

腰椎短节段融合术后坐-立位相邻节段序列变化研究

孙卓然,周思宇,郭 扬,李危石

(北京大学第三医院骨科 100191 北京市)

【摘要】目的:观察腰椎短节段融合术后不同功能体位脊柱-骨盆矢状位序列的变化,探讨坐位下相邻未融合节段矢状位序列的调节机制。**方法:**2010年9月~2012年2月行腰椎短节段融合术的63例患者纳入研究,其中男30例,女33例,末次随访时年龄为 61.6 ± 11.0 岁(31.0~81.0岁),随访时间为 82.0 ± 7.3 个月(68.0~94.0个月)。共39例患者融合至S1,其中3例为L5~S1固定融合,20例为L4~S1固定融合,15例为L3~S1固定融合,1例为L2~S1固定融合;24例未融合至S1,其中13例为L3~L5固定融合,5例为L4~L5固定融合,6例为L2~L5固定融合。均行术前站立位、末次随访站立位-端坐位-自然坐位全脊柱正侧位X线片检查,通过院内PACS系统,测量术前、末次随访时的脊柱-骨盆矢状位参数,包括骨盆入射角(PI)、骨盆倾斜角(PT)、骶骨倾斜角(SS)、腰椎前凸角(LL)、固定节段前凸角(FSL)、胸椎后凸角(TK)、上相邻前凸角(URL)、下相邻前凸角(LRL)及T1骨盆角(TPA)。采用单因素方差分析,对比不同体位脊柱-骨盆矢状位参数变化;运用Pearson相关分析,分析站立位、自然坐位情况下URL、LRL与其他矢状位参数的相关性,检验水准 $\alpha=0.05$ 。**结果:**当体位由站立位向坐位转变后,矢状位参数会出现显著的变化。对于未融合至S1的患者,从站立位变为端坐位后,LL显著减小、TPA显著增大($P<0.05$);由端坐位变为自然坐位后,LL进一步显著减小、TPA进一步显著增大($P<0.05$),SS、URL、LRL显著减小($P<0.05$),PT显著增加($P<0.05$)。对于融合至S1的患者,从站立位变为端坐位后,LL、URL显著减小($P<0.05$),TPA显著增大($P<0.05$);由端坐位变为自然坐位后,LL、URL进一步显著减小($P<0.05$),TPA进一步显著增大($P<0.05$),SS显著减小、PT显著增加($P<0.05$)。在站立位时,URL与PI、SS、FSL、LL有显著相关性($P<0.05$)。自然坐位后,URL与FSL无显著相关性($P=0.388$),URL与PI、SS、TK、LL有显著相关性($P<0.05$),LRL与PT、SS、LL有显著相关性($P<0.05$)。**结论:**腰椎短节段融合术后患者坐位时矢状位序列会发生显著改变,表现为骨盆后倾旋转,腰椎前凸变得平直,尤其是上、下相邻节段。自然坐位时,URL主要依靠骨盆与胸椎后凸角度的调节。自然坐位下URL、LRL显著减小的特点,可能是腰椎融合术后远期交界区并发症的病因之一。

【关键词】腰椎融合术;站立位;自然坐位;矢状位序列

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.02.01

中图分类号:R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2020)-02-0097-06

Analysis of unfused adjacent segment lordosis in standing and sitting positions for patients with short-segments lumbar fusion/SUN Zhuoran, ZHOU Siyu, GUO Yang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(2): 97-102

【Abstract】 Objectives: This study aimed to investigate the differences in spinopelvic sagittal alignment of patients with posterior lumbar fusion among different functional postures. The variation of spinopelvic sagittal alignment, especially the unfused adjacent segments lordosis in sitting position will be fully studied. **Methods:** This was a radiological analysis using full-spine standing, erect and natural sitting lateral radiographs of patients with posterior lumbar fusion before surgery and in final follow-up. A total of 63 patients who received lumbar fusions with short segments between September 2010 and February 2012(30 males, 33 females; mean age 61.6 ± 11.0 years; mean follow-up duration time 82.0 ± 7.3 months) were enrolled. 39 patients had lumbosacral fusion, including 3 patients with L5-S1 fusion, 20 patients with L4-S1 fusion, 15 patients with

