

· 综述 ·

动态稳定系统的生物力学和临床应用进展

钟建斌¹, 胡 勇^{2*}

1. 宁波大学医学院, 宁波 315211

2. 宁波大学医学院附属宁波市第六医院脊柱外科, 宁波 315040

【关键词】腰椎; 椎管狭窄; 椎间盘移位; 脊椎滑脱; 内固定器; 综述文献

【中图分类号】R 681.533 【文献标志码】A 【文章编号】1672-2957(2019)05-0355-05

【DOI】10.3969/j.issn.1672-2957.2019.05.012

Advances in biomechanics and clinical application of dynamic neutralization system

ZHONG Jian-bin¹, HU Yong^{2*}

1. School of Medicine, Ningbo University, Ningbo 315211, Zhejiang, China

2. Department of Spinal Surgery, Ningbo No.6 Hospital, Medical School of Ningbo University, Ningbo 315040, Zhejiang, China

【Key Words】Lumbar vertebrae; Spinal stenosis; Intervertebral disk displacement; Spondylolysis; Internal fixators; Review literature

J Spinal Surg, 2019, 17(5): 355-359

动态稳定系统(Dynesys)由Stoll等^[1]在Graf韧带系统的基础上改进设计而成, 现已广泛应用于治疗腰椎退行性疾病(LDD)。LDD主要包括腰椎间盘突出、继发性腰椎椎管狭窄、退行性椎体滑脱及退行性脊柱侧凸等, 当引发严重腰腿部疼痛、神经根压迫等临床症状时往往需要手术治疗。与传统后路腰椎椎间融合术(PLIF)及经椎间孔腰椎椎间融合术(TLIF)相比, Dynesys通过椎弓根螺钉连接产生的动态推拉关系在固定节段对抗异常折弯力和剪切力、改善固定节段应力传导的同时保留固定节段活动度(ROM), 进而减少术后邻近节段退行性变(ASD)的发生^[2]。然而, 目前关于Dynesys的临床疗效尚存在争议。本文对近年来国内外关于Dynesys的相关研究进行分析, 从生物力学、临床应用等方面作如下综述。

1 Dynesys的生物力学

Dynesys通过聚酯绳索和弹性套管限制固定节段过度前屈和后伸, 组成的推拉装置与椎弓根螺钉

间保持微动状态, 保留了固定节段ROM^[3]。研究表明, Dynesys可为固定节段提供良好的稳定性、减轻固定节段纤维环压力及关节面应力, 但同时也增加了邻近节段ROM、纤维环压力及关节突关节的异常应力^[4]。故Dynesys尚未达到完全卸载椎间盘异常应力及均匀终板承重的理想状态。此外, 置入内固定会引起椎体旋转中心后移, 导致限制旋转运动不足, 在维持椎体矢状位平衡方面尚不理想^[5], Dynesys的生物力学机制需进一步深入研究。

LDD主要病变部位为椎间盘和关节突关节, 椎间盘在生理状态下均匀承受应力, 然而在椎间盘退行性变过程中随着椎间盘髓核水化率降低及椎间隙高度下降, 导致大部分应力转移至外围纤维环, 造成腰椎旋转轴力线改变及相邻节段应力分布异常^[6], 进而导致椎间盘突出、腰椎滑脱、脊柱侧凸等疾病发生。人体腰椎生理运动姿势为一种复合旋转和移位状态, 不发生明显单侧旋转和头尾运动, 病理状态下腰椎同样存在类似的耦合运动^[7]。因而发生椎间盘退行性变时, 病变部位缺乏主导旋转轴, 表现为在左右侧曲及前屈时, 病变关节面及邻近关节ROM增大^[8]。这表明椎间盘退行性变不但影响病变关节, 同时也造成邻近关节ROM改变以及应力负荷增加, 进而导致ASD发生。

基金项目: 宁波市科技惠民项目(2016C51001);

宁波大学2019年度研究生科研创新基金(G19134)

