

腰椎滑脱患者脊柱-骨盆参数改变的研究进展

Research progress of spinopelvic parameters' alteration in patients with spondylolisthesis

马 泓, 吕国华

(中南大学湘雅二医院脊柱外科 410000 湖南省长沙市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2014.03.13

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2014)-03-0271-04

近些年来, 腰椎滑脱患者的脊柱力线重建过程中的矢状位平衡问题越来越受到关注。评价脊柱-骨盆矢状位平衡的参数有骨盆投射角(pelvic incidence, PI)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)、骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT)、胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)^[1-3], 其中 PI 为固定解剖参数, 不随人体的体位改变, PT、SS 为体位相关性参数, 一般取站立位的侧位片测量。腰椎滑脱发生后, 人体为了维持站立姿势产生了一系列代偿机制, 脊柱-骨盆平衡序列发生改变, 相关研究^[4-7]发现, 腰椎滑脱的发生、进展、转归与矢状位平衡参数密切相关, 同时腰椎滑脱患者的矢状位平衡参数数值对手术方式的选择具有指导意义, 过去大多数学者认为手术的基本原则是: 植骨融合加相应的内固定, 而在是否实行复位这个问题上存在有较大争议^[8,9]。笔者结合国内外文献, 就脊柱-骨盆矢状位平衡参数在腰椎滑脱治疗中的意义综述如下。

1 脊柱-骨盆参数

在众多参数中, PI 是最重要、最常使用的脊柱-骨盆矢状面解剖参数, 它的定义为: S1 上终板的中点与股骨头中心连线和过 S1 上终板中点且垂直于 S1 上终板的垂线之间的夹角; 若双侧股骨头不重叠, 则取两股骨头中心连线的中点(图 1)^[1]。PT 是 S1 终板中点和股骨头中心连线与垂直线的夹角^[1]; SS 是 S1 上终板与水平线的夹角^[1]; PI 在数值上等于 SS 和 PT 的和; TK 为 T4 椎体上终板和 T12 椎体下终板延长线的夹角, LL 为 L1 椎体上终板和 L5 椎体下终板延长线之间的夹角(图 2)。

虽然成人的 PI 值为固定值, 但是在儿童期和青春早期, PI 值一般随着年龄的增长而增长^[4-6], PI 值的增长主要是因为随着逐渐从四肢爬行变成双足步行以及上半身的增长, 人体为了抵抗躯干前倾, 骶骨向水平方向倾斜, 同时伴有腰椎前凸逐渐形成, 使得人体的重心后移, 维持站立姿势。而在儿童期和青春早期, PT 值和 LL 值也与年龄成正相关关系。而 SS 与年龄的增长没有显著相关性。Mac-

Thiong 等^[9]在对 341 名青少年的研究中发现, PI 值、SS 值、PT 值与年龄不成线性关系, 推测其原因可能是青少年的脊柱发育与年龄之间并不呈线性关系。

Vialle 等^[7]对 300 名无症状健康人群的测量结果显示, PI 平均值为 54.67°, PT 平均值为 13.21°, SS 平均值为 41.86°, LL 平均值为 43.13°, TK 平均值为 40.66°。Vaz 等^[10]对 100 名青年志愿者的测量结果显示 PI 平均值为 51.7°, LL 平均值为 46.5°, TK 值为 47°。根据 Hanson 等^[9]的测量, 平均年龄 60 岁成人的 PI 平均值为 57.0°。Guigui 等^[10]对 250 名健康志愿者的测量结果显示, PI 平均值为 55°, LL 平均值为 61°, TK 平均值为 41.4°。另外, Lonner 等^[11]发现在不同的人种中(黑种人和白种人), PI、PT、LL 值也有显著性差异。Boulay 等^[12]发现体重指数(BMI)与 PI 有显著关联, 可能与体重指数大的人群中腰椎垂直方向剪切力大有关。

