

临床论著

退变性脊柱侧凸患者的下肢代偿对矢状面整体平衡的影响

舒诗斌, 鲍虹达, 顾琦, 张原诚, 朱泽章, 刘臻, 钱邦平, 邱勇

(南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 江苏省南京市)

【摘要】目的: 通过比较站立位全身 EOS 片上有下肢代偿和无下肢代偿的退变性脊柱侧凸 (degenerative scoliosis, DS) 患者矢状面的影像学参数, 研究下肢代偿对 DS 患者全身矢状面整体平衡的影响, 并进一步探讨全身矢状面具体的代偿模式。**方法:** 本研究纳入了 2017 年 10 月~2018 年 2 月在我院就诊的 DS 患者 43 例, 所有患者在术前均摄全身 EOS 片。测量经典矢状面参数[胸椎后凸角(TK)、腰椎前凸角(LL)、骨盆入射角(PI)、骶骨倾斜角(SS)、骨盆倾斜角(PT)、矢状面平衡(SVA)]以及矢状面上解剖学标志之间的水平距离(horizontal offset): 颅骨质心(the cranial center of mass, CCOM)与脚踝(ankle)中心之间的水平距离(Cr-A); C2 椎体质心与 ankle 中心之间的水平距离(C2-A); C7 椎体质心与 ankle 中心之间的水平距离(C7-A)和 C2 椎体质心与股骨头(femoral head)中心之间的水平距离(C2-F)。并测量膝关节角(knee angle, KA)。所有患者根据 KA 是否大于 3°分为有下肢代偿患者组与无下肢代偿组。通过独立样本 *t* 检验比较两组患者各矢状面参数之间的差异。**结果:** 共有 20 例无下肢代偿的 DS 患者和 23 例有下肢代偿的 DS 患者纳入本研究。两组患者 PI、PI-LL 的差异均无统计学意义($P=0.748, P=0.765$)。下肢代偿患者的 PT 为 $24.8^\circ \pm 10.4^\circ$, 大于无下肢代偿患者的 $19.3^\circ \pm 6.0^\circ$ ($P<0.05$)。而有下肢代偿患者的 TK 为 $21.9^\circ \pm 14.0^\circ$, 大于无下肢代偿患者的 $12.2^\circ \pm 7.1^\circ$ ($P<0.05$)。有下肢代偿患者的 KA 大于无下肢代偿的患者 ($5.7^\circ \pm 1.0^\circ$ vs $1.6^\circ \pm 1.0^\circ$) ($P<0.05$), 两组之间的差值平均为 4.1° 。存在下肢代偿患者的 SVA 为 $62.2 \pm 38.0\text{mm}$, 小于无下肢代偿患者的 $90.9 \pm 24.7\text{mm}$ ($P<0.05$)。两组患者 C2-A 的差异也存在统计学意义, 有下肢代偿患者的 C2-A 小于无下肢代偿的患者 ($52.2 \pm 8.1\text{mm}$ vs $68.6 \pm 26.3\text{mm}$) ($P<0.05$), 两组之间的差值平均为 16.4mm 。**结论:** DS 患者能够通过下肢代偿使得全身矢状面整体处于更加有利的平衡状态, 而无下肢代偿患者可能由于骨盆后旋受限, 往往需要减少胸椎后凸来代偿矢状面整体失衡趋势。

【关键词】 退变性脊柱侧凸; 下肢代偿; EOS 影像系统; 全身矢状面

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.06.02

中图分类号: R682.3, R619 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2019)-06-0484-07

The compensatory pattern of sagittal profile in patients with degenerative scoliosis/SHU Shibin, BAO Hongda, GU Qi, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29(6): 484-490

