

## 短节段腰椎融合术后从站位到坐位的 脊柱矢状位序列变化

周思宇<sup>1,2</sup>, 王伟<sup>1,2</sup>, 孙卓然<sup>1</sup>, 李维<sup>1,2</sup>, 桑雨阳<sup>1</sup>, 李危石<sup>1</sup>

(1 北京大学第三医院骨科; 2 北京大学医学部 100191 北京市)

**【摘要】目的:**研究短节段腰椎融合术后患者从站位到坐位时的脊柱矢状位序列的变化,以及与健康人群在体位改变时的变化差异,探讨短节段腰椎融合术对不同体位下矢状位序列的影响。**方法:**回顾性分析 2010 年~2012 年在北京大学第三医院行腰椎融合内固定术的患者资料 58 例(A 组),其中男 30 例,女 28 例,年龄  $63.7 \pm 8.5$  岁(43~81 岁),根据术中腰骶是否融合将 A 组分为腰骶融合组(A1 组,26 例)与腰骶未融合组(A2 组,32 例)。对照组为 90 例中老年健康志愿者(B 组),其中男 39 例,女 51 例,平均年龄  $53.2 \pm 5.7$  岁(42~71 岁)。所有受试者均行站立位和坐位时的全脊柱 X 线片检查,应用院内图片存档和通信系统(PACS)测量脊柱矢状位轴(SVA)、T1 骨盆角(TPA)、骨盆入射角(PI)、骨盆倾斜角(PT)、骶骨倾斜角(SS)、腰椎前凸角(LL)、胸椎后凸角(TK)。采用独立样本 *t* 检验分别比较 A 组与 B 组的差异,以及 A1 组、A2 组和 B 组在站位和坐位时矢状位序列变化的差异。**结果:**A 组患者从站位到坐位时,SVA 增加( $19.7 \pm 33.1$  mm vs  $37.9 \pm 27.4$  mm,  $P < 0.001$ ),TPA 增加( $11.7^\circ \pm 6.2^\circ$  vs  $17.1^\circ \pm 8.0^\circ$ ,  $P < 0.001$ ),LL 减小( $41.6^\circ \pm 13.6^\circ$  vs  $35.6^\circ \pm 14.3^\circ$ ,  $P < 0.001$ ),TK 减小( $30.5^\circ \pm 12.0^\circ$  vs  $28.0^\circ \pm 12.1^\circ$ ,  $P < 0.05$ ),PT 增加( $15.1^\circ \pm 6.7^\circ$  vs  $19.4^\circ \pm 9.5^\circ$ ,  $P < 0.001$ ),SS 减少( $32.3^\circ \pm 8.7^\circ$  vs  $28.7^\circ \pm 9.9^\circ$ ,  $P < 0.001$ )。A 组患者 LL 和 TK 的减小,以及 SVA 的增加显著小于 B 组( $P < 0.05$ ),其中 A1 组 PT 的增加显著小于 B 组( $2.1^\circ \pm 7.1^\circ$  vs  $6.1^\circ \pm 8.9^\circ$ ,  $P < 0.05$ ),而 A2 组 PT 的增加程度与 B 组无统计学差异( $6.0^\circ \pm 6.6^\circ$  vs  $6.1^\circ \pm 8.9^\circ$ ,  $P > 0.05$ )。**结论:**短节段腰椎融合术后的脊柱从站位到坐位时表现为骨盆后旋,胸、腰椎曲度变直,脊柱矢状轴前移,但其胸腰椎曲度变化和矢状轴前移的幅度显著小于对照组。短节段腰椎融合术会限制坐位时骨盆的后旋。

**【关键词】** 矢状位序列;坐位;腰椎融合

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2020.04.01

中图分类号:R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2020)-04-0289-06

**The differences in the sagittal alignment of patients who had short-segment lumbar fusion when moving from standing to sitting/ZHOU Siyu, WANG Wei, SUN Zhuoran, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(4): 289-294**