2 腰椎滑脱患者的脊柱-骨盆参数变化及其意义

正常的人体脊柱-骨盆序列以耗能最少的方式存在。而在腰椎滑脱患者中, 由于抗腰椎剪切力的减弱或丧失, 而脊柱-骨盆序列为了维持站立姿势, 产生一系列代偿性的改变, 体现为脊柱-骨盆参数的变化。

脊柱-骨盆参数对腰椎滑脱发生及进展的影响尚缺乏大规模流行病学的研究, 但是一些相关研究提出了相应的观点。多项研究^[7,9,13-21]表明, 腰椎滑脱患者中, PI 值高于无症状健康人群, 且 PI 值的增高与腰椎滑脱的程度成正相关, 如 Barrey 等^[13]发现腰椎滑脱患者的 PI 值明显高于正常人, 提出 PI 值可能是腰椎滑脱主要的预见因素, 并且猜想 L5 终板的倾斜度对滑脱程度具有预见意义。Hanson 等^[9]对 40 例腰椎滑脱患者进行测量发现, 低度滑脱(Meyerding I~II 度)和高度滑脱(Meyerding III 度或者更高)患者的 PI 的平均值分别为 68.5°/79°, 而对照组的 PI 的平均值为 57.0°, 两个滑脱组的 PI 值均比对照组高, 而且高度滑脱组的 PI 值比低度滑脱组的 PI 值高, 对其进行相关分析后发现, PI 值与腰椎滑脱患者的 Meyerding 等级成正比关系。Curylo 等^[14]测量 53 例腰椎滑脱患者的 PI 平均值为 76.4°, 而 Rajnics 等^[15]测量 48 例腰椎滑脱患者的

第一作者简介: 男(1989-), 医学博士, 研究方向: 脊柱外科临床及基础研究

电话: (0731)85295624 E-mail: xymahone@hotmail.com

PI 平均值为 66.3° , 30 名正常成年人的 PI 平均值为 54.1° 。在患病人群中, Funao 等^[22]对 100 例腰椎管狭窄的患者进行研究(50 例为腰椎滑脱组, 50 例为非腰椎滑脱组), 发现腰椎滑脱组的 PI 值大于非腰椎滑脱组($57.5^{\circ}/48.8^{\circ}$)。但是这些研究均为单时间点横向比较, 在纵向上, 究竟是由于高 PI 值引起腰椎滑脱, 还是腰椎滑脱引起 PI 值升高, 还缺乏相关研究。

Labelle 等^[17]研究发现, 腰椎滑脱患者的 LL、PT、SS 增加并与腰椎滑脱的程度成正相关性, 胸椎后凸角(TK)减少并与腰椎滑脱的程度成反相关性, 推测其与维持躯干平衡有关, 而与其出入的是, Vialle 等^[7]研究发现, 在 I、II、III 度腰椎滑脱患者中, SS 值逐渐增加 (I/II/III 度: $45.76^{\circ}/49.47^{\circ}/50.87^{\circ}$), 而在 IV、V 度腰椎滑脱患者中, SS 逐渐减少 (IV/V 度: $41.47^{\circ}/33.58^{\circ}$), 推测其可能是由于 IV、V 度腰椎滑脱发生后, 由于 L5 下终板和 S1 上终板的分离, 作用于 S1 上终板垂直方向的力的减少导致。另外, 随着 PI 值的升高, 腰椎滑脱患者的骶骨倾向于水平, 腰椎的剪切力增加, 进一步增加了 L5/S1 腰骶关节的应力^[23]。

