

DOI:10.3724/SP.J.1008.2014.01145

· 短篇论著 ·

## Dynesys 动态固定与腰椎融合固定治疗腰椎退变性疾病的临床比较研究

杨峰, 何大为\*, 朱晓东, 栗景峰

第二军医大学长海医院骨科, 上海 200433

**[摘要]** **目的** 通过对比 Dynesys 动态固定与融合固定治疗腰椎退变性疾病的疗效, 评价 Dynesys 动态固定在治疗腰椎退变性疾病中的应用价值。 **方法** 回顾性分析 2009 年 6 月至 2010 年 6 月在第二军医大学长海医院接受手术治疗的腰椎退变性疾病患者 60 例, 按动态固定和融合固定分组。接受 Dynesys 动态内固定的患者 26 例, 男性 15 例、女性 11 例, 年龄  $(42.45 \pm 10.12)$  岁 (32~56 岁), 突出节段:  $L_4 \sim L_5$  节段 13 例,  $L_5 \sim S_1$  节段 13 例。接受脊柱融合手术的患者 34 例, 男性 20 例、女性 14 例, 年龄  $(45.24 \pm 12.15)$  岁 (38~60 岁), 突出节段:  $L_4 \sim L_5$  节段 18 例,  $L_5 \sim S_1$  节段 16 例。比较两组手术时间、术中出血量、住院天数, 术前及末次随访时的 Oswestry 功能障碍指数 (ODI)、腰腿疼痛视觉模拟评分 (VAS) 和健康状况调查问卷 (SF-36) 等临床评分结果以及腰椎活动度、椎间隙高度变化情况。 **结果** 所有患者全部获得随访, 随访时间 3~4 年, 平均随访  $(3.2 \pm 0.2)$  年。两组在手术时间、术中出血量方面差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 平均住院天数差异无统计学意义。末次随访时患者的 ODI、VAS、SF-36 临床评分均较术前有明显改善 ( $P < 0.01$ ), Dynesys 组相比融合组改善明显 ( $P < 0.01$ )。末次随访时两组腰椎活动度均较术前无明显变化, 两组间腰椎活动度比较差异无统计学意义; 末次随访时两组椎间隙高度均较术前无明显丢失, 两组间椎间隙高度比较差异无统计学意义。 **结论** Dynesys 动态固定在影像学结果方面与融合组相比较优势并不显著, 在相邻节段退变方面, 也没有明确的证据显示融合固定比 Dynesys 动态固定更容易发生相邻节段退变。但是临床评分结果相比, Dynesys 动态固定改善得更多, 另外 Dynesys 动态固定还具有出血少、手术时间短等优点, 对中老年患有腰椎退变性疾病的患者, Dynesys 动态固定是一个可以接受的选择。

**[关键词]** Dynesys 动态稳定系统; 腰椎融合固定; 腰椎退变性疾病

**[中图分类号]** R 681.533 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2014)10-1145-06

### Dynesys dynamic fixation and lumbar spinal fusion for treatment of lumbar degenerative disease: a clinical comparative study

YANG Feng, HE Da-wei\*, ZHU Xiao-dong, LI Jing-feng

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

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the value of Dynesys dynamic fixation for treatment of lumbar degenerative disease by comparing with lumbar spinal fusion. **Methods** The clinical data of 60 patients with lumbar degenerative disease, who were treated in Changhai Hospital from June 2009 to June 2010, were retrospectively analyzed. Twenty-six patients, including 15 males and 11 females, with age ranging 32-56 years (average  $[42.45 \pm 10.12]$  years), received Dynesys implantation for segments  $L_4 \sim L_5$  (13 cases) and  $L_5 \sim S_1$  (13 cases). Thirty-four patients, including 20 males and 14 females, with age ranging 38-60 years (average  $[45.24 \pm 12.15]$  years), received fusion implantation for segments  $L_4 \sim L_5$  (18 cases) and  $L_5 \sim S_1$  (16 cases). The following parameters were observed and compared between the two groups: operation time, blood loss, hospital stay, preoperative Oswestry disability index (ODI), ODI at last follow-up, low back and leg pain visual analogue scale (VAS), results of health status questionnaire (SF-36), segmental angulation degree of lumbar spine, and intervertebral height. **Results** All the 60 patients were followed up for 3-4 years (average  $[3.2 \pm 0.2]$  years). The operation time and intra-operative blood loss were significantly different between the two groups ( $P < 0.05$ ), and no difference was found for average hospital days. The ODI, VAS, and SF-36 clinical scores at last follow-up were significantly improved compared with those before operation in the two groups ( $P < 0.01$ ), with the improvement in Dynesys group being more significant than the fusion group ( $P < 0.01$ ). The segmental angulation degree of lumbar spine had no noticeable improvement in the two groups at last follow-up, and there were no significant differences between the two groups. There was no intervertebral height loss at the last follow-

