

腰椎融合术后邻近节段退变再手术策略的研究进展

Reoperation options for lumbar adjacent segment diseases
after a previous lumbar fusion surgery

马 俊, 席焱海, 叶晓健

(上海长征医院骨科医院脊柱三科 200003 上海市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.11.15

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2016)-11-1047-04

腰椎融合术后邻近节段退变 (adjacent segment disease, ASD) 是指腰椎融合术后在融合节段的头端和/或尾端出现椎间盘退变、不稳、滑脱等退变表现, 甚至出现相应的临床症状群, 包括“影像学”ASD 和“症状学”ASD^[1], 是腰椎融合术后常见的远期并发症之一。目前针对 ASD 发生的原因尚存争议。腰椎退变的自然史和(或)腰椎融合术本身都可能导致其发生。随着 ASD 的不断发展, 对保守治疗无效的患者, 往往需要通过再次手术来缓解症状。腰椎后路减压融合手术是处理腰椎融合术后 ASD 的常见方式之一; 随着脊柱微创外科的发展, 侧方融合技术、经皮内窥镜下手术等也得以应用。笔者拟对目前腰椎融合术后 ASD 的手术翻修策略综述如下。

1 ASD 的危险因素

目前有许多的假说用于解释 ASD 的发生。最初的解释是: 融合术后相邻节段应力增加, 导致发生退变的可能性增大^[2]。此外, 有些融合手术术式去除部分骨性和韧带组织后可能引起脊柱不稳, 进而导致邻近节段退变加速^[3]。退变的自然史在 ASD 的发生中也扮演着重要角色^[4,5]。

基于患者的人群特征, 如肥胖、年龄、症状持续时间、吸烟史、并发症等影响患者的最终结局。吸烟史被认为是导致 ASD 发生的危险因素^[6]。患者的年龄可能是导致 ASD 发生的危险因素, 年龄大伴随着发生 ASD 的风险相对较高^[7,8]。另外一些和初次手术相关的因素, 如融合节段、术前存在椎间盘、关节突关节退变表现或者初次手术时对邻近节段行椎板切除减压是术后发生 ASD 的危险因素^[9-11]。

2 手术策略

处理“症状性”ASD 的手术方式有很多, 最常见的是后路翻修手术, 即后方行椎板切除进行减压, 更换原内固定或延长内固定, 椎间融合或者后外侧融合手术。

2.1 后路减压融合内固定术

后路手术方式主要包括: 腰椎后路减压椎间植骨融合内固定术 (posterior lumbar interbody fusion, PLIF)、腰椎后路减压后外侧融合内固定术 (posterior lateral fusion, PLF)、腰椎经椎间孔入路椎体间融合术 (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF) 和皮质骨轨迹螺钉 (cortical bone trajectory screw, CBT) 内固定技术。

PLIF 减压效果确切, 能够处理大部分腰椎疾患, 在临床上得到了广泛的应用^[12,13]。Miwa 等^[14]回顾性分析了 18 例 PLIF 后因 ASD 需要再次行 PLIF 翻修的患者, 患者改良 JOA 评分从术前平均 7.7 分改善至术后平均 11.4 分; 根据 Whitecloud 临床效果判断标准判断手术效果, 发现在术后恢复到个人最佳水平时, 17 例患者 (94%) 认为术后效果优良, 只有 1 例患者认为术后效果一般, 而在末次随访时, 10 例患者 (56%) 认为效果优良, 2 例患者 (11%) 因邻近节段再次发生退变出现临床症状需要进行第 3 次 PLIF。该作者认为, 首次行融合手术对邻近节段造成的应力改变以及椎板切除减压造成的不稳可能都会对邻近节段造成影响, 翻修手术时有必要对其进行融合。既往也有文献证实, 对 PLIF 融合节段头端或尾端进行椎板切除减压后, 该节段发生 ASD 的风险相应增加^[15]。行 PLIF 时在明确病变位置、充分减压的同时, 保留后方结构可以降低邻近节段发生退变的风险。

