

## •综述•

## 腰椎融合术前已存在的邻近节段退变研究现状

陈龙 王小阵 邓莉 鲁齐林

**摘要** 邻近节段退变是腰椎融合术后严重并发症，而术前责任节段已存在的邻近节段退变是其发生发展的重要危险因素，对此类情况是否需要一期干预目前尚存争议。该文对术前责任节段已存在的邻近节段退变的诊断、分型及防治等方面进行归纳总结，以期制定合理的治疗方案及优化手术流程提供临床指导。

**关键词** 邻近节段退变；腰椎融合术；术前病变；术后并发症

**DOI:** 10.3969/j.issn.1673-7083.2024.02.009

腰椎融合术是治疗腰椎退行性疾病的重要方法，可有效减轻疼痛，改善功能，但术后邻近节段退变是其潜在的长期并发症，也是行翻修手术的常见原因，并可能给患者带来沉重的生理及经济负担。虽然术后邻近节段退变的具体发病机制不明，但术前已存在的邻近节段退变的影响已被证实<sup>[1-2]</sup>。目前，关于术前已存在的邻近节段退变是否需要同期干预、如何干预及预后等问题文献报道不多，且存在争议，本文对相关研究进展进行综述，以期脊柱外科医生在术前进行合理评估、制定最优手术方案提供参考。

## 1 术前邻近节段退变诊断

术后邻近节段退变的精确定义在文献报道中尚未统一，但均描述为腰椎手术后出现的邻近节段新的病理变化。而对于术前责任节段已存在的邻近节段退变，文献中并未作出专门解释，笔者通过在 Pubmed、Web of Science、中国知网、万方数据库中进行文献检索后归纳总结认为，术前责任节段已存在的邻近节段退变实际属于腰椎退行性改变，其病理因素主要包括椎间盘退变、骨赘形成、小关节不稳定和黄韧带肥厚<sup>[3]</sup>。有学者提出，根据术前是否有症状可将术前邻近节段退变分为无症状者和有症状者<sup>[4]</sup>。而 Zhang 等<sup>[5]</sup>进一步将无症状者分为影像学表现严重但无症状和无症状两类。

明确的诊断对治疗有指导意义。术前已存在

的邻近节段退变的诊断标准与腰椎退行性改变基本一致，可分为椎间盘退变、椎管狭窄及腰椎不稳定 3 类。一些学者根据 Pfirrmann 分级对患者术前邻近节段椎间盘退变程度进行评价。Lee 等<sup>[6]</sup>在磁共振成像（MRI）图像上对邻近节段中央椎管受压程度进行分级，将椎管狭窄 1 级认定为邻近节段退变。腰椎不稳定可通过腰椎动力位 X 线片进行评估，当过屈过伸位邻近节段椎体前后滑移  $>3\text{ mm}$  或椎体活动度  $>10^\circ$ ，椎间隙高度较平均高度丢失  $>3\text{ mm}$  被视为邻近节段退变<sup>[7-8]</sup>。有学者认为，上位椎体倾斜角度  $>10^\circ$  或  $<-10^\circ$  也可被确定为邻近节段不稳<sup>[9]</sup>。

## 2 术前邻近节段退变与术后邻近节段退变发生的关系

多项研究证实，术前邻近节段已存在的退变与术后邻近节段退变的发生密切相关<sup>[10-11]</sup>。脊柱融合手术改变了脊柱的正常生物力学，融合节段的运动丢失通过增加未融合节段的运动负荷来代偿，最终邻近节段的椎间机械应力及运动增加，加速邻近节段进一步退变<sup>[12]</sup>。两者互为因果，相互影响。

### 2.1 术前邻近节段椎间盘退变

术前邻近节段的椎间盘退变提示该节段存在自身形态结构变性和不稳，这影响着脊柱的骨性结构和软组织结构，可能导致脊柱运动节段和瞬时旋转轴的改变，会加剧椎间盘退变，最终发展为术后邻近节段退变<sup>[13]</sup>。有学者对腰椎融合术后患者进行 5 年以上随访，发现有术前邻近节段椎间盘退变的患者较无退变者更易出现术后邻近节段退变，不过该研究未提出术前退变程度与进行干预治疗的关系<sup>[14]</sup>。Cannizzaro 等<sup>[15]</sup>通过单中心

