论著

文章编号:1000-5404(2013)10-1022-05

# 椎间髓核摘除辅以 Isobar 后路动态固定治疗腰椎间盘突出症的临床分析

王浩明,李瀚卿,施荣茂,周 强,侯天勇,刘列华 (400038 重庆,第三军医大学西南医院骨科,全军矫形外科中心)

[摘要] **目的** 评估髓核摘除辅以 Isobar 动态固定治疗腰椎间盘突出症的临床疗效。**方法** 2009 年 5 月至 2010 年 11 月行髓核摘除辅以 Isobar 动态固定治疗并获得 24 个月以上随访资料的患者 21 例。采用疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale,VAS)、功能障碍指数(oswestry disability index,ODI)评定临床疗效。腰椎正侧过伸过屈位片测量动态固定节段及头侧邻近节段椎间隙高度比值(intervertebral space ratio,IVS)、椎间活动度(range of motion, ROM)和腰椎总活动度(L1 ~ L5)的变化,采用 Woodend 分级评价椎间盘髓核有无信号改变。随访时间(28.45 ± 3.59)个月。**结果** 术后 24 个月 VAS 和 ODI 评分较术前均显著改善($P < 0.05$)。动态固定节段及邻近节段椎间隙高度比均较术前降低($P < 0.05$)。屈伸活动度:动态固定节段由(5.62 ± 4.30)°降至(3.53 ± 1.52)°($P < 0.01$),邻近节段和腰椎总活动度较术前均增加($P < 0.05$)。动态固定节段及邻近节段髓核信号与术前相比无明显改变($P > 0.05$)。**结论** 髓核摘除辅以 Isobar 动态固定治疗腰椎间盘突出症具有满意的近期临床疗效,能维持固定节段术后椎间隙高度并保留一定的运动度,是一种可取的治疗方法。

[关键词] 腰椎间盘突出症;髓核摘除;动态内固定

[中图法分类号] R681.53;R687.1 [文献标志码] A

# Evaluation of discectomy combined with Isobar dynamic stabilization for lumbar disc protrusion

Wang Haoming, Li Hanqing, Shi Rongmao, Zhou Qiang, Hou Tianyong, Liu Liehua (Department of Orthopedics, Center of Orthopedic Surgery, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400038, China)

[**Abstract**] **Objective** To evaluate the clinical outcomes and effects on lumbar disc protrusion by discectomy combined with Isobar dynamic stabilization. **Methods** The clinical data of twenty-one patients with lumbar disc protrusion underwent discectomy combined with Isobar dynamic stabilization was retrospectively analyzed. Clinical outcomes were evaluated using Oswestry disability index (ODI) and visual analogue scale (VAS). Radiological evaluations included whole spine AP/lateral, lumbar neutral, flexion, and extension X-ray. The follow-up period was 28.45 ± 3.59 months. **Results** The ODI and VAS were significantly improved at 24 month after operation ($P < 0.05$). Intervertebral disc ratio slightly decreased as compared with preoperative stabilized and above segments ($P < 0.05$). For range of motion (ROM) of the lumbar spine: stabilized segments significantly decreased from 5.62 ± 4.30 degrees to 3.53 ± 1.52 degrees, while the ROM of above segments and total lumbar spine (L1 – L5) increased ($P < 0.05$). The Wooden classification was not changed in final follow-up in stabilized and above segments ($P > 0.05$). **Conclusion** Discectomy combined with Isobar dynamic stabilization for lumbar disc protrusion presents satisfactory short-term results. It maintains the fixed intervertebral spaces, and preserves part of ROM, suggesting it is a possible treatment approach.