第一作者简介:男(1986-),主治医师,研究方向:脊柱外科

电话:(010)82267368 E-mail:puh3_szr@outlook.com

通讯作者:李危石 E-mail:wslee72@163.com

L3-S1 fusion, and 1 patient with L2-S1 fusion. 24 patients had lumbar floating fusion, including 13 patients with L3-L5 fusion, 5 patients with L4-L5 fusion, and 6 patients with L2-L5 fusion. Pelvic and spinal parameters were measured, including pelvic incidence(PI), pelvic tilt(PT), sacral slope(SS), lumbar lordosis(LL), fusion segment lordosis(FSL), upper residual lordosis(URL), lower residual lordosis(LRL), thoracic kyphosis(TK) and T1-pelvic angle(TPA). Using one-way ANOVA, the parameters were compared between standing and erect sitting posture, erect and natural sitting posture. The changes of sagittal alignment in different postures were discussed. Using Pearson's correlation test, relationships between residual lordosis and other parameters were discussed according to different positions. **Results:** When moving from standing to sitting position, sagittal parameters were changed significantly. For patients with lumbar floating fusions, when changing from standing to erect sitting, increased TPA and decreased LL were observed ($P<0.05$). When changing to natural sitting, increasing TPA and decreasing LL were further observed ($P<0.05$), SS, URL and LRL were significantly decreased ($P<0.05$), and PT was significantly increased ($P<0.05$). For patients with lumbosacral fusions, when changing from standing to erect sitting, increased TPA, decreased LL and URL were observed ($P<0.05$). When changing to natural sitting, increasing TPA and decreasing LL and URL were further observed ($P<0.05$), SS was significantly decreased ($P<0.05$), and PT was significantly increased ($P<0.05$). In standing position, the correlations between URL-PI and URL-FSL existed ($P<0.05$). But in natural sitting position, the correlation in URL-FSL was lost ($P=0.388$), URL had close relationship with TK ($P<0.05$). Correlations between LRL-SS, LRL-PT and LRL-LL existed ($P<0.05$). **Conclusions:** In a natural sitting posture, the total spine becomes kyphotic comprising the thoracic, the unfused lumbar and fused lumbar spine. The unfused lumbar segments are more straightened in sitting position. In natural sitting position, the URL depends more on the adjustment of TK. The characteristics of unfused segments lordosis in natural sitting position may provide information for one of the possible causes of proximal and distal junctional failure or adjacent segment degeneration.

【Key words】 Lumbar fusion; Standing; Natural sitting; Sagittal alignment

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

腰椎融合术后矢状位序列对患者术后的预后、生活质量具有重要影响。既往针对腰椎融合术后矢状位序列的研究都以站立位为主^[1,2]。在生活中,坐位同样是十分重要的功能体位,甚至坐位的时间远超过站立位。本课题组曾对 145 名正常国人青年志愿者进行了坐位-站立位脊柱-骨盆矢状位序列变化的研究^[3],发现正常青年人群从站立位变为坐位时,骨盆会出现明显的后倾旋转,并伴随腰椎前凸曲度显著减小,腰椎变得平直。而腰椎融合术后患者坐位下脊柱-骨盆矢状位序列变化特点目前尚不清楚,融合节段的相邻节段序列如何变化值得深入研究。为此,本研究对腰椎融合术后患者进行坐位-站立位脊柱-骨盆矢状位序列的影像学研究,旨在观察坐位脊柱-骨盆矢状位序列及矢状位平衡变化的特点,探讨坐位下相邻未融合节段矢状位序列调节机制。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究经医院伦理委员会批准。选取 2010 年

