

DOI:10.3724/SP.J.1008.2010.00790

后路椎弓根螺钉动态固定系统治疗腰椎退行性疾病临床疗效分析的研究进展

魏显招, 吴大江, 祁敏, 李明*

第二军医大学长海医院骨科, 上海 200433

[摘要] 后路椎弓根螺钉动态固定是当前脊柱外科非融合手术研究领域的热点,其具有保留脊柱节段运动功能的特点,可避免脊柱融合术后节段的应力改变,防止邻近节段退变。近年来,各种后路椎弓根螺钉动态固定系统被初步应用于临床治疗腰椎退行性疾病。作为传统融合手术的革新,其临床疗效评价成为目前关注的焦点。因此,本文主要就后路椎弓根螺钉动态固定系统临床应用疗效研究作一综述。

[关键词] 后路椎弓根螺钉动态固定; 腰椎疾病; 治疗结果; 评价

[中图分类号] R 681.533 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2010)07-0790-04

Evaluation of posterior pedicle fixation-based dynamic stabilization in treatment of degenerative lumbar disease: recent progress

WEI Xian-zhao, WU Da-jiang, QI Min, LI Ming*

Department of Orthopaedics, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

[Abstract] Posterior pedicle fixation-based dynamic stabilization is now densely studied in the non-fusion spine surgery. The method is characterized by the motion preservation of segmental lumbar, avoidance of the stress change after fusion surgery, and adjacent disc degeneration. Posterior pedicle fixation-based dynamic stabilization systems have undergone fast development and are now used for the treatment of degenerative lumbar spine disease. As an innovation of traditional fusion surgery, the clinical evaluation of its efficacy has become a focus of study among spine surgeons. In this paper, we review the recent progress in the clinical efficacy of posterior pedicle fixation-based dynamic stabilization.

[Key words] posterior pedicle fixation-based dynamic stabilization; lumbar diseases; outcome; evaluation

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2010, 31(7): 790-793]

近年来,随着脊柱外科手术理念的新发展,传统的椎间融合术受到了新的挑战,非融合手术逐渐成为当前脊柱外科研究的热点,其中后路椎弓根螺钉动态固定 (posterior pedicle fixation-based dynamic stabilization) 系统受到了许多关注,并在临床中得到了相应的推广与应用。作为一种新的治疗手段,后路椎弓根螺钉动态固定系统的临床疗效评估是目前脊柱外科学界关注的重点。

1 后路椎弓根螺钉动态固定系统基本原理及分类

传统脊柱融合术的理念指退变的脊椎节段以不稳定为主要表现的异常运动是产生疼痛的原因,消除受累节段的运动可消除不稳定,进而减轻临床症状,这一理念近年来因脊柱外科的发展受到了挑战。Mulholland 等^[1]认为异常活动所致椎间盘内载荷异常分布是下腰痛的直接原因,并据此提出了动态固定 (dynamic stabilization) 的概念。动态固定是指改变腰椎运动节段的活动范围及负荷而不进行融合的一种

固定方式,即应用动态固定将运动节段的活动限制在正常或接近正常范围内,避免异常载荷的产生。根据设计和作用原理不同,动态固定系统主要包括棘突间植入系统和椎弓根螺钉动态固定系统,目前后路椎弓根螺钉动态固定系统主要有 Graf 纽带、Dynesys 系统、Isobar 动态棒系统、Cosmic 系统、支架辅助软固定 (FASS) 系统、DSS 系统等。

2 后路椎弓根螺钉动态固定系统临床疗效评价指标

目前临床用于脊柱动态内固定系统疗效评价的指标较多,主要可分为主观指标与客观指标。主观指标主要以患者的主观感受为评判依据,国际上常用的有 SF-36 量表 (short-form 36 health survey)、苏黎世跛行问卷 (Zurich claudication questionnaire, ZCQ)、疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scales, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)。主观指标受个体因素影响比较大,但是疾病治疗的对象是患者,患者自身的主观感受对疗效的评价具有不

[收稿日期] 2009-11-11 **[接受日期]** 2010-01-29

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划(2007BA104B07)。Supported by the “11th Five-year Plan” for National Key Technology R & D Program(2007BA104B07)。

