

腰椎融合术后相邻节段退变的相关因素分析

黄 觅¹, 于 森², 刘晓光², 姜 亮², 韦 峰², 吴奉良², 刘忠军²

(1 武汉市第一医院脊柱外科 430000 武汉市; 2 北京大学第三医院骨科 100191 北京市)

【摘要】目的:探讨腰椎融合术后影响相邻节段退变(adjacent segment degeneration, ASD)的因素。**方法:**回顾性分析北京大学第三医院骨科 2009 年 1 月~2011 年 1 月因腰椎管狭窄症行腰椎后路融合手术患者 109 例, 其中男 39 例, 女 70 例, 年龄 24~79 岁, 平均 54 岁。门诊随访 2~4 年, 平均 3.4 年。测量术前融合节段角度(fusion angle, FA)、融合节段头尾端相邻节段角度(proximal angle, PA; distal angle, DA)、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)、骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、融合与非融合相邻节段移位距离(slip distance, SD)等参数。以术后 2 年时站立位 X 线片相邻节段滑移 $\geq 3\text{mm}$ 定义为 ASD, 将患者分为退变组(A 组)和非退变组(B 组)。同时记录两组患者性别、年龄、骨密度、融合节段数等。采用 t 检验及 χ^2 检验比较两组间各指标的差异, 应用 Logistic 回归分析 ASD 的影响因素。**结果:**A 组 18 例(16.5%), B 组 91 例(83.5%)。发生 ASD 患者均为融合节段头端相邻节段退变。A 组患者术前 LL 为 $29.8^\circ \pm 12.5^\circ$, B 组为 $32.4^\circ \pm 11.2^\circ$; A 组 SS 为 $31.5^\circ \pm 12.1^\circ$, B 组为 $37.4^\circ \pm 13.4^\circ$; A 组 FA 为 $18.3^\circ \pm 9.0^\circ$, B 组为 $14.8^\circ \pm 10.5^\circ$; A 组 PA 为 $6.8^\circ \pm 3.2^\circ$, B 组为 $7.2^\circ \pm 5.2^\circ$; A 组 PI 为 $42.3^\circ \pm 9.8^\circ$, B 组为 $49.9^\circ \pm 9.8^\circ$; 两组比较均有统计学差异($P < 0.05$)。两组患者性别、年龄、骨密度、融合节段数及 DA 等均无统计学差异($P > 0.05$)。Logistic 回归分析显示 PI 与 ASD 发生率有显著相关性($P < 0.05$), SS、LL、FA、PA 与 ASD 发生率无相关性($P > 0.05$)。**结论:**在腰椎融合术后影响 ASD 的诸多因素中, 过小的 PI 值可能是导致 ASD 的重要因素。

【关键词】腰椎融合术; 相邻节段退变; 骨盆入射角

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2014.03.02

中图分类号: R687.3, R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2014)-03-0199-05

Correlative factors for adjacent segment degeneration after lumbar spinal fusion/HUANG Mi, YU Miao, LIU Xiaoguang, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2014, 24(3): 199-203

【Abstract】Objectives: To explore risk factors associating with adjacent segmental degenerations after lumbar fusion surgery. **Methods:** A retrospective analysis was performed on 109 cases of lumbar stenosis undergoing lumbar posterior decompression, pedicle screw fixation and fusion in orthopedic department of Peking University Third Hospital from January 2009 to January 2011. These cases included 39 males and 70 females with ages ranging from 24 to 79 years(average, 54 years). All of them were followed up by a 2- to 4-year(average, 3.4 years) outpatient questionnaire. Measurement included peroperative angles of fusion segment (FA), proximal and distal adjacent angles of fusion segments(PA, DA), lumbar lordosis(LL), sacral slope(SS), pelvic incidence(PI) in pre-operation, and slip distance(SD) between fusion and non-fusion segments. Adjacent segment radiographic degeneration was defined as adjacent segmental slip of 3mm or more on standing X-ray at post-operative 24 months. All patients were categorized into degenerative group(group A) and non-degenerative group(group B). Gender, age, bone mineral density, number of fusion segments were also recorded. The comparative results between two groups were analyzed by t -test and χ^2 -test. Risk factors of adjacent segment radiographic degeneration were analyzed by using Logistic regression. **Results:** There were 18 cases(16.5%) in group A and 91 cases(83.5%) in group B developing ASD, and all ASD occurred at proximal adjacent segments. Preoperative results were as follows: LL for group A and B was $29.8^\circ \pm 12.5^\circ$ and $32.4^\circ \pm 11.2^\circ$; SS for group A and B was $31.5^\circ \pm 12.1^\circ$ and $37.4^\circ \pm 13.4^\circ$; FA for group A and B was $18.3^\circ \pm 9.0^\circ$ and $14.8^\circ \pm 10.5^\circ$; PA for group A and B was $6.8^\circ \pm 3.2^\circ$ and $7.2^\circ \pm 5.2^\circ$, which all showed significant differences between two