**[收稿日期]** 2014-01-09 **[接受日期]** 2014-03-26

**[作者简介]** 杨峰, 硕士, 主治医师。现在黑龙江省大庆市龙南医院骨科工作。E-mail: yangfeng1271030@163.com

\* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 13916316600, E-mail: hedawei2000@sina.com

up in the two groups, and there was no significant difference in intervertebral heights between the two groups. **Conclusion** Dynesys dynamic lumbar fixation shows no more advantages in terms of radiological results compared with the fusion group. Moreover, fusion fixation is not suggested to have more adjacent segment degeneration(ASD) than Dynesys dynamic lumbar fixation. But clinically Dynesys dynamic lumbar fixation yields a greater improvement, with the advantages of less bleeding and shorter operation time. In middle-aged and elderly patients with degenerative diseases, Dynesys dynamic lumbar fixation is an acceptable choice.

[Key words] Dynesys dynamic stabilization; lumbar fusion; lumbar spine degenerative disease

[Acad J Sec Mil Med Univ,2014,35(10):1145-1150]

脊柱融合术应用于临床已有半个世纪之久,在大多数脊柱手术后,融合与否已经成为判断手术是否成功的金标准。融合术在神经组织减压后能够提供足够的脊柱稳定性,并且能够保持脊柱序列,临床效果可靠。但是脊柱融合术后,其正常的生理功能及生物力学行为发生改变,导致许多问题接踵而来,如:术后出现邻近节段退变,继发性失稳,正常生理活动丧失,甚至有些患者假关节形成导致融合失败<sup>[1]</sup>。这些问题让学者们重新思考,是否可以在常规减压手术后采取非融合的方法,重建手术节段正常的生理功能,从而减少融合术后带来的一系列问题。经广大医学工作者的不懈努力,非融合技术应运而生,历经 30 余年的实践和不断改良,非融合技术已经取得了很好的临床效果,尤其是采用椎弓根螺钉三柱固定的 Dynesys 动态稳定内固定系统。Dynesys 系统既可以稳定手术节段,又保留了固定节段部分活动度,已逐渐被骨科医生所接受。本研究旨在从临床和影像学结果角度,比较 Dynesys 动态非融合内固定与传统融合手术在治疗患有单节段腰椎退变性疾病的中老年患者的临床效果。

## 1 资料和方法

1.1 一般资料 选取 2009 年 6 月至 2010 年 6 月在第二军医大学长海医院骨科接受治疗的患者。病例纳入标准:(1)确诊单节段腰椎退变性疾病,适应证是巨大椎间盘髓核突出或脱出,椎间隙变窄,或者单节段腰椎中央管狭窄或侧隐窝狭窄。(2)患者均接受保守治疗 3 个月以上无效。排除标准:(1)腰椎滑脱> I 度;(2)退变性侧弯>10°;(3)以往曾接受脊柱融合手术;(4)脊柱恶性肿瘤;(5)显著骨质疏松;(6)椎体骨折、感染;(7)患有多器官系统慢性疾病,无法耐受手术。共 60 例患者入选本研究,其中接受 Dynesys 内固定的患者有 26 例(Dynesys 组),

男性 15 例、女性 11 例,年龄(42.45±10.12)岁(32~56 岁),体质指数 20~25 kg/m<sup>2</sup>,平均 23.2 kg/m<sup>2</sup>。突出节段:L<sub>4</sub>~L<sub>5</sub> 节段 13 例,L<sub>5</sub>~S<sub>1</sub> 节段 13 例。接受脊柱融合手术的患者有 34 例(融合组),男性 20 例、女性 14 例,年龄(45.24±12.15)岁(38~60 岁),体质指数 20~24.8 kg/m<sup>2</sup>,平均 22.8 kg/m<sup>2</sup>。突出节段:L<sub>4</sub>~L<sub>5</sub> 节段 18 例,L<sub>5</sub>~S<sub>1</sub> 节段 16 例。