[作者简介] 魏显招,第二军医大学临床医学八年制 2004 级学员, E-mail: weixianzhao@126.com

* 通讯作者 (Corresponding author). Tel: 021-81873398, E-mail: limingch@21cn.com

可替代的优越性。客观指标主要有影像信息与可测量的数据,如临床上常用的有各体位的X线片、磁共振(MRI)、CT、步行距离(walking distance)、脊柱活动度(range of motion)、相邻椎体间距离等,以及如感染率、螺钉松动比率等并发症发生率。面对较多的评价指标,在评估各种后路椎弓根螺钉动态固定系统临床疗效时,可根据临床随访关注的重点进行针对性选择。

3 各后路椎弓根螺钉动态固定系统临床疗效研究

临床疗效包括中短期疗效和长期疗效,因各系统的研发和应用时间不同,各系统的临床随访时间也各有长短。应用时间较长、应用较广的如 Graf 韧带、Dynesys 系统临床随访时间长,临床疗效报道较多,而一些新研发的系统,由于应用相对不广或应用时间短,相关的随访报道尚少。

3.1 Graf 韧带 Graf 韧带于 1992 年由 Graf 提出^[2],是最早应用于脊柱非融合固定的器械之一,并在临床得到广泛应用。Graf 系统以关节突关节和后部纤维环为支点,通过拉紧聚酯带使固定节段完全锁定后拉伸,牵开前方的椎间隙以消除椎体间的异常活动。目前,Graf 系统主要应用于治疗退行性椎间盘病变和椎体滑脱。

Graf 系统治疗退行性椎间盘病变的临床疗效报道不一。最初 Graf^[2]和 Grevitt 等^[3]分别对用 Graf 系统治疗椎间盘退行性病变患者进行了 6~24 个月和 13~36 个月的随访,患者对症状缓解的满意率分别为 80%和 72%,认为其在短期内可以达到与融合固定相似的效果。大部分的临床随访结果均表明 Graf 系统中长期疗效基本令人满意。Madan 等^[4]对两组病情无差异的退变性椎间盘疾病患者的前瞻性研究中(单节 Graf 固定组 28 例,单节前路椎间融合器融合组 27 例),进行了 2.1~4.4 年的随访,Graf 组的患者满意率与 Oswestry 功能障碍指数均优于融合组。Gardner 等^[5]对 31 例行 Graf 系统固定的退变性椎间盘疾病患者进行约 7 年随访,患者满意率为 62%,患者平均 ODI 由术前的 59%改善至最后随访时的 37.7%,结果提示 Graf 固定维持了长期的较好疗效。Markwalder 等^[6]也报道了以 Graf 系统治疗经严格选择的 39 例退变性椎间盘疾病患者的 7.4 年随访结果,疗效优、好、满意、一般、差分别为 43.6%、20.5%、10.2%、23.1%和 2.6%;腰痛和腿痛等级 VAS 评分为 0 比例分别占 69.2%和 92.3%。因此有些观点认为只要严格筛选适应证,Graf 系统固定对经保守治疗无效的较年轻腰痛患者有较好的长期临床疗效^[6-7]。适应证的选择与疗效之间关系密切,Hashimoto 等^[8]认为 Graf 系统适合于轻中度的腰椎退行性病变伴屈曲不稳。

有些临床随访报道显示 Graf 系统的临床疗效不佳。Hallow 等^[9]对 Graf 手术和后外侧植骨融合术治疗退行性腰椎不稳患者进行回顾性对照研究,分别于术后 1 年和 2 年对疗效进行评价,发现 Graf 手术 1 年后的疗效较差,2 年后翻修率较高。Guigui 等^[10]采用减压、Graf 固定治疗 26 例腰椎管狭窄患者并随访 29 个月,神经根症状普遍缓解(与减压有关),而腰痛缓解较一般,仅半数腰痛有改善,且有 15%术后恶化,27%发生腰椎不稳,因此其认为 Graf 系统固定治疗腰

椎管狭窄对腰痛并无改善,也不能避免大多数不稳节段的滑移。Rigby 等^[11]对 51 例腰椎管狭窄导致机械性不稳患者进行中长期随访,发现 ODI 仅从术前平均 46%变为术后平均 40%,12 例出现并发症(4 例需要手术治疗),7 例再行骨性融合术,41%患者不愿再行 Graf 手术,认为该术式的长期结果不如近期,应慎重选用。这可能与 Graf 系统的生物力学原理有关。Graf 系统以关节突关节和后部纤维环为支点,在限制腰椎活动的同时,增加了关节突关节和后部纤维环的载荷,并可能造成侧隐窝狭窄和神经根卡压。