**【Abstract】 Objectives:** To explore how the sagittal alignment of spine after short-segment lumbar fusion changes from standing to sitting and compare this change with that of healthy people. **Methods:** The lateral whole spinal radiography in the standing and sitting positions of 58 patients (group A, 30 males, 28 females; mean age,  $63.7 \pm 8.5$  years) who underwent lumbar fusion surgery in Peking University Third Hospital was reviewed. And the group A was divided into the group with lumbosacral fusion (group A1, 26 subjects) and the group without lumbosacral fusion (group A2, 32 subjects). The control group contained 90 healthy elderly volunteers (group B, 39 males, 51 females; mean age,  $53.2 \pm 5.7$  years). The parameters including sagittal vertical axis(SVA), T1-pelvic angle(TPA), pelvic incidence(PI), sacral slope(SS), pelvic tilt(PT), lumbar lordosis(LL) and thoracic kyphosis(TK) were measured. The parameters in different position(group A) were compared by using paired *t* test and the differences in changes from standing to sitting between patients (group A, A1, A2) and the control group(group B) were compared by using independent *t* test. **Results:** When moving from standing to sitting in group A, SVA increased( $19.7 \pm 33.1$  mm vs  $37.9 \pm 27.4$  mm,  $P < 0.001$ ), followed by decrease in LL

第一作者简介:男(1994-),博士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(010)82267368 E-mail:bjmuzhousiyu@163.com

通讯作者:李危石 E-mail:puh3\_liweishi@163.com

( $41.6^{\circ} \pm 13.6^{\circ}$  vs  $35.6^{\circ} \pm 14.3^{\circ}$ ,  $P < 0.001$ ) and TK ( $30.5^{\circ} \pm 12.0^{\circ}$  vs  $28.0^{\circ} \pm 12.1^{\circ}$ ,  $P = 0.006$ ), and TPA increased ( $11.7^{\circ} \pm 6.2^{\circ}$  vs  $17.1^{\circ} \pm 8.0^{\circ}$ ,  $P < 0.001$ ) with the increased in PT ( $15.1^{\circ} \pm 6.7^{\circ}$  vs  $19.4^{\circ} \pm 9.5^{\circ}$ ,  $P < 0.001$ ) and SS ( $32.3^{\circ} \pm 8.7^{\circ}$  vs  $28.7^{\circ} \pm 9.9^{\circ}$ ,  $P < 0.001$ ). Compared with the control group, the patients in group A showed smaller increase in TPA, SVA, PT and smaller decrease in LL, TK ( $P < 0.05$ ), while the patients with lumbosacral fusion (group A1) presented significantly smaller increase in PT ( $2.1^{\circ} \pm 7.1^{\circ}$  vs  $6.1^{\circ} \pm 8.9^{\circ}$ ,  $P < 0.05$ ). But the patients without lumbosacral fusion (group A2) showed similar PT ( $6.0^{\circ} \pm 6.6^{\circ}$  vs  $6.1^{\circ} \pm 8.9^{\circ}$ ,  $P > 0.05$ ) compared to the control group. **Conclusions:** When moving from standing to sitting, the spine went forwards with a straighter curvature in lumbar and thoracic spine, followed by pelvic retroversion. However, the straightening in lumbar and thoracic curve, as well as increase in SVA was smaller in patients, and the lumbosacral fusion would limit the pelvic retroversion in the sitting position.

