

· 临床论著 ·

聚醚醚酮棒与钛棒椎弓根钉固定腰椎退行性病的比较

钱嘉铭¹, 李春根², 尹辛成², 陈超², 郑皓云², 祝永刚², 肖辉灯², 崔玉石¹, 柳根哲^{2*}

(1. 北京中医药大学, 北京 100029; 2. 首都医科大学附属北京中医医院骨科, 北京 100010)

摘要: [目的] 比较聚醚醚酮 (polyetheretherketone, PEEK) 棒与钛棒椎弓根螺钉内固定系统治疗腰椎退行性疾病的临床疗效。[方法] 2019年8月—2020年11月对60例腰椎退行性疾病患者行减压椎弓根固定术。根据医患沟通结果, 30例采用PEEK棒, 30例采用钛棒。比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] 两组均顺利完成手术, 无严重并发症。两组手术时间、切口长度、术中失血量、透视次数、切口愈合等级、住院时间、下地行走时间的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。两组恢复完全负重活动时间的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。随访12个月以上, 随时间推移, 两组患者术后腰部疼痛VAS和ODI评分均显著减少 ($P<0.05$), 术后2周PEEK组的VAS评分显著优于钛棒组 ($P<0.05$), 但术后12个月时两组间差异无统计学意义 ($P>0.05$)。术后各时间点两组ODI指数差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 术后12个月PEEK组固定节段ROM显著大于钛棒组 ($P<0.05$), 相应时间点, 两组间固定节段、上邻节段和下邻节段的Pfirman分级的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] 两种材质的内固定系统均能明显改善腰椎退行性疾病的临床症状, PEEK组患者术后早期腰痛程度更轻, 并保持更好的腰部活动度。

关键词: 腰椎退行性疾病, 椎弓钉固定, 聚醚醚酮棒, 钛棒, 邻近节段退变

中图分类号: R681.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2022) 09-0796-05

Polyetheretherketone versus titanium rods used in pedicle screw fixation for lumbar degenerative diseases // QIAN Jiaming¹, LI Chun-gen², YIN Xin-cheng², CHEN Chao², ZHENG Hao-yun², ZHU Yong-gang², XIAO Hui-deng², CUI Yu-shi¹, LIU Gen-zhe². 1. Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China; 2. Department of Orthopedics, Beijing Hospital of Traditional Chinese Medicine, Capital Medical University, Beijing 100010, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical efficacy of polyetheretherketone (PEEK) rod versus titanium rod used in pedicle screw fixation for lumbar degenerative diseases. **[Methods]** From August 2019 to November 2020, a total of 60 patients received decompression and pedicle screw fixation for lumbar degenerative diseases. According to doctor-patient communication results, 30 patients had PEEK rods used, while the other 30 patients had titanium rod used. The perioperative, follow-up and imaging results were compared between the two groups. **[Results]** All patients in both groups were operated on successfully without serious complications. There were no significant differences in terms of operative time, incision length, intraoperative blood loss, times of fluoroscopy, incision healing grades, hospital stay and postoperative walking time between the two groups ($P>0.05$). In addition, there was no significant difference in the time to resume full weight-bearing activity between the two groups ($P>0.05$). As time went during the follow-up period lasted for more than 12 months, both VAS and ODI scores significantly decreased in the two groups ($P<0.05$). The PEEK group proved significantly superior to the titanium group in VAS score at 2 weeks after surgery ($P<0.05$), whereas which became not statistically significant between the two groups 12 months postoperatively ($P>0.05$). However, there was no significant difference in ODI score between the two groups at any matching time points ($P>0.05$). Radiographically, the PEEK group had significantly greater range of motion (ROM) of the fixed segment measured on images than titanium group at 12 months after surgery ($P<0.05$), whereas there were no statistically significant differences in term of Pfirman classification of fixed segment, upper adjacent segment and lower adjacent segment between the two groups at any corresponding time points ($P>0.05$). **[Conclusion]** Both PEEK and titanium rods used for pedicle screw fixation do significantly improve the clinical symptoms of lumbar degenerative diseases, by comparison, PEEK group has less chance of early postoperative low back pain, with better lumbar mobility maintained.