在治疗椎体滑脱方面,Konno 等^[12]对采用单纯减压和结合 Graf 系统治疗退行性腰椎滑脱病例进行前瞻性对照研究,随访 1~3 年的结果表明,Graf 系统虽然不能阻止下肢症状的复发,但却能明显减轻下腰痛。一项评判 Graf 系统治疗腰椎退行性滑脱中期疗效的研究表明,术后患者临床各项评分得到改善,治疗节段保持了腰椎的前凸,虽然椎体的滑移没有改善,但是椎间隙狭窄减小,保留了节段运动,认为 Graf 系统可用于 I 度椎体滑脱的治疗^[13]。Kanayama 等^[14]报道了以 Graf 系统治疗腰椎退行性病变至少 10 年的临床随访结果,认为 Graf 系统是轻度腰椎滑脱和屈曲不稳的有效治疗方式。关于对邻近节段的影响,Kanayama 等^[15]对比了 18 例 L₄₋₅经 Graf 固定和 27 例侧后方融合固定 5 年后邻近节段的情况,认为 Graf 纽带可以有效降低相邻节段退变的风险。

3.2 Dynesys 动态平稳系统 Dubois 在 1994 年设计并应用 Dynesys 装置,其主要包括两侧的椎弓根螺钉和连于上下螺钉之间的圆管状撑开器,撑开器内有一根张力带,撑开器可抵抗压力,防止脊柱过伸,张力带则防止脊柱过屈。许多短中期随访结果表明,椎间盘退变、腰椎滑脱或腰椎管狭窄的患者单纯 Dynesys 固定治疗 1~2 年后,以各种评价指标检验临床疗效均表明患者症状缓解明显,满意度高^[16-18]。为同时达到减压与单纯固定的效果,临床上常将 Dynesys 固定与减压相结合。Stoll 等^[19]报道多中心采用 Dynesys 共治疗 83 例不同类型腰椎不稳患者(椎管狭窄、退变性椎间盘病、椎间盘突出、再次修复手术和退变性滑脱),其中 56 例同时行神经减压术,73 例得到 11.2~79.1 个月的随访,结果显示 ODI 从术前平均 55.4%改善为术后平均 22.9%,认为在行神经减压术后,Dynesys 手术是一种安全、有效的稳定不稳腰椎的术式。Schnake 等^[20]对 26 例行椎板减压和 Dynesys 固定的腰椎管狭窄和退行性腰椎滑脱患者进行了至少 2 年的随访,认为减压加 Dynesys 固定与传统的固定手术效果相似,Dynesys 固定可以防止退行病和腰椎不稳的进展。Würgler-Hauri 等^[21]对 37 例腰椎管狭窄、腰椎不稳和椎间盘退行变的患者微创神经根减压后行 Dynesys 固定,各种评价指标均显示,患者术后 1 年以内疗效好,并发症少。Putzier 等^[22]对髓核摘除后 Dynesys 固定与单纯髓核摘除平均随访 34 个月进行对比,术后 3 个月 2 组的 ODI 与 VAS 显著改善,但是随后非固定组 ODI 与 VAS 分数增加,动力性固定组影像学未见椎间盘退变,而单纯髓核摘除组见节段性椎间盘加速退变。这些结果均证明 Dynesys 固定的临床有效性是肯定的。