1.2 手术方法 融合组:采用腰椎后路融合手术。所有病例全部采用腰椎后路椎板减压髓核摘除,通过术前查体及影像学分析,确定责任间盘,摘除突出的髓核组织。共有 14 例固定 3 个椎体,20 例固定 2 个椎体,固定 3 个椎体是因为责任间盘的邻近间盘有明显退变,但磁共振成像显示没有明显压迫硬膜及神经根,因此术中给予固定,没有处理退变的间盘。植骨包括两种,横突旁自体骨植骨融合或椎间 cage 融合加自体骨椎间及横突旁植骨融合,术后常规胶管引流,术后卧床 1 周,1 周后佩戴腰围下床行走。

Dynesys 组:同样采用椎板切除减压、责任间盘髓核摘除,椎弓根螺钉固定。减压范围、责任间盘判定、固定的椎体数量与融合组相同。Dynesys 系统的主要组成部件为钛合金椎弓根螺钉、透明的聚氨基甲酸乙酯套管和聚对苯二甲酸二乙酯(PET)绳索,该系统通过椎弓根螺钉固定,然后使用聚对苯二甲酸二乙酯绳索和合成聚酯套管将螺钉连接起来,整个连接结构不包含任何金属组件。术后常规胶管引流,术后卧床 1 周,1 周后佩戴腰围下床行走。

1.3 评价指标 (1)术中指标:比较两组术中失血量、手术时间、相关并发症和住院天数。(2)临床评价指标:于术前、术后 6 个月、1 年、2 年、3~4 年对患者进行随访。术前及术后随访时采用 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、腰腿疼痛视觉模拟评分(visual analog scale, VAS)和健

康状况调查问卷(36-item short form, SF-36)完成对患者术前、术后随访时的临床结果进行评估。本研究主要着眼于对患者远期效果的评估,因此以术前、末次随访时的数据进行比较。末次随访时按照以下公式计算各指标改善率:

$$\text{ODI 改善率}(\%) = (\text{术前评分} - \text{术后评分}) / (50 - \text{术后评分}) \times 100\%$$

$$\text{VAS 改善率}(\%) = (\text{术前评分} - \text{术后评分}) / \text{术前评分} \times 100\%$$

$$\text{SF-36 改善率}(\%) = (\text{术前评分} - \text{术后评分}) / (800 - \text{术前评分}) \times 100\%$$

(3)影像学指标:收集术前、末次随访时患者腰椎正侧位及动力位 X 线片,测量病变节段及其邻近节段椎间隙高度(侧位 X 线片上椎间隙前后缘及中部距离的平均值)、椎间活动度(动力位 X 线片上相邻椎体上下缘夹角之差)及腰椎整体活动度(动力位 X 线片上 L<sub>1</sub> 椎体上缘与 S<sub>1</sub> 椎体上缘夹角之差)。

1.4 统计学处理 采用 SPSS13.0 统计软件进行数据录入及分析,数据以  $\bar{x} \pm s$  表示。Dynesys 组与融合组术后结果比较采用单因素方差分析,组内手术前后比较采用配对 *t* 检验,检验水准( $\alpha$ )为 0.05。

## 2 结果

2.1 两组患者术中指标比较 Dynesys 组平均手术时间(60±15)min(75~100 min),术中平均失血量(100±20) mL(45~300 mL),平均住院天数(7±

3)d(7~12 d)。融合组平均手术时间(80±15)min(80~150 min),术中平均失血量(200±20) mL(90~500 mL),平均住院天数(7±3)d(7~12 d)。两组患者平均手术时间及术中平均失血量差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),平均住院天数差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组患者均无螺钉松动的病例发生。融合组术中有 2 例出现脑脊液漏,Dynesys 组有 1 例术中发生脑脊液漏的患者,术后没有出现不良反应。随访至今,尚未发现术后腰椎不稳的病例发生。

2.2 两组患者临床指标评分比较 两组总共 60 例患者全部获得了随访,随访时间 3~4 年,平均随访(3.2±0.2)年。全部患者末次随访时 ODI 评分、VAS 评分、SF-36 评分较术前均有明显改善,改善率分别为(59.82±8.64)%、(75.23±4.52)%、(52.82±9.82)%。末次随访时 Dynesys 组 ODI、VAS、SF-36 改善率均高于融合组[(65±12)% vs (50±6)%、(71±10)% vs (54±8)%、(61±14)% vs (50±11)%],差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。