Key words: lumbar degenerative disease, pedicle screw fixation, polyetheretherketone rod, titanium rod, adjacent segment degeneration

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.09.06

作者简介: 钱嘉铭, 硕士研究生, 研究方向: 脊柱外科, (电话)15158653090, (电子信箱)2929162135@qq.com

* 通信作者: 柳根哲, (电话)13521410671, (电子信箱)liu_genzhe2000@aliyun.com

随着人口老龄化逐渐加剧及生活方式的转变, 腰椎退行性疾病越来越多, 其造成的腰腿痛严重影响着人们的生活与工作。腰椎后外侧融合术 (posterolateral fusion, PLF) 是治疗腰椎退行性疾病的经典术式, 对突出的椎间盘髓核、肥厚的黄韧带以及增生的关节突关节予以摘除, 对受压迫的神经根、椎管予以直接减压, 该术式在长期的临床实践中取得确切的疗效。随着生物力学的研究及组织工程学的发展, 越来越多的学者关注腰椎的非融合固定技术发展^[1], 其设计理念是在维持腰椎稳定性的前提下保留手术节段的部分活动度^[2, 3], 主要有棘突间撑开装置如 Coflex 系统、经椎弓根固定的动力稳定装置如 Dynesys 系统、经椎弓根固定的半刚性动态稳定固定系统。已有研究表明聚醚醚酮材料 (polyetheretherketone, PEEK) 的弹性模量为 3.2 GPa, 与皮质骨接近, 因此可认为 PEEK 材料为一种特殊塑料。而钛棒的弹性模量达到 114 GPa, 属于几乎没有活动度的刚性材料。已有生物力学试验表明, PEEK 棒同时具备两个特点: (1) 具有与钛棒相当的稳定性: PEEK 棒结构显著减少了失稳结构的的活动度, 并提供了与 5.5 mm 钛结构相当的半刚性固定; (2) 活动度比钛棒更好: 力学测试表明, PEEK 棒可以承受超正常生理活动范围的角度移^[4-6]。

目前证明 PEEK 棒在降低邻近节段椎间盘退变具有优势的大样本研究微乎其微^[7]。本研究回顾性分析 2019 年 8 月—2020 年 11 月本院骨科收治的 60 例腰椎退行性疾病患者的临床资料, 现报告如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准^[4-6]: (1) 腰痛, 下肢放射痛、麻木, 间歇性跛行, 腰部活动受限或代偿性侧凸; (2) 腰部压痛, 受累神经根支配的运动、感觉障碍, 腱反射减弱, 神经牵拉试验 (包括直腿抬高试验、股神经牵拉试验等) 阳性; (3) 腰椎 X 线片、CT、MRI 提示腰椎间盘突出、腰椎管狭窄、腰椎滑脱等。

排除标准: (1) 有严重的心脑血管、呼吸系统等疾病; (2) 肿瘤、结核及严重骨质疏松等病理性病变; (3) 影像学与临床症状不一致。

1.2 一般资料

2019 年 8 月—2020 年 11 月, 共 60 例腰椎退行性疾病患者符合上述标准, 纳入本研究, 依据病情及医患沟通结果, 30 例采用 PEEK 棒椎弓根螺钉内固定系统 (PEEK 组), 30 例采用钛棒椎弓根螺钉内

固定系统 (钛棒组)。两组术前一般资料见表 1, 两组年龄、性别、BMI、病程、诊断及病变节段的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究经首都医科大学附属北京中医医院伦理委员会批准 (伦理批号: 2020BL02-058-02), 所有患者均知情同意。

表 1 两组患者术前一般资料与比较

指标	PEEK 组 (n=30)	钛棒组 (n=30)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	58.23±17.13	61.60±11.63	0.377
性别 (例, 男/女)	17/13	15/15	0.796
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	22.25±2.25	23.07±1.84	0.126
病程 (月, $\bar{x} \pm s$)	65.53±99.44	63.60±39.41	0.921
诊断 (例, 突出/狭窄/滑脱)	13/11/6	11/12/7	0.894
节段 (例, L ₃₋₄ /L ₄₋₅ /L ₅ S ₁)	5/20/5	3/22/5	0.792