目前关于 Dynesys 装置固定术是否优于脊柱融合术也有争论。Grob 等^[23]对 31 例 Dynesys 动力性固定术后患者

行最短2年的随访资料进行回顾性分析,Dynesys动力性固定术后患者平均腰腿疼痛缓解率不高,只有半数人认为手术有作用或改善了生活质量,不到半数的人认为手术改善功能,再手术率(19%)相对高,研究结果认为Dynesys手术并不优于经典的融合术。Putzier等^[24]为研究Dynesys固定不同适应证的有效性,将患者分3组:(1)椎间盘变性或凸出组;(2)骨软骨病或小关节骨性关节炎组;(3)多节段退行性变与脊椎滑脱组。研究发现,ODI与VAS在前2组术前较术后显著改变,第3组无明显改善。X线及MRI显示,前2组手术节段或邻近节段无病变进展,第3组2/3出现手术节段的进行性退变,1/3出现邻近节段的退变。5例发生并发症,其中4例出现在第3组。因此作者对Dynesys固定多节段退行性变与脊椎滑脱的有效性及这一适应证提出了质疑。Schwarzenbach等^[25]认为Dynesys在有骨质疏松的老年患者,或伴有滑脱、椎间盘退变严重的巨大脊柱节段不稳患者的应用有限制。近年来,研究者开始关注于Dynesys固定对于病变邻近节段的影响。另一项至少4年的随访研究结果表明,腰椎狭窄和退行性腰椎滑脱以减压和Dynesys固定长期临床疗效良好,影像学评估结果亦良好,足以保持稳定以阻止腰椎滑脱的进展,但是邻近节段的退变进展无改善仍是一个问题^[26]。Schnake等^[20]报道Dynesys装置固定术后2年,有29%患者出现邻近节段退变迹象。Kumar等^[27]发现Dynesys固定后,邻近节段的椎间盘退变仍呈进行性变化,认为Dynesys固定并不改善相邻节段的变化。有研究认为Dynesys单节段固定不影响相邻节段的活动性^[28],而Vaga等^[29]认为Dynesys固定虽可以改善病变节段的椎间盘退变,但增加邻近椎间盘的应力,可以引发早期邻近椎间盘的退变。

3.3 Isobar 动态棒固定系统 Isobar半刚性动态棒系统于1997年由美国Scient'X公司研发,该系统的动态棒包含一个受控微动关节,具有±0.2 mm的纵向位移,±2°的三维活动度,在融合邻近部位起到“震荡吸收器”作用。Isobar系统可以单节段非融合固定或应用于融合邻近节段,以减少应力遮挡,分散植入物,维持椎间高度与活动度,预防融合节段相邻的椎间盘退变。

Perrin和Cristini^[30]报道了以Isobar系统治疗L₄₋₅或L₅~S₁滑脱患者的临床评价,其中22例患者随访8.27年。Isobar系统对滑脱节段行融合固定,对邻近节段以动态固定,所有患者的滑脱节段得到成功融合,72%患者无或只有轻度腰痛,91%患者对手术效果满意,而邻近非融合节段无滑脱或退变发生。因此Perrin^[31]认为Isobar系统可以有效改善临床腰椎滑脱的临床症状并有效防止邻近节段的退变。2005年世界脊柱年会上,Awasthi^[32]报道了以Isobar系统治疗13例患者的临床效果,患者为退行性椎间盘变性,腰椎滑脱,假关节形成,不稳,1~3个节段的不稳。10例患者进行了两节段固定(比如L₁~S₁融合,L₄~L₅动态固定),3例患者进行了3节段固定(比如L₄~S₁融合,L₃₋₄动态固定)。患者ODI从术前51%改善至术后18个月的22%,并发症包括L₅神经损伤,作者也认为Isobar可以稳定融合节段上方的运动,减少邻近节段的退行性病变。目前关于Isobar半刚性动

态棒系统的临床研究报道尚少,需更多的临床研究来进行评价其临床安全性与有效性,特别是对防止邻近节段退变的有效性。

3.4 其他经椎弓根螺钉动态固定系统 近年来其他各种经椎弓根螺钉动力性内固定系统相继发明设计,如由Ulrich医疗公司研发的Cosmic后路椎弓根螺钉动态固定系统,其最突出的特点就是具有铰链式椎弓根螺钉头,可以允许轴向运动,以减少骨与螺钉接触面的应力。Cosmic系统的适应证为椎管狭窄、滑脱、骨折、侧凸等。Von Strempe^[33]以此系统治疗203例患者,96例得到1年随访,38例2年随访,以传统融合为对照,术后1年融合组患者的ODI从23.7%降至14.7%,VAS从5.8降至3.4,而Cosmic固定组的Oswestry功能障碍指数从术前25.4%改善至17.0%,VAS从5.7改善至2.9,Cosmic组中有7例患者出现螺钉松动,4例需要翻修。目前关于一项多中心的研究正在评估Cosmic系统的临床疗效。全后路关节成形系统(total posterior arthroplasty system, TOPS)为椎弓钉后路关节成形假体,目的为脊柱提供动态、多轴、三柱的动态固定。McAfee等^[34]报道了以TOPS系统治疗29例腰椎管狭窄或滑脱的患者,1年随访VAS下肢痛评分从88改善至12,ODI从57%改善至16%,ZCQ从57%降至26%。未发现滑脱加重或螺钉松动。其他经椎弓根螺钉动态固定系统还有FASS系统、全小关节成形系统(TFAS)、DSS系统、AccuFlex钉棒系统、PEEK钉棒系统、Stabilimax NZ系统、Axient SC系统等^[35],关于这些系统临床应用及其临床疗效的报道尚少,许多正在进行相关的随访和临床疗效评价,需要更多的时间和研究评估这些系统的有效性和安全性。