[**Key words**] lumbar disc protrusion; discectomy; dynamic stabilization

Corresponding author: Zhou Qiang, Tel: 86-23-68765283, E-mail: zqtlh@yahoo.com.cn

腰椎间盘突出症以腰痛伴下肢根性放射痛或麻木为主要临床表现,是脊柱外科最常见的疾病,常用的外科治疗手段虽然各有优势,但均有明显不足。腰椎间盘髓核摘除术和腰椎融合术是目前治疗腰椎间盘突出症的主要术式[1-3]。椎间盘髓核摘除术能有效解除神

[通信作者] 周 强,电话:(023)68765283,E-mail:zqtlh@yahoo.com.cn

[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20130313.0841.003.html(2013-03-13)

经根的压迫,具有创伤小的优点,但手术的创伤"空化"了椎间盘,加重椎间盘的病损,导致椎间不稳、椎间隙下降及小关节对合的错位[4],其病理效应必定是加速节段退变的病理进程,因此,术后腰痛的持续存在和椎间盘突出复发存在着必然性。对于病变节段严重退变和存在不稳的腰椎间盘突出症,为了避免上述单纯髓核摘除术存在的问题,临床治疗上多主张行腰椎融合术以稳定病变节段,但以牺牲其运动功能为代价。长期临床随访结果[5]表明,由于融合导致运动负荷更多地集中于邻近节段,使其退变加重,3~5年后致使邻近节段病变引起临床症状,即邻椎病,而需治疗或外科干预的发生率也大幅增加。因此,后者与前者相比在远期临床疗效上无明显优势。

近年来,后路椎弓根动态固定技术的发展为腰椎间盘突出症的外科治疗提供了更接近生理功能的技术手段,它能在稳定病变节段、维持椎间隙高度的同时,保留部分运动功能,从理论上讲,这一技术在腰椎间盘突出症的治疗上很可能成为比其他传统术式更有效的外科技术。Isobar椎弓根动态固定系统就是其中之一,其动态连接棒上设有一组弹性"垫片",允许±0.2 mm的轴向压缩和屈伸各2°的活动,能够使固定节段保留一定的生理运动度[6-7]。以往主要用于促进固定融合和融合后邻近节段的保护,而用于腰椎间盘髓核摘除的动态固定少有报告[8-10]。我科自2009年应用椎间髓核摘除辅以Isobar动态固定治疗腰椎间盘突出症取得了2年以上随访的较好临床疗效,本研究将其术后临床及影像随访观察结果报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

2009年2月至2010年11月采用椎间髓核摘除辅以Isobar动态固定治疗的腰椎间盘突出症患者26例。男性15例,女性11例,平均年龄38(17~58)岁。责任节段L4/5 7例,L5S1 19例。

纳入标准:临床记录完整并获得24个月以上随访的腰椎间盘突出症患者;均为单节段腰椎间盘突出。排除标准:重度骨质疏松症;腰椎多节段退变明显者;合并内科严重疾病或/和神经精神疾病及有不良嗜好者。

术前常规行腰椎正侧过伸过屈位片(站立位)、CT及腰椎MRI检查。术后于第3、6、12个月及第24个月随访复查,摄腰椎正侧过伸过屈位X线片,术后第24个月复查腰椎MRI。

### 1.2 手术方法

患者全麻后俯卧位,采用腰椎后正中切口,切口长约5 cm。依次切开皮肤、皮下组织,沿棘突两侧切开腰背筋膜。常规椎板间开窗行髓核摘除、神经根减压,再于腰背筋膜下向外侧潜行分离,旁开棘突约2.5 cm切开双侧骶棘肌腱膜,显露上下椎椎弓根入点,并植入椎弓根螺钉,安装动态固定棒,锁紧钉棒连接,术区内放置引流管。术后24 h内予以抗生素预防感染,术后48 h拔除引流管并开始佩戴腰围下床活动,2周后停止佩戴腰围并逐渐恢复腰椎各方向的运动功能和日常生理及非体力工作。

### 1.3 临床疗效评估

①疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale,VAS);②腰腿痛功能障碍评价(oswestry disability index,ODI):观察术前及术后3、6、12、24个月VAS、ODI评分变化,评价各时间段间评分有无差异[9]。