基金项目：湖北省自然科学基金（2023AFB645）

作者单位：430079，武汉中西医结合骨科医院（武汉体育学院附属医院）脊柱外科（陈龙、王小阵、邓莉、鲁齐林）；82475 德国梅克伦堡州，罗斯托克大学医学院（陈龙）

通信作者：鲁齐林 E-mail: gklul@163.com

大样本的临床研究也证实,术前存在的邻近节段退变(Pfirrmann>Ⅲ级)与术后邻近节段退变的发生有相关性。Ashinsky等<sup>[16]</sup>也报道,随着椎间盘退变等级增加,终板的微观力学特征与整个运动节段生物力学参数均发生显著变化,影响着术后邻近节段退变的进展。

## 2.2 术前邻近节段椎管狭窄

相较于椎间盘退变,多数研究证实术前椎管狭窄所致的神经压迫与术后邻近节段退变发生更为密切。Habibi等<sup>[17]</sup>在至少5年的随访中发现,邻近节段椎管狭窄加重是最常见的术后邻近节段退变类型。即使在仅行减压和非融合的腰椎手术中,预先存在的相邻节段椎管狭窄也显著增加了再手术风险<sup>[4]</sup>。Cho等<sup>[18]</sup>对154例行L<sub>4</sub>/L<sub>5</sub>椎间融合术的患者进行2年以上随访,发现头侧邻近节段术前已存在的椎管狭窄是发生术后邻近节段退变及行翻修手术的影响因素。Sun等<sup>[19]</sup>利用MRI图像上的脑脊液阻塞征象来评估术前存在的邻近节段椎管狭窄,认为1级狭窄便会加速术后邻近节段退变的进程。Yugué等<sup>[20]</sup>研究证实,邻近节段矢状位椎管狭窄达47%以上的患者发生术后邻近节段退变的可能性极大。仅从矢状位评估椎管狭窄程度可能遗漏部分横断面上的狭窄,造成结果误差,但不可否认,术前邻近节段出现较严重的椎管狭窄对预后会有影响。

## 2.3 术前邻近节段小关节退变

邻近节段小关节退变程度加重会进一步诱发椎管狭窄,因此椎间盘退变、椎管狭窄及小关节失稳之间存在相互影响。Rai等<sup>[21]</sup>的研究认为,术前邻近节段两侧关节突关节在横断面上的外展角相差超过8°即为机械性不稳。穆彦志等<sup>[22]</sup>研究证实,术前小关节退变达WeishauptⅢ级是术后邻近节段退变发生的高危因素。Yun等<sup>[23]</sup>报道,术前MRI图像上相邻节段小关节突有积液且关节间隙>1.5 mm,术后会加速相邻节段退变。Yokoyama等<sup>[24]</sup>也提出,术前相邻节段高矢状旋转角和术后相邻节段冠状面滑移进展是术后邻近节段退变发生的危险因素。Ouchida等<sup>[25]</sup>的近期研究显示,术前存在的小关节骨关节炎也会影响术后邻近节段退变的进展,但还需长期随访来验证。

## 3 术前邻近节段退变是否需要干预

术前责任节段的邻近节段退变是否需要治疗是当前脊柱外科医生面临的难题。值得注意的是,

腰椎退行性改变往往存在于多个节段,但导致患者出现症状且亟需手术治疗的节段可能只是其中之一。单纯处理责任节段可消除患者症状,达到手术目的,但存在已退变的邻近节段加速退变的风险,严重者需二次手术治疗,这会加重患者的心理和经济负担<sup>[26]</sup>。若提前对已退变的邻近节段行同期椎间融合,又会“过度医疗”,增加手术创伤,影响术后恢复。同时,多节段融合也会增加术后邻近节段退变发生的概率。

术前有症状的邻近节段退变归属于责任节段范畴,通常采取一期手术处理;对于术前无症状的邻近节段退变,是否一期手术尚无明确标准。Anandjiwala等<sup>[14]</sup>研究认为,对邻近节段椎间盘退变为PfirrmannⅣ级或Ⅴ级者建议同时行融合手术。Zhang等<sup>[5]</sup>研究认为,无症状的邻近节段椎间盘退变为PfirrmannⅣ级或Ⅴ级且造成椎管狭窄≥25%的患者需要同时行融合手术干预,可取得较好的远期疗效。Li等<sup>[27]</sup>将术前邻近节段的椎间盘分为4级:A级(正常)、B级(椎间盘间隙一般狭窄)、C级(存在骨赘)和D级(存在终板硬化),并认为C级患者更容易发生术后邻近节段退变,因此可考虑提前干预。此外,对于邻近节段出现椎间盘退变但没有狭窄或不稳定的类型,也可以选择有限减压,尤其是发生在L<sub>5</sub>/S<sub>1</sub>节段的椎间盘退变,能取得较好治疗效果,其原因可能在于L<sub>5</sub>/S<sub>1</sub>与许多远端相邻节段一样,术后邻近节段退变发生风险相对较低<sup>[28-29]</sup>。但也有学者研究发现,对术前无症状的邻近节段椎间盘退变提前进行干预,其远期随访结果并无明显差异<sup>[7,30]</sup>。