4 展望

非融合技术是脊柱外科未来的发展趋势之一,后路椎弓根螺钉动态固定随着材料科学、生物力学研究的进展取得了较快的发展。临床疗效评价是衡量腰椎棘突间内固定系统临床应用价值的关键,就目前来看,大多数随访报道认为椎弓根螺钉动态固定可取得与融合相同的短期疗效,但是长期疗效,特别是对邻近节段退行性病变的影响,需要进一步观察。另外,许多新研发的动态固定系统目前仍然缺少有力的临床证据证明其有效性与安全性。如何完善临床研究和进行长期的随访,确定各脊柱动力性固定系统的最佳适应证,是取得临床疗效评价满意结果的关键。

【参考文献】

- [1] Mulholland R C, Sengupta D K. Rationale, principles and experimental evaluation of the concept of soft stabilization[J]. Eur Spine J, 2002, 11 Suppl 2: S198-S205.
- [2] Graf H. Lumbar instability: surgical treatment without fusion[J]. Rachis, 1992, 412: 123-137.
- [3] Grevitt M P, Gardner A D, Spilsbury J, Shackelford I M, Baskerville R, Pursell L M, et al. The Graf stabilisation system: early results in 50 patients[J]. Eur Spine J, 1995, 4: 169-175.
- [4] Madan S, Boeree N R. Outcome of the Graf ligamentoplasty procedure compared with anterior lumbar interbody fusion with the Hartshill horseshoe cage[J]. Eur Spine J, 2003, 12: 361-368.