### 1.4 影像学评估

①固定节段、头侧邻近节段活动度及腰椎总活动度:分别于腰椎过屈及过伸(站立位)时测量动态固定节段、头侧邻近节段、总腰椎(L1~L5)前凸角,差值为测量活动度[10];②动态固定节段及头侧邻近节段椎间隙高度变化[10]:在腰椎侧位片(站立位)测量椎间隙前缘及后缘高度,计算其均值与头侧椎体前缘高度的比值。③椎间盘髓核信号改变的评价采用Woodend分级[11]:选取腰椎MRI $T_2$加权像矢状面评价髓核信号变化,Ⅰ级:正常,髓核信号白色,椎间隙正常;Ⅱ级:轻微退变,髓核信号出现斑块样改变,椎间隙高度降低10%;Ⅲ级:中度退变,髓核信号变黑或大部分斑块样改变,椎间隙高度降低10%~50%;Ⅳ级:严重退变,髓核信号变黑,椎间隙下降50%以上。

### 1.5 统计学分析

采用SPSS 19.0统计软件,术前、术后随访VAS、ODI评分及影像学评价数据采用重复测量方差分析,椎间盘MRI分级采用配对$t$检验分析。

## 2 结果

### 2.1 随访结果

共获随访21例,男性12例,女性9例,平均年龄38(17~58)岁。其中责任节段L4/5 5例,L5S1 16例。有8例术后24个月获得腰椎MRI检查。本组病例随访时间(28.45±3.59)个月。手术时间(106±27) min,术中出血量(152±35) mL。所有患者手术均获成功,术后48~72 h腰围保护下下地行走,术后第5天出院。术后1个月完全恢复正常的工作生活能力。

### 2.2 临床疗效评估

患者术前与术后腰腿疼痛症状改善显著,下肢运动功能明显恢复。VAS评分由术前(5.65±1.26)分降至术后1个月(1.35±0.67)分($P<0.01$);术后24个月(1.05±0.75)分,与术后1个月相比无差异($P>0.05$)。ODI评分由术前(57.34±10.71)%降至术后1个月(28.9±6.56)%($P<0.01$);术后24个月(17.07±3.85)%,较术前明显下降($P<0.01$),与术后1个月相比下肢运动功能有进一步提升($P<0.05$)。

### 2.3 影像学评估

患者术后椎间隙高度得到维持。动态固定节段术后24个月椎间隙高度较术前有一定下降($P<0.05$),与其他随访时间

**表1 固定节段及头侧邻近节段手术前后椎间隙高度比的变化** [$n=21$, $(\bar{x}\pm s)\%$]

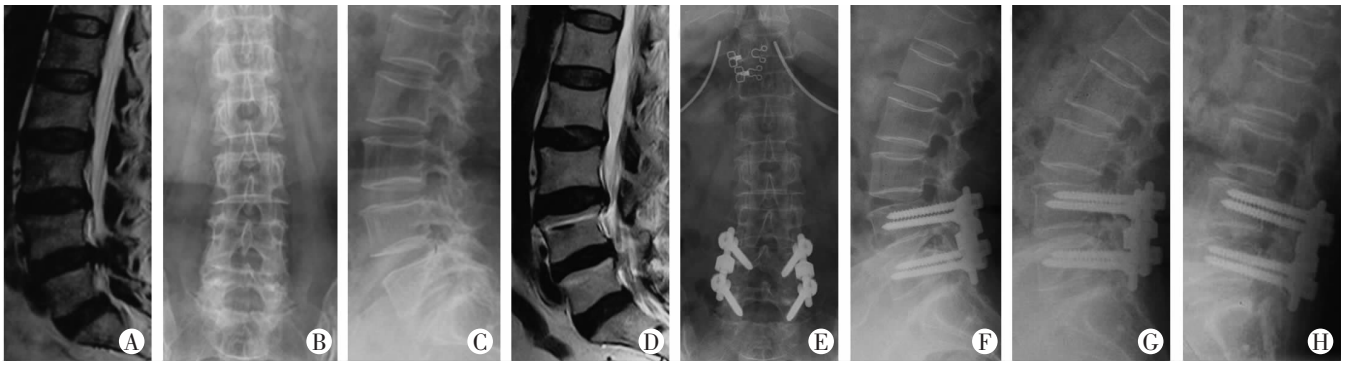
| 测量节段 | 术前 | 术后3个月 | 术后6个月 | 术后12个月 | 术后24个月 |
|---|---|---|---|---|---|
| 固定节段 | 36.88±5.30 | 35.64±5.19 | 34.25±5.66 | 34.14±5.83 | 33.14±3.53[a] |
| 头侧邻近节段 | 42.20±6.65 | 41.91±5.01 | 40.81±5.27 | 41.27±7.11 | 38.64±4.48[ab] |