临床上常将腰椎滑脱分为真性滑脱(峡部裂性)和假性滑脱(退变性), 其发病机制和临床表现不尽相同, 脊柱-骨盆参数也存在一定差异。Lim 等^[21]对 19 例峡部裂性腰椎滑脱患者、34 例退变性腰椎滑脱患者以及 30 名无症状的志愿者进行脊柱-骨盆参数的测量, 发现峡部裂性和退变性腰椎滑脱患者的 PI 值均大于无症状对照组, 峡部裂性腰椎滑脱患者的 LL 值大于无症状对照组, 而退变性腰椎滑脱患者的 LL 值小于无症状对照组。而刘勇等^[24]对 29 例峡部裂性腰椎滑脱患者和 29 例退变性腰椎滑脱患者的脊柱-骨盆参数进行比较, 发现两组间 PI、PT、SS 值均无明显差异, 但峡部裂性腰椎滑脱患者的比退变性腰椎滑脱患者具有更大的 LL 值和 TK 值。

3 脊柱-骨盆参数在腰椎滑脱治疗中的意义

腰椎滑脱的手术治疗的目的在于建立新的脊柱平衡, 防止滑脱进展。根据病因可将腰椎滑脱分为峡部裂性滑脱和退变性滑脱, 一些学者提出峡部裂性腰椎滑脱患者宜选用后路椎弓根钉固定加椎体间植骨融合术, 退变性腰椎滑脱患者宜选用后路椎弓根钉固定加后外侧植骨融合术^[25, 26]; 但也有研究表明, 对于两种腰椎滑脱患者实施后路椎弓根钉固定加后外侧植骨融合术, 临床疗效并无明显区别^[27]。另外, 在对腰椎滑脱手术治疗是否需要复位的问题上还存在争议^[28-31]。贾连顺等^[32]认为滑脱程度小于 50% 的患者, 无论病因, 无需复位; 而侯树勋等^[33]认为滑脱程度大于 33% 的患者应争取复位; Kim 等^[34]则认为原位融合疗效较好, 不需复位, 复位反而增加并发症发生的概率。

对脊柱-骨盆参数的认识不断加深为腰椎滑脱患者的手术方案选择及术后疗效预测提供了新的思路。在 Kim 等^[35]对 18 例实行椎间融合术后的 I~III 度退变性腰椎滑脱患者的研究中, 通过术后 PT 值是否变化分为两组(A 组

和 B 组), 患者的 PT 值在术后没有改善(术前/术后/末次随访 PT 值: $21.5^{\circ}/24.3^{\circ}/25.1^{\circ}$)为 A 组(10 例), 患者的 PT 值在术后改善(术前/术后/末次随访 PT 值: $26.4^{\circ}/24.5^{\circ}/18.4^{\circ}$)为 B 组(8 例), 术后患者的 VAS 和 ODI 评分均得到有效改善, 但是 B 组的效果明显高于 A 组, 两组(术前/末次随访)的 VAS 值为 A 组: $6.85/3.20$, B 组: $6.81/1.63$, ODI 值为 A 组: $43.2/23.6$, B 组: $50.4/18.9$, 相关性分析发现 VAS 值和 ODI 值的改善和 LL 值的改善的关联度最高 (VAS 值 A 组/B 组: $0.829/0.394$, ODI 值 A 组/B 组: $0.700/0.675$)。这篇研究一方面说明脊柱-骨盆参数尤其是 PT 值和 LL 值在对腰椎滑脱患者术后恢复程度的问题上具有预见意义, PT 值和 LL 值的改善能达到更好的治疗效果, 另一方面说明仅通过融合而不复位的话, 只有部分患者的脊柱-骨盆参数得到改善, 故达不到好的临床疗效。