Lee等<sup>[6]</sup>将椎管狭窄程度分为4级。其中,0级一般不出现临床症状,无需干预;1级可能出现临床症状,当术前轻度椎管狭窄造成马尾神经积聚,且马尾终丝前方无明显脑脊液充盈状态时,可考虑手术治疗;2、3级通常引起相应临床症状,常需手术治疗<sup>[31]</sup>。Sun等<sup>[19]</sup>研究发现,先前存在的相邻椎管狭窄(1级)显著影响腰椎融合术后患者的短期临床结果,因此可考虑行手术治疗。Yugué等<sup>[20]</sup>研究认为,邻近节段矢状位椎管狭窄达47%以上可同时行手术治疗。

椎间孔狭窄归因于腰椎融合后的关节突关节增生和邻近椎间盘塌陷,其病理特征是相邻水平的不稳定,无融合减压可能不是适当治疗方法<sup>[32]</sup>。但Wang等<sup>[33]</sup>经5年的随访证实,对于术前邻近

节段轻度至中度椎管狭窄的单节段腰椎滑脱患者, 仅在椎体滑脱水平行减压融合是侵袭性小、安全、经济的手术方案, 其长期临床疗效好, 患者满意度高。由于退变性腰椎不稳处于动态变化中, 最终会由自身代偿达到再稳定状态, 因此对于单纯小关节病变或无明显神经卡压者, 可暂不予干预<sup>[34]</sup>。

#### 4 降低术前邻近节段退变的影响

##### 4.1 改变手术方式

现已知, 保留部分生理活动的手术技术(包括人工椎间盘置换、动态稳定和棘间装置安装)可以减少腰椎融合节段的强稳定对邻近节段代偿运动的影响<sup>[35]</sup>。Zhang 等<sup>[36]</sup>通过对邻近节段关节突关节行 V 型截骨, 并行关节突融合, 达到满意的术后效果。Kim 等<sup>[37]</sup>通过在责任节段相邻的上位退变节段安装棘间辅助运动装置创建动态过渡区来减少椎间盘高度丢失, 达到延缓该节段退变的发生。Zhang 等<sup>[5]</sup>对术前已存在的邻近节段退变行椎间隙撑开和关节突融合, 有效预防了该节段术后退变发生, 该方法具有出血少、手术时间短、成本低等优点。Chen 等<sup>[38]</sup>采用 Dynesys 动态内固定系统来延缓无症状的术前邻近节段退变对术后邻近节段退变发生的影响, 中长期随访证明了该方法的有效性。

##### 4.2 优化术中操作

术中肌肉软组织破坏及医源性后柱结构损伤均与术后邻近节段退变的发展紧密相关<sup>[39-40]</sup>。对于无需手术的术前邻近节段退变, 可通过优化术中流程降低其退变加重风险。

多裂肌属核心肌群, 其横截面积更大、纤维束更短, 具有稳定和控制腰椎运动的能力, 而多裂肌的有效横截面积(即肌肉质量)减少会加速术后邻近节段退变的发展<sup>[41]</sup>。微创经椎间孔腰椎椎间融合术(MIS-TLIF)及微创斜外侧腰椎椎间融合术(OLIF)等术式均可减轻术后多裂肌萎缩程度。近年来, Wei 等<sup>[42]</sup>研究证实, 保留头侧多裂肌及上位椎体的部分椎板, 有助于维持邻近节段椎体的生理机械行为, 防止术后邻近节段退变的发生和发展。不过也有学者认为, 充分暴露术区可减少对肌肉软组织的张力及损伤<sup>[43]</sup>。

邻近节段关节突关节医源性损害发生率达 30.4%~100%<sup>[44]</sup>, 术中保留邻近节段关节囊完整性, 无论是剥离还是置钉, 均可延缓术后邻近节段退变的发生<sup>[45]</sup>。而近端关节突关节损伤超过 Babu2