作者简介: 钟建斌(1994—), 硕士在读, 医师; zjb042639@163.com

*通信作者: 胡 勇 huyong610@163.com

目前研究表明,Dynesys可保留固定节段ROM并能有效维持椎间稳定性,避免椎体发生异常活动。Más等^[4]使用三维有限元模型的对照研究发现,58例采用Dynesys内固定术的LDD患者,不同平面在运动状态下,Dynesys较PLIF能明显保留固定节段ROM和最大侧曲ROM。Choi等^[9]在Dynesys与PLIF的生物力学对比研究中发现,L₄/L₅节段病变应用Dynesys能保持椎体最佳稳定性,PLIF对邻近关节ROM改变较Dynesys明显,更易导致ASD发生。此外,Dynesys在前屈和后伸状态下,颅侧节段ROM改变较尾侧明显,提示术后ASD易发生于固定节段颅侧。Kulduk等^[10]运用有限元模型研究发现,L₄/L₅节段在前屈、后伸及水平旋转状态下若被施加400 N压力,Dynesys可有效降低固定节段椎间盘压力负荷,但在前屈和后伸状态下可造成邻近节段关节面应力增加,提示Dynesys可将固定节段应力转移至邻近节段,增加相邻节段的压力负荷。Kiapour等^[11]运用有限元模型研究了L₃~S₁椎间盘切除术中使用Dynesys对腰椎生物力学的影响,发现在侧曲及后伸状态下Dynesys螺钉应力负荷较刚性固定系统高28%,全椎间盘切除术中螺钉松解力矩是局部椎间盘切除术的6倍,在全椎间盘切除术中应用Dynesys可增加40%的前屈及200%的轴向旋转运动,造成螺钉应力负荷增加,术后易发生螺钉松动、断裂等不良事件。Jahng等^[12]的研究也表明,Dynesys固定节段在前屈状态下随着力矩增大,可造成邻近关节突关节应力明显增加。上述研究证明了Dynesys通过保持固定节段良好的稳定性,能有效降低病变节段异常应力,但Dynesys在前屈状态下可将应力转移至邻近节段,导致邻近节段关节面及关节突关节压力负荷增大,提示在前屈状态下更易发生ASD。

2 Dynesys的临床应用

2.1 Dynesys的临床疗效

Zhou等^[13]分析了老年腰椎椎管狭窄症患者临床资料,20例采用TLIF治疗,15例采用Dynesys内固定术治疗,术后5 d腰背疼痛视觉模拟量表(VAS)评分Dynesys组低于TLIF组,末次随访时Dynesys组固定节段ROM降低,TLIF组ROM消失,Dynesys组相邻节段ROM无明显变化,TLIF组相邻节段ROM高于术前,提示Dynesys可有效避免术后假关节形成,治疗老年腰椎椎管狭窄症具有优势。余洋等^[14]应用Dynesys内固定术治疗7例I度

腰椎滑脱伴椎管狭窄患者,结果显示,术后VAS评分、Oswestry功能障碍指数(ODI)较术前明显降低,腰椎滑脱节段Meyerding分级无进一步发展,证明Dynesys可保持固定节段良好的稳定性,防止腰椎滑脱进展。Hoppe等^[15]对39例L_{4,5}退行性椎体滑脱患者实施了双侧减压Dynesys内固定术,术后平均随访7.2年,结果证实Dynesys治疗退行性腰椎滑脱具有良好的长期疗效。

虽然部分研究对Dynesys在临床中的疗效较为肯定,但亦有学者认为Dynesys临床疗效并不优于传统融合术。Kuo等^[16]对照研究了L_{4,5}I度滑脱患者22例行MIS-TLIF和64例行Dynesys内固定术治疗,平均随访32.7个月,结果发现,2组末次随访VAS评分、日本骨科学会(JOA)评分、ODI和影像学结果并无明显差异,而Dynesys较MIS-TLIF远期存在更高螺钉磨损及松动风险,认为Dynesys治疗LDD较传统融合术并无明显优势。关于Dynesys内固定术后并发症与传统融合术的对比,Pham等^[17]纳入1 166例患者,平均随访33.7个月,Dynesys内固定术后感染率为4.3%,椎弓根螺钉松动率为11.7%,椎弓根螺钉断裂率为1.6%,11.3%的患者进行翻修手术,ASD发生率为7.0%,其中40.6%的患者进行二次手术治疗,表明Dynesys内固定术并发症发生率与传统融合术相比并无明显优势。此外,Neukamp等^[18]通过扫描电子显微镜和红外光谱仪评估Dynesys术后磨损情况,发现所有弹性套管及装置平均2.86年后出现磨损表现,其中60%的弹性套管周围组织发现高分子颗粒及异物相关性巨噬细胞反应,提示Dynesys磨损后产生的微颗粒物可导致组织慢性炎症反应。