复位需要较大的手术范围, 而且有可能损伤到神经, 故对是否实行复位仍存在争议^[36]。许多研究^[18, 19, 37-39]支持脊柱-骨盆参数作为是否进行复位的依据, Hresko 等^[18]对 133 例重度腰椎滑脱患者进行分析, 通过对 PT 和 SS 值的 K 值群集分析, 发现通过直线 $Y=(0.844835X)+25.021$ ($Y=SS, X=PT$) 可以将他们分为平衡型和失平衡型, 平衡型中 PT 平均值 21.3° 、SS 平均值 59.9° , 失平衡型中 PT 平均值为 36.5° 、SS 平均值为 40.3° , 建议在重度滑脱的病人的治疗策略上应先将病人分为平衡型和失平衡型, 仅对失平衡型患者进行复位术, 同时指出如果对平衡型患者实行复位术, 会增加腰骶关节的剪切力, 可能会不利于脊柱恢复平衡以及症状的缓解。而 Labelle 等^[19]在对腰椎滑脱患者手术时, 也采用了上述 Hresko 等使用的分界线, 将腰椎滑脱患者分为平衡组和失平衡组, 且在术后, 失平衡组的矢状位平衡参数得到有效改善, PT 平均值从 35.7° 变成 28.7° , SS 平均值从 42.9° 变成 50.8° , 说明 K 值群集分析对判断脊柱失平衡参数范围具有较佳的效果。

对脊柱矢状位失衡的患者实行复位术, 能有效减少腰椎剪切力, 使脊柱恢复平衡, 症状得到缓解。Martiniani 等^[37]通过 PT、SS 等矢状位平衡参数(也根据 Hresko 等提出的分界线)将重度腰椎滑脱患者分为两组: 平衡组 (PI: 79° 、PT: 25° 、SS: 54°) 和失平衡组 (PI: 76° 、PT: 41° 、SS: 36°) 对平衡组实行融合术, 对非平衡组实行融合+复位术, 随访后发现平衡组的矢状位平衡参数没有改变 (PI: 78° 、PT: 24° 、SS: 55°), 而失平衡组的 PT、LL 减少, SS 增加 (PI: 77° 、PT: 30° 、SS: 47°), 实行复位术后, 失平衡组的矢状位平衡参数得到有效改善, 脊柱-骨盆平衡得以恢复, 同时两组的临床症状也都得到有效缓解, 所有患者的 VAS (visual analogue pain scores) 评分由 6.8 (术前) 减少到 1.8 (术后)。Hresko 等^[19]也报道在实行复位术后, 75% 的腰椎滑脱患者在症状改善的同时, 矢状位平衡参数也向正常范围转变, PT 值平均减少 5.7° , SS 值平均增加 11.4° 。

Hresko 等^[18]的研究对腰椎滑脱患者的分型具有重要

的历史意义,众多研究都引用其分界线,而 Labelle 等根据其对应腰椎滑脱进行了系统的分类。Labelle 等^[40]建议对 L5/S1 腰椎滑脱进行以下分类:首先根据滑脱程度分为两类:低度滑脱和高度滑脱(滑脱值小于/大于 50%),低度滑脱患者中,根据 PI 值分为三型(1 型/2 型/3 型:PI<45°/45°≤PI<60°/PI≥60°),高度滑脱患者中,根据上述 Hresko 的分界线分为脊柱-骨盆平衡型和脊柱-骨盆不平衡型(4 型/5 型和 6 型:SS、PT 值坐标分别在分界线以上/以下),对于脊柱-骨盆不平衡型,再根据 C7 铅垂线和股骨头的位置关系分为全脊柱平衡型和全脊柱不平衡型(5 型/6 型:C7 铅垂线在股骨头上或者后方/前方),而在治疗策略上,建议对 1~3 型进行内固定+融合术,对于 4 型患者,不建议强制行复位术,体位复位后行内固定+融合术即可,对于 5 型患者,建议性内固定+融合+复位术,但是对于复位困难的病例,也可以体位复位后行内固定+融合术,对于 6 型患者,需要强制性使用复位术。Le Huec 等^[41]也提出了类似的分型系统,其将滑脱值大于或小于 35%作为低度滑脱的高度滑脱的分界线,其余都与 Labelle 等^[40]提出的分型系统及治疗建议相同。