**【Key words】** Sagittal alignment; Sitting; Lumbar fusion

**【Author's address】** Orthopaedic Department, Peking University Third Hospital, Beijing, 100191, China

随着人口老龄化现象的不断加重, 腰椎退行性疾病的发病率也逐渐提高。对于保守治疗效果不佳的患者, 手术是主要的治疗方案, 其中腰椎融合术是一种能有效地处理脊柱不稳定的手术<sup>[1,2]</sup>。但融合手术在维持了稳定性的同时, 也牺牲了相应节段的运动功能, 导致融合节段在矢状位上处于一个固定的曲度。脊柱矢状位序列在处理腰椎退行性疾病中的价值已得到学者们的认可<sup>[3]</sup>。因此, 在应用腰椎融合手术处理腰椎退行性疾病时, 恢复患者正常的腰椎曲度至关重要<sup>[4]</sup>, 而且在恢复腰椎曲度的同时, 脊柱的整体平衡亦可得到改善<sup>[5]</sup>。然而, 目前大多数的研究都仅考虑了站立位时脊柱矢状位序列, 却忽视了坐位这一生活中同样常用的负重体位<sup>[6]</sup>。已有研究证明, 坐位时的脊柱矢状位序列与站立位时的矢状位序列有显著差异<sup>[7]</sup>。但是目前尚无关于腰椎融合术后脊柱在站-坐位矢状位序列变化的相关研究。腰椎融合术后的脊柱从站位到坐位如何变化, 与正常脊柱相比又有哪些不同, 对于制定腰椎退行性疾病的手术方案有重要价值却尚未解决。本研究旨在揭示腰椎融合术后患者的脊柱从站位到坐位时的矢状位序列变化, 通过与正常人群的对比, 探讨腰椎融合对不同体位下矢状位序列变化的影响, 为临床手术策略的制定提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本文是回顾性影像学研究, 经北京大学第三医院伦理委员会批准, 对 2010 年~2012 年因腰椎管狭窄症行后路腰椎减压融合内固定手术的患者

纳入标准: (1) 远端融合椎体在腰椎或者骶骨; (2) 不伴其他脊柱疾病; (3) 术后未见螺钉断裂; (4) 无其他脊柱手术史; (5) 在末次随访时拍摄了站立位和坐位的全脊柱 X 线片; (6) 融合节段数  $\leq 3$ ; (7) 随访时间超过 5 年。

排除标准: (1) 有严重的下腰痛, ODI 评分  $> 40$ ; (2) 伴有髋关节或者膝关节挛缩; (3) 伴有椎体压缩性骨折; (4) 伴有神经肌肉疾病; (5) 伴有严重的骨质疏松。

共 58 例患者 (A 组) 纳入研究。其中男 30 例, 女 28 例, 年龄  $63.7 \pm 8.5$  岁 (43~81 岁), 随访时间  $82.3 \pm 7.2$  个月 (68~96 个月), 融合节段  $2.0 \pm 0.8$  个 (1~3 个), BMI 为  $25.6 \pm 2.9 \text{ kg/m}^2$  ( $17.8 \sim 32.2 \text{ kg/m}^2$ ), 腰椎融合节段情况: L2~4 (1 例), L2~5 (5 例), L3~4 (1 例), L3~5 (9 例), L3~S1 (12 例), L4~5 (16 例), L4~S1 (12 例), L5~S1 (2 例)。并将 A 组分为腰骶融合组 (A1 组, 26 例) 与腰骶未融合组 (A2 组, 32 例)。

对照组健康志愿者入组及排除标准为: (1) 年龄在 40 岁以上; (2) 既往没有慢性腰腿痛、下肢放射痛病史; (3) 没有脊柱疾病或者脊柱手术史; (4) 全脊柱 X 线未见冠状面畸形 (Cobb 角  $< 10^{\circ}$ ) 或者腰椎滑脱; (5) 没有髋、膝关节炎或者其他可能影响矢状位平衡的下肢疾病史; (6) 无矢状位后凸畸形; (7) 伴有神经肌肉疾病者。

对照组纳入 90 例健康中老年人 (B 组)。其中男 39 例, 女 51 例, 年龄  $53.2 \pm 5.7$  岁 (42~71 岁), BMI 为  $24.6 \pm 2.9 \text{ kg/m}^2$  ( $19.4 \sim 32.7 \text{ kg/m}^2$ )。

### 1.2 影像学测量

所有患者均有站立位-坐位全脊柱正侧位 X 线片。站立位时要求患者尽量站直, 充分伸膝、伸

髋,肘关节屈曲,将手放在同侧锁骨上。坐位时将会为患者提供一个无靠背且高度可调节的座椅,要求患者屈髋  $90^\circ$ ,屈膝  $90^\circ$ ,双脚踩地,尽量坐直,肘关节屈曲,并将手放在同侧锁骨上。对照组拍摄站位-坐位全脊柱 X 线片时的体位与患者组相同。