9 月~2012 年 2 月于我院行后路腰椎减压固定融合术的患者纳入研究。入组标准:(1)术前诊断为腰椎管狭窄症;(2)短节段融合手术,即融合远端椎体位于下腰椎(L4、L5)或骶骨,且最长融合节段不超过 4 个。排除标准:(1)有内固定断裂、松动或假关节形成;(2)有明显矢状面、冠状面畸形;(3)有明显术后腰背痛(会影响研究体位);(4)有明显膝、髋关节骨关节炎以致膝、髋关节明显活动受限、畸形;(5)有明显椎体压缩骨折病史。共 63 例患者纳入研究,其中男 30 例,女 33 例。末次随访时年龄为 61.6 ± 11.0 岁(31.0~81.0 岁),随访时间为 82.0 ± 7.3 个月(68.0~94.0 个月)。39 例患者固定融合至 S1,其中 3 例为 L5~S1 固定融合,20 例为 L4~S1 固定融合,15 例为 L3~S1 固定融合,1 例为 L2~S1 融合;24 例未固定融合至 S1,13 例为 L3~L5 固定融合,5 例为 L4~L5 固定融合,6 例为 L2~L5 固定融合。

1.2 测量指标

所有患者术前行站立位、末次随访时行站立位-端坐位-自然坐位全脊柱(包含双侧髋关节)

正侧位 X 线片检查。投照源固定,连续曝光后自动拼接成像。站立位依据 Horton 等^[4]研究,取直立位,充分伸展膝关节和髋关节,肘关节完全屈曲,双拳置于同侧锁骨上。提供给患者一个高度可调节、无椅背依靠的凳子,调节合适的高度,以使患者达到标准坐姿:端坐位要求维持躯干直立,同时保持髋关节、膝关节屈曲 90°、双小腿自然垂直于地面,肘关节完全屈曲,双拳置于同侧锁骨上;自然坐位要求患者躯干放松、舒适地坐在座椅上,躯干模拟生活中的自然坐姿,同时保持髋关节、膝关节屈曲 90°、双小腿自然垂直于地面,肘关节完全屈曲,双拳置于同侧锁骨上。

通过院内 PACS 系统 (Centricity® RIS/PACS, GE healthcare),测量患者术前、末次随访时的脊柱-骨盆矢状位参数。由两名研究者分别独立测量,取平均值作为最终结果记录。(1)骨盆矢状位形态及序列参数:①骨盆入射角 (pelvic incidence, PI),经 S1 上终板中点作一条垂直于终板的直线,再经 S1 上终板的中心和股骨头中心点作一条直线,两条直线间的夹角,PI 为骨盆矢状位形态参数;②骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT),经过 S1 上终板中点以及两侧股骨头中心连线中点的直线与铅垂线间的夹角;③骶骨倾斜角 (sacral slope, SS),S1 终板与水平线间的夹角。PT、SS 为骨盆矢状位位置参数。(2)依据脊柱节段的解剖定义,描述脊柱矢状位参数:①腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL),L1 上终板与 S1 上终板间夹角;②胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK),T4 上终板与 T12 下终板间夹角;③固定节段前凸角度 (fusion segments lordosis, FSL),固定节段头端椎体上终板与尾端椎体下终板间夹角(固定至 S1 时,为 S1 终板间夹角);④上相邻前凸角 (upper residual lordosis, URL),L1 上终板与固定节段头端椎体上终板间夹角;⑤下相邻前凸角 (lower residual lordosis, LRL),固定节段尾端椎体下终板与 S1 终板间夹角;⑥T1 骨盆角 (T1 pelvic angle, TPA),T1 椎体中点与双侧股骨头中心的连线,与 S1 上终板中点与股骨头中心连线间的夹角(图 1)。TPA 为代表躯干整体平衡的矢状位参数,能够同时代表躯干前倾的程度和骨盆矢状位曲度^[5]。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 17.0 (SPSS 公司,美国)统计软件包对测量结果进行统计学分析,对患者年龄、性

别、不同体位下各参数进行描述性分析;将站立位-端坐位-自然坐位各参数进行单因素方差分析(S-N-K 检验);应用 Pearson 相关性分析,分析站立位、自然坐位下 URL、LRL 与其他矢状位参数间的相关性,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