第一作者简介: 男(1981-), 主治医师, 硕士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (027)85332723 E-mail: 16091322@qq.com

通讯作者: 刘忠军 E-mail: liuzj@medmail.com.cn

groups($P<0.05$). PI of group A($42.3^{\circ}\pm 9.8^{\circ}$) was significantly lower than that of group B($49.9^{\circ}\pm 9.8^{\circ}$)($P<0.05$). Gender, age, bone mineral density, number of fusion segments and DA were not associated with ASD($P>0.05$). Logistic regression analysis showed significant correlation with PI and incidence of ASD($P<0.05$), but no correlation between SS, LL, FA, PA and incidence of ASD($P>0.05$). **Conclusions:** Of the risk factors inducing ASD, low PI may be one of the important factors.

【Key words】 Lumbar fusion; Adjacent segment degeneration; Pelvic incidence

【Author's address】 Department of Spine Surgery, Wuhan No.1 Hospital, Wuhan, Hubei, 430022, China

减压固定融合手术是治疗腰椎退变性疾病的重要方法之一。随着该手术的广泛开展,国内外学者观察到了植骨融合相邻节段退变(adjacent segment degeneration, ASD)问题,其发生率为 5%~45%^[1,2]。Yang 等^[3]报道 ASD 发生率与融合节段长短有关,多节段融合 ASD 发生率较高。陈柏龄等^[4]研究认为 ASD 的发生与年龄有关。由于目前国内外对于腰椎融合术后 ASD 的影响因素尚存在争议,本研究对 109 例腰椎融合患者进行回顾性分析,旨在探讨与分析腰椎融合术后 ASD 的相关因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

纳入标准:术前 MRI 相邻节段无明显椎间盘退变(Pfirrmann I~II)^[5];术前腰椎正侧位 X 线片示相邻节段无明显冠状位和矢状位不稳定(椎间成角 $<11^{\circ}$ 或位移 $<3.0\text{mm}$,侧凸 Cobb 角 $<10^{\circ}$)^[6];术前及术后 2 年的影像学资料完整。

排除标准:缺少术前和术后 2 年复查的完整影像资料;术前相邻节段椎间隙高度降低,或 MRI 显示相邻节段退变,或 X 线出现相邻节段不稳定;翻修手术。

北京大学第三医院骨科 2009 年 1 月~2011 年 1 月因腰椎管狭窄症行腰椎后路融合手术患者共 109 例,其中男 39 例,女 70 例,年龄 24~79 岁,平均 54 岁。获得 2~4 年的门诊随访,平均随访时间为 3.4 年。

融合节段:L1~L5 1 例,L2~L3 3 例,L2~L5 3 例,L2~S1 4 例,L3~L5 16 例,L3~S1 7 例,L4~L5 32 例,L4~S1 28 例,L5~S1 15 例。融合节段数共计 188 个。观察未融合的相邻节段共 161 个,其中上方 109 个,下方 55 个。记录患者的性别、年龄、骨密度、融合节段数。

1.2 影像学测量

根据文献^[7]的方法,在医院 PACS 系统内,应用系统内自带的测量工具对站立位腰椎侧位 X 线片进行测量(可放大并利用解剖标志精确测量各项参数,经过比例尺计算获得椎体间相对滑移的实际数值)。测量并记录术前矢状位参数(图 1、2):融合节段角度(fusion angle, FA)、融合节段头尾端相邻节段角度(proximal angle, PA; distal angle, DA)、腰椎前凸角(L1~S1)(lumbar lordosis, LL)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)、骨盆入射角(pelvic incidence, PI);记录术后 2 年相邻节段椎体移位距离(slip distance, SD, 图 3)。所有参数由 2 名有经验的脊柱外科医生分别测量 3 次,取平均值。