综上,脊柱-骨盆矢状位平衡参数在腰椎滑脱的发生、发展、转归中起到重要作用。PI 值高的人群腰椎剪切力更大,更容易发生腰椎滑脱,而腰椎滑脱患者为了维持站立姿势,PI 值又代偿性的增高。在腰椎滑脱的进展过程中,躯体为了维持站立姿势,骨盆旋转,脊柱序列重建,表现为 PI、PT、SS、LL、TK 值的变化,而由于 PT 值的升高,骶骨进一步向水平方向倾斜,更加增加了腰椎的剪切力,产生更加不好的转归。现有的研究表明,复位能有效减少剪切力,但是对平衡脊柱序列实行复位术,会增加腰骶关节的剪切力,故建议在术前进行分类(1~6 型),对于不同类型的腰椎滑脱患者实行不同的治疗方案。目前看来,还缺乏关于腰椎滑脱患者发病和 PI 之间的具体机制关系以及流行病学方面的研究,腰椎滑脱过程中的腰骶关节和骶髂关节等各关节间的应力变化的研究还比较少,另外,在对腰椎滑脱患者脊柱-骨盆矢状位平衡的判断、是否需要根据病因进行进一步分类、是否实行复位术以及分类的具体参数范围还有待长期随访的验证。

4 参考文献

- Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves[J]. Eur Spine J, 1998, 7(2): 99-103.
- Vialle R, Levassor N, Rillardon L, et al. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects[J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87(2): 260-267.
- Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5-s1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis[J]. Spine, 2006, 31(21): 2484-2490.
- Mac-Thiong JM, Berthonnaud E, Dimar JR, 2nd, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth [J]. Spine, 2004, 29(15): 1642-1647.
- Marty C, Boisaubert B, Descamps H, et al. The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients[J]. Eur Spine J, 2002, 11(2): 119-125.
- Mac-Thiong JM, Labelle H, Berthonnaud E, et al. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents[J]. Eur Spine J, 2007, 16(2): 227-234.
- Vialle R, Ilharreborde B, Dauzac C, et al. Is there a sagittal imbalance of the spine in isthmic spondylolisthesis? A correlation study[J]. Eur Spine J, 2007, 16(10): 1641-1649.
- Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine[J]. Eur Spine J, 2002, 11(1): 80-87.
- Hanson DS, Bridwell KH, Rhee JM, et al. Correlation of pelvic incidence with low- and high-grade isthmic spondylolisthesis[J]. Spine, 2002, 27(18): 2026-2029.
- Guigui P, Levassor N, Rillardon L, et al. [Physiological value of pelvic and spinal parameters of sagittal balance: analysis of 250 healthy volunteers][J]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2003, 89(6): 496-506.
- 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.
- Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis[J]. Eur Spine J, 2006, 15(4): 415-422.
- Barrey C, Jund J, Nosedà 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.
- Curylo LJ, Edwards C, DeWald RW. Radiographic markers in spondyloptosis: implications for spondylolisthesis progression[J]. Spine, 2002, 27(18): 2021-2025.
- Rajnic P, Templier A, Skalli W, et al. The association of sagittal spinal and pelvic parameters in asymptomatic persons and patients with isthmic spondylolisthesis[J]. J Spinal Disord Tech, 2002, 15(1): 24-30.
- Jackson RP, Phipps T, Hales C, et al. Pelvic lordosis and alignment in spondylolisthesis[J]. Spine, 2003, 28(2): 151-160.
- Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. The importance of spino-pelvic balance in L5-s1 developmental spondylolisthesis: a review of pertinent radiologic measurements[J]. Spine, 2005, 30(6 Suppl): S27-34.