2.3 两组患者 X 线结果比较 结果如表 1 所示,末次随访时,两组间腰椎活动度在 L<sub>1</sub>~S<sub>1</sub> 节段以及邻近节段比较,差异无统计学意义;两组间椎间隙高度比较,差异亦无统计学意义;与术前比较,两组末次随访时 L<sub>1</sub>~S<sub>1</sub> 节段及邻近节段的活动度均无明显变化,椎间隙高度均无明显丢失。典型病例影像学资料见图 1。

表 1 两组腰椎活动度和椎间隙高度比较

$n=60, \bar{x} \pm s$

组别	腰椎活动度 $\theta/(\circ)$				椎间隙高度 $l/\text{mm}$		
	L <sub>3</sub> ~L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub> ~L <sub>5</sub>	L <sub>5</sub> ~S <sub>1</sub>	L <sub>1</sub> ~S <sub>1</sub>	L <sub>3</sub> ~L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub> ~L <sub>5</sub>	L <sub>5</sub> ~S <sub>1</sub>
Dynesys 组( $n=26$ )							
术前	10.2±2.5	12.8±2.0	16.8±2.4	31.3±2.5	10.4±2.1	11.8±1.9	8.8±1.8
末次随访	9.8±2.6	12.0±2.0	15.9±2.4	32.4±2.3	10.5±2.2	11.0±2.0	9.0±1.4
融合组( $n=34$ )							
术前	9.9±2.4	12.5±1.8	17.1±1.6	32.1±1.5	10.2±2.4	12.6±1.1	9.0±1.9
末次随访	10.1±1.6	11.9±2.8	17.4±1.1	31.6±2.4	10.1±2.6	12.9±1.8	10.0±0.2

## 3 讨论

对于患有腰椎退变性疾病的患者,外科治疗的目的是缓解患者的临床症状,尤其是神经根受压导致的腰腿疼痛,恢复患者原有的生活质量。为了实现这一治疗目的,外科医生选择的手术方式目前基本有以下几种:(1)减压同时给予融合固定以重建

腰椎的稳定性;(2)减压后给予非融合固定,以期望术后一方面不但能够获得与融合术相同的腰椎的稳定性,另一方面又能够维持一定的腰椎活动功能,减少邻近节段退变;(3)单纯减压,往往适用于可以采用微创手术治疗的病例。目前减压之后给予融合固定还是非融合固定,在学术界有着颇多的争论。

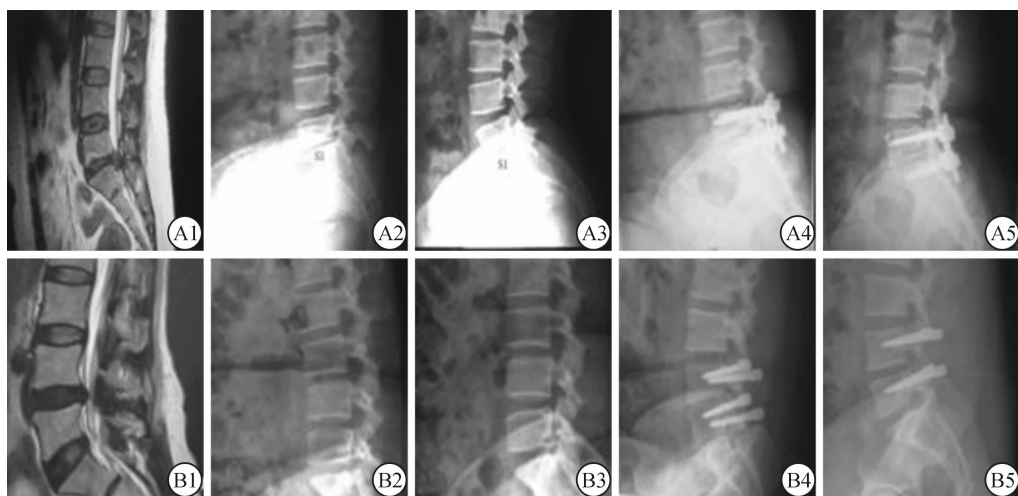


图 1 典型病例影像学资料

A1~A5:患者男性,38岁。A1为MRI显示L<sub>5</sub>~S<sub>1</sub>腰椎间盘突出,A2和A3为术前动力位X线片(A2为过屈位,A3为过伸位),给予L<sub>5</sub>~S<sub>1</sub>间盘切除减压椎间融合内固定术,A4和A5为术后3年半随访时动力位X线片,未发现间盘高度明显丢失、过伸位椎间角度变小、过屈位椎间角度未见显著变化;B1~B5:患者男性,30岁。B1为MRI显示L<sub>4</sub>~L<sub>5</sub>腰椎间盘突出,B2和B3为术前动力位X线片(B2为过屈位,B3为过伸位),给予L<sub>4</sub>~L<sub>5</sub>间盘切除减压Dynesys内固定术,B4和B5为术后3年随访时动力位X线片,未发现间盘高度丢失、过伸位椎间角度变大、过屈位椎间角度变大