综上,Dynesys的术后感染、脑脊液漏及螺钉松动、断裂、错位和术后翻修等并发症发生率与传统融合术相似。Dynesys保留了腰椎部分ROM,在维持腰椎生理曲度及避免假关节形成方面较融合术有一定优势,但同时也注意到Dynesys中的聚酯绳索和弹性套管会发生高分子颗粒降解,进而导致异物相关性巨噬细胞反应。因此,关于Dynesys的安全性及长期疗效需进一步证实。

2.2 Dynesys对邻近节段的影响

Dynesys通过保留固定节段ROM,减少邻近节段异常应力,避免ASD发生,目前大部分临床随访研究支持Dynesys能有效延缓ASD病程。Lee等^[19]对照研究了L₄/L₅节段LDD患者行TLIF和Dynesys内固定术后邻近节段影像学改变,平均随访61个

月, 末次随访发现 TLIF 组 L₂~S₁ 双侧关节突关节及固定节段单侧关节突关节退行性变较 Dynesys 组明显, 认为 Dynesys 可有效预防 ASD。Hou 等^[20]对 LDD 患者行 Dynesys 内固定术和 PLIF 术后影像学(MRI)资料进行比较分析, 发现 Dynesys 组术后 Woodend 分级较 PLIF 组低, 表观弥散系数较 PLIF 组高, 证明 Dynesys 可有效预防和延缓椎间盘退行性变。Bredin 等^[21]采用 Dynesys 内固定术和 PLIF 治疗复发性腰椎椎间盘突出伴腰椎椎管狭窄症, 平均随访 5.5 年, 末次随访时 Dynesys 组固定节段 ROM 为 4.1°, PLIF 组为 0.7°, 影像学资料提示 Dynesys 组 ASD 发生率为 12.1%, PLIF 组为 36.0%, 表明 Dynesys 较 PLIF 能有效预防 ASD 进展。Lee 等^[22]经过平均 44.8 个月的随访发现, Dynesys 内固定术后邻近节段椎间盘、关节突关节未发现进一步退行性改变, 证实 Dynesys 能有效延缓 ASD。张阳等^[23]随访研究了 96 例 LDD 患者, 其中 46 例行 Dynesys 内固定术, 50 例行 PLIF, 术后平均随访 2 年均获得良好的临床疗效。与 PLIF 相比, Dynesys 能保留手术节段 ROM, 邻近节段 ROM 的增幅及 ASD 发生率均较低。

然而, 亦有学者对 Dynesys 预防 ASD 的发生持不同看法。Yang 等^[24]回顾性分析行 Dynesys 内固定术和 PLIF 治疗的 LDD 患者的临床资料, 发现 Dynesys 组虽能保留固定节段 ROM, 但固定节段椎间盘退行性变、相邻节段 ROM 和 ASD 与 PLIF 组无明显差异, 认为 Dynesys 较 PLIF 在预防 ASD 发生方面并无明显优势。St-Pierre 等^[25]对 52 例 Dynesys 内固定术后患者进行了平均 92 个月的长期随访, 通过随机森林法进行多变量分析, 结果显示, 29% 的患者平均 45 个月后发现 ASD, 17% 的患者平均 65 个月后发现椎体融合, 提出 ASD 的发生与患者既往 ASD 病史、固定节段神经损伤、LDD 复发和多节段腰椎退行性变相关, 最终认为 ASD 是由多个病因联合造成的人体自然退行性改变, 与 Dynesys 保持固定节段低融合率特性无明显关联。Payer 等^[26]应用 Dynesys 内固定术治疗 30 例单节段腰椎退行性滑脱患者, 通过 2 年随访发现 10% 的患者出现明显 ASD 临床症状, 认为 Dynesys 并不能有效预防 ASD 发生。

目前的大部分研究提示, 腰椎术后发生 ASD 的危险因素是多元的, 主要包括年龄、体质量、ASD、内固定方式、融合节段范围、周围组织破坏、脊柱-骨盆矢状面参数失衡等^[27-30]。笔者认为, Dynesys 内固定术通过保留部分腰椎 ROM, 部分避免脊柱-骨盆矢状面参数失衡造成的腰椎不稳, 对于预防 ASD

进展有一定作用。然而, ASD 的致病因素较为复杂, 除手术因素之外, 患者个体因素也是术后发生 ASD 的重要原因。因此, 由于内固定方式的不同而造成术后 ASD 只是其众多危险因素其中之一, 关于 Dynesys 内固定术预防 ASD 的作用还需长期、多中心的随机对照随访研究来阐明。