【Abstract】Objectives: To investigate the effects of lower limb compensation on full-body sagittal alignment, and to explore the whole body compensatory pattern in degenerative scoliosis (DS), by comparing the parameters of patients with and without lower limb compensation on standing EOS full body films. **Methods:** Forty-three DS patients in our hospital between October 2017 and February 2018 were included. All patients underwent full body EOS films preoperatively. The following sagittal parameters were recorded: thoracic kyphosis, lumbar lordosis, pelvic incidence, sacral slope, pelvic tilt and sagittal vertical axis. The horizontal offset between anatomical landmarks on the sagittal plane was measured, including the CCOM to the ankle center(Cr-A), the C2 to the ankle center(C2-A), the C7 to the ankle center(C7-A) and the C2 to the femoral head center(C2-F). The knee angle(KA) was also measured. All patients were divided into patients with lower limb compensation group and patients without lower limb compensation group according to whether KA was greater than 3 degrees. The differences of sagittal parameters between patients with and without compensation

基金项目: 江苏省临床医学中心(编号: YXZX2016009)

第一作者简介: 男(1994-), 医学硕士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (025)68182022 E-mail: shushibin_spine@163.com

通讯作者: 邱勇 E-mail: scoliosis2002@sina.com

were compared by the independent sample *t* test. **Results:** A total of 20 DS patients without lower limb compensation and 23 DS patients with lower limb compensation were included in this study. There was no significant difference of PI or PI-LL between the two groups. The PT of patients with lower extremity compensation was $24.8^{\circ} \pm 10.4^{\circ}$, which was significantly greater than that of patients without lower limb compensation. The TK of patients with lower extremity compensation was $21.9^{\circ} \pm 14.0^{\circ}$, which was significantly higher than that of patients without lower extremity compensation. The KA of patients with lower extremity compensation was $5.7^{\circ} \pm 1.0^{\circ}$, which was significantly higher than that of patients without lower extremity compensation. The SVA of patients with lower limb compensation ($62.2 \pm 38.0\text{mm}$) was significantly smaller than that of patients without lower limb compensation ($90.9 \pm 24.7\text{mm}$). The difference of C2-A between the two groups was also statistically significant. The horizontal offset of patients with lower extremity compensation was significantly smaller than that of patients without lower extremity compensation ($52.2 \pm 8.1\text{mm}$ vs $68.6 \pm 26.3\text{mm}$), the difference was averaged at 16.4mm. **Conclusions:** DS patients can make the sagittal profile of the whole body in a more favourable balance state through lower limb compensation, while patients without lower limb substitution may need to reduce the overall imbalance trend of thoracic kyphosis compensation sagittal plane due to pelvic posterior rotation limitation.

[Key words] Degenerative scoliosis; Lower limb compensation; EOS imaging system; Whole body sagittal alignment

[Author's address] Department of Spine Surgery, the Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing, 210009, China

退变性脊柱侧凸 (degenerative scoliosis, DS) 主要发生在腰段或者胸腰段, 通常认为椎间盘或关节突的不对称退变、骨质疏松, 可诱发脊柱产生不对称的负荷、降低脊柱平衡的稳定性, 从而导致脊柱侧凸的发生^[1-2]。有研究表明^[3-6], 退变性脊柱畸形患者的疼痛症状和功能障碍与矢状面形态密切相关。因此, 脊柱和骨盆矢状面分析对 DS 患者的临床评估及手术策略的制定具有重要意义。早在 1972 年, Dubousset 教授就提出“经济圆锥” (coneconomy) 理论, 即人体总是倾向于通过消耗最小的能量使身体保持在最平衡状态。矢状面平衡 (sagittal vertical axis, SVA) 是评估矢状面的常用参数, 一般将 $\text{SVA} > 5\text{cm}$ 定义为矢状面失平衡。然而作为线性测量参数, SVA 还受到髋膝关节的屈曲状态等因素的影响, 如膝关节屈曲可以有效代偿 SVA 前移, 使患者保持在更加平衡的状态。然而, 传统的脊柱矢状位全长片仅能覆盖至股骨头下方, 因此对于矢状面失平衡的患者难以进行下肢代偿的评估。同时, 随着对矢状面认识的进一步加深, 矢状面研究已经从单纯的脊柱形态扩展到了从颅到脚踝的研究^[4], 如人体对地面的作用力仅通过足部提供, 根据“经济圆锥”理论, 为了达到平衡需要重心和受力点之间的距离尽量小, 即力矩尽可能小。由此可见 SVA 这一矢状面参数仅仅评估 C7 相对于骶骨之间的距离, 无法