1.3 手术方法

PEEK 组: 手术均采用全麻, 于胸腹两侧垫软垫, 将患者翻身俯卧于手术台上, C 形臂 X 线机定位确认手术节段并做好标记。消毒、铺巾, 依次切开皮肤、皮下筋膜, 显露棘上韧带, 剥离骶棘肌至关节突关节外侧, 并使用自动拉钩牵开两侧肌肉, 显露术野。在导航下, 于手术节段椎弓根置入 4 枚螺钉, C 形臂 X 线机定位椎弓根钉位置良好。用棘突剪咬除棘突, 用骨刀凿除椎板及部分下关节突, 并摘除肥厚黄韧带, 显露硬膜囊, 潜行减压双侧侧隐窝及神经根管, 摘除突出髓核, 探查神经根松弛, 硬膜搏动良好, 使用金属试棒来决定 PEEK 棒的合适长度, 合适长度的棒应该使得棒两端的钛金属缘超出螺钉尾部的外侧缘。然后于双侧置入预弯好的 PEEK 材质弹性连接棒, 所有内置物组件安全在位后用 PEEK 对抗扳手手套住螺钉尾部槽, 拧断螺塞以最终锁紧。横突间不进行植骨融合。生理盐水冲洗术野, 明胶海绵止血, 确认无活动性出血, 放置负压引流管, 逐层缝合切口, 敷料覆盖, 术毕。

钛棒组: 基本同上, 区别有两点: (1) 双侧为刚性材料的钛棒, 没有金属试棒环节, 并且需要手动弯折到所需弧度; (2) 于手术责任节段横突间植骨融合。

1.4 评价指标

记录围手术期资料, 包括术中并发症、手术时间、切口长度、术中失血量、住院时间、切口愈合时间、下地行走时间以及术后早期并发症。采用完全负重活动时间、腰部疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 和 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 评价临床效果。行影像学检查, 测量固定节段 ROM 及 Pfirrmann 退变分级^[8]。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析，计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 t 检验，组内两时间点比较采用配对 T 检验；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-Whitney U 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成手术，无血管、神经损伤等严重并发症。两组患者围手术期情况见表 2，两组手术时间、切口长度、术中失血量、透视次数、切口愈合等级、住院时间及下地行走时间的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后早期并发症方面，PEEK 组 1 例术后切口脂肪液化，1 例硬脊膜破裂；钛棒组 2 例硬脊膜破裂。针对并发症给予相应处理，均未产生严重不良后果。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	PEEK 组 (n=30)	钛棒组 (n=30)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	174.80±39.27	171.63±37.14	0.749
切口长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	9.67±2.40	10.67±1.65	0.065
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	535.00±180.59	523.33±150.13	0.787
透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	2.13±0.35	2.17±0.38	0.723
切口愈合等级 (例, 甲/乙/丙)	29/1/0	30/0/0	ns
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	12.17±9.48	13.47±8.69	0.582
下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	2.23±0.50	2.17±0.38	0.565

2.2 随访情况

所有患者至少随访 12 个月，随访资料见表 3。两组患者恢复完全负重活动时间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。随时间推移，两组患者术后腰部疼痛 VAS 评分和 ODI 指数均显著减少 ($P < 0.05$)。术前两组 VAS 评分、ODI 指数差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，术后 2 周 PEEK 组 VAS 评分显著低于钛棒组 ($P < 0.05$)，而术后 12 月时两组 VAS 评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后各时间点两组 ODI 指数差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。至末次随访时，两组患者均无再次手术翻修。

表 3 两组患者随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	时间点	PEEK 组 (n=30)	钛棒组 (n=30)	P 值
完全负重活动时间 (周)		7.67±0.96	8.00±1.31	0.266
VAS 评分 (分)	术前	7.47±0.78	7.33±0.80	0.516
	术后 2 周	1.27±0.69	1.70±0.65	0.015
	术后 12 个月	0.36±0.67	0.67±1.06	0.195
	P 值	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)	术前	28.33±4.90	29.30±4.41	0.425
	术后 2 周	19.76±3.05	20.00±3.23	0.774
	术后 12 个月	19.76±3.05	8.96±2.95	0.438
	P 值	<0.001	<0.001	

2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4。与术前相比，术后 12 个月 PEEK 组固定节段的 ROM 无显著变化 ($P > 0.05$)，而钛棒组固定节段 ROM 显著减小 ($P < 0.05$)。术前两组患者 ROM 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，术后 12 个月 PEEK 组的固定节段 ROM 显著大于钛棒组 ($P < 0.05$)。与术前相比，术后 12 个月两组患者固定节段、上邻节段和下邻节段的椎间盘 Pfirrmann 分级均稍有加重，但差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。相应时间点，两组固定节段、上邻节段和下邻节段的椎间盘 Pfirrmann 分级的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。至末次随访时，PEEK 组无固定松