运用院内图片存档和通信系统 (picture archiving and communication system, PACS) 测量以下参数: (1) 骨盆入射角 (pelvic incidence, PI), 为经 S1 上终板中点作一条垂直于终板的线, 与经 S1 上终板的中心和股骨头中心作的另一条直线之间的夹角; (2) 骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT), 为过 S1 上终板的中点及两侧股骨头中心连线中点的直线, 和铅垂线之间的夹角; (3) 骶骨倾斜角 (sacral slope, SS), 为骶骨平台与水平线之间的夹角; (4) 腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL), 为 L1 椎体上终板和 S1 椎体上终板之间的夹角; (5) 胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK), 为 T4 上终板与 T12 下终板之间的夹角; (6) 脊柱矢状轴 (sagittal vertical axis, SVA), 为经 C7 椎体中心所做的铅垂线与 S1 后上缘的水平距离; (7) T1 骨盆角 (T1 pelvic angle, TPA), T1 椎体中心和股骨头中心连线与股骨头中心和骶骨上终板中点连线形成的夹角<sup>[8]</sup>, 其综合了躯干倾斜和骨盆代偿两方面的信息, 是躯干整体平衡的反映<sup>[9]</sup>。部分矢状位序列的测量方法如图 1 所示。

### 1.3 统计学分析

使用 SPSS 19.0 (SPSS 公司, 美国) 统计软件对患者资料和测量结果进行统计学分析。采用配对样本  $t$  检验比较站立位与坐位时的骨盆-矢状位序列变化, 采用独立样本  $t$  检验比较患者与正常青年人站立位, 坐位时的矢状位序列及站立到坐位时各矢状位序列变化的差异。

## 2 结果

### 2.1 患者从站位到坐位时矢状位参数变化

如表 1 所示, A 组从站立位变为坐位时, SVA 增加 ( $P<0.001$ ), TPA 增加 ( $P<0.001$ ); 与此同时, TK 减小 ( $P<0.05$ ), LL 减小 ( $P<0.001$ )。此外, 骨盆也参与了体位变化时的调节, PT 增加 ( $P<0.001$ ), SS 减小 ( $P<0.001$ )。

### 2.2 患者与正常人群站位到坐位矢状位参数变化对比

为比较腰椎融合术后患者的变化与正常人变化的差异, 现将同一研究小组前瞻性获取的正常中老年人群作为对照组 (B 组), 与患者 (A 组) 进行对比。患者人群从站位到坐位时各矢状位序列的变化趋势与对照组的基本一致, 但相比之下, SVA 增加的幅度明显偏小, 伴随着 TPA 增加的减少, 而 LL 和 TK 的减少也明显下小于对照组 (表 2)。

A1 组的患者, 其从站位变化为坐位时, PT 的增加明显小于未融合组和对照组, 即骨盆后旋幅度减小, 进而导致腰椎前凸的减少也明显小于其余两组。而腰骶未融合组 (A2 组) 患者在坐位时的骨盆后旋幅度与对照组基本相同, 但受腰椎融合节段的影响, 其腰椎前凸角和胸椎后凸角减小的数值也明显小于对照组 (表 3)。

## 3 讨论

脊柱-骨盆矢状位序列在腰椎退行性疾病诊断与治疗中的价值越来越受到重视<sup>[10-12]</sup>。骨盆入射角 PI 反映了骶骨终板与股骨头的相对位置, 是



