spine J, 2013, 22(6): 1326-1331.
- Robin GC, Span Y, Steinberg R, et al. Scoliosis in the elderly: a follow-up study[J]. Spine, 1982, 7(4): 355-359.
- Pritchett JW, Bortel DT. Degenerative symptomatic lumbar scoliosis[J]. Spine, 1993, 18(6): 700-703.
- Rousseau MA, Lazenec JY, Tassin JL, et al. Sagittal rebalancing of the pelvis and the thoracic spine after pedicle subtraction osteotomy at the lumbar level [J]. J Spinal Disord Tech, 2014, 27(3): 166-173.
- Baghdadi YM, Larson AN, Dekutoski MB, et al. Sagittal balance and spinopelvic parameters after lateral lumbar interbody fusion for degenerative scoliosis: a case-control study [J]. Spine, 2014, 39(3): E166-173.
- 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.
- Mac-Thiong JM, Berthodaud E, Jr Dimar N, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth [J]. Spine, 2004, 29(15): 1642-1647.
- 尹刚辉, 金大地, 陈方尧, 等. 新的脊柱-骨盆矢状面测量参数: 骶骨骨盆角的提出及意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(8): 704-709.
- Gelb DE, Lenke LG, Bridwell KH, et al. An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers[J]. Spine, 1995, 20(12): 1351-1358.
- Lonner BS, Auerbach JD, Sponseller P, et al. Variations in pelvic and other sagittal spinal parameters as a function of

- race in adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine*, 2010, 35 (10): E374–377.
12. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, et al. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position [J]. *Spine*, 2005, 30(3): 346–353.
 13. Le HJ, Charosky S, Barrey C, et al. Sagittal imbalance cascade for simple degenerative spine and consequences: algorithm of decision for appropriate treatment [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 699–703.
 14. Barrey C, Roussouly P, Perrin G, et al. Sagittal balance disorders in severe degenerative spine [J]. Can we identify the compensatory mechanisms[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 626–633.
 15. Roussouly P, Nnadi C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19 (11): 1824–1836.
 16. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity[J]. *Spine*, 2005, 30(18): 2024–2029.
 17. Glassman SD, Berven S, Bridwell K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis[J]. *Spine*, 2005, 30(6): 682–688.
 18. 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*, 2009, 34(17): E599–606.
 19. Mac-Thiong JM, Transfeldt EE, Mehbod AA, et al. Can c7 plumbline and gravity line predict health related quality of life in adult scoliosis[J]. *Spine*, 2009, 34(15): E519–527.
 20. Simmons ED. Surgical treatment of patients with lumbar spinal stenosis with associated scoliosis[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2001, 384: 45–53.
 21. 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*, 2006, 31(19 Suppl): S119–125.
 22. Schwab F, Farcy JP, Bridwell K, et al. A clinical impact classification of scoliosis in the adult[J]. *Spine*, 2006, 31(18): 2109–2114.
 23. 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*, 2007, 32(24): 2723–2730.
 24. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society–Schwab adult spinal deformity classification: a validation study[J]. *Spine*, 2012, 37(12): 1077–1082.
 25. Rose PS, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy [J]. *Spine*, 2009, 34(8): 785–791.
 26. Schwab F, Lafage V, Patel A, et al. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient[J]. *Spine*, 2009, 34 (17): 1828–1833.
 27. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. An analysis of sagittal spinal alignment following long adult lumbar instrumentation and fusion to L5 or S1: can we predict ideal lumbar lordosis[J]. *Spine*, 2006, 31(20): 2343–2352.
 28. Gottfried ON, Daubs MD, Patel AA, et al. Spinopelvic parameters in postfusion flatback deformity patients[J]. *Spine J*, 2009, 9(8): 639–647.
 29. Silva FE, Lenke LG. Adult degenerative scoliosis: evaluation and management[J]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28(3): E1.
 30. Charosky S, Guigui P, Blamoutier A, et al. Complications and risk factors of primary adult scoliosis surgery: a multicenter study of 306 patients[J]. *Spine*, 2012, 37(8): 693–700.
 31. Smith MW, Annis P, Lawrence BD, et al. Acute proximal junctional failure in patients with preoperative sagittal imbalance[J]. *Spine J*, 2015, 15(10): 2142–2148.
 32. Soroceanu A, Diebo BG, Burton D, et al. Radiographical and implant-related complications in adult spinal deformity surgery: incidence, patient risk factors, and impact on health-related quality of life[J]. *Spine*, 2015, 40(18): 1414–1421.
 33. Lafage R, Schwab F, Chailier V, et al. Defining spino-pelvic alignment thresholds: should operative goals in adult spinal deformity surgery account for age?[J]. *Spine*, 2016, 41(1): 62–68.
 34. Wang WJ, Liu F, Zhu YW, et al. Sagittal alignment of the spine-pelvis-lower extremity axis in patients with severe knee osteoarthritis: a radiographic study[J]. *Bone Joint Res* 2016, 5(5): 198–205.
 35. Weng W, Wu H, Wu M, et al. The effect of total hip arthroplasty on sagittal spinal-pelvic-leg alignment and low back pain in patients with severe hip osteoarthritis [J]. *Eur Spine J*, 2016, [Epub ahead of print].
 36. Bayerl SH, Pohlmann F, Finger T, et al. The Sagittal balance does not influence the 1 year clinical outcome of patients with lumbar spinal stenosis without obvious instability after microsurgical decompression[J]. *Spine*, 2015, 40(13): 1014–1021.
 37. Hikata T, Watanabe K, Fujita N, et al. Impact of sagittal spinopelvic alignment on clinical outcomes after decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis without coronal imbalance[J]. *J Neurosurg Spine*, 2015, 23(4): 451–458.
 38. Dohzono S, Toyoda H, Matsumoto T, et al. The influence of preoperative spinal sagittal balance on clinical outcomes after microendoscopic laminotomy in patients with lumbar spinal canal stenosis[J]. *J Neurosurg Spine*, 2015, 23(1): 49–54.

(收稿日期: 2016-08-02)

(本文编辑 卢庆霞)