对于Dynesys非融合固定,Klößner等<sup>[2]</sup>报道接受减压加Dynesys固定的20例患者均获得较好的临床治疗结果。Yu等<sup>[3]</sup>比较了接受减压融合固定和减压Dynesys非融合固定的患者35例,经过3年随访,Dynesys组在ODI、VAS等临床结果方面改善得更多。Schaeren等<sup>[4]</sup>报道19例退变性脊柱滑脱I度的患者,在接受减压Dynesys非融合固定术后,经过4年随访,患者均获得了极好的临床结果,特别是Dynesys装置提供了足够的稳定性,患者没有出现进一步的滑脱。Di Silvestre等<sup>[5]</sup>分析了29例接受减压Dynesys固定的伴有脊柱侧凸的老年患者,结果获得了足够的稳定性,阻止了进一步的侧弯与不稳,在ODI、VAS等临床结果方面较术前得到了明显的改善,但是作者认为与融合组比较临床结果没有差异。目前在很多报道中,接受减压Dynesys固定的患者,在ODI、VAS等评分方面均得到了明显的改善,这些报道选择的患者大部分是老年人,而本研究选择的大多是中年患者。在本研究中我们发现,在ODI、VAS、SF-36临床评分方面两组末次随访时相比术前均有明显改善,末次随访时两组组间比较Dynesys治疗组改善更多。这与前面的研究结果类似,我们认为与融合术相比,Dynesys是一个应力分享的装置,理论上它能够允许术后固定节段部分的活动功能,对于中年患者,术后较老

年人更需要较多的腰椎活动范围,因此在ODI、VAS、SF-36等主观评分方面相比融合术改善得更多,另外我们对全部患者均给予减压治疗,这可能也是术后获得好的临床结果的原因。

使用Dynesys非融合装置主要目的是保留正常的腰椎结构,稳定腰椎,改变各运动节段的负重模式,减少后部终板、纤维环承受的应力,分散小关节承受的应力,限制异常活动,保留正常活动,不影响邻近节段椎间盘内的应力与运动,从而延缓邻近节段的退变。有很多数据显示,融合术后加速了邻近节段退变,而Dynesys动态稳定装置可能会克服对邻近节段的影响。Putzier等<sup>[6]</sup>分析了分别接受Dynesys动态固定与单纯摘除间盘的84例患者,平均随访34个月,作者认为Dynesys阻止了邻近节段的间盘退变,而单纯摘除间盘的患者出现了邻近节段间盘退变加速的现象。但是关于脊柱融合与非融合术对邻近节段的影响尚有争议,一些学者认为,脊柱融合后增加了邻近节段的应力,容易导致邻近节段的退变<sup>[7-11]</sup>,一些报道更认为,接受融合术后,有20%的患者出现了邻近节段的退变问题,尤其是接受多节段融合术的患者更为明显<sup>[12-16]</sup>。理论上,以Dynesys为代表的动态稳定系统可以允许手术节段的活动,从而预防或延缓邻近节段的退变,但是也有一些学者提出了质疑,认为间盘退变可能是一个持

续的进程,退变是一个自然发生的过程,与固定方式无关<sup>[17-18]</sup>。Kim 等<sup>[19]</sup>认为 Dynesys 动态稳定系统只是保存了有限的手术节段的活动,对于固定节段之上,仍然可以引起应力增加,特别是在多节段固定的患者,术后仍需要密切关注邻近节段退变的问题。