18. Hresko MT, Labelle H, Roussouly P, et al. Classification of high-grade spondylolistheses based on pelvic version and spine balance: possible rationale for reduction [J]. *Spine*, 2007, 32(20): 2208-2213.
19. Hresko MT, Hirschfeld R, Buerk AA, et al. The effect of reduction and instrumentation of spondylolisthesis on spinopelvic sagittal alignment[J]. *J Pediatr Orthop*, 2009, 29(2): 157-162.
20. Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study[J]. *Spine*, 2004, 29(18): 2049-2054.
21. Lim JK, Kim SM. Difference of sagittal spinopelvic alignments between degenerative spondylolisthesis and isthmic spondylolisthesis[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2013, 53(2): 96-101.
22. Funao H, Tsuji T, Hosogane N, et al. Comparative study of spinopelvic sagittal alignment between patients with and without degenerative spondylolisthesis[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(11): 2181-2187.
23. Peleg S, Dar G, Steinberg N, et al. Sacral orientation and spondylolysis[J]. *Spine*, 2009, 34(25): E906-910.
24. 刘勇, 刘臻, 朱锋, 等. 成人腰椎峡部裂性滑脱症与退变性滑脱症患者脊柱骨盆矢状面形态学研究[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2013, 23(4): 307-311.
25. 徐建广, 朱海波, 周蔚, 等. 不同手术方式治疗腰椎滑脱症的比较[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2005, 15(1): 28-31.
26. 陈崇文, 佟斌, 陈志勇, 等. 退变性和峡部裂性腰椎滑脱症的治疗及比较[J]. *中国矫形外科杂志*, 2011, 19(15): 1241-1243.
27. Gehrchen PM, Dahl B, Katonis P, et al. No difference in clinical outcome after posterolateral lumbar fusion between patients with isthmic spondylolisthesis and those with degenerative disc disease using pedicle screw instrumentation: a comparative study of 112 patients with 4 years of follow-up [J]. *Eur Spine J*, 2002, 11(5): 423-427.
28. DeWald RL, Faut MM, Taddonio RF, et al. Severe lumbosacral spondylolisthesis in adolescents and children. Reduction and staged circumferential fusion[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1981, 63(4): 619-626.
29. Johnson JR, Kirwan EO. The long-term results of fusion in situ for severe spondylolisthesis [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1983, 65(1): 43-46.
30. Poussa M, Schlenzka D, Seitsalo S, et al. Surgical treatment of severe isthmic spondylolisthesis in adolescents. Reduction or fusion in situ[J]. *Spine*, 1993, 18(7): 894-901.
31. Mehta VA, Amin A, Omeis I, et al. Implications of spinopelvic alignment for the spine surgeon[J]. *Neurosurgery*, 2012, 70(3): 707-721.
32. 贾连顺. 腰椎滑脱和腰椎滑脱症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2001, 8(8): 815-817.
33. 侯树勋, 史亚民, 吴闻文, 等. 腰椎滑脱手术治疗适应证和术式选择[J]. *中华骨科杂志*, 1998 (12): 707-710.
34. Kim NH, Lee JW. Anterior interbody fusion versus posterolateral fusion with transpedicular fixation for isthmic spondylolisthesis in adults: a comparison of clinical results [J]. *Spine*, 1999, 24(8): 812-817.
35. Kim MK, Lee SH, Kim ES, et al. The impact of sagittal balance on clinical results after posterior interbody fusion for patients with degenerative spondylolisthesis: a pilot study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2011, 12: 69.
36. Boos N, Marchesi D, Zuber K, et al. Treatment of severe spondylolisthesis by reduction and pedicular fixation. A 4-6-year follow-up study[J]. *Spine*, 1993, 18(12): 1655-1661.
37. Martiniani M, Lamartina C, Specchia N. "In situ" fusion or reduction in high-grade high dysplastic developmental spondylolisthesis (HDSS)[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21 Suppl 1: S134-140.
38. Bourghli A, Aunoble S, Reebye O, et al. Correlation of clinical outcome and spinopelvic sagittal alignment after surgical treatment of low-grade isthmic spondylolisthesis [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 663-668.
39. Labelle H, Roussouly P, Chopin D, et al. Spino-pelvic alignment after surgical correction for developmental spondylolisthesis[J]. *Eur Spine J*, 2008, 17(9): 1170-1176.
40. Labelle H, Mac-Thiong JM, Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 641-646.
41. 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:2013-06-22 修回日期:2013-12-06)

(本文编辑 彭向峰)