a: $P<0.05$,与术前比较;b: $P<0.05$,与术后3、6、12个月比较

**表2 固定节段及头侧邻近节段、L1~L5手术前后活动度的变化** [$n=21$, $(\bar{x}\pm s)°$]

| 测量节段 | 术前 | 术后3个月 | 术后6个月 | 术后12个月 | 术后24个月 |
|---|---|---|---|---|---|
| 固定节段 | 5.62±4.30 | 1.85±1.01[a] | 1.91±0.90[a] | 2.30±1.31[a] | 3.53±1.52[ab] |
| 头侧邻近节段 | 6.91±3.21 | 5.58±3.59 | 8.41±3.47 | 9.81±4.91[a] | 11.68±4.68[ab] |
| L1~L5 | 37.01±16.79 | 27.19±9.85 | 37.83±10.35 | 40.85±8.51 | 50.73±4.84[ab] |

a: $P<0.01$,与术前比较;b: $P<0.05$,与术后3、6、12个月比较




A:术前腰椎MRI表现;B~C:术前腰椎正侧位片;D:术后30个月腰椎MRI表现;E~F:术后30个月腰椎正侧位片;G~H:术后30个月腰椎过伸过屈位片

**图1 L4/5椎间盘突出症患者术前与术后对比观察**

相比无差异($P>0.05$);术后3、6、12个月与术前相比均差异无统计学意义($P>0.05$)。头侧邻近节段术后24个月椎间隙高度较术前、术后3、6、12个月均有下降,其他随访间期与术前比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

术后所有随访时间动态固定节段活动度较术前均有明显下降($P<0.01$),但在术后3个月开始逐渐增加,术后24个月恢复至术前约60%活动幅度。头侧邻近节段活动度在术后12个月和术后24个月较术前显著增加($P<0.01$),术后6个月较术前也有增加,但差异无统计学意义($P>0.05$)。腰椎总活动度术后24个月均大于术前及其他随访时间($P<0.05$),其余随访时间点与术前相比差异无统计学意义($P>0.05$)。见表2。

椎间盘髓核MRI信号改变(Woodend分级):术后24个月固定节段髓核信号较术前有一定下降,但差异无统计学意义($P>0.05$);术后24个月头侧邻近节段髓核信号较术前有一定增加,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表3。

**表3 固定节段及头侧邻近节段手术前后髓核信号改变(Woodend分级)**($n=8$, $\bar{x}\pm s$)

| 测量节段 | 术前 | 术后24个月 |
|---|---|---|
| 固定节段 | 3.43±0.67 | 3.12±0.44 |
| 头侧邻近节段 | 2.06±1.11 | 2.37±1.06 |

## 2.4 典型病例

患者,女性,56岁,因腰痛伴左下肢疼痛、麻木6个月,加重2个月于2009年11月入院,诊断为L4/5椎间盘突出症。术前VAS评分7分,ODI 67.8%;术后1个月VAS评分1分,ODI 23.3%,术后30个月VAS评分0分,ODI 5.7%。术前腰椎MRI显示L4/5椎间盘突出,术后30个月行腰椎MRI检查示固定节段无再突出,头侧邻近节段髓核信号与术前相比无明显改变。腰椎X线片显示术后30个月动态固定节段椎间隙无明显降低(图1)。