评估经过颈椎代偿和下肢代偿后患者的全身整体矢状面平衡。

近几年, 随着影像技术的发展, 法国一项先进的骨骼成像技术: EOS 全身骨骼成像系统, 已经投入临床使用^[7,8]。该技术的优势包括低辐射、一次全身成像无拼接等, 因此利用 EOS 全身成像, 可准确测量和评估患者下肢的代偿情况。本研究的目的为研究下肢代偿在维持 DS 患者全身矢状面的整体平衡中的作用, 并进一步探讨全身矢状面的代偿模式。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究回顾分析了 2017 年 10 月~2018 年 2 月在本中心就诊的 DS 患者。纳入标准: (1) 年龄 ≥ 55 岁; (2) 冠状面侧凸 Cobb 角 $\geq 15^{\circ}$, 矢状面 $\text{PI-LL} \geq 10^{\circ}$; (3) 术前均摄自然站立位全身正、侧位 EOS 片。排除标准: (1) 既往接受过脊柱、髋关节或膝关节手术; (2) 伴有髋、膝关节病变影响正常的站立姿势; (3) 椎体压缩性骨折; (4) 弥漫性特发性骨肥厚症 (diffuse idiopathic skeletal hyperostosis, DISH)。共 43 例 DS 患者纳入研究, 男 24 例, 女 19 例, 年龄 59~76 岁, 平均 66.7 ± 6.4 岁。本研究已获得医院伦理委员会批准。

1.2 全身矢状面影像学参数测量

由 1 名脊柱科医师在 PACS 工作站上进行测量矢状面参数,间隔 3 周进行再次测量,结果取两次测量的均值。包括:(1)胸椎后凸角(thoracic kyphosis,TK):T4 椎体上终板与 T12 椎体下终板之间的角度。(2)腰椎前凸角(lumbar lordosis,LL):T12 椎体上终板与 S1 椎体上终板之间的角度。(3)骨盆入射角(pelvic incidence,PI):S1 上缘中点至股骨头(femoral head)中心点连线与 S1 上缘中垂线的夹角(双侧股骨头不重合时,取两中心点连线的中点)。(4)骶骨倾斜角(sacral slope,SS):S1 上缘与水平线的夹角。(5)骨盆倾斜角(pelvic tilt,PT):S1 上缘中点至股骨头中心点连线与铅垂线的夹角。(6)SVA:C7PL 与骶骨后上角之间的垂直距离(C7PL 在骶骨后上角前方为正,后方为负)。(7)Cr-A(图 1):颅骨质心(the cranial center of mass,CCOM)与脚踝(ankle)中心之间的水平距离^[9](双侧脚踝不重合时,取两中心点连线的中点)。(8)C2-A:C2 椎体质心与 ankle 中心之间的水平距离。(9)C7-A:C7 椎体质心与 ankle 中心之间的水平距离。(10)膝关节角(knee angle,KA):股骨的机械轴线与胫骨的机械轴线之间的角度。(11)C2-F:C2 椎体质心与股骨头中心之间的水平距离(双侧股骨头不重合时,取两中心点连线的中点)。

1.3 分组标准

定义 KA>3°为膝屈曲^[10],即为有下肢代偿,所有的 DS 患者根据膝关节角分为有下肢代偿组和无下肢代偿组。有下肢代偿组的 KA 为 5.7°±1.0°,共有 23 例;无下肢代偿组患者的 KA 为 1.6°±1.0°,共 20 例。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 23.0 统计软件进行统计学分析。所有数值以平均数±标准差进行描述。使用独立样本 *t* 检验评估有下肢代偿与无下肢代偿的两组 DS 患者各矢状面参数之间的差异。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