动，钛棒组 1 例螺钉松动。PEEK 组典型影像见图 1。

3 讨论

传统的钛棒属于刚性固定，存在螺钉松动、易出现断钉断棒的问题；应力重分布，造成植骨不融合的问题以及 ASD 的问题。从材料方面分析，与钛棒相比，PEEK 棒具有以下优点：(1) 降低骨-螺钉界面的应力：更灵活的 PEEK 棒可以减少锚固点的应力^[9-12]，从而在愈合过程中降低置入或固定失败的风险，可减少 ASD 发生率；(2) 增加了前柱负荷分担，将更多的生理载荷向前传递到椎间隙，改变脊柱

生物应力^[13, 14]; (3) 减少了CT和MRI伪影, 从而更好地临床诊断、病情评估。一项调查问卷研究反映了患者对PEEK棒与钛棒脊柱内固定失败后疗效的感知, PEEK组反映了更小的负面影响, 不失为PEEK棒的又一个优点^[15]。此外, 在临床方面, 更为灵活的活动度、更少的ASD为患者带来更大的长期获益。唐冰等^[16]研究表明, 术后2周、3个月、12个月时PEEK棒椎弓根螺钉非融合组椎间ROM显著高于经椎间孔腰椎间融合术组, 术后3个月、12个月

VAS、ODI前者显著低于后者, 并且前者并发症更少。王庆锋等^[17]对20例患者采用PEEK棒内固系统进行融合与非融合结合的杂合术式, 术后无内固定断裂、松动及神经功能损伤等相关并发症发生, 术后6个月及末次随访时邻近节段DSH、ROM与术前比较差异均无统计学意义。李世梁等^[18]对比了PEEK棒与钛棒治疗腰椎管狭窄症的临床疗效, 钛棒组采取了椎间融合的方式, 两组比较显示PEEK组活动度更大。

表4 两组患者固定节段ROM及Pfirrmann退变分级比较

指标	时间点	PEEK组 (n=30)	钛棒组 (n=30)	P值
固定节段 ROM (°, $\bar{x} \pm s$)	术前	5.09±2.62	5.27±2.41	0.779
	术后12个月	4.80±1.28	1.73±0.31	<0.001
	P值	0.592	<0.001	
固定节段 Pfirrmann 分级 (例, I/II/III/IV/V)	术前	1/3/14/2/0	1/2/10/2/0	0.887
	术后12个月	0/3/15/2/0	0/3/8/3/1	0.539
	P值	0.717	0.495	
上邻节段 Pfirrmann 分级 (例, I/II/III/IV/V)	术前	6/8/5/1/0	5/7/2/1/0	0.657
	术后12个月	5/8/5/2/0	4/5/5/0/1	0.930
	P值	0.638	0.381	
下邻节段 Pfirrmann 分级 (例, I/II/III/IV/V)	术前	6/10/3/1/0	4/5/5/1/0	0.396
	术后12个月	5/8/4/3/0	3/3/7/1/1	0.332
	P值	0.364	0.316	