## 2.5 并发症

所有患者术中均未出现硬膜囊撕裂,住院期间均无切口感染、脑脊液漏等并发症发生;随访期间无内固定松动、断裂,动力位X线片显示无椎间不稳等。1例患者术后持续存在右侧S1神经根支配区域轻度疼痛、麻木,术后腰椎X线片提示右侧S1椎弓根螺钉靠近第一骶孔,可能刺激S1神经根,经非甾体抗炎药治疗1个月后未再出现相应支配区域疼痛、麻木表现。另1例L5 S1节段突出的患者术后14个月,因行低强度体育锻炼后突发右下肢剧烈疼痛再次入院,查体示右侧踇伸肌肌力0级,VAS 9分,ODI 92.3%。第1次手术前MRI示L4/5节段有轻度椎间盘膨出,再次入院行腰椎MRI检查显示该节段椎间盘突出,压迫右侧L5神经根,予以单纯髓核摘除术,术后10个月VAS 1分,ODI 16.7%,右侧踇伸肌肌力Ⅳ级,已恢复正常生活。

## 3 讨论

单纯髓核摘除术是治疗腰椎间盘突出症的经典术式。通过切开纤维环摘除突出髓核,解除神经根的压迫缓解下肢的疼痛及麻木,具有确切的临床疗效,但长期随访[4]发现术后腰痛持续存在,并具有较高的椎间盘突出复发率。单纯髓核摘除术通过椎板开窗,切开纤维环摘除突出髓核,甚至需要扩大椎管彻底解除对神经根的压迫,致使椎间隙仅残存部分纤维环,造成了椎间盘的"空化",而椎间盘组织结构的残缺使其生物力学性能降低,进而导致椎间隙的下降。椎间隙的降低一方面使小关节对合关系紊乱,关节增生,应力负荷加载下致关节活动失稳继而产生腰痛;另一方面,后柱应力负荷较术前明显增加,使"空化"的椎间盘退变加速,进一步导致椎间盘的突出复发。为了防止以上问题,尤其对严重退变的椎间盘突出症患者,逐渐开始采用腰椎融合术实现手术节段的即时稳定,但牺牲了该节段的运动功能,改变了脊柱正常的生物应力传导方式,使邻近节段的运动代偿增加,加大了邻近节段的应力负荷。研究[12]结果表明腰椎融合术后邻近节段在3~5年后易出现椎间滑移、椎间盘突出、关节增生等表现,进而产生临床症状,需要治疗或外科干预。因此,腰椎融合术的远期疗效并不比单纯髓核摘除术好。