63 例患者术前站立位 PT 为 $13.0^{\circ}\pm 9.2^{\circ}$,SS 为 $32.1^{\circ}\pm 7.9^{\circ}$,LL 为 $41.8^{\circ}\pm 11.8^{\circ}$,末次随访时 FSL 为 $26.0^{\circ}\pm 9.8^{\circ}$ 。患者末次随访时站立位-端坐位-自然坐位各参数测量结果见表 1。术前、末次随访时站立位 PT、SS、LL 间无显著性差异 ($P>0.05$)。对于未融合至 S1 的患者,从站立位变为端坐位后,LL 显著减小,TPA 显著增大 ($P<0.05$),SS 减小 ($P=0.139$)、URL 减小 ($P=0.052$)、LRL 减小 ($P=0.155$)、PT 增大 ($P=0.073$) 的趋势尚未达到统计学差异;由端坐位变为自然坐位后,LL 进一步显著减小 ($P<0.05$),TPA 进一步显著增大 ($P<0.05$),SS、URL、LRL 显著减小 ($P<0.05$),PT 显著增加 ($P<0.05$)。对于融合至 S1 的患者,从站立位变为端坐位后,LL、URL 显著减小 ($P<0.05$),TPA 显著增大 ($P<0.05$),SS 减小 ($P=0.128$)、PT 增大 ($P=0.058$) 尚未达到统计学差异;由端坐位变为自然坐位后,LL、URL 进一步显著减小 ($P<0.05$),TPA 进一步显著增大 ($P<0.05$),SS 显著减小、PT 显著增加 ($P<0.05$)。尽管 TK 在不同体位下的变化尚未达到统计学差异,但自然坐位下 TK 有增大的趋势。PI 在不同体位变化下没有出现显著的变化 ($P>0.05$)。

Pearson 相关性分析结果见表 2。在站立位时,URL 与 PI、SS、FSL、LL 有显著相关性 ($P<$



图 1 T1 骨盆角测量方法

Figure 1 Schematic diagram of T1-pelvic tilt

表 1 末次随访时站立位-端坐位-自然坐位脊柱-骨盆矢状位参数比较

Table 1 Comparison of spinal-pelvic sagittal parameters in sitting versus standing position

参数 Parameters	未融合至 S1 组 Floating fusion group			融合至 S1 组 Lumbosacral group		
	站立位 Standing	端坐位 Erect sitting	自然坐位 Natural sitting	站立位 Standing	端坐位 Erect sitting	自然坐位 Natural sitting
PI(°)	49.4±9.0	50.4±9.3	49.5±8.7	47.3±9.1	48.3±10.0	49.4±10.7
PT(°)	15.8±6.5	20.4±8.8	25.6±10.5 ^②	16.0±6.0	19.9±10.1	26.2±10.0 ^②
SS(°)	33.6±9.0	30.0±7.8	23.9±8.1 ^②	31.1±6.7	28.2±9.0	23.0±9.0 ^②
LL(°)	45.9±10.4	38.5±10.8 ^①	31.5±11.9 ^②	41.8±10.9	35.1±13.2 ^①	29.0±13.1 ^②
TK(°)	32.7±10.8	31.1±12.7	35.2±11.5	30.2±10.6	28.4±11.6	33.2±11.1
URL(°)	8.8±6.9	4.6±6.7	1.0±8.0 ^②	13.3±10.7	4.6±10.6 ^①	-0.5±9.1 ^②
LRL(°)	14.1±5.8	11.7±6.4	8.0±5.4 ^②	—	—	—
TPA(°)	11.4±7.2	18.0±7.8 ^①	24.6±9.4 ^②	12.4±4.9	17.6±8.9 ^①	25.1±8.9 ^②

注:①与站立位比较 $P<0.05$;②与端坐位比较 $P<0.05$

Note: ①Comparison between erect sitting and standing positions, $P<0.05$; ②Comparison between erect sitting and natural sitting positions, $P<0.05$