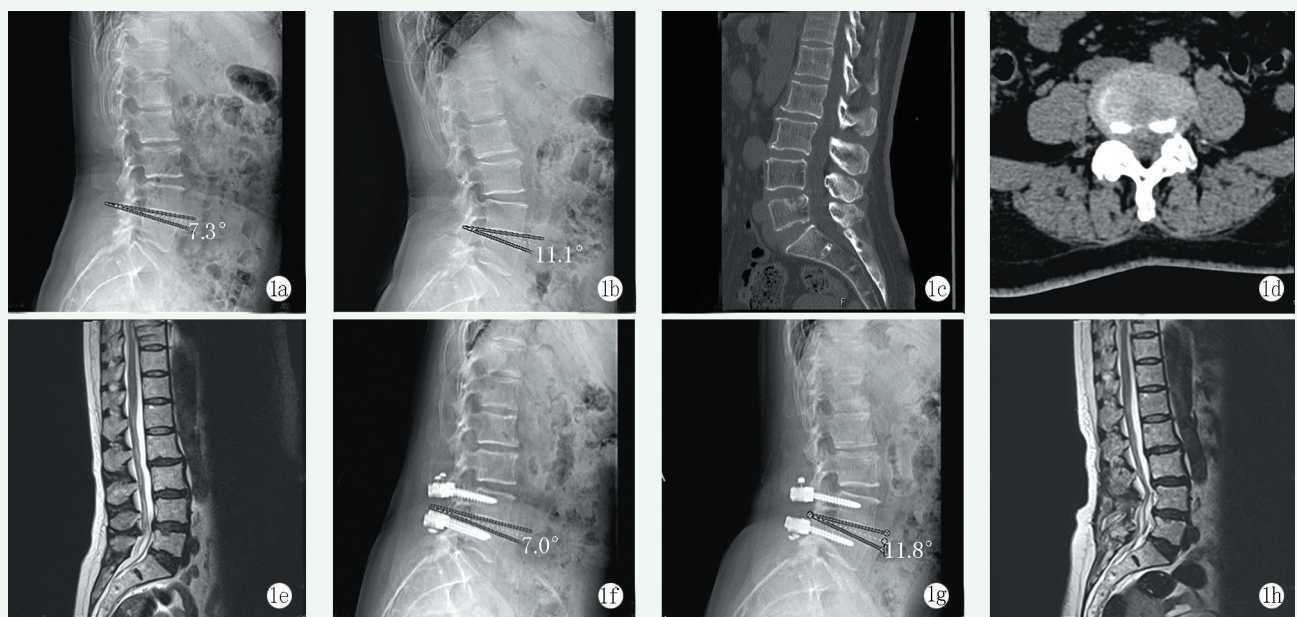


图1 患者, 女, 64岁, 因“间断腰痛伴左下肢麻木3年, 加重伴双下肢乏力1年”入院, 于本院进行手术治疗 1a: 术前腰椎过屈位X线片示L₄椎体下缘与L₅椎体上缘夹角为7.3° 1b: 术前腰椎过伸位X线片示L₄椎体下缘与L₅椎体上缘夹角为11.1°, ROM为3.8° 1c: 术前腰椎矢状面CT示L₅椎体上缘凹陷 1d: 术前腰椎横断面CT示腰椎间盘左侧突出, 椎管狭窄 1e: 术前腰椎矢状面磁共振示固定节段、上、下邻近节段Pfirrmann分级均为III级 1f: 术后12个月腰椎过屈位X线片示L₄椎体下缘与L₅椎体上缘夹角为7.0° 1g: 术后12个月腰椎过伸位X线片示L₄椎体下缘与L₅椎体上缘夹角为11.8°, 固定节段ROM为4.8° 1h: 术后12个月腰椎矢状面磁共振示固定节段、上、下邻近节段Pfirrmann分级均为III级, 较术前无明显变化

本研究比较了PEEK棒与钛棒椎弓根螺钉内固定系统治疗腰椎退行性疾病的疗效,发现PEEK组患者术后早期腰痛程度更轻,并发症更少。更重要的是,PEEK棒作为一种弹性棒,配合椎弓根螺钉内固定系统,为开放术患者提供足够稳定性的同时,能够提供更好的腰部活动度,患者满意度更高。这一研究结果与之前研究较为一致^[19, 20]。在ASD方面,钛棒组有1例发生螺钉松动,固定节段、上下邻近节段均发生退变,Pfirrmann分级降至V级,而PEEK组未发现明显的退变加重。因此,PEEK组具有一定的优势,但差异无统计学意义,笔者认为与随访时间较短、研究样本量较小、数据存在偏倚等因素有关。

PEEK棒半刚性动态固定系统于2005年由美国食品药品监督管理局批准应用于腰椎椎间融合,近年来进入我国市场。美国食品药品监督管理局批准该产品直接用于脊柱融合手术,在欧洲多数医师使用该系统进行非融合手术的尝试。因此,PEEK棒更为适合上述哪种术式是存在争议的。已有研究表明,PLIF的ASD发生率是PLF的3.4倍^[2]。另外一项研究给术后第2年的患者做了核磁共振检查^[21],发现172例退变性脊柱疾病手术患者中有4例患者发生了ASD,这是迄今为止随访时间最长、纳入病例数最多的多中心研究。未来可以研究PEEK棒应用于PLIF术治疗腰椎退行性疾病的临床疗效。