共有 20 例无下肢代偿的 DS 患者和 23 例有下肢代偿的 DS 患者纳入本次研究。本组患者中,无下肢代偿的 DS 患者的平均年龄为 65.6±4.4 岁(59~72 岁),有下肢代偿的 DS 患者的平均年龄 67.7±7.6 岁(61~76 岁),两组患者之间年龄的差

异无统计学意义(*P*>0.05)。

两组患者矢状面影像学参数测量结果见表 1。有下肢代偿患者的 KA 大于无下肢代偿的患者(5.7°±1.0 vs 1.6°±1.0)(*P*<0.05)。存在下肢代偿患者的 SVA 为 62.2mm±38.0,小于无下肢代偿患者的 90.9mm±24.7(*P*<0.05),两者之间差值平均为 28.7mm。有下肢代偿患者的 C2-F 小于无下肢代偿的患者(11.1mm±22.4 vs 58.5mm±11.1)(*P*<0.05),两组之间的差值平均为 47.4mm。两组患者 C2-A 的差异也存在统计学意义,有下肢代偿患者的 C2-A 小于无下肢代偿的患者(52.2mm±8.1mm vs 68.6mm±26.3)(*P*<0.05),两组之间的差值平均为 16.4mm;此外,两组患者 Cr-A、C7-A 的差异虽未达到统计学意义(*P*=0.360,*P*=0.140),但数据显示有下肢代偿患者的 Cr-A、C7-A 明显比无下肢代偿患者小。这些数据说明了下肢代偿有利于维持 DS 患者全身矢状面的整体平衡。

两组患者 PI、LL、PI-LL 的差异无统计学意义

表 1 有下肢代偿和无下肢代偿的两组 DS 患者矢状面影像学参数的比较

Table 1 Comparison of sagittal parameters between two groups of DS patients with lower limb compensation and no compensation

	无下肢代偿组 (<i>n</i> =20) Uncompensated	下肢代偿组 (<i>n</i> =23) Compensated
年龄 Age	65.6±4.4	67.7±7.6
骨盆入射角(°) Pelvic incidence(PI)	34.2±3.9	33.6±7.5
骶骨倾斜角(°) Sacral slope(SS)	14.8±9.9	8.7±3.2 ^①
骨盆倾斜角(°) Pelvic tilt(PT)	19.3±6.0	24.8±10.4 ^①
胸椎后凸角(°) Thoracic kyphosis(TK)	12.2±7.1	21.9±14.0 ^①
腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis(LL)	-3.3±15.6	-3.8±9.3
膝关节角(°) Knee angle(KA)	1.6±1.0	5.7±1.0 ^①
Cr-A(mm)	61.1±36.5	52.6±22.9
C2-F(mm)	58.5±11.1	11.1±22.4 ^①
C2-A(mm)	68.6±26.3	52.2±8.1 ^①
C7-A(mm)	50.7±28.9	40.3±15.8
矢状面平衡(mm) Sagittal vertical axis	90.9±24.7	62.2±38.0 ^①
PI-LL(°)	30.9±11.7	29.7±13.1
PT/PI	0.6±0.2	0.7±0.2