2.3 Dynesys 适应证与禁忌证

目前尚无明确标准定义 Dynesys 的适应证与禁忌证。Chang 等^[31]研究了采用 Dynesys 内固定术治疗的 30 例青年 LDD 患者的临床疗效, 10 年随访发现, Dynesys 能延缓 LDD 病程并能有效防止术后腰椎特发性不稳, 认为 Dynesys 适用于腰椎无/轻度不稳的青年患者。Hoppe 等^[15]的研究表明, Dynesys 治疗 L₄/L₅ 退行性腰椎滑脱伴椎管狭窄具有良好的远期疗效。Lee 等^[22]提出 Dynesys 适用于治疗融合术后发生 ASD 的患者, 并可有效延缓 ASD 进程。余洋等^[14]的研究表明, Dynesys 的良好稳定性能有效防止轻度腰椎滑脱进展。Lee 等^[32]的荟萃分析纳入了 506 位患者临床资料, 认为融合术仍是治疗晚期 LDD 和严重腰椎不稳的首选方法, Dynesys 则更适用需要快速康复的 I 度及以下的腰椎滑脱患者。Kuo 等^[33]对 206 例单/双节段 LDD 患者进行平均 51.1 个月的随访, 发现 20.4% 的患者出现螺钉松动, 其中大部分涉及 S₁ 节段, 认为高龄、肥胖、S₁ 节段受累及术后未能恢复腰椎生理前凸的患者因存在更高的螺钉松动风险而不适用 Dynesys。Fay 等^[34]认为年龄 > 60 岁的患者接受 Dynesys 内固定术后容易发生邻近关节突关节融合, 导致固定节段 ROM 降低, 加速 ASD 的发生而不适用 Dynesys。

综上, Dynesys 内固定术对于青年、腰椎无/轻度不稳、腰椎轻度滑脱的患者有较好的临床疗效, 而对高龄、肥胖、晚期 LDD、严重腰椎不稳、S₁ 节段受累以及术后未能恢复腰椎生理前凸的患者因存在较多的术后并发症而不建议使用。

3 Dynesys 联合多裂肌与最长肌间隙(Wiltse)入路减压术

Dynesys 因其具有良好稳定性及保留固定节段 ROM 等优势, 在治疗 LDD 方面获得了良好的临床疗效, 然而却不能有效解决神经根压迫问题。研究表明, Dynesys 联合后侧旁入路减压术可有效缓解神经根症状。Liu 等^[35]采用 Dynesys 联合 Wiltse 入路减压术治疗 37 例神经根压迫的 LDD 患者, 平均随访 20 个月, 末次随访时所有患者术后椎间隙高度增

加,椎间盘ROM部分保留,对相邻节段未产生明显影响,未发生腰椎不稳、螺钉松动、断裂或扭曲等不良事件。Lee等^[36]的研究纳入了行Dynesys联合Wiltse入路减压术治疗的28例老年腰椎椎管狭窄症伴退行性脊柱侧凸患者,平均随访30.7个月,术前平均腰椎侧凸角为13.7°,术后3、12、24个月及末次随访时腰椎侧凸角分别为5.1°、3.8°、4.2°和3.9°,下肢及腰背部VAS评分及ODI明显降低,未发生神经功能缺损、加重及脊柱侧凸加重等不良事件;表明Dynesys联合Wiltse入路减压术能有效保留腰椎ROM及前凸状态,是治疗老年腰椎椎管狭窄症伴轻中度脊柱侧凸安全有效的手术方式。Landi等^[37]的研究则证明Dynesys联合Wiltse入路减压术可作为PLIF术后失败患者的一种挽救术式,并在后期随访中显示了良好的临床疗效。

4 结语与展望

Dynesys作为目前广泛应用的一种动态内固定装置,其相较PLIF及TLIF能有效保留固定节段的生理ROM,减少邻近节段的异常应力,其手术时间、术中出血量、住院时间、术后VAS评分、术后JOA评分、术后ODI及术后影像学结果均较传统融合术有明显优势。目前的临床研究对于Dynesys能否预防ASD尚存在争议,故还需进行长期、多中心的随机对照随访研究来阐明Dynesys的临床疗效、适应证及禁忌证。随着快速康复外科理念的提出,腰椎后侧旁入路微创动态内固定术具有良好的临床应用前景。改进Dynesys部件使其可适应完全经皮置入的微创手术,进而实现微创和非融合相结合的理念,这可能是LDD治疗的一种新方向。