ASD 的定义:术后 2 年站立位 X 线片相邻节段滑移 $\geq 3\text{mm}$ 为 ASD^[1]。并以此将患者分为相邻节段退变组(A 组)和相邻节段无退变组(B 组)。

1.3 统计学处理

应用 SPSS 20.0 软件进行统计学处理,数据正态分布检测使用 Kolmogorov-Smirnov test,用均数 $\pm$ 标准差表示数值,采用单因素分析:对各测量角度、年龄、骨密度进行 t 检验,对性别、融合节段数采用 χ^2 检验,比较两组间各指标的差异,各相关因素分析采用 Logistic 多变量回归分析, $P<0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

发生 ASD(A 组,图 4)18 例(16.5%),未发生明显 ASD(B 组,图 5)91 例(83.5%)。发生 ASD 患者均为融合节段头端相邻节段退变。两组患者的性别、年龄、骨密度、融合节段数、DA 等均无统计学差异($P>0.05$,表 1)。术前 PI、SS、LL、FA、PA 两组比较有统计学差异($P<0.05$,表 1)。术前 PI、SS、LL、FA、PA 与术后 ASD 的相关性分析结果见表 2,Logistic 回归分析结果显示术前 PI 与术后 ASD 发生率有显著相关性($P<0.01$),术前 SS、LL、FA、