级时, 会加速术后邻近节段退变发生<sup>[46]</sup>。

##### 4.3 术后功能锻炼

术后康复治疗中首选有氧运动, 其通过增强患者的核心脊柱肌肉力量来调节生理状态<sup>[47]</sup>, 但需要患者长期坚持。有学者担心, 早期、积极的术后康复治疗可能对脊柱融合或邻近节段产生负面影响, 并导致再损伤。不过有研究表明, 腰椎融合术后 8~12 周开始康复治疗是安全的<sup>[48]</sup>。

#### 5 结语

术前已存在的邻近节段退变是腰椎融合术后发生邻近节段退变的重要危险因素, 包括自然退变和术后生物力学改变的影响, 两者之间存在相互作用。有症状的术前邻近节段退变患者需同期行手术治疗。无症状者中, 邻近节段椎间盘退变为 Pfirrmann IV 级或 V 级, 造成椎管狭窄 $\geq 25\%$ 的患者可考虑同期手术干预, 但术前需与患者充分沟通, 手术可采用微创或动态稳定系统; 若患者拒绝手术治疗, 也可通过减少竖脊肌剥离、对邻近节段关节囊的保护及术后积极的功能锻炼来延缓邻近节段退变发生。

对术前邻近节段退变的深入研究, 可为合理制定治疗方案及优化手术流程提供参考, 避免过度医疗, 同时也有助于减少短期内二次手术。但是, 对于无症状的术前邻近节段退变患者是否需要同期干预, 仍缺乏大样本、多中心、前瞻性的临床研究来评估, 需要开展进一步研究。

#### 参考文献

- [1] Dantas FL, Dantas F, Caires AC, et al. Adjacent segment degeneration after posterolateral lumbar fusion: results and complications of posterior revision surgery[J]. J Neurosurg Sci, 2023, 67(4): 446-453.
- [2] Wang T, Ding W. Risk factors for adjacent segment degeneration after posterior lumbar fusion surgery in treatment for degenerative lumbar disorders: a meta-analysis[J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15(1): 582.
- [3] Ramirez-Villaescusa J, López-Torres Hidalgo J, Ruiz-Picazo D, et al. A descriptive study on the adjacent segment degeneration related signs following a lumbar fusion procedure[J]. J Spine Surg, 2021, 7(3): 354-363.
- [4] Cheung PWH, Fong HK, Wong CS, et al. The influence of developmental spinal stenosis on the risk of reoperation on an adjacent segment after decompression-only surgery for lumbar spinal stenosis[J]. Bone Joint J, 2019, 101(2): 154-161.
- [5] Zhang XL, Zhu JW, Li YB. A modified method to treat severe asymptomatic pre-existing degeneration of adjacent segment: a retrospective case-control study[J]. BMC Surg, 2021, 21: 161.
- [6] Lee GY, Lee JW, Choi HS, et al. A new grading system of lumbar