Chen 等^[16]分析了 39 例因 ASD 行 PLF 进行翻修的患者, 其中 30 例患者 (76.7%) 对手术效果满意, 有 5 例患者在后期 5 年随访中再次出现邻近节段的退变, 其中 2 例患者 (5.1%) 需要进行第 3 次手术。Djurasovic 等^[17]为了更准确地评价 ASD 翻修术后患者临床症状的改善情况, 引入了“最小临床差异 (minimum clinically important difference, MCID)”的概念, 即术前与术后对比时, 各项量表评分差异至少为多少才能产生有意义的临床效果。作者发现, 42 例翻修患者 [其中腰椎前路椎体间融合术 (ALIF) 1 例, PLF 40 例, 360°融合 1 例] 随访 2 年时, 在 ODI 和 SF-36 评分中达到 MCID 的分别为 38% 和 40%, 提示因 ASD 需要进行翻修的患者术后症状和生活质量改善并不

第一作者简介: 男 (1989-), 在读博士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (021)81885624 E-mail: mjzn1989@163.com

通讯作者: 叶晓健 E-mail: yexj2002@163.com

理想。Glassman 等^[18]也认为后路延长内固定、行邻近节段融合后患者临床症状改善效果一般,仅能在一定程度上缓解症状。不过,也有学者报道,针对腰椎 ASD 患者行后路内固定延长,病变节段减压融合的疗效肯定,尤其对部分老年患者意义更大^[19]。

应用传统后路手术进行 ASD 的翻修存在一定的风险。该术式需要进行广泛的软组织剥离以暴露原内固定,出血多,术后切口部位疼痛的发生频率和程度相对较高,恢复时间长,相关费用也比较高^[20]。Smorqick 等^[21]的研究发现,腰椎后路翻修手术的失血量平均为 1606ml,较初次手术平均增加 16%。此外,后路翻修手术因为暴露上次手术椎板切除后形成的瘢痕组织,发生脑脊液漏的风险也相应增加^[22]。此外,翻修后随着融合节段的增加,其相邻节段的应力会进一步增加,再加上这部分患者年龄相对较大,椎间盘本身都存在一定程度的退变,因此,这些患者继续发生 ASD 的风险也相对较大^[23]。

目前也有学者尝试用微创的办法来处理腰椎 ASD。Wong 等^[24]报道应用微创 TLIF(MI-TLIF)处理腰椎疾病 513 例,其中 ASD 患者 11 例,尽管作者并没有详细报道 ASD 患者术后的恢复情况,但 MI-TLIF 安全性高,对椎旁肌肉的侵扰相对较小,减压效果确切,为 ASD 翻修提供了一种新的方法^[24,25]。Yee 等^[26]也认为微创 TLIF 相对开放 TLIF 而言,能一定程度降低 ASD 发生的风险。

CBT 技术是近年来出现的一种新型内固定技术,其改变了传统椎弓根螺钉的置钉方向,由传统的从侧方往中央置入改为从中线向侧方置入,螺钉与椎弓根和椎体骨皮质的接触面增加,增加了螺钉的抗拔出力和稳定性^[27]。Rodriguez 等^[28]报道了 CT 导航下应用 CBT 处理腰椎融合融合术后 ASD 患者共 5 人,该技术不需要取出原有内固定,不必对后方肌肉进行广泛剥离,具有创伤小、疗效确切的特点。针对一些老年骨质疏松或者肥胖的患者,CBT 技术相对于传统椎弓根螺钉技术显得更有优势。当然,应用 CBT 时对患者的选择也很重要,需要考虑:(1)退变节段有一个椎节椎弓根中已经置入一枚椎弓根螺钉,是否有足够的安全操作空间置入另外一枚螺钉;(2)选择合适大小的螺钉。针对这些情况,术前 CT 检查显得尤为重要。

皮质骨轨迹螺钉置入过程中也存在一定的风险。第一,在已有椎弓根螺钉的椎弓上再置入一枚皮质骨螺钉,有可能造成椎弓骨折、劈裂,导致内固定失败^[29]。术前应测量椎弓根的高度,如椎弓根直径较细,或原椎弓根螺钉位于椎弓根上半部分,则不宜选择皮质骨螺钉。第二,皮质骨螺钉置入方向不当,外倾不足,有进入椎管损伤硬脊膜的可能;头倾不足或过度的话,有损伤下位或上位神经根的可能^[30]。

2.2 腰椎前路椎体间融合术 (anterior lumbar interbody fusion, ALIF)