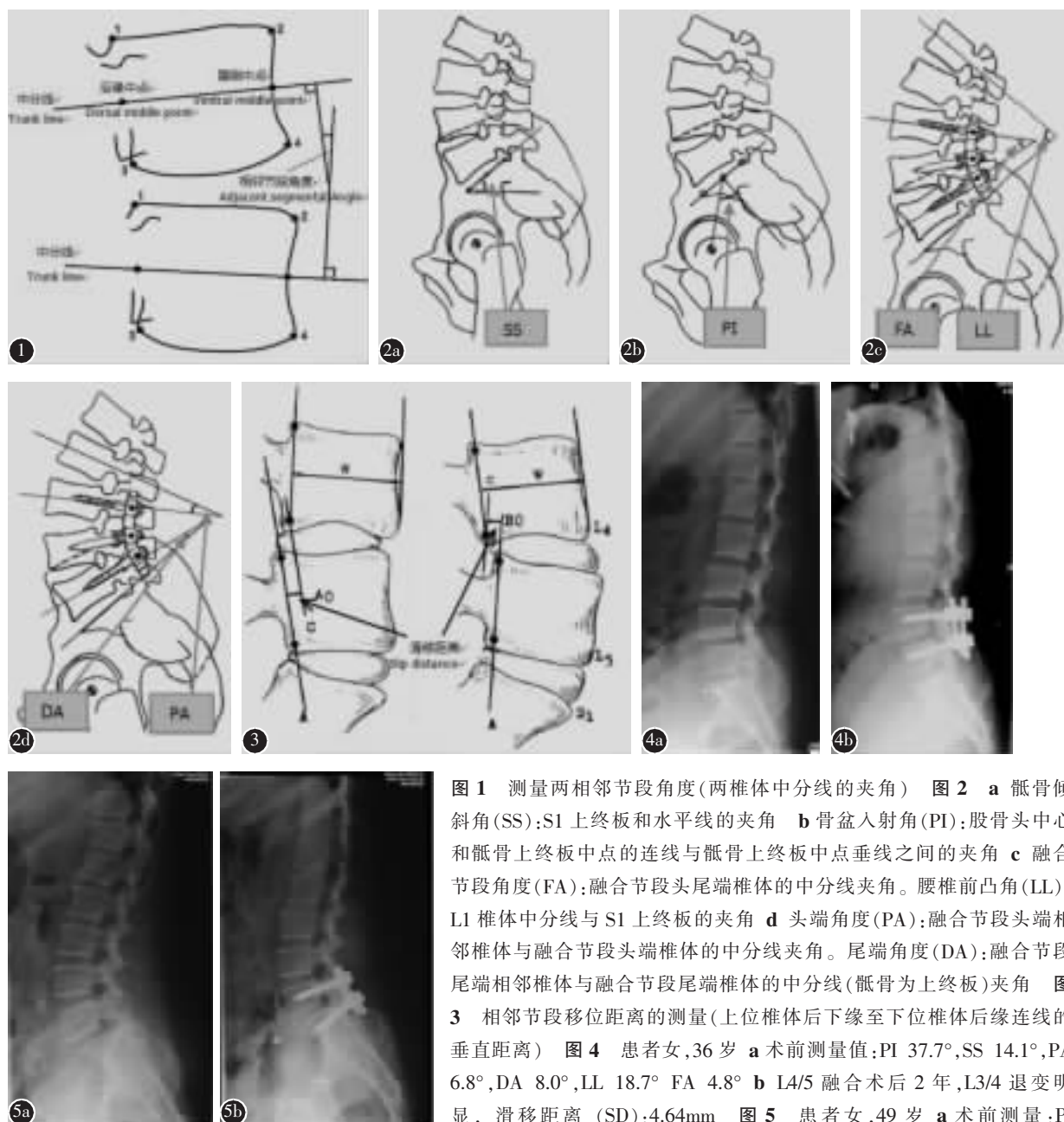


图 1 测量两相邻节段角度(两椎体中分线的夹角) 图 2 a 骶骨倾斜角(SS):S1 上终板和水平线的夹角 b 骨盆入射角(PI):股骨头中心和骶骨上终板中点的连线与骶骨上终板中点垂线之间的夹角 c 融合节段角(FA):融合节段头尾端椎体的中分线夹角。腰椎前凸角(LL):L1 椎体中分线与 S1 上终板的夹角 d 头端角度(PA):融合节段头端相邻椎体与融合节段头端椎体的中分线夹角。尾端角度(DA):融合节段尾端相邻椎体与融合节段尾端椎体的中分线(骶骨为上终板)夹角 图 3 相邻节段移位距离的测量(上位椎体后下缘至下位椎体后缘连线的垂直距离) 图 4 患者女,36 岁 a 术前测量值:PI 37.7°,SS 14.1°,PA 6.8°,DA 8.0°,LL 18.7° FA 4.8° b L4/5 融合术后 2 年,L3/4 退变明显, 位移距离(SD):4.64mm 图 5 患者女,49 岁 a 术前测量:PI 46.0°,SS 38.9°,PA 16.7°,LL 51.1° FA 16.2° b L5~S1 融合术后 2 年,

L4/5 无明显退变

Figure 1 Measurement of adjacent segmental angle (The angle between trunk line of these two midline) **Figure 2 a** Sacral slope(SS): The angle between the horizontal line and upper sacral endplate **b** Pelvic incidence(PI): The angle between the line drawn from the hip axis to the center of upper sacral endplate and the line perpendicular to upper sacral endplate **c** Fusion angle(FA): The angle between the above fusional segment's trunk line and below's. Lumbar lordosis (LL): The angle between the L1 trunk line and upper sacral endplate **d** Proximal angle (PA): The angle between the above fusional segment's trunk line and the proximal adjacent segment's trunk line. Distal angle(DA): The angle between the below fusional centrum's trunk line and the distal adjacent centrum's trunk line(or upper sacral endplate) **Figure 3** The distance of the adjacent segment (vertical distance between the point on the inferior-back of proximal centrum to posterior vertebral body line of distal centrum) **Figure 4** Female 36 **a** Pre-operation measurement: PI 37.7°, SS 14.1°, PA 6.8°, DA 8.0°, LL 18.7°, FA 4.8° **b** After L4/5 fusion for 2 years, L3/4 ASD obviously was noted, SD: 4.64mm **Figure 5** Female 49 **a** Pre-operation measurement: PI 46.0°, SS 38.9°, PA 16.7°, LL 51.1°, FA 16.2° **b** After L5~S1 fusion for 2 years, no ASD in L4/5 was noted

PA与术后 ASD 发生率无相关性($P>0.05$)。

3 讨论

腰椎融合术后发生 ASD 的现象已经为许多学者所认识。是否使用内固定、融合节段数、植骨融合方式等问题^[4,8,9],已经为前人所讨论。本研究结果显示 ASD 的发生与患者年龄、性别、体重、骨密度、融合节段数目等因素并无明显相关性。虽然两组 SS、LL、FA、AA 及 PI 术前均有统计学差异,但通过 Logistic 回归分析发现 PI 值是影响术后 ASD 的重要原因。