0.05), LRL 与 PT 存在显著相关性 ($P<0.05$)。由站立位变为自然坐位后, URL 与 PI、SS、TK、LL 有显著相关性 ($P<0.05$), 与 FSL 的相关性消失 ($P=0.388$); 自然坐位下, LRL 与 PT、SS、LL 有显著相关性 ($P<0.05$)。

3 讨论

坐位下脊柱-骨盆矢状位序列会出现显著的变化,这在以往的一些研究中得到了证实^[6-9]。本课题组曾对 145 例正常青年人群进行了站立位-端坐位矢状位序列变化研究,发现改变为坐位后,骨盆会出现明显后倾旋转,腰椎前凸、胸椎后凸曲度变得平直,矢状位平衡轴显著向前移动,TPA 角度明显增大^[3]。但既往文献^[1-2]对腰椎融合术后患者的矢状位序列研究都以站立位为主,鲜有对坐位下矢状位序列研究,特别是自然坐位下。由于坐位同样是日常生活中最常见的生理负重体位,所以研究腰椎融合术后患者脊柱-骨盆矢状位序列的变化特点十分必要。本研究中,通过对站立位-端坐位-自然坐位这三种日常生活中常见的负重体位分析,我们发现对于腰椎融合术后患者,改变体位后,骨盆与脊柱的矢状位序列同样会发生显著的变化,特别是腰椎的未融合节段前凸曲度。当由站立位转变为端坐位后,骨盆会出现后倾旋转,腰椎前凸与胸椎后凸变得平直,上、下相邻未融合节段前凸角度有减小的趋势;当在自然坐位下,PT 进一步增大,骨盆进一步后倾旋转,胸椎后凸增大,腰椎前凸进一步减小,上、下相邻未

表 2 站立位-自然坐位相邻未融合节段曲度与脊柱-骨盆矢状位参数的相关性分析

Table 2 Correlations of adjacent unfused segments with other spino-pelvic parameters in standing and natural sitting position

参数 Parameters	站立位 Standing		自然坐位 Natural sitting	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
URL-PI	0.369	0.001	0.298	0.018
URL-PT	0.122	0.341	-0.017	0.895
URL-SS	0.339	0.007	0.340	0.006
URL-FSL	-0.283	0.025	-0.111	0.388
URL-TK	0.168	0.187	0.390	0.002
URL-LL	0.511	<0.001	0.638	<0.001
LRL-PI	-0.156	0.467	-0.011	0.960
LRL-PT	-0.517	0.010	-0.426	0.038
LRL-SS	0.219	0.304	0.540	0.006
LRL-FSL	-0.062	0.775	-0.117	0.587
LRL-TK	0.112	0.602	0.243	0.253
LRL-LL	0.421	0.041	0.440	0.031

融合节段前凸角度进一步显著减小,整个胸椎、上相邻未融合腰椎前凸、融合节段前凸、下相邻未融合腰椎前凸共同形成近乎“C”形(图 2)。这与 Hey 等^[10]的研究类似,其通过对正常人群在三种负重体位(站位、端坐位、自然坐位)中的对比研究发现,直立坐位时 LL 减少近 50%,自然坐位时 LL 会进一步减少近 80%,胸腰椎的曲度近乎共同成为“C”形。说明,即使是对于腰椎融合术后的患者来说,自然坐位下也会出现显著的脊柱-骨盆矢