注:①与无下肢代偿组比较 *P*<0.05

Note: ①Compared with uncompensated group, *P*<0.05

($P>0.05$)。下肢代偿的患者的 PT 为 $24.8^{\circ}\pm 10.4^{\circ}$, 大于无下肢代偿的患者的 $19.3^{\circ}\pm 6.0^{\circ}$ ($P<0.05$), 两者之间差值平均为 5.5° 。无下肢代偿患者的 PT/PI 小于有下肢代偿的患者, 但差异没有统计学意义 (0.6 ± 0.2 vs 0.7 ± 0.2 , $P=0.077$), 说明了下肢代偿的患者更倾向于使用骨盆后旋进行代偿。有下肢代偿的患者的 TK 为 $21.9^{\circ}\pm 14.0^{\circ}$, 大于无下肢代偿的患者的 $12.2^{\circ}\pm 7.1^{\circ}$ ($P<0.05$), 两者之间差值平均为 9.7° , 说明了下肢代偿的患者通过 TK 的减小进行代偿(图 2)。

3 讨论

近年来, 脊柱骨盆矢状面形态在维持正常的脊柱生物力学稳定中的重要性已经得到广泛的认可, 而在成人退变性脊柱畸形的诊疗过程中, 矢状面的平衡与患者的生活质量关系密切。JeanDubousset 教授提出了“经济圆锥”的概念, 用

于描述矢状面平衡在维持直立姿势和躯体稳定性中的作用。即人站立时的“稳定”范围是从脚向头侧形成一个倒圆锥形的区域。在这个范围内, 身体可以在没有外部支持的情况下使用最少的能量保持平衡。如果躯干偏离了中心轴但还在圆锥范围以内, 将会需要更大的肌肉负荷和能量消耗来维持其的直立站姿。如果躯干完全偏离超出圆锥区域, 则会跌倒或者需外力扶持^[1]。

当退变因素造成腰椎前凸减小, 机体需要启动多种代偿机制去避免躯干前倾, 来维持直立及水平视线, 包括骨盆后倾、胸椎后凸减小、下肢屈曲等^[12,13]。因此, 需要对全身的矢状面进行全面了解时, 对下肢的评估至关重要。然而, 传统的全脊柱 X 线片仅能覆盖至股骨头的下方, 因此既往国内的研究没有涉及矢状面失平衡患者的下肢代偿情况。本研究, 借助 EOS 全身片则可以观察 DS 患者的下肢代偿状态, 以便以后将基线的下

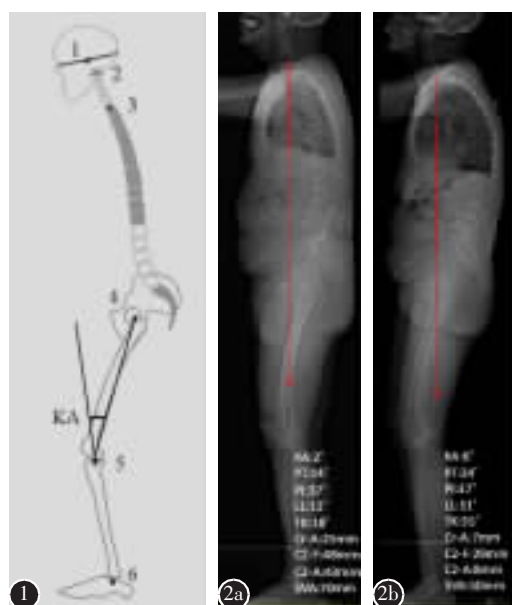


图 1 用于评估全身矢状面的距离参数和下肢的角度参数示意图: 点 1 表示颅骨质心, 点 2 表示 C2, 点 3 表示 C7, 点 4 表示股骨头中心, 点 5 表示膝中心, 点 6 表示脚踝中心 (1) Cr-A: 点 1 与点 6 之间的水平距离^[9]; (2) C2-A: 点 2 与点 6 之间的水平距离; (3) C7-A: 点 3 与点 6 之间的水平距离; (4) C2-F: 点 2 与点 4 之间的水平距离; 和 (5) KA: 线 45 与线 56 之间的夹角 **图 2 a** 66 岁无下肢代偿的 DS 患者矢状面形态, 该患者 KA 为 2° , PT 为 14° , TK 为 18° , Cr-A 为 25mm, SVA 为 70mm **b** 65 岁有下肢代偿的 DS 患者矢状面形态, 该患者 KA 为 6° , PT 为 24° , TK 为 35° , Cr-A 为 7mm, SVA 为 50mm。a 图中无下肢代偿的患者, 通过 TK 的减小来代偿; b 图中有下肢代偿的患者, TK 没有减小, 而通过骨盆后旋和膝屈曲来进行代偿, 其矢状面整体平衡状态相对于前者更好。(KA, 膝关节角; PT, 骨盆倾斜角; PI, 骨盆入射角; LL, 腰椎前凸角; TK, 胸椎后凸角; Cr-A, 颅骨质心与脚踝中心之间的水平距离; C2-F, C2 椎体质心与股骨头中心之间的水平距离; C2-A, C2 椎体质心与脚踝中心之间的水平距离)