Ma 等^[31]报道了 1 例通过 ALIF 处理 L5/S1 ASD 的患者,作者认为,如果把握严格的适应证,ALIF 可成为处理

ASD 的一种方式之一。ALIF 能恢复椎间高度和生理性前凸,置入的融合器植骨面积大,融合率高,不对后方关节突关节形成侵扰^[32]。由于 ALIF 是通过椎间撑开来达到间接减压的目的,因此,对于严重中央管狭窄的患者,减压效果可能较传统后路要差。此外,ALIF 存在损伤腰椎前方大血管的可能,一旦发生可能造成严重的后果。术前 CT 血管造影(CTA)检查可以明确椎前大血管走行,以提高手术安全性^[31]。鉴于目前用 ALIF 处理腰椎 ASD 的文献很少,仅有的文献报道为个案报道,对临床的指导意义有限,因此,选择 ALIF 处理腰椎 ASD 时需要慎重。

2.3 腰椎侧方入路椎体间融合术 (lateral lumbar interbody fusion, LLIF)

LLIF 从腹壁侧方自然腔隙入路,具有创伤小的特点;cage 植骨面积大,能横跨皮质环,术后融合率高,发生 cage 沉降的风险也相对较低^[33];该术式保留了前后方的韧带,保留了韧带的张力带作用,维持了脊柱的稳定性;此外,该术式不对后方小关节形成侵扰,理论上再发生 ASD 的风险也相对减少。Palejwala 等^[34]和 Wang 等^[35]报道了通过 LLIF 手术处理腰椎 ASD 的一组病例,发现该术式效果确切,术后各项评分都有明显改善,创伤小,为腰椎 ASD 翻修提供了另外一种策略。当然,LLIF 也存在一些风险,如腰神经丛损伤,股部疼痛、麻木、无力或者感觉异常;侧方融合术式并不能显著增加腰椎前凸。因此,对于一些术前存在矢状面失衡的患者,行 LLIF 需要谨慎考虑^[35]。此外,LLIF 置入椎间融合器时,通过间隙的撑开增加椎间高度和椎间孔高度,从而起到间接减压的作用,对于术前存在严重中央管狭窄的患者,可能出现减压不彻底的情况,影响手术的效果。患者术前如果无明显的冠状面或矢状面失衡,动力位片无明显的退变性滑脱,则可以考虑行 LLIF,反之,在行 LLIF 时需要辅助后路固定^[34]。

2.4 单纯减压手术

有学者认为,部分存在 ASD 的患者,单纯减压可能能够达到缓解症状的目的,不需要进行大范围的减压和融合手术。患者年龄较大,一味行彻底的手术风险相对较高。单纯减压手术包括后路开放下行椎板切除减压和通道或内窥镜下的减压手术。

Phillips 等^[36]回顾性分析了 33 例主要表现为腰椎管狭窄的 ASD 患者,均行后路减压手术,其中 26 例获得随访,随访过程中有 6 例需要进行再次手术干预。作者发现,对于这类主要表现为腰椎管狭窄的 ASD 患者,单纯的椎板切除减压手术对改善间歇性跛行症状较为有效,而对改善腰痛症状效果一般,术后随访残留腰痛症状是患者对手术效果不满意的主要原因。Schlegel 等^[37]回顾性分析了 37 例腰椎因 ASD 需要进行翻修的患者,14 例进行椎板切除减压术和融合术,其余 23 例行单纯椎板减压术,术后 2 年随访发现,26 例患者较大程度改善(优良率),其中融合组 11 例,减压组 15 例,7 例需要进行再次手术,其中 5 例先前行单纯减压手术后需要再次行减压融合手术,2 例行内

固定取出。作者认为,对 ASD 进行翻修时,减压同时辅助融合是必要的。Zhu 等^[38]应用低温等离子髓核成形术处理 1 例 ASD 患者,患者曾行 L4/5 节段 PLIF,随访过程出现 L3/4 椎间盘突出并出现相应症状,通过该技术处理后,患者症状得到明显缓解,随访 2 年未出现复发。