图 1 TK、LL、SS、TPA 以及 PI 的测量方法

Figure 1 The measurements of TK, LL, SS, TPA and PI

骨盆的形态学参数。PI 在成年后保持不变<sup>[13-16]</sup>,并且与脊柱矢状位序列关系密切<sup>[17]</sup>,在重建脊柱矢状位序列时能够提供脊柱的原始信息。骨盆倾斜角 PT 反映了骨盆的后倾程度,其与患者的生活质量密切相关<sup>[18]</sup>。骶骨倾斜角 SS 在维持人体矢状位平衡中起着重要作用,骨盆通过改变 SS 来调节腰椎前凸,继而影响整个脊柱的矢状位序列<sup>[19]</sup>。SVA 和 TPA 均是反映矢状位整体平衡的参数,与腰椎退行性疾病患者的生活质量密切相关<sup>[3,20,21]</sup>,它们可作为脊柱矫形手术的参考<sup>[22,23]</sup>。腰椎前凸角 LL 是脊柱生理曲度的重要组成部分,能够提高肌肉韧带的效率和节省能量。在腰椎手术中,LL 可以通过术中减压、弯棒、截骨等方式控制,而根据患者的 PI 将 LL 恢复至合适的角度,能够显

表 1 A 组患者站立-坐位脊柱-骨盆矢状位参数对比

Table 1 Comparison of spinal-pelvic sagittal parameters between sitting and standing position in patients of group A

|                                   | 站立<br>Standing | 坐位<br>Sitting | 差异<br>Difference | P 值<br>P value |
|-----------------------------------|----------------|---------------|------------------|----------------|
| SVA(mm)                           | 19.7±33.1      | 37.9±27.4     | 18.2±34.2        | <0.001         |
| TPA(°)                            | 11.7±6.2       | 17.1±8.0      | 5.4±6.0          | <0.001         |
| LL(°)                             | 41.6±13.6      | 35.6±14.3     | 6.1±8.6          | <0.001         |
| L4-S1 前凸角(°)<br>Lordosis of L4-S1 | 31.3±8.8       | 29.7±8.4      | -1.6±6.8         | 0.079          |
| TK(°)                             | 30.5±12.0      | 28.0±12.1     | -2.5±6.5         | 0.006          |
| PI(°)                             | 47.4±9.5       | /             | /                |                |
| PT(°)                             | 15.1±6.7       | 19.4±9.5      | 4.3±7.0          | <0.001         |
| SS(°)                             | 32.3±8.7       | 28.7±9.9      | -3.6±7.5         | 0.001          |

表 2 A 组与 B 组站立到坐位矢状位参数变化的对比

Table 2 Comparison of spinal-pelvic sagittal parameters between group A and B from standing to sitting

|                                     | A 组<br>Group A         | B 组<br>Group B |
|-------------------------------------|------------------------|----------------|
| ΔSVA(mm)                            | 18.2±34.2 <sup>①</sup> | 43.4±26.7      |
| ΔTPA(°)                             | 5.4±6.0 <sup>①</sup>   | 9.1±7.9        |
| ΔLL(°)                              | -6.1±8.6 <sup>①</sup>  | -13.4±10.2     |
| ΔL4-S1 前凸角(°)<br>ΔLordosis of L4-S1 | -1.6±6.7 <sup>①</sup>  | -9.3±6.8       |
| ΔTK(°)                              | -2.5±6.5 <sup>①</sup>  | -4.8±5.2       |
| PI(°)                               | 47.4±9.5               | 48.5±9.7       |
| ΔPT(°)                              | 4.3±7.1                | 6.1±8.9        |
| ΔSS(°)                              | -3.6±7.5               | -6.2±9.0       |

注:ΔSVA=坐位 SVA-站立 SVA,余参数以此类推;①与 B 组相比  $P<0.05$

Note: ΔSVA=SVA in sitting minus SVA in standing, and the same for other parameters; ①Compared with group B,  $P<0.05$