Figure 1 Schematic drawing showed the some distance parameters for assessment of total body sagittal alignment and angle for assessment for lower limb: (1) Cr-A: the horizontal offset between point 1 and point 6^[9]; (2) C2-A: the horizontal offset between point 2 and point 6; (3) C7-A: the horizontal offset between point 3 and point 6; (4) C2-F: the horizontal offset between point 2 and point 4; (5) KA indicates the ankle between line 45 and line 56

Figure 2 a Sagittal alignment of DS patients without lower limb compensation at the age of 66, the patient's KA was 2° , PT was 14° , TK was 18° , Cr-A was 25mm, and SVA was 70mm **b** Sagittal alignment of DS patients with lower limb compensation at the age of 65, the patient's KA was 6° , PT was 24° , TK was 35° , Cr-A was 7mm, and SVA was 50mm. The patient with no lower limb compensation in figure a was compensated by reduction of TK; the patient in figure b with lower limb compensation have no decrease in TK but compensated by pelvic retroversion and knee flexion. The overall balance of the sagittal alignment was better than the former. (KA, knee angle; PT, pelvic tilt; PI, pelvic incidence; LL, lumbar lordosis; TK, thoracic kyphosis; Cr-A, the horizontal offset between CCOM and ankle; C2-F, the horizontal offset between C2 and femoral head; C2-A, the horizontal offset between C2 and ankle)

肢代偿纳入手术策略的考虑等。

SVA是广泛使用的判断矢状面平衡的影像学参数,既往文献报道 SVA>5cm 时成人脊柱畸形患者的功能评分较低^[14]。然而,随着对全身矢状面研究的深入,SVA 仅评估 C7 相对于骶骨之间的距离,无法评估经过颈椎代偿和下肢代偿后患者的全身整体矢状面平衡。最近, Kim 等^[9]提出一个新的评估矢状面平衡的参数——CrSVA,即通过测量股骨头中心、膝中心及脚踝中心等解剖学标志至经过头颅质心垂线的水平距离,来反映全身矢状面整体平衡状态。他们的研究证实,CrSVA 比 C7 SVA 更能预测患者的临床预后,可成为分析成人脊柱畸形的标准测量方法。因此,在我们的研究中,我们通过测量 DS 患者颅骨质心与脚踝中心之间的水平距离(Cr-A)来评估患者的从头颅到脚踝的全身整体矢状面,同时用 C2 椎体质心与股骨头中心之间的水平距离(C2-F)来判断患者从头颅到骨盆的局部矢状面平衡状态。