目前文献报道的结果让临床医生陷入选择困难的窘境。如果选择单纯减压手术,其效果可能不如减压加融合手术,部分患者后期需要再次进行融合手术。而如果选择融合手术,也存在融合后相邻节段继续发生 ASD 的风险。为了避免陷入这种两难的境地,可能需要严格掌握初次融合手术的适应证,这对减少 ASD 的发生有十分重要的意义。

2.5 保留运动节段的术式

尽管目前还缺乏高等级的证据支持,一些保留运动节段的术式,诸如棘突间撑开装置和椎间盘置换(total disc replacement, TDR)等能在一定程度上减少 ASD 的发生率。Nachanakian 等^[39]运用棘突间撑开装置处理腰椎退变性疾病患者 134 例,其中 ASD 患者 47 例,发现应用该术式能改善患者的功能和生活质量,此外,也能在一定程度上减少 ASD 的发生率。Bertagnoli 等^[40]回顾性分析了 20 例因 ASD 行 TDR 的患者,术后 3 个月随访时各项功能评分较术前都有明显改善,随访 2 年时各项评分能得以维持。作者认为, TDR 可作为腰椎 ASD 翻修的备选策略之一。需要注意的是,运用 TDR 翻修前需要对患者的情况作出全面评估,如术前患者存在严重的关节突关节退变或者原手术节段有假关节形成,则不宜选择 TDR 进行翻修。动态固定系统(如 Dynesys),能够保留脊柱运动节段的活动度,从理论上来说,可以减少 ASD 的发生率。Mashaly 等^[41]对 28 例主要表现为腰椎管狭窄症状的腰椎 ASD 患者进行回顾性分析,发现在充分减压的同时,运用 Dynesys 系统固定临床效果明显,患者各项评分较术前明显改善,在后续 2~8 年随访中,无患者需再次手术干预。作者认为,运用动态固定系统与传统术式临床疗效类似,且其在减少相邻节段 ASD 的发生方面更具优势。

3 问题和展望

目前对腰椎 ASD 的处理措施有多种,手术策略的选择和患者的需求以及术者对 ASD 的理解和各自擅长的术式有明确的关系。手术方式的选择主要考虑以下几个方面:(1)患者的全身情况和年龄。对于高龄和合并症较多难以耐受大手术的患者宜选择相对微创的术式,如侧方融合或者单纯减压手术。(2)ASD 的类型。如果 ASD 主要表现为一侧椎间盘突出或根管狭窄,可选择椎间孔镜下减压或者保留运动节段的术式等,倘若 ASD 表现为节段不稳、滑脱或存在前后方广泛的狭窄,则需要对邻近节段行固定融合手术,此时可以根据患者具体情况选择合适的术式。(3)若头尾两端都出现 ASD、诊断明确且患者能耐受手术,则选择延长原内固定,融合至头尾两侧邻近节段。

另外,目前研究也存在一定的局限性:(1)基于 ASD 处理策略报道的文献大多为Ⅲ级或者Ⅳ级证据,证据等级相对较低,存在明显的选择性偏倚和报告偏倚;大部分文献报道的病例数少,缺少长期随访结果的支持。(2)目前尚无公认的标准对 ASD 的类型和严重程度进行评价。(3)部分新技术,比如侧路微创融合技术以及运动节段保留技术是否能减少 ASD 发生尚存争议,还有待后续进一步研究证实。可以明确的是,为了减少 ASD 的发生,初次手术融合指征的选择以及术中尽量减少医源性损伤对预防 ASD 的发生意义重大;而对于因 ASD 需要进行再次手术翻修的患者,选择哪种手术策略则有待后续高质量的循证医学证据的指导以及患者的个体化需要、全身情况和术者的经验来决定。