- central canal stenosis on MRI: an easy and reliable method[J]. *Skeletal Radiol*, 2011, 40(8): 1033-1039.
- [7] 郭扬, 孙卓然, 周思宇, 等. 术前邻近节段退变对腰椎融合术后邻近节段退变及临床疗效的影响 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2020, 30(2): 103-110.
  - [8] 孙卓然, 周思宇, 郭扬, 等. 腰椎融合术前邻近节段退变对术后中长期临床疗效的影响 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(3): 193-199.
  - [9] Ushio S, Hirai T, Yoshii T, et al. Preoperative risk factors for adjacent segment degeneration after two-level floating posterior fusion at L3-L5[J]. *Spine Surg Relat Res*, 2019, 4(1): 43-49.
  - [10] Hekimoğlu M, Başak A, Yılmaz A, et al. Adjacent segment disease (ASD) in incidental segmental fused vertebra and comparison with the effect of stabilization systems on ASD[J]. *Cureus*, 2021, 13(10): e18647.
  - [11] Habibi H, Toyoda H, Terai H. Incidence of postoperative progressive segment degeneration at decompression and adjacent segments after minimally invasive lumbar decompression surgery: a 5-year follow-up study[J]. *J Neurosurg Spine*, 2022, 4: 1-8.
  - [12] Li XF, Lv ZD, Yin HL, et al. Impact of adjacent pre-existing disc degeneration status on its biomechanics after single-level anterior cervical interbody fusion[J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2021, 209: 106355.
  - [13] Heemskerk JL, Oluwadara Akinduro O, Clifton W, et al. Long-term clinical outcome of minimally invasive versus open single-level transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases: a meta-analysis[J]. *Spine J*, 2021, 21(12): 2049-2065.
  - [14] Anandjiwala J, Seo JY, Ha KY, et al. Adjacent segment degeneration after instrumented posterolateral lumbar fusion: a prospective cohort study with a minimum five-year follow-up[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(11): 1951-1960.
  - [15] Cannizzaro D, Anania CD, de Robertis M, et al. The lumbar adjacent-level syndrome: analysis of clinical, radiological, and surgical parameters in a large single-center series[J]. *J Neurosurg Spine*, 2023, 14: 1-11.
  - [16] Ashinsky BG, Gullbrand SE, Wang C, et al. Degeneration alters structure-function relationships at multiple length-scales and across interfaces in human intervertebral discs[J]. *J Anat*, 2021, 238(4): 986-998.
  - [17] Habibi H, Toyoda H, Terai H, et al. Incidence of postoperative progressive segment degeneration at decompression and adjacent segments after minimally invasive lumbar decompression surgery: a 5-year follow-up study[J]. *J Neurosurg Spine*, 2022, [Epub ahead of print].
  - [18] Cho TK, Lim JH, Kim SH, et al. Preoperative predictable factors for the occurrence of adjacent segment degeneration requiring second operation after spinal fusion at isolated L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub> level[J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2014, 75(4): 270-275.
  - [19] Sun Z, Li Z, Guo Y, et al. Evaluation of adjacent segment with pre-existing degeneration using the cerebrospinal fluid occlusion sign on mri before posterior lumbar fusion: a multi-center observational cohort study[J]. *Global Spine J*, 2023, 13(3): 745-751.
  - [20] Yugué I, Okada S, Masuda M, et al. Risk factors for adjacent segment pathology requiring additional surgery after single-level spinal fusion: impact of pre-existing spinal stenosis demonstrated by preoperative myelography[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(5): 1542-1549.
  - [21] Rai RR, Shah Y, Shah S, et al. A radiological study of the association of facet joint tropism and facet angulation with degenerative spondylolisthesis[J]. *Neurospine*, 2019, 16(4): 742-747.
  - [22] 穆彦志, 陈旭, 赵斌. 相邻节段小关节退行性变对腰椎融合固定后邻近节段疾病的影响 [J]. 中国骨伤杂志, 2023, 36(5): 428-431.
  - [23] Yun YI, Jeon I, Kim SW, et al. Risk factors for adjacent segment disease requiring reoperation after posterior lumbar interbody fusion with screw fixation: focus on paraspinal muscle, facet joint, and disc degeneration[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2022, 164(3): 913-922.
  - [24] Yokoyama K, Yamada M, Tanaka H, et al. Factors of adjacent segment disease onset after microsurgical decompression for lumbar spinal canal stenosis[J]. *World Neurosurg*, 2020, 8: E1-E9.
  - [25] Ouchida J, Nakashima H, Kanemura T, et al. Impact of adjacent facet joint osteoarthritis on adjacent segment degeneration after short-segment lateral lumbar interbody fusion for indirect decompression: minimum 5-year follow-up[J]. *Biomed Res Int*, 2022: 3407681.
  - [26] Kitano T, Kawakami M, Ishimoto Y, et al. Psychological distress associated with patient-reported outcomes in preoperative patients with lumbar spinal stenosis[J]. *Asian Spine J*, 2021, 15(4): 533-538.
  - [27] Li C, He Q, Tang Y, et al. The fate of adjacent segments with pre-existing degeneration after lumbar posterolateral fusion: the influence of degenerative grading[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(11): 2468-2473.
  - [28] Wang K, Cheng C, Qingyu Y, et al. Oblique lumbar interbody fusion using a stand-alone construct for the treatment of adjacent-segment lumbar degenerative disease[J]. *Front Surg*, 2022, 9: 850099.
  - [29] Telfeian AE, Sastry R, Ali R, et al. Awake, transforaminal endoscopic lumbar decompression surgery to treat L5-S1 adjacent segment disease: a case series[J]. *Pain Physician*, 2022, 25: E649-E656.
  - [30] Yagi K, kishima k, Tezuka F et al. Advantages of revision transforaminal full-endoscopic spine