著地改善患者术后的生活质量,减低相邻节段退变的发生率<sup>[24,25]</sup>。

但是目前大多数研究所关注的都是站立位时候的矢状位序列,而坐位同样是日常生活中常见的负重体位,而且通常是功能体位<sup>[26]</sup>。Vaughn 等<sup>[27]</sup>报道脊柱侧凸儿童在从站立到坐位时 TK 减低 5°,LL 减低 29°,骨盆旋前 20°,SVA 前移 44mm。Hey 等<sup>[28]</sup>通过对 58 例没有脊柱疾病的年轻人分别拍摄站-坐位 X 线片后发现,从坐位到站立时 SVA 平均前移 63.9mm;从站立到坐位时 TK 减小 8.6°,LL 减小 24.6°,意味着胸椎及腰椎的整体曲度变直,骨盆参数 PT 增加 13.8°,SS 相应减小。这与 Endo 等<sup>[29]</sup>对于 50 例健康人站和坐位的影像学资料进行分析后得到的结果一致。

综合目前关于坐位矢状位序列的研究可知,站立和坐位时候的矢状位序列有显著性差异<sup>[7,28]</sup>。当人体从站立变化为坐位时,骨盆向后旋转,体现为 SS 减小,PT 增加,而骨盆作为脊柱的基座,在它后倾时脊柱 LL、TK 也随之减小,即整个脊柱变直,进而导致躯干的矢状轴整体向前移,体现为 SVA 的增加,TPA 的增加则是骨盆倾斜和躯干倾斜共同影响之下的结果。我们的研究显示腰椎融合术后的患者 PT、SS、LL、TK、SVA、TPA 的变化趋势与正常人群相似,但是其变化幅度明显小于对照组。LL 是在站立到坐位改变非常明显的角度,对照组的 LL 在坐位时可减少 26%,对于腰椎融合术后的患者,其 LL 的减小幅度仅为 15%。而在腰骶融合的患者中,在坐位时其 PT 的增加仅为

表 3 A1 组、A2 组与 B 组站立到坐位矢状位参数对比

Table 3 Comparison of spinal-pelvic sagittal parameters between Group A1, A2 and B from standing to sitting

|          | A1 组<br>Group A1       | A2 组<br>Group A2       | B 组<br>Group B |
|----------|------------------------|------------------------|----------------|
| ΔSVA(mm) | 14.1±32.2 <sup>①</sup> | 21.5±35.9 <sup>①</sup> | 43.4±26.7      |
| ΔTPA(°)  | 3.1±6.6 <sup>①</sup>   | 7.2±5.0                | -9.1±7.9       |
| ΔLL(°)   | -4.0±10.0 <sup>①</sup> | -7.8±7.1 <sup>①</sup>  | -13.4±10.2     |
| ΔTK(°)   | -3.5±6.3               | -1.6±6.6 <sup>①</sup>  | -4.8±5.2       |
| ΔPT(°)   | 2.1±7.1 <sup>①②</sup>  | 6.0±6.6                | 6.1±8.9        |
| ΔSS(°)   | -1.4±7.9 <sup>①②</sup> | -5.3±6.8               | -6.2±9.0       |
| PI(°)    | 46.0±9.4               | 48.6±9.6               | 48.5±9.7       |

注:ΔSVA=坐位 SVA-站立 SVA,余参数以此类推;①与 B 组相比  $P<0.05$ ;②与 A2 组相比  $P<0.05$

Note: ΔSVA=SVA in sitting minus SVA in standing, and the same for other parameters; ①Compared with group B,  $P<0.05$ ; ②Compared with group A2,  $P<0.05$



14%, 明显小于对照组 PT 的增加(43%)。这可能是因为, 腰骶融合后患者的骨盆和腰椎形成了一个整体, 从站位到坐位时骨盆将带动融合腰椎同时后旋, 如果骨盆仍保持正常的后旋幅度, 则将使身体的重心过度后移, 以致失平衡, 故为了保持坐位时的整体平衡, 骨盆后旋幅度减小, 进而影响了 LL、TK、SVA、TPA 的变化。