4 参考文献

1. Helgeson MD, Bevevino AJ, Hilibrand AS. Update on the evidence for adjacent segment degeneration and disease[J]. Spine J, 2013, 13(3): 342-351.
2. Hilibrand AS, Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion[J]. Spine J, 2004, 4(6 Suppl): S190-194.
3. Cardoso MJ, Dmitriev AE, Helgeson M, et al. Does superior-segment facet violation or laminectomy destabilize the adjacent level in lumbar transpedicular fixation? an in vitro human cadaveric assessment[J]. Spine, 2008, 33(26): 2868-2873.
4. Battie MC, Videman T, Kaprio J, et al. The twin spine study: contributions to a changing view of disc degeneration[J]. Spine J, 2009, 9(1): 47-59.
5. Patel AA, Spiker WR, Daubs M, et al. Evidence for an inherited predisposition to lumbar disc disease[J]. J Bone Joint Surg Am, 2011, 93(3): 225-229.
6. Mok JM, Cloyd JM, Bradford DS, et al. Reoperation after primary fusion for adult spinal deformity: rate, reason, and timing[J]. Spine, 2009, 34(8): 832-839.
7. Cheh G, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Adjacent segment disease following lumbar/thoracolumbar fusion with pedicle screw instrumentation: a minimum 5-year follow-up[J]. Spine, 2007, 32(20): 2253-2257.
8. Yamashita K, Ohzono K, Hiroshima K. Five-year outcomes of surgical treatment for degenerative lumbar spinal stenosis: a prospective observational study of symptom severity at standard intervals after surgery[J]. Spine, 2006, 31(13): 1484-1490.
9. Okuda S, Iwasaki M, Miyauchi A, et al. Risk factors for adjacent segment degeneration after PLIF[J]. Spine, 2004, 29(14): 1535-1540.
10. Lee CS, Hwang CJ, Lee SW, et al. Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion[J]. Eur Spine J, 2009, 18(11): 1637-1643.
11. Hikata T, Kamata M, Furukawa M. Risk factors for adjacent segment disease after posterior lumbar interbody fusion and efficacy of simultaneous decompression surgery for symptomatic adjacent segment disease [J]. J Spinal Disord Tech, 2014, 27(2): 70-75.
12. Brantigan JW, Steffee AD, Lewis ML, et al. Lumbar inter