表 1 两组患者术前一般资料
Table 1 Preoperative general information

	A组 Group A	B组 Group B
年龄(岁) Age(y)	53.33±13.46	54.21±11.98
性别(男/女) Sex(M/F)	6/12	33/58
骨密度(g/cm ²) Bone mineral density	-1.45±0.44	-1.48±0.51
融合节段数(个)/例数 Fusion number/patients	31/18	157/91
融合节段角度(°) Fusion angle	18.3±9.0	14.8±10.5 ^①
头端角度(°) Proximal angle	6.8±3.2	7.2±5.2 ^①
尾端角度(°) Distal angle	16.5±5.9	16.6±6.1
腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis	31.5±12.1	37.4±13.4 ^①
骶骨倾斜角(°) Sacral slope	29.8±12.5	32.4±11.2 ^①
骨盆入射角(°) Pelvic incidence	42.3±9.8	49.9±9.8 ^①

注:①与 A 组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with group A, $P<0.05$

人体正常骨盆-脊柱代偿机制表现为正常人群 LL 随年龄增长减少。随着年龄增大,胸椎退变性后凸逐渐增大,人体重心前移,其代偿机制会发生骨盆向后的翻转,SS 减小,LL 随之减小,使人体重心回到原来位置。本研究中,两组患者的 SS、LL 出现显著性差异。由于自然退变等因素参与其中,虽然 SS 与 LL 存在几何关系并可能对 ASD 产生一定影响,但在本研究中并未得到证实。因此,尚不能排除由于样本量不足而对结果产生的影响。由于本研究中两组患者手术节段、融合节段数、LL 的差异,加之样本量较小,导致术前 FA 的差异较大。但不能就此认为融合节段角度以及融合节段数是 ASD 发生的因素。Logistic 回归分析结果也证实了这点。虽然术前 PA 结果有统计学差异($P<0.05$),但数值均在正常活动范围以内(小于 15°),多因素分析中也未发现 PA 与 ASD 的直接关系,仅说明两组患者术前头端相邻节段未产生明显退变。

PI 是影响术后 ASD 发生的重要因素之一,也是衡量患者术后对重建的整体矢状位平衡代偿能力的指标。PI 在成人个体数值恒定,PI 和骨盆倾斜角(PT)、SS 具有相关性,其几何关系为 $PI=PT+SS$ ^[10]。SS 影响 LL 的变化,同时 PI 通过调控 SS 和 PT 而使脊柱各生理参数达到平衡,从而使得脊柱处于相对稳定且耗能较小的姿态^[11]。因此,虽然 PI 值恒定不变,但它反映了骨盆在矢状位平衡调节中的作用,决定了个体调节轴向应力的承接传导能力。

本研究结果显示,PI 值的大小是影响术后

表 2 术前各因素与 ASD 的 Logistic 回归分析结果
Table 2 Logistic regression of preoperative factors and ASD

	偏回归 系数 β	标准误 SE	Wald 卡方 Wald	P 值 P	优势比 OR	95%可信区间 95% confidence interval	
						低值 Low value	高值 High value
术前融合节段角度 Preoperative fusion angle	0.062	0.042	2.156	0.142	1.064	0.979	1.157
术前头端角度 Preoperative proximal angle	0.114	0.080	2.060	0.151	1.121	0.959	1.310
骨盆入射角 Pelvic incidence	-0.101	0.037	7.578	0.006	0.904	0.841	0.971
术前骶骨倾斜角 Preoperative sacral slope	0.073	0.041	3.142	0.076	1.075	0.992	1.165
术前腰椎前凸角 Preoperative lumbar lordosis	-0.059	0.035	2.906	0.088	0.943	0.881	1.009
常量 Constant	2.782	1.449	3.685	0.055	16.156	—	—