有数据显示,融合术后,邻近节段代偿性的运动过强,而邻近节段代偿性的运动增加将是预测邻近节段退变的必不可少的条件。Shono 等<sup>[20]</sup>发现随着融合术后时间的增加,邻近节段的运动范围也会成比例的相应增加。在尸体实验中,一些学者发现融合术后,邻近节段的运动代偿性增加<sup>[21-22]</sup>。但是也有一些学者提出相反的观点,Beastall 等<sup>[23]</sup>通过分析 24 例使用 Dynesys 动态固定的患者发现,术后腰椎整体活动范围及固定节段活动范围较术前减少,但是邻近节段的活动范围没有明显的变化。Cakir 等<sup>[24]</sup>分析了 26 例患者,其中 11 例给予 Dynesys 动态固定,15 例给予融合固定,结果在 Dynesys 动态固定组术前、术后固定节段的腰椎活动度没有不同,邻近节段的腰椎活动度也没有变化,作者认为与传统的融合术相比 Dynesys 没有明确的优势。

本研究中,无论是融合组还是 Dynesys 非融合组,两组术后的椎间隙高度较术前相比均没有明显丢失,两组术后 L<sub>1</sub>~S<sub>1</sub> 的活动度及邻近节段的活动度较术前相比均没有明显变化。组间比较也没有统计学差异。因此我们认为没有明确的证据显示融合固定比动态固定更容易发生相邻节段退变。

本研究发现,Dynesys 非融合组在手术时间、术中出血量方面相比融合组少,住院时间相当,这是因为 Dynesys 不需要植骨,无需终板准备,同时术中剥离少,从而导致出血少,手术时间短。

在并发症方面,Dynesys 动态固定最让人担忧是螺钉松动,尤其在伴有滑脱的患者,Ko 等<sup>[25]</sup>分析了 71 例伴有腰椎滑脱接受 1 个或 2 个椎板减压的患者,19.7% 的患者(4.6% 螺钉)被发现 X 线证据的螺钉松动,但是螺钉松动并没有影响临床结果的改善。Bothmann 等<sup>[26]</sup>报道 54 例患者使用 Dynesys 动态固定,经过平均 16 个月随访,发现 17.5% 的患者出现有症状的螺钉松动,作者认为在青年人中螺钉松动发生的趋势明显增加,而与年龄、骨质疏松、错误的螺钉置入位置无明显关系。在本研究中,随访至今,并没有螺钉松动的病例发生,可能是因为我们选择的螺钉大部分都是带有涂层的螺钉,涂层可以促进骨长入,从而减少螺钉松动的发生。

本研究存在一定的局限性:(1)充分确定邻近节段的退变与临床结果还需要更长时间的随访观察。(2)在 X 线测量方面还存在潜在的误差,首先由于患者疼痛等原因,拍照 X 线的体位可能不能完全合乎要求;其次,完全通过 X 线来确定邻近节段的退变与活动范围也不是很精确,虽然我们尽可能使数据准确。(3)患者在填写临床量表评分时,由于患者受教育程度不同,理解上也会出现不同,另外,患者的情绪也会影响患者在填写量表时的评分。(4)本研究主要着眼于对患者远期效果的评估,因此以术前、末次随访时的数据进行比较研究,在试验设计方面可能具有一定的局限性。

总之,本研究结果表明 Dynesys 动态固定在影像学结果方面并不比融合术具有确切的优势,而且在相邻节段退变方面,也没有明确的证据显示融合固定比 Dynesys 动态固定更容易发生相邻节段退变。但是相比临床结果,Dynesys 动态固定改善得更多。另外,Dynesys 动态固定还具有出血少、手术时间短等优点。因此我们认为,与传统的融合术相比,在中老年患有巨大椎间盘髓核突出或脱出导致椎间隙变窄,或者单节段腰椎中央管狭窄或侧隐窝狭窄的患者,Dynesys 动态固定是一个好的可以接受的选择。当然动态固定与融合固定相比,其适应证与疗效仍然是值得继续探讨的课题。