- body fusion using the Brantigan I/F cage for posterior lumbar interbody fusion and the variable pedicle screw placement system: two-year results from a Food and Drug Administration investigational device exemption clinical trial [J]. *Spine*, 2000, 25(11): 1437-1446.
13. Kang CN, Kim CW, Moon JK. The outcomes of instrumented posterolateral lumbar fusion in patients with rheumatoid arthritis[J]. *Bone Joint J*, 2016, 98-B(1): 102-108.
14. Miwa T, Sakaura H, Yamashita T, et al. Surgical outcomes of additional posterior lumbar interbody fusion for adjacent segment disease after single-level posterior lumbar interbody fusion[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(12): 2864-2868.
15. Miyagi M, Ikeda O, Ohtori S, et al. Additional decompression at adjacent segments leads to adjacent segment degeneration after PLIF[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(8): 1877-1883.
16. Chen WJ, Lai PL, Niu CC, et al. Surgical treatment of adjacent instability after lumbar spine fusion[J]. *Spine*, 2001, 26(22): E519-524.
17. Djurasovic M, Glassman SD, Howard JM, et al. Health-related quality of life improvements in patients undergoing lumbar spinal fusion as a revision surgery[J]. *Spine*, 2011, 36(4): 269-276.
18. Glassman SD, Pugh K, Johnson JR, et al. Surgical management of adjacent level degeneration following lumbar spine fusion[J]. *Orthopedics*, 2002, 25(10): 1051-1055.
19. Adogwa O, Owens R, Karikari I, et al. Revision lumbar surgery in elderly patients with symptomatic pseudarthrosis, adjacent-segment disease, or same-level recurrent stenosis (Part 2): a cost-effectiveness analysis: clinical article[J]. *J Neurosurg Spine*, 2013, 18(2): 147-153.
20. Parker SL, Shau DN, Mendenhall SK, et al. Factors influencing 2-year health care costs in patients undergoing revision lumbar fusion procedures[J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 16(4): 323-328.
21. Smorgick Y, Baker KC, Bachison CC, et al. Hidden blood loss during posterior spine fusion surgery[J]. *Spine J*, 2013, 13(8): 877-881.
22. Khan IS, Sonig A, Thakur JD, et al. Perioperative complications in patients undergoing open transforaminal lumbar interbody fusion as a revision surgery [J]. *J Neurosurg Spine*, 2013, 18(3): 260-264.
23. Park P, Garton HJ, Gala VC, et al. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: review of the literature[J]. *Spine*, 2004, 29(17): 1938-1944.
24. Wong AP, Smith ZA, Nixon AT, et al. Intraoperative and perioperative complications in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a review of 513 patients[J]. *J Neurosurg Spine*, 2015, 22(5): 487-495.
25. Perez-Cruet MJ, Hussain NS, White Z, et al. Quality-of-life outcomes with minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion based on long-term analysis of 304 consecutive patients[J]. *Spine*, 2014, 39(3): E191-E198.
26. Yee TJ, Terman SW, La Marca F, et al. Comparison of adjacent segment disease after minimally invasive or open transforaminal lumbar interbody fusion [J]. *J Clin Neurosci*, 2014, 21(10): 1796-1801.
27. Santoni BG, Hynes RA, McGilvray KC, et al. Cortical bone trajectory for lumbar pedicle screws[J]. *Spine J*, 2009, 9(5): 366-373.
28. Rodriguez A, Neal MT, Liu A, et al. Novel placement of cortical bone trajectory screws in previously instrumented pedicles for adjacent-segment lumbar disease using CT image-guided navigation[J]. *Neurosurg Focus*, 2014, 36(3): E9.
29. Cheng WK, Akpolat YT, Inceoglu S, et al. Pars and pedicle fracture and screw loosening associated with cortical bone trajectory: a case series and proposed mechanism through a cadaveric study[J]. *Spine J*, 2016, 16(2): e59-65.
30. Patel SS, Cheng WK, Danisa OA. Early complications after instrumentation of the lumbar spine using cortical bone trajectory technique[J]. *J Clin Neurosci*, 2016, 24: 63-67.
31. Ma JJ, Fan SW, Zhao FD, et al. Minimally invasive anterior lumbar interbody fusion for adjacent segment disease after posterior lumbar fusion[J]. *Orthop Surg*, 2014, 6(1): 78-79.
32. Li J, Dumonski ML, Liu Q, et al. A multicenter study to evaluate the safety and efficacy of a stand-alone anterior carbon I/F cage for anterior lumbar interbody fusion: two-year results from a Food and Drug Administration investigational device exemption clinical trial [J]. *Spine*, 2010, 35(26): E1564-1570.
33. Lehmen JA, Gerber EJ. MIS lateral spine surgery: a systematic literature review of complications, outcomes, and economics[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(Suppl 3): 287-313.
34. Palejwala SK, Sheen WA, Walter CM, et al. Minimally invasive lateral transposas interbody fusion using a stand-alone construct for the treatment of adjacent segment disease of the lumbar spine: review of the literature and report of three cases[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2014, 124: 90-96.
35. Wang MY, Vasudevan R, Mindea SA. Minimally invasive lateral interbody fusion for the treatment of rostral adjacent-segment lumbar degenerative stenosis without supplemental pedicle screw fixation[J]. *J Neurosurg Spine*, 2014, 21(6): 861-866.
36. Phillips FM, Carlson GD, Bohlman HH, et al. Results of surgery for spinal stenosis adjacent to previous lumbar fusion [J]. *J Spinal Disord*, 2000, 13(5): 432-437.
37. Schlegel JD, Smith JA, Schleusener RL. Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar, and lumbosacral fusions[J]. *Spine*, 1996, 21(8): 970-981.
38. Zhu H, Zhou XZ, Cheng MH, et al. Coblation nucleoplasty for adjacent segment degeneration after posterolateral fusion surgery: a case report [J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2012, 25(4): 235-238.
39. Nachanakian A, El HA, Alaywan M. The interspinous spacer: a new posterior dynamic stabilization concept for prevention of adjacent segment disease[J]. *Adv Orthop*, 2013, 2013: 637362.
40. Bertagnoli R, Yue JJ, Fenk-Mayer A, et al. Treatment of symptomatic adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with total disc arthroplasty by using the prodisce prosthesis: a prospective study with 2-year minimum follow up[J]. *J Neurosurg Spine*, 2006, 4(2): 91-97.
41. Mashaly H, Paschel EE, Khattar NK, et al. Posterior lumbar dynamic stabilization instead of arthrodesis for symptomatic adjacent-segment degenerative stenosis: description of a novel technique[J]. *Neurosurg Focus*, 2016, 40(1): E5.

(收稿日期: 2016-09-18 修回日期: 2016-10-21)

(本文编辑 卢庆霞)