参考文献

- [1] Stoll TM, Dubois G, Schwarzenbach O. The dynamic neutralization system for the spine: a multi-center study of a novel non-fusion system[J]. Eur Spine J, 2002, 11 (Suppl 2): S170-S178.
- [2] Courville X, Torretti J, Sengupta DK. Dynamic stabilization: principles and current clinical practice[J]. Seminars in Spine Surg, 2008, 20(2): 146-153.
- [3] Bono CM, Kadaba M, Vaccaro AR. Posterior pedicle fixation-based dynamic stabilization devices for the treatment of degenerative diseases of the lumbar spine[J]. J Spinal Disord Tech, 2009, 22(5): 376-383.
- [4] Más Y, Gracia L, Ibarz E, et al. Finite element simulation and clinical follow-up of lumbar spine biomechanics with dynamic fixations[J]. PLoS One, 2017, 12(11): e0188328.
- [5] Barrey CY, Ponnappan RK, Song J, et al. Biomechanical evaluation of pedicle screw-based dynamic stabilization devices for the lumbar spine: a systematic review[J]. SAS J, 2008, 2(4): 159-170.
- [6] Barrey CY. Pedicle screw-based dynamic stabilization devices for the lumbar spine[J]. Argospine News J, 2009, 21(2): 78-84.
- [7] Kozanek M, Wang S, Passias PG, et al. Range of motion and orientation of the lumbar facet joints *in vivo* [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(19): E689-E696.
- [8] Li W, Wang S, Xia Q, et al. Lumbar facet joint motion in patients with degenerative disc disease at affected and adjacent levels: an *in vivo* biomechanical study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(10): E629-E637.
- [9] Choi HW, Kim YE, Chae SW. Effects of the level of mono-segmental dynamic stabilization on the whole lumbar spine[J]. Int J Precis Eng Man, 2016, 17(5): 603-611.
- [10] Kulduk A, Altun NS, Senkoylu A. Biomechanical comparison of effects of the Dynesys and Coflex dynamic stabilization systems on range of motion and loading characteristics in the lumbar spine: a finite element study[J]. Int J Med Robot, 2015, 11(4): 400-405.
- [11] Kiapour A, Ambati D, Hoy RW, et al. Effect of graded facetectomy on biomechanics of Dynesys dynamic stabilization system[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(10): E581-E589.
- [12] Jahng TA, Kim YE, Moon KY. Comparison of the biomechanical effect of pedicle-based dynamic stabilization: a study using finite element analysis[J]. Spine J, 2013, 13(1): 85-94.
- [13] Zhou X, Zheng C, WU J, et al. Short-term effectiveness of Dynesys stabilization vs. TLIF through Wiltse approaches for treatment of lumbar spinal stenosis in elderly patients[J]. J Spinal Surg, 2017, 15(2): 82-88.
- [14] 余洋, 谭彪, 杨世鹏, 等. 脊柱动态稳定系统治疗退行性腰椎 I 度滑脱的安全性及临床疗效评估[J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(16): 25-26.
- [15] Hoppe S, Schwarzenbach O, Aghayev E, et al. Long-term outcome after monosegmental L_{4/5} stabilization for degenerative spondylolisthesis with the Dynesys device[J]. Clin Spine Surg, 2016, 29(2): 72-77.
- [16] Kuo CH, Chang PY, Wu JC, et al. Dynamic stabilization for L₄₋₅ spondylolisthesis: comparison with minimally