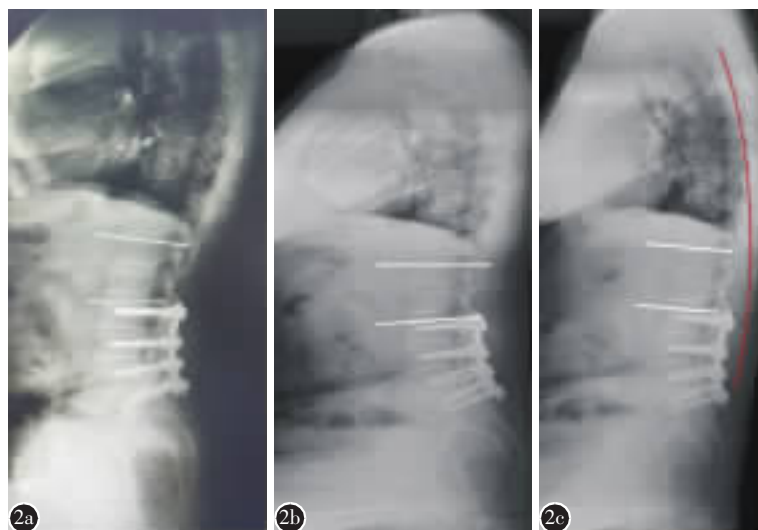


图 2 57 岁男性, L3~S1 固定融合术后 77 个月随访, 站立位-端坐位-自然坐位全脊柱 X 线片 a 站立位, 上相邻未融合节段前凸角 (URL) 13° b 端坐位, URL 9.8° c 自然坐位, URL 3.8°。自然坐位下, 胸椎、未融合腰椎节段、固定节段共同组成 C 形(红线)

Figure 2 Male with 57 years old, 77 months follow-up after L3-S1 fusion a URL was 13° in standing b URL was 9.8° in erect sitting c URL was 3.8° in natural sitting; In a natural sitting posture, the thoracic, the unfused and fused lumbar spine (red line) lined up to form a C-shaped curvature

状位序列变化,特别是对于融合节段上、下相邻节段的曲度会出现显著性减小。对于融合至 S1 的患者,只存在上相邻节段曲度,失去了下相邻节段的共同代偿作用,使得体位变化后,相邻节段曲度的变化全部集中在上相邻节段,从而在不同体位下,上相邻节段都会出现显著的变化。

当由站立位变为坐位时,屈膝、屈髋后,骨盆最先出现向后旋转,表现为 SS 减小,PT 增加,伴随骨盆的旋转,LL 出现代偿性减小,进一步由于 LL 的减少和骨盆向后旋转,最终导致躯干的矢状位轴向前移动。TPA 增大是矢状位轴向前移动和骨盆向后旋转共同结果的体现^[3]。在脊柱-骨盆铰链式结构中,相邻前凸、后凸节段相互间存在着密切关系。站立位时,URL 与 PI、SS、FSL 密切相关,URL 更多受固定节段前凸角度与骨盆调节。本研究中,LRL 基本为 L5/S1 椎间隙角度,在站立位下依然受骨盆的影响,体现出与 PT 的显著相关性。当变为自然坐位后,URL 与 PI、SS 的相关性依然维持,特别是 TK 与 URL 出现了显著相关性,LRL 与 PT 的相关性依然维持,LRL 与 SS 间的相关性也得到建立。说明在自然坐位下,URL 会进一步受骨盆后倾旋转与 TK 后凸增大共同影响,特别在脊柱曲度整体近乎“C”形的情况下,TK 的变化显得尤为重要。TK 增加不但会影响矢状位平衡轴显著向前移动,还会影响上相邻节段前凸角度进一步减小,共同组成“C”形的一部分。而 LRL 在坐位的情况下会进一步受骨盆旋转的调节,骨盆旋转活动的的能力决定了坐位下 LRL 变化的范围。