#### 4 利益冲突

所有作者声明本文不涉及任何利益冲突。

#### [参考文献]

- [1] Yorimitsu E, Chiba K, Toyama Y, Hirabayashi K. Long-term outcomes of standard discectomy for lumbar disc herniation: a follow-up study of more than 10 years [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26: 652-657.
- [2] Klöckner C, Beck A. [Polysegmental Dynesys system]. *Orthopade*, 2011, 40: 156-161.
- [3] Yu S W, Yen C Y, Wu C H, Kao F C, Kao Y H, Tu Y K. Radiographic and clinical results of posterior dynamic stabilization for the treatment of multisegment degenerative disc disease with a minimum follow-up of 3 years [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2012, 132: 583-589.
- [4] 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.
- [5] Di Silvestre M, Lolli F, Bakaloudis G. Degenerative lumbar scoliosis in elderly patients: dynamic stabilization without fusion versus posterior instrumented fusion[J]. Spine J, 2014, 14: 1-10.
- [6] 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.
- [7] Schmoelz W, Huber J F, Nydegger T, Dipl-Ing, Claes L, Wilke H J. Dynamic stabilization of the lumbar spine and its effects on adjacent segments: an *in vitro* experiment[J]. J Spinal Disord Tech, 2003, 16: 418-423.
- [8] Sapkas G S, Themistocleous G S, Mavrogenis A F, Benetos I S, Metaxas N, Papagelopoulos P J. Stabilization of the lumbar spine using the dynamic neutralization system[J]. Orthopedics, 2007, 30: 859-865.
- [9] Schwarzenbach O, Berlemann U, Stoll T M, Dubois G. Posterior dynamic stabilization systems: DYNESYS [J]. Orthop Clin North Am, 2005, 36: 363-372.
- [10] Rohlmann A, Calisse J, Bergmann G, Weber U. Internal spinal fixator stiffness has only a minor influence on stresses in the adjacent discs [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1999, 24: 1192-1195.
- [11] Cunningham B W, Kotani Y, McNulty P S, Cappuccino A, McAfee P C. The effect of spinal destabilization and instrumentation on lumbar intradiscal pressure: an *in vitro* biomechanical analysis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1997, 22: 2655-2663.
- [12] Park P, Garton H J, Gala V C, Hoff J T, McGillicuddy J E. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: review of the literature[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29: 1938-1944.
- [13] Sapkas G S, Themistocleous G S, Mavrogenis A F, Benetos I S, Metaxas N, Papagelopoulos P J. Stabilization of the lumbar spine using the dynamic neutralization system[J]. Orthopedics, 2007, 30: 859-865.
- [14] Schulte T L, Hirschler C, Haversath M, Liljenqvist U, Bullmann V, Filler T J, et al. The effect of dynamic, semi-rigid implants on the range of motion of lumbar motion segments after decompression[J]. Eur Spine J, 2008, 17: 1057-1065.
- [15] Yang J Y, Lee J K, Song H S. The impact of adjacent segment degeneration on the clinical outcome after lumbar spinal fusion[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33: 503-507.
- [16] Schulte T L, Leistra F, Bullmann V, Osada N, Vieth V, Marquardt B, et al. Disc height reduction in adjacent segments and clinical outcome 10 years after lumbar 360 degrees fusion [J]. Eur Spine J, 2007, 16: 2152-2158.
- [17] 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.
- [18] Rohlmann A, Neller S, Bergmann G, Graichen F, Claes L, Wilke H J. Effect of an internal fixator and a bone graft on intersegmental spinal motion and intradiscal pressure in the adjacent regions[J]. Eur Spine J, 2001, 10: 301-308.
- [19] Kim C H, Chung C K, Jahng T A. Comparisons of outcomes after single or multilevel dynamic stabilization: effects on adjacent segment[J]. J Spinal Disord Tech, 2011, 24: 60-67.
- [20] Shono Y, Kaneda K, Abumi K, McAfee P C, Cunningham B W. Stability of posterior spinal instrumentation and its effects on adjacent motion segments in the lumbosacral spine [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1998, 23: 1550-1558.
- [21] Panjabi M, Henderson G, Abjornson C, Yue J. Multidirectional testing of one- and two-level ProDisc-L versus simulated fusions[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32: 1311-1319.
- [22] Panjabi M, Malcolmson G, Teng E, Tominaga Y, Henderson G, Serhan H. Hybrid testing of lumbar charite discs versus fusions[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32: 959-966.
- [23] Beastall J, Karadimas E, Siddiqui M, Nicol M, Hughes J, Smith F, et al. The Dynesys lumbar spinal stabilization system: a preliminary report on positional magnetic resonance imaging findings[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32: 685-690.
- [24] 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.
- [25] Ko C C, Tsai H W, Huang W C, Wu J C, Chen Y C, Shih Y H, et al. Screw loosening in the Dynesys stabilization system: radiographic evidence and effect on outcomes[J]. Neurosurg Focus, 2010, 28: E10.
- [26] Bothmann M, Kast E, Boldt G J, Oberle J. Dynesys fixation for lumbar spine degeneration [J]. Neurosurg Rev, 2008, 31: 189-196.