ASD的重要因素。在诸多影响因素中,只有 PI 与术后 ASD 有相关性($P<0.01$)。表明,PI 值较小的患者术后更容易发生相邻节段退变。这可能是由于术后全脊柱矢状位平衡重建能力不足过程所导致的。在此过程中,腰椎矢状位各椎间盘所受到的压应力重新分布,而相邻节段椎间盘,特别是头端椎间盘受到的压应力更加集中,此时骨盆需围绕股骨头的前后翻转调整,使相邻椎体的空间位置需达到平衡。若此时骨盆的翻转代偿仍无法调整到最佳位置时,上方躯干调整姿态,增加做功,以维持矢状位平衡。此时应力的增加会集中到融合头端的相邻节段,加速退变。早期的表现为椎间高度的丢失及椎间隙角度的增大,进而出现在静态位置下椎体相对位置的滑移。虽然目前还不清楚当内固定物置入后整个脊柱-骨盆各参数间变化的先后顺序,但我们发现,骨盆旋转的代偿能力在术后脊柱矢状位平衡重建中起到关键作用,PI 值的大小决定了骨盆代偿能力。

为避免因手术操作造成的矢状位失衡,邻近节段应力过大,而最终导致 ASD 的发生,我们认为,在进行腰椎融合手术前,需特别注意 PI 值较小的患者,因为其术后对生理曲度变化的代偿能力较差,术中不适当的改变腰椎前凸将加速相邻节段退变。Le Huec 等^[12]认为对于治疗 Roussouly 分型 1 型或 2 型、 $PI<45^\circ$ 的患者时,无需明显增加腰椎前凸;而对于 $PI>60^\circ$ 的患者,PI 值越大,需积极重建腰椎前凸角度,减少骨盆的后倾。我们认为,在 PI 值较小的患者中,对于前凸的恢复应当严格控制,作好术前计划,术中增加透视次数并测量融合角度,而 PI 值较大的患者无需对融合角度过度要求。

PI 是影响腰椎融合术后 ASD 发生的重要因素之一,是衡量患者术后对重新建立的整体矢状位平衡代偿能力的指标之一。过小的 PI 值可能是导致术后 ASD 的重要因素。对 PI 值较小的患者,术中需严格控制融合角度,并且尽量保留 L5/S1 活动度,以弥补骨盆旋转代偿能力的不足。

4 参考文献

1. Okuda S, Oda T, Miyauchi A, et al. Lamina horizontalization and facet tropism as the risk factors for adjacent segment degeneration after PLIF[J]. Spine, 2008, 33(25): 2754-2758.
2. Kumar MN, Baklanov A, Chopin D. Correlation between sagittal plane changes and adjacent segment degeneration following lumbar spine fusion[J]. Eur Spine J, 2001, 10(4): 314-319.
3. Yang JY, Lee JK, Song HS. The impact of adjacent segment degeneration on the clinical outcome after lumbar spinal fusion[J]. Spine, 2008, 33(5): 503-507.
4. 陈柏龄, 魏富鑫, 植山和正, 等. 腰椎单节段固定融合术后上位相邻节段退变及其与临床疗效的关系 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(2): 108-112.
5. Pfirrmann CWA, Metzdorf A, Zanetti M, et al. MR classification of lumbar intervertebral disc degeneration[J]. Spine, 2001, 26(17): 1873-1878.
6. Bambakidis NC, Feiz-Erfan I, Klopfenstein JD, et al. Indications for surgical fusion of the cervical and lumbar motion segment[J]. Spine, 2005, 30(16 Suppl): 2-6.
7. Leivseth G, Brinckmann P, Frobin W, et al. Assessment of sagittal plane segmental motion in the lumbar spine: a comparison between distortion-compensated and stereophotogrammetric roentgen analysis[J]. Spine, 1998, 23(23): 2648-2655.
8. Sudo H, Oda I, Abumi K, et al. Biomechanical study on the effect of five different lumbar reconstruction techniques on adjacent-level intradiscal pressure and lamina strain [J]. J Neurosurg Spine, 2006, 5(2): 150-155.
9. Bastian L, Lange U, Knop C, et al. Evaluation of the mobility of adjacent segments after posterior thoracolumbar fixation: a biomechanical study[J]. Eur Spine J, 2001, 10(4): 295-300.
10. Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, et al. Anatomical reliability of two fundamental radiological and clinical pelvic parameters: incidence and thickness[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2005, 15(3): 197-204.
11. Mac-Thiong JM, Labelle H, Berthodnaud E, et al. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents [J]. Eur Spine J, 2007, 16(2): 227-234.
12. Le Huec JC, 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.

(收稿日期:2013-06-08 末次修回日期:2013-11-27)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)