后路动态固定始于上世纪90年代,早期主要应用于促进固定融合和融合后邻近节段的保护。近几年,国内外开始尝试结合髓核摘除术治疗腰椎间盘突出症,在摘除突出髓核、解除神经根压迫的同时维持椎间隙高度、限制节段过度活动,减轻椎间盘压应力及椎间关节负荷,从而减少腰痛及椎间盘突出复发的产生。Putzier等[9]通过对比单纯髓核摘除术与髓核摘除辅以Dynesys动态固定系统治疗腰椎间盘突出症,随访34个月发现动态固定患者术后VAS、ODI评分明显优于单纯髓核摘除组,并且固定节段无关节失稳,椎间盘无进行性退变等变化。我科于2009年5月开始采用髓核摘除辅以Isobar动态内固定系统治疗腰椎间盘突出症,本研究表明术后1个月患者VAS、ODI评分与术前相比均有显著改善,术后24个月VAS及ODI评分仍然维持在较低水平,这与Putzier等[9]研究结果一致。Sangiorgio等[6]通过体外生物力学实验证实,Isobar动态固定系统不仅能显著减少脊柱损伤模型的前屈及轴向旋转活动度,而且通过稳定脊柱节段的前中柱阻止椎间隙高度的降低。本研究中,我们对21例患者术前及术后测量腰椎屈伸活动度,发现术后12个月固定节段活动度维持在2.30,术后24个月增加至3.50,恢复术前约60%的活动度,并未发现有椎间失稳等表现,在实现稳定手术节段的同时也保留了部分运动功能。通过对比手术前后椎间隙高度,发现术后24个月固定节段椎间隙较术前有一定下降,但下降比例小,我们认为Isobar动态固定系统能够维持术后椎间隙的高度。糖胺多糖是椎间盘髓核中含量最高的胞外基质,是维持椎间盘生物力学性能的重要部分。Vaga等[13]和Ciavarro等[14]利用延迟钆增强MRI显像技术对9例腰椎单节段髓核摘除辅以Dynesys动态固定患者(平均43.5岁)进行术前和术后6、24个月的糖胺多糖含量测定,结果显示固定节段糖胺多糖含量较术前有明显增加,且术后24个月糖胺多糖含量高于术后6个月,表明髓核摘除后对节段行动态固定有可能促使椎间盘的自我修复。本研究中,我们对8例患者术后24个月行腰椎MRI检查,通过椎间盘Woodend分级评价髓核信号的变化,发现动态固定节段MRI $T_2$加权像髓核信号由术前的3.43降至3.12,尽管结果无统计学差异,但并没有显示椎间盘有退变加速的趋势。因此,我们认为Isobar动态固定系统通过维持固定节段椎间隙高度,降低椎间盘应力负荷,可能实现延缓椎间盘退变的目的。

Rohlmann等[15]和Castellvi[16]等通过构建有限元模型发现腰椎动态内固定与腰椎融合对邻近节段椎间活动度的影响无明显差异。Cakir等[17]经过24个月对比观察单节段Dynesys动态固定和腰椎融合术治疗的患者,发现2组患者邻近节段活动度无明显差异,并且均有部分病例出现邻近节段失稳征象。在本研究中,我们发现头侧邻近节段屈伸活动度术后24个月达到11.6°,大于术前及术后其他随访时间,表明Isobar动态内固定系统也加大了邻近节段的运动负荷。在评价另一种动态固定系统Bioflex对邻近节段影响的研究中,Heo等[18]发现术前邻近节段椎间盘Pfirrmann分级(修改版)5级以上的患者术后邻近节段出现椎间盘突出、椎管狭窄的发生率达20%以上,Pfirrmann分级低于4级的患者,术后仅1例出现椎间盘突出,但并无临床表现。在本组病例中,也有1例L5S1椎间盘突出症合并L4/5椎间盘轻度膨出的患者,行L5S1 Isobar动态固定后出现L4/5节段椎间盘突出,其他术前邻近节段无明显退变的患者并无类似情况出现,而且我们还发现邻近节段椎间隙高度比值仅在术后24个月时较术前有一定下降,术后髓核信号与术前相比也无统计学差异。我们认为Isobar动态固定系统尽管增加了邻近节段的应力负荷,理论上存在发生邻椎病的可能,但是目前研究仅表明术前邻近节段已有退变的患者术

后出现邻椎病的可能性较高,因此对于这类患者我们建议谨慎应用。本研究在术后24个月随访时间内未发现螺钉松动、断裂等并发症,但具有严重骨质疏松、肥胖(BMI >30)的患者远期存在术后内置物松动、断裂的风险[19-20],对这类患者也将其视为相对禁忌,谨慎应用。

我们采用髓核摘除辅以Isobar动态固定系统治疗腰椎间盘突出症,研究结果表明Isobar动态固定系统不仅维持了术后椎间隙高度,而且保留了固定节段的部分运动功能,近期临床疗效好,患者满意度高。但由于本研究随访时间较短,病例数相对较少,而且国内外尚缺乏具有高等级循证医学依据的临床研究,故其远期疗效仍有待观察。

**参考文献:**


[1] Yorimitsu E, Chiba K, Toyama Y, *et al*. 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(6): 652-657.