Lazennec 等<sup>[30]</sup>曾探讨腰骶融合术后疼痛与矢状位序列的关系, 他们发现术后在站位时有疼痛的患者, 其 PT 较大, 而在坐位有疼痛的患者, 其 PT 较小。本研究所得出的结论则可以解释这个现象, 既往研究提示, 人体在站立位时需要维持一定程度的骨盆前倾来保持平衡(即较小的 PT), 而在坐位时, 则骨盆需要后旋来适应此体位下的平衡(即增加 PT)。但由于腰骶融合限制了骨盆的后旋, 所以 PT 较大的患者适应于坐位时的应力分布, 而不适应于站立位时的, 所以患者在站立时会感觉疼痛; 而 PT 较小的患者, 能适应站立位却不能适应坐位, 所以他们在坐位时会感觉疼痛。这提示脊柱外科医师在实施腰骶融合术时, 需要考虑到患者在不同体位下的矢状位序列特点, 尤其是对于 PT 在不同体位下变化明显的患者, 将骨盆固定在一个相对折中的位置可能会改善患者融合术后的疼痛, 但这个猜测有待于以后的前瞻性研究证实。

另一方面, 本研究发现坐位时融合术后的脊柱仍会如正常人群一样调节自身的矢状位序列以适应这种体位及应力的改变。所以, 如果仅根据患者站立位的矢状位序列来设计手术方案, 虽能使患者术后在站立位时保持着相对适合的腰椎曲度, 但当从站位变化为坐位时, 由于融合节段调节能力的丧失, 相邻节段需要发生更大的曲度变化, 来代偿性适应坐位下的应力分布, 这种过度代偿将导致相邻节段和内固定物承受更大的应力, 可能与相邻节段退变、近端交界性后凸、螺钉松动等术后并发症相关。这也是将来研究这些术后并发症需要考虑的一个重要因素。

本研究也存在一些局限性, 本研究为回顾性研究, 可能存在选择偏移, 而且仅将患者术后的站-坐位矢状位序列纳入考虑, 缺少与术前情况的对比。但由于患者术前腰痛明显, 可影响坐位时的体位, 故术前的站-坐位结果也不能反映其正常情况下的变化。所以, 本研究以正常中老年人群

作为对照组, 与患者人群作为对比, 亦能反映腰椎融合术对于脊柱在坐位下矢状位平衡调节的影响。

本研究揭示了在腰椎融合术后脊柱从站立位到坐位时的矢状位序列变化, 即脊柱整体的矢状轴前移, 腰椎及胸椎的角度减小, 脊柱相对变直, 骨盆后倾, 而这种变化趋势与正常对照组的基本一致。此外, 我们通过比较患者及正常人群在体位变化时矢状位序列的改变, 发现腰椎融合术后脊柱的各矢状位序列的变化幅度明显小于正常人群, 尤其是腰骶融合, 会显著限制坐位时骨盆的后旋, 而由于脊柱是一个整体, 局部椎体活动的受限亦会影响远端椎体在坐位时的曲度变化。这些结论将为之后更进一步探讨不同体位下脊柱矢状位序列对于患者术后症状以及相关并发症的研究提供参考。

#### 4 参考文献

1. Bae HW, Rajae SS, Kanim LE. Nationwide trends in the surgical management of lumbar spinal stenosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2013, 38(11): 916-926.
2. 腰椎管狭窄症手术治疗规范中国专家共识组. 腰椎管狭窄症手术治疗规范中国专家共识 (2014 年)[J]. 中华医学杂志, 2014, 94(35): 2724-2725.
3. Radovanovic I, Urquhart JC, Ganapathy V, et al. Influence of postoperative sagittal balance and spinopelvic parameters on the outcome of patients surgically treated for degenerative lumbar spondylolisthesis[J]. J Neurosurg Spine, 2017, 26(4): 448-453.
4. Sun XY, Zhang XN, Hai Y. Optimum pelvic incidence minus lumbar lordosis value after operation for patients with adult degenerative scoliosis[J]. Spine J, 2017, 17(7): 983-989.
5. Liu H, Li S, Wang J, et al. An analysis of spinopelvic sagittal alignment after lumbar lordosis reconstruction for degenerative spinal diseases: how much balance can be obtained?[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2014, 39(26): B52-59.
6. Matthews CE, Chen KY, Freedson PS, et al. Amount of time spent in sedentary behaviors in the united states, 2003-2004 [J]. Am J Epidemiol, 2008, 167(7): 875-881.
7. 孙卓然, 姜帅, 邹达, 等. 国人青年人群坐-立位脊柱-骨盆矢状位序列变化研究 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2018, 28(4): 325-329.
8. Protopsaltis T, Schwab F, Bronsard N, et al. The T1 pelvic angle, a novel radiographic measure of global sagittal deformity, accounts for both spinal inclination and pelvic tilt and correlates with health-related quality of life [J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(19): 1631-1640.
9. Banno T, Hasegawa T, Yamato Y, et al. T1 pelvic angle is a