膝屈曲是严重退行性脊柱疾患患者的一种公认的代偿机制,并已被广泛报道^[15-17]。本研究纳入 43 例 DS 患者,根据矢状面是否有膝关节的屈曲,分为有下肢代偿组和无下肢代偿组,有膝关节屈曲的下肢代偿患者的 KA 大于无下肢代偿的患者。Diebo 等^[10]认为矢状面失平衡患者的骨盆-腰椎不匹配(PI-LL mismatch)为始动因素,从而激发一系列代偿机制,即脊柱-骨盆-下肢的链式模式来代偿全身矢状面的排列不齐。患者首先会通过胸椎后凸的减小来代偿,当由于胸椎区域僵硬等原因不能启动胸椎后凸代偿机制时,则会通过其他部分来进行代偿,如骨盆后旋、下肢屈曲等。本研究中,两组患者均存在 PI-LL mismatch,且之间的差异无统计学意义。他们启动脊柱-骨盆-下肢的链式模式来进行代偿,有下肢代偿组患者的 TK 大于无下肢代偿组患者,说明了无下肢代偿的患者更倾向于启动 TK 减小的代偿机制,可能是由于该类患者较有下肢代偿的患者该区域更加柔软;而有下肢代偿的患者则可能由于胸椎代偿有限而通过骨盆后旋及下肢屈曲等来进行代偿。对于存在矢状面失衡的患者,骨盆可以以股骨头为中心发生后旋以代偿躯干前倾,骨盆后旋已经被证明是恢复患者整体脊柱矢状面形态和维持患者重心位置在股骨头正上方的有效途径^[12,13,15]。本研究中下肢代偿的患者的 PT 明显大于无下肢

代偿的患者,提示无下肢代偿的患者可能也缺乏骨盆的后旋。Roussouly 等^[18]和 Berthonnaud 等^[19]认为在矢状面上,头部通过颈椎连接至躯干,躯干与骨盆相接,骨盆再经过髋关节连接两下肢,相邻的解剖学组件之间密切关联并相互平衡,以能量消耗最小的状态来维持稳定的姿势。在我们的研究中,有下肢代偿 DS 患者的 Cr-A 及 C2-F 明显小于无下肢代偿的患者,通过骨盆及下肢的共同作用,使其头颅到脚踝的全身整体矢状面及头颅到骨盆的局部矢状面平衡状态比无下肢代偿的患者更好,说明了下肢代偿有利于维持 DS 患者全身矢状面的整体平衡。此外,从以上结果还可以看出,无下肢代偿患者通过减小胸椎后凸来代偿的作用相对较差,没有达到与有骨盆-下肢代偿患者类似的效果。

Kim 等^[9]认为,从头部到踝关节理想的全身矢状面,可能需要保持能量有效的直立姿势和水平视线以获得最终的临床满意度。Bao 等^[20]之前的一项研究也表明,有下肢代偿的无症状成人通过代偿,倾向于使 C7 和脚踝在矢状面保持同一垂线上。既往的观点跟本研究结果一致,有下肢代偿和无下肢代偿的两组患者 C2-A 和 C7-A 存在差异,有下肢代偿患者的 C2/C7 到 ankle 的水平距离明显小于无下肢代偿的患者;此外,存在下肢代偿的 DS 患者的 SVA 显著小于无下肢代偿的患者。这应该与下肢代偿对整体矢状面平衡的贡献有关,当这些患者矢状面存在失代偿,通过膝关节屈曲和骨盆后旋可以对矢状面总体平衡起到代偿作用。所以,上述结果充分说明了下肢代偿对维持 DS 患者全身矢状面整体平衡的重要作用。

本研究中我们还计算了 PT/PI 值,其可以患者反映骨盆的代偿能力,理论上患者可以达到的最大骨盆代偿状态是 PT 等于 PI,但由于软组织等因素的影响,骨盆难以达到完全后旋^[21]。我们的研究结果显示,两组 DS 患者的 PT/PI 差异虽没有达到统计学意义,但明显存在差异,无下肢代偿患者的 PT/PI 值相对较低,说明了下肢代偿的患者骨盆代偿的更好,无下肢代偿的这些患者可能由于软组织等因素,从而导致骨盆后旋受限。

本研究的局限性在于:(1)本研究缺乏患者矢状面畸形程度与生活质量的的相关性分析结果;(2)本研究纳入对象数量有限,结果可能存在偏倚;此外,本研究缺少男女性患者的对比分析,在后续研