综上所述,PEEK棒椎弓根螺钉内固定系统与钛棒椎弓根螺钉内固定系统均能明显改善临床症状,疗效满意,但PEEK棒半刚性固定系统在保证腰椎稳定性的同时,保留更大的活动度,对术后早期腰痛、生活质量均具有一定优势,更重要的是可在一定程度上降低远期ASD风险。当然,本研究样本量较少,随访时间较短,未来还需要更大样本量、更长随访时间、多中心的研究。

参考文献

- [1] Di Silvestre M, Lolli F, Greggi T, et al. Adult's degenerative scoliosis: midterm results of dynamic stabilization without fusion in elderly patients—is it effective [J]. *Adv Orthop*, 2013, 2013: 365059.
- [2] Lee JC, Kim Y, Soh JW, et al. Risk factors of adjacent segment disease requiring surgery after lumbar spinal fusion: comparison of posterior lumbar interbody fusion and posterolateral fusion [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39 (5): E339–E345.
- [3] 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 (4): 853–859.
- [4] Li C, Liu L, Shi JY, et al. Clinical and biomechanical researches of polyetheretherketone (PEEK) rods for semi-rigid lumbar fusion: a systematic review [J]. *Neurosurg Rev*, 2018, 41 (2): 375–389.
- [5] Mavrogenis AF, Vottis C, Triantafyllopoulos G, et al. PEEK rod systems for the spine [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2014, 24 (Suppl 1): S111–S116.
- [6] Ahn YH, Chen WM, Lee KY, et al. Comparison of the load-sharing characteristics between pedicle-based dynamic and rigid rod devices [J]. *Biomed Mater*, 2008, 3 (4): 044101.
- [7] Hirt D, Prentice HA, Harris JE, et al. Do PEEK rods for posterior instrumented fusion in the lumbar spine reduce the risk of adjacent segment disease [J]. *Int J Spine Surg*, 2021, 15 (2): 251–258.
- [8] Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26 (17): 1873–1878.
- [9] Hsieh YY, Tsuang FY, Kuo YJ, et al. Biomechanical analysis of single-level interbody fusion with different internal fixation rod materials: a finite element analysis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21 (1): 100.
- [10] Biswas JK, Roy S, Rana M, et al. A comparison of rigid, semi-rigid and flexible spinal stabilization devices: a finite element study [J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2019, 233 (12): 1292–1298.
- [11] Biswas JK, Rana M, Majumder S, et al. Effect of two-level pedicle-screw fixation with different rod materials on lumbar spine: a finite element study [J]. *J Orthop Sci*, 2018, 23 (2): 258–265.
- [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] 王河忠, 刘洋, 谭俊峰. 聚醚醚酮棒半刚性固定系统在腰椎融合术中的应用 [J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2020, 28 (4): 36–40.
- [14] 杨红军, 樊勇, 吴子祥, 等. 新型PEEK棒半刚性固定系统应用于腰椎退变性疾病手术治疗的临床疗效 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2015, 25 (9): 826–831.
- [15] Sarbello JF, Lipman AJ, Hong J, et al. Patient perception of outcomes following failed spinal instrumentation with polyetheretherketone rods and titanium rods [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35 (17): E843–E848.
- [16] 唐冰, 张琼, 熊敏. 聚醚醚酮棒椎弓根螺钉非融合术与经椎间孔腰椎间融合术治疗腰椎退行性疾病临床比较 [J]. *中国临床医生杂志*, 2020, 48 (7): 846–849.
- [17] 王庆峰, 王一农. PEEK棒系统的杂合术式治疗腰椎退变性疾病 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (19): 1749–1753.
- [18] 李世梁, 连育才, 孙海东, 等. PEEK棒与钛棒治疗腰椎管狭窄症的疗效对比 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (11): 983–987.
- [19] Ross DA, Ross MN. Lumbar fusion with polyetheretherketone rods use for patients with degenerative disease [J]. *Fed Pract*, 2021, 38 (Suppl 1): S9–S16.
- [20] Huang W, Chang Z, Song R, et al. Non-fusion procedure using PEEK rod systems for lumbar degenerative diseases: clinical experience with a 2-year follow-up [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2016, 17 (1): 53.
- [21] Ogrenci A, Koban O, Yaman O, et al. Polyetheretherketone rods in lumbar spine degenerative disease: mid-term results in a patient series involving radiological and clinical assessment [J]. *Turk Neurosurg*, 2019, 29 (3): 392–399.

(收稿:2022-01-28)

(同行评议专家:张强)

(本文编辑:闫承杰)