[2] Eck J C, Humphreys S C, Hodges S D. Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion: a review of clinical, biomechanical, and radiologic studies[J]. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 1999, 28(6): 336-340.

[3] Sudo H, Oda I, Abumi K, *et al*. Biomechanical study on the effect of five different lumbar reconstruction techniques on adjacent-level intradiscal pressure and lamina strain[J]. J Neurosurg Spine, 2006, 5(2): 150-155.

[4] Frei H, Oxland T R, Rathonyi G C, *et al*. The effect of nucleotomy on lumbar spine mechanics in compression and shear loading[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(19): 2080-2089.

[5] Bono C M, Lee C K. Critical analysis of trends in fusion for degenerative disc disease over the past 20 years: influence of technique on fusion rate and clinical outcome[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(4): 455-463.

[6] 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]. Lyon: International Meeting for Advanced Spine Techniques, 2003.

[7] Sangiorgio S N, Sheikh H, Borkowski S L, *et al*. Comparison of three posterior dynamic stabilization devices[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(19): E1251-E1258.

[8] Grob D, Benini A, Junge A, *et al*. 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(3): 324-331.

[9] Wurgler-Hauri C C, Kalbarczyk A, Wiesli M, *et al*. Dynamic neutralization of the lumbar spine after microsurgical decompression in acquired lumbar spinal stenosis and segmental instability[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(3): E66-E72.

[10] Putzier M, Schneider S V, Funk J F, *et al*. The surgical treatment of the lumbar disc prolapse: nucleotomy with additional transpedicular dynamic stabilization versus nucleotomy alone[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(5): E109-E114.

[11] Sasani M, Aydin A L, Oktenoglu T, *et al*. The Combined Use of a Posterior Dynamic Transpedicular Stabilization System and a Prosthetic Disc Nucleus Device in Treating Lumbar Degenerative Disc Disease With Disc Herniations[J]. SAS, 2008, 2(3): 130-136.

[12] Askar Z, Wardlaw D, Muthukumar T, *et al*. Correlation between inter-vertebral disc morphology and the results in patients undergoing Graf ligament stabilisation[J]. Eur Spine J, 2004, 13(8): 714-718.

[13] Vaga S, Brayda-Bruno M, Perona F, *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.

[14] Ciavarro C, Caiani E G, Brayda-Bruno M, *et al*. Mid-term evaluation of the effects of dynamic neutralization system on lumbar intervertebral discs using quantitative molecular MR imaging[J]. J Magn Reson Imaging, 2012, 35(5): 1145-1151.

[15] Rohlmann A, Burra N K, Zander T, *et al*. Comparison of the effects of bilateral posterior dynamic and rigid fixation devices on the loads in the lumbar spine: a finite element analysis[J]. Eur Spine J, 2007, 16(8): 1223-1231.

[16] Castellvi A E, Huang H, Vestgaarden T, *et al*. Stress Reduction in Adjacent Level Discs via Dynamic Instrumentation: A Finite Element Analysis[J]. SAS, 2007, 1(2): 74-81.

[17] Cakir B, Carazzo C, Schmidt R, *et al*. Adjacent segment mobility after rigid and semirigid instrumentation of the lumbar spine[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009,34(12): 1287-1291.

[18] Heo D H, Cho Y J, Cho S M, *et al*. Adjacent segment degeneration after lumbar dynamic stabilization using pedicle screws and a nitinol spring rod system with 2-year minimum follow-up[J]. J Spinal Disord Tech, 2012, 25(8): 409-414.

[19] Wu J C, Huang W C, Tsai H W, *et al*. Pedicle screw loosening in dynamic stabilization: incidence, risk, and outcome in 126 patients[J]. Neurosurg Focus, 2011, 31(4): E9.

[20] Ianuzzi A, Kurtz S M, Kane W, *et al*. *In vivo* deformation, surface damage, and biostability of retrieved Dynesys systems[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(23): E1310-E1316.


(**收稿**:2013-01-21;**修回**:2013-03-01)

(编辑 王 红)