目前,大多脊柱矫形手术的金标准是恢复患者站立位时自然状态下的矢状位曲度。尽管站立

位是过往描述最多的生理负重体位,同样不可否认的是,大量的人群在日常生活中以坐位为最常用的功能体位。Matthews 等^[11]发现成年人群平均花费 7.7h 在坐位体位。很多研究也同样发现成年人超过一半以上的日常清醒时间要花费在坐位上,并作为主要的功能体位^[12,13]。所以,探讨腰椎融合术后患者坐位下脊柱-骨盆矢状位序列特点是必要的,对于理解融合术后远期并发症十分有帮助。在过往 20 余年的时间内,腰椎融合术后相邻节段退变始终被学者关注,尽管融合术后相邻节段退变病因众多,但矢状位序列是不可忽视因素^[14,15]。Rothenfluh 等^[16]对 45 例腰椎融合术后患者进行回顾性分析,发现相邻节段病变患者整体腰椎前凸曲度显著小于非相邻节段病变组。Djurasovic 等^[17]对 51 例腰椎融合术后相邻节段退变(ASD)的患者进行分析,发现 ASD 组患者整体腰椎前凸曲度显著小于非 ASD 组。Akamaru 等^[18]通过尸体研究发现,当融合节段曲度和腰椎前凸减小时,头侧相邻节段在屈-伸活动时活动范围显著增加,导致节段不稳定。本研究发现,相比于站立位,端坐位时,整体腰椎前凸曲度和上、下相邻节段曲度会明显减少,自然坐位后,腰椎前凸曲度和相邻节段曲度会进一步减小,在日常生活中的生理负重坐位就会自然地制造出显著减小的腰椎前凸和相邻节段前凸,在上相邻节段形成前凸角度为 0 甚至是轻度后凸的状态,这也许是融合术后远期相邻节段退变的重要因素。

总之,腰椎短节段融合术后患者坐位时脊柱-骨盆矢状位序列会发生显著改变,表现为骨盆后倾旋转,腰椎前凸变得平直,尤其是上、下末

融合节段。自然坐位时,URL 更多依靠骨盆与胸椎后凸角度的调节。自然坐位下 URL、LRL 显著减小,可能是腰椎融合术后远期交界区并发症的病因之一。但本研究尚有一定局限性。本研究中只纳入了短节段的腰椎融合术患者,长节段固定融合患者坐位下的矢状位序列特点目前尚不清楚,尤其是自然坐位姿势下,近端和远端交界区的曲度如何变化,能否为交界区并发症的病因提供新的理论依据,值得在未来深入研究。

4 参考文献

- 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(Phila Pa 1976)*, 2006, 31(20): 2343-2352.
- 海勇, 赵会, 邵楠, 等. 腰椎融合术后下腰痛与腰椎矢状位序列的关系[J]. *中华医学杂志*, 2013, 93(15): 1129-1132.
- 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.
- Horton WC, Brown CW, Bridwell KH, et al. Is there an optional patient stance for obtaining a lateral 36" radiograph? a critical comparison of three techniques [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(4): 427-433.
- Protopsaltis TS, Schwab FJ, Bronsard N, et al. The T1 pelvic angle (TPA), a novel radiographic measure of global sagittal deformity, accounts for both pelvic retroversion and truncal inclination and correlates strongly with HRQOL [C]. *Scoliosis Research Society(SRS) Annual Meeting*, 2013, Lyon, France.
- 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.
- Suzuki H, Endo K, Mizuochi J, et al. Sagittal lumbo-pelvic alignment in the sitting position of elderly persons [J]. *J Orthop Sci*, 2016, 21(6): 713-717.
- 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.
- 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.
- Hey HWD, Wong CG, Lau ET, et al. Differences in erect sitting and natural sitting spinal alignment—insights into a new paradigm and implications in deformity correction [J]. *Spine J*, 2017, 17(2): 183-189.
- 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.
- Merchant G, Buelna C, Castañeda 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.
- Pate RR, Stevens J, Pratt C, et al. Objectively measured physical activity in sixth-grade girls[J]. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 2006, 160(12): 1262-1268.
- Saavedra-Pozo FM, Deusdara RA, Benzel EC. Adjacent segment disease perspective and review of the literature [J]. *Ochsner J*, 2014, 14(1): 78-83.
- Masevnin S, Ptashnikov D, Michaylov D, et al. Risk factors for adjacent segment disease development after lumbar fusion [J]. *Asian Spine J*, 2015, 9(2): 239-244.
- 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.
- Djurasovic MO, Carreon LY, Glassman SD, et al. Sagittal alignment as a risk factor for adjacent level degeneration: a case-control study [J]. *Orthopedics*, 2008, 31(6): 546.
- Akamaru T, Kawahara N, Tim Yoon S, et al. Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: a biomechanical analysis[J]. *Spine*, 2003, 28(14): 1560-1566.

(收稿日期:2019-10-01 末次修回日期:2020-02-11)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 李伟霞)