- invasive transforaminal lumbar interbody fusion with more than 2 years of follow-up[J]. Neurosurg Focus, 2016, 40(1): E3.
- [17] Pham MH, Mehta VA, Patel NN, et al. Complications associated with the Dynesys dynamic stabilization system: a comprehensive review of the literature[J]. Neurosurg Focus, 2016, 40(1): E2.
- [18] Neukamp M, Roeder C, Veruva SY, et al. *In vivo* compatibility of Dynesys(®) spinal implants: a case series of five retrieved periprosthetic tissue samples and corresponding implants[J]. Eur Spine J, 2015, 24(5): 1074-1084.
- [19] Lee SE, Jahng TA, Kim HJ. Facet joint changes after application of lumbar nonfusion dynamic stabilization[J]. Neurosurg Focus, 2016, 40(1): E6.
- [20] Hou Y, Tian SH, Bu HJ, et al. Dynesys placement on lumbar spine stability during total lumbar laminectomy decompression *via* posterior midline approach[J]. J Clin Neurosurg, 2015, 12(1): 51-53.
- [21] Bredin S, Demay O, Mensa C, et al. Posterolateral fusion versus Dynesys dynamic stabilization: retrospective study at a minimum 5.5 years' follow-up[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2017, 103(8): 1241-1244.
- [22] Lee SE, Jahng TA, Kim HJ. Clinical experiences of non-fusion dynamic stabilization surgery for adjacent segmental pathology after lumbar fusion[J]. Int J Spine Surg, 2016, 10: 8.
- [23] 张阳, 李放, 单建林, 等. Dynesys 动态内固定与融合术治疗腰椎退变疾病的对比研究[J]. 脊柱外科杂志, 2014, 12(1): 19-24.
- [24] Yang M, Li C, Chen Z, et al. Short term outcome of posterior dynamic stabilization system in degenerative lumbar diseases[J]. Indian J Orthop, 2014, 48(6): 574-581.
- [25] St-Pierre GH, Jack A, Siddiqui MM, et al. Nonfusion does not prevent adjacent segment disease: Dynesys long-term outcomes with minimum five-year follow-up[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2016, 41(3): 265-273.
- [26] Payer M, Smoll NR, Oezkan N, et al. Dynamic transpedicular stabilisation and decompression in single-level degenerative anterolisthesis and stenosis[J]. Acta Neurochir(Wien), 2014, 156(2): 221-227.
- [27] Okuda S, Nagamoto Y, Matsumoto T, et al. Adjacent segment disease after single segment posterior lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis: minimum 10 years follow-up[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2018, 43(23): E1384-E1388.
- [28] de la Garza-Ramos R, Kerezoudis P, Sciubba DM, et al. The effect of preoperative diagnosis on the incidence of adjacent segment disease after lumbar fusion[J]. J Neurosurg Sci, 2018, 62(1): 4-9.
- [29] Wang H, Ma L, Yang D, et al. Incidence and risk factors of adjacent segment disease following posterior decompression and instrumented fusion for degenerative lumbar disorders[J]. Medicine(Baltimore), 2017, 96(5): e6032.
- [30] Park JS, Shim KD, Song YS, et al. Risk factor analysis of adjacent segment disease requiring surgery after short lumbar fusion: the influence of rheumatoid arthritis[J]. Spine J, 2018, 18(9): 1578-1583.
- [31] Chang CJ. Is Dynesys a good device for motion preservation and prevention of idiopathic unstable after decompression surgery[J]. Global Spine J, 2015, (5): 112.
- [32] Lee CH, Jahng TA, Hyun SJ, et al. Dynamic stabilization using the Dynesys system versus posterior lumbar interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar spinal disease: a clinical and radiological outcomes-based meta-analysis[J]. Neurosurg Focus, 2016, 40(1): E7.
- [33] Kuo CH, Chang PY, Tu TH, et al. The effect of lumbar lordosis on screw loosening in Dynesys dynamic stabilization: four-year follow-up with computed tomography[J]. Biomed Res Int, 2015, 2015: 152435.
- [34] Fay LY, Chang PY, Wu JC, et al. Dynesys dynamic stabilization-related facet arthrodesis[J]. Neurosurg Focus, 2016, 40(1): E4.
- [35] Liu C, Wang L, Tian JW. Early clinical effects of the Dynesys system plus transfacet decompression through the Wiltse approach for the treatment of lumbar degenerative diseases[J]. Med Sci Monit, 2014, 20: 853-859.
- [36] Lee SE, Jahng TA, Kim HJ. Decompression and nonfusion dynamic stabilization for spinal stenosis with degenerative lumbar scoliosis: clinical article[J]. J Neurosurg Spine, 2014, 21(4): 585-594.
- [37] Landi A, Marotta N, Gregori F, et al. Lumbar dynamic minimally invasive stabilization with Dynesys system through Wiltse far-lateral approach; A surgical alternative to the open surgery in case of failure of interspinous posterior device[J]. J Spine Neurosurg, 2015, 4: 3.

(收稿日期: 2018-08-18)

(本文编辑: 张建芬)