究中我们将纳入更多的研究对象。

综上所述,DS 患者下肢的代偿有利于维持其全身矢状面的整体平衡,无下肢代偿的患者的胸椎后凸代偿更多,但是胸椎代偿可能无法达到和下肢代偿类似的效果。这些无下肢代偿的患者可能存在软组织因素导致的骨盆后旋受限。

4 参考文献

1. 邱勇. 退变性与特发性成人脊柱侧凸的影像学鉴别及其意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(1): 9-10.
2. 桑宏勋, 雷伟. 成人退行性脊柱侧凸患者矢状位失衡与影响畸形发展的因素[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(3): 200-200.
3. Glassman SD, Berven S, Bridwell K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis [J]. Spine, 2005, 30(1): 682-688.
4. Schwab FJ, Blondel B, Bess S, et al. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis[J]. Spine, 2013, 38(13): 803-812.
5. 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.
6. 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): 599-606.
7. Dubousset J, Ilharreborde B, Le Huec JC. Use of EOS imaging for the assessment of scoliosis deformities: application to postoperative 3D quantitative analysis of the trunk [J]. Eur Spine J, 2014, 23(Suppl 4): 397-405.
8. Melhem E, Assi A, El Rachkidi R, et al. EOS biplanar X-ray imaging: concept, developments, benefits, and limitations [J]. J Child Orthop, 2016, 10(1): 1-14.
9. Kim YC, Lenke LG, Lee SJ, et al. The cranial sagittal vertical axis (CrSVA) is a better radiographic measure to predict clinical outcomes in adult spinal deformity surgery than the C7 SVA: a monocentric study[J]. Eur Spine J, 2017, 26(8): 2167-2175.
10. Diebo BG, Ferrero E, Lafage R, et al. Recruitment of compensatory mechanisms in sagittal spinal malalignment is age and regional deformity dependent: a full-standing axis analysis of key radiographical parameters[J]. Spine, 2015, 40(9): 642-649.
11. Dubousset J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity[M]. New York: Raven Press, 1994. 236-248.
12. Barrey C, Roussouly P, Perrin G, et al. Sagittal balance disorders in severe degenerative spine: can we identify the compensatory mechanisms? [J]. Eur Spine J, 2011, 20(S5): 626-633.
13. Obeid I, Hauger O, Aunoble S, et al. Global analysis of sagittal spinal alignment in major deformities: correlation between lack of lumbar lordosis and flexion of the knee [J]. Eur Spine J, 2011, 20(S5): 681-685.
14. Schwab F, Patel A, Ungar B, et al. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery [J]. Spine, 2010, 35 (25): 2224-2231.
15. Barrey C, Roussouly P, Le Huec JC, et al. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine[J]. Eur Spine J, 2013, 22(Suppl 6): 834-841.
16. Mangione P, Senegas J. Normal and pathologic sagittal balance of the spine and pelvis. [French] L'équilibre rachidien dans le plan sagittal[J]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1997, 83(1): 22-32.
17. Vital JM, Gille O, Gangnet N. Equilibre sagittal et applications cliniques[J]. Revue du Rhumatisme(Edition Francaise), 2004, 71(1): 120-128.
18. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology [J]. Eur Spine J, 2011, 20(Suppl 5): 609-618.
19. Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, et al. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters[J]. J Spinal Disord Tech, 2005, 18(1): 40-47.
20. Bao H, Lafage R, Liabaud B, et al. Three types of sagittal alignment regarding compensation in asymptomatic adults: the contribution of the spine and lower limbs [J]. Eur Spine J, 2018, 27(2): 397-405.
21. Bao H, Liabaud B, Varghese J, et al. Lumbosacral stress and age may contribute to increased pelvic incidence: an analysis of 1625 adults[J]. Eur Spine J, 2018, 27(2): 482-488.

(收稿日期:2019-03-28 修回日期:2019-05-20)

(英文编审 唐翔宇/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)