- useful parameter for postoperative evaluation in adult spinal deformity patients[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41(21): 1641-1648.
10. Barrey C, Jund J, Nosedá O, et al. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(9): 1459-1467.
  11. Jackson RP, Mcmanus AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size[J]. *Spine*, 1994, 19(14): 1611-1618.
  12. Smith A, O'sullivan P, Straker L. Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33(19): 2101-2017.
  13. Le Huec JC, Aunoble S, Philippe L, et al. Pelvic parameters: origin and significance[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 564-571.
  14. Lee CS, Chung SS, Kang KC, et al. Normal patterns of sagittal alignment of the spine in young adults radiological analysis in a korean population [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2011, 36(25): E1648-1654.
  15. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Age- and sex-related variations in sagittal sacropelvic morphology and balance in asymptomatic adults[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 572-577.
  16. Schwab F, Lafage V, Boyce R, et al. Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position[J]. *Spine*, 2006, 31(25): E959-E967.
  17. 孙卓然, 李危石, 陈仲强, 等. 正常国人脊柱-骨盆矢状位序列拟合关系研究 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2015, 25(1): 1-5.
  18. 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 (Phila Pa 1976)*, 2013, 38(13): E803-812.
  19. 李淳德, 孙浩林, 刘宪义, 等. 骨盆参数在老年脊柱矢状位平衡性判定中的意义[J]. *中国骨与关节杂志*, 2013, 2(2): 61-64.
  20. 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.
  21. Lee BH, Yang JH, Kim HS, et al. Effect of sagittal balance on risk of falling after lateral lumbar interbody fusion surgery combined with posterior surgery [J]. *Yonsei Med J*, 2017, 58(6): 1177-1185.
  22. Ames CP, Smith JS, Scheer JK, et al. Impact of spinopelvic alignment on decision making in deformity surgery in adults [J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 16(6): 547-564.
  23. 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.
  24. Kim SB, Jeon TS, Heo YM, et al. Radiographic results of single level transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative lumbar spine disease: focusing on changes of segmental lordosis in fusion segment[J]. *Clin Orthop Surg*, 2009, 1(4): 207-213.
  25. 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.
  26. Merchant G, Buelna C, Castaneda SF, et al. Accelerometer-measured sedentary time among hispanic adults: results from the hispanic community health study/study of latinos (Hchs/Sol)[J]. *Prev Med Rep*, 2015, 2: 845-853.
  27. Vaughn JJ, Schwend RM. Sitting sagittal balance is different from standing balance in children with scoliosis[J]. *J Pediatr Orthop*, 2014, 34(2): 202-207.
  28. Hey HWD, Teo AQA, Tan KA, et al. How the spine differs in standing and in sitting-important considerations for correction of spinal deformity[J]. *Spine J*, 2017, 17(6): 799-806.
  29. Endo K, Suzuki H, Nishimura H, et al. Sagittal lumbar and pelvic alignment in the standing and sitting positions [J]. *J Orthop Sci*, 2012, 17(6): 682-686.
  30. Lazennec JY, Folinais D, Bendaya S, et al. The global alignment in patients with lumbar spinal stenosis: our experience using the eos full-body images[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2016, 26(7): 713-724.

(收稿日期:2019-08-16 末次修回日期:2020-01-05)

(英文编审 庄乾宇/谭 啸)

(本文编辑 姜雅浩)