- [5] Gardner A, Pande K C. Graf ligamentoplasty: a 7-year follow-up [J]. *Eur Spine J*, 2002, 11 Suppl 2: S157-S163.
- [6] Markwalder T M, Wenger M. Dynamic stabilization of lumbar motion segments by use of Graf's ligaments: results with an average follow-up of 7.4 years in 39 highly selected, consecutive patients [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2003, 145: 209-214.
- [7] Saxler G, Wedemeyer C, von Knoch M, Render U M, Quint U. [Follow-up study after dynamic and static stabilisation of the lumbar spine] [J]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 2005, 143: 92-99.
- [8] Hashimoto T, Oha F, Shigenobu K, Kanayama M, Harada M, Ohkoshi Y, et al. Mid-term clinical results of Graf stabilization for lumbar degenerative pathologies. a minimum 2-year follow-up [J]. *Spine J*, 2001, 1: 283-289.
- [9] Hadlow S V, Fagan A B, Hillier T M, Fraser R D. The Graf ligamentoplasty procedure. Comparison with posterolateral fusion in the management of low back pain [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1998, 23: 1172-1179.
- [10] Guigui P, Chopin D. [Assessment of the use of the Graf ligamentoplasty in the surgical treatment of lumbar spinal stenosis. Apropos of a series of 26 patients] [J]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 1994, 80: 681-688.
- [11] Rigby M C, Selmon G P, Foy M A, Fogg A J. Graf ligament stabilisation: mid- to long-term follow-up [J]. *Eur Spine J*, 2001, 10: 234-236.
- [12] Konno S, Kikuchi S. Prospective study of surgical treatment of degenerative spondylolisthesis: comparison between decompression alone and decompression with graf system stabilization [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25: 1533-1537.
- [13] Kanayama M, Hashimoto T, Shigenobu K, Oha F, Ishida T, Yamane S. Non-fusion surgery for degenerative spondylolisthesis using artificial ligament stabilization: surgical indication and clinical results [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30: 588-592.
- [14] Kanayama M, Hashimoto T, Shigenobu K, Togawa D, Oha F. A minimum 10-year follow-up of posterior dynamic stabilization using Graf artificial ligament [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007, 32: 1992-1996.
- [15] Kanayama M, Hashimoto T, Shigenobu K, Harada M, Oha F, Ohkoshi Y, et al. Adjacent-segment morbidity after Graf ligamentoplasty compared with posterolateral lumbar fusion [J]. *J Neurosurg*, 2001, 95(1 Suppl): 5-10.
- [16] Bordes-Monmeneu M, Bordes-Garcia V, Rodrigo-Baeza F, Saez D. [System of dynamic neutralization in the lumbar spine: experience on 94 cases] [J]. *Neurocirugia (Astur)*, 2005, 16: 499-506.
- [17] Welch W C, Cheng B C, Awad T E, Davis R, Maxwell J H, Delamarter R, et al. Clinical outcomes of the Dynesys dynamic neutralization system: 1-year preliminary results [J]. *Neurosurg Focus*, 2007, 22: E8.
- [18] Bothmann M, Kast E, Boldt G J, Oberle J. Dynesys fixation for lumbar spine degeneration [J]. *Neurosurg Rev*, 2008, 31: 189-196.
- [19] Stoll T M, 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.
- [20] Schnake K J, Schaeren S, Jeanneret B. Dynamic stabilization in addition to decompression for lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31: 442-449.
- [21] Würgler-Hauri C C, Kalbarczyk A, Wiesli M, Landolt H, Fandino J. Dynamic neutralization of the lumbar spine after microsurgical decompression in acquired lumbar spinal stenosis and segmental instability [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33: E66-E72.
- [22] Putzier M, Schneider S V, Funk J F, Tohtz S W, Perka C. The surgical treatment of the lumbar disc prolapse: nucleotomy with additional transpedicular dynamic stabilization versus nucleotomy alone [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30: E109-E114.
- [23] Grob D, Benini A, Junge A, Mannion A F. Clinical experience with the Dynesys semirigid fixation system for the lumbar spine: surgical and patient-oriented outcome in 50 cases after an average of 2 years [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30: 324-331.
- [24] Putzier M, Schneider S V, Funk J, Perka C. [Application of a dynamic pedicle screw system (DYNESYS) for lumbar segmental degenerations-comparison of clinical and radiological results for different indications] [J]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 2004, 142: 166-173.
- [25] Schwarzenbach O, Berlemann U, Stoll T M, Dubois G. Posterior dynamic stabilization systems: DYNESYS [J]. *Orthop Clin North Am*, 2005, 36: 363-372.
- [26] Schaeren S, Broger I, Jeanneret B. Minimum four-year follow-up of spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis treated with decompression and dynamic stabilization [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33: E636-E642.
- [27] Kumar A, Beastall J, Hughes J, Karadimas E J, Nicol M, Smith F, et al. Disc changes in the bridged and adjacent segments after Dynesys dynamic stabilization system after two years [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33: 2909-2914.
- [28] Cakir B, Carazzo C, Schmidt R, Mattes T, Reichel H, Käfer W. Adjacent segment mobility after rigid and semirigid instrumentation of the lumbar spine [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34: 1287-1291.
- [29] Vaga S, Brayda-Bruno M, Perona F, Fornari M, Raimondi M T, Petruzzi M, et al. Molecular MR imaging for the evaluation of the effect of dynamic stabilization on lumbar intervertebral discs [J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(Suppl 1): 40-48.
- [30] Perrin G, Cristini A. Prevention of adjacent level degeneration above a fused vertebral segment: long-term effect, after a mean follow-up of 8.27 years of the semi-rigid intervertebral fixation as a protective technique for pathological adjacent disc [C]. *International Meeting for Advanced Spine Techniques*, 2005.
- [31] Perrin G. Treatment of lumbar spondylolisthesis and related unstable spinal lesion: the usefulness of PLIF with cages and dynamic interpedicular posterior fixation for circumferential arthrodesis and prevention of adjacent level degeneration [C]. *World Spine III*. Rio de Janeiro, 2005.
- [32] Awasthi D. Juxtafusal outcomes with the dynamic posterior lumbar instrumentation [C]. *World Spine III*. Rio de Janeiro, Brazil, 2005.
- [33] Von Stempel A. Stabilisation of the degenerated lumbar spine in the non-fusion technique with cosmic posterior dynamic system [J]. *World Spine J*, 2006, 1: 40-47.
- [34] McAfee P, Khoo L T, Pimenta L, Capuccino A, Sengoz A, Coric D, et al. Treatment of lumbar spinal stenosis with a total posterior arthroplasty prosthesis: implant description, surgical technique, and a prospective report on 29 patients [J]. *Neurosurg Focus*, 2007, 22: E13.
- [35] Bono C M, Kadaba M, Vaccaro A R. Posterior pedicle fixation-based dynamic stabilization devices for the treatment of degenerative diseases of the lumbar spine [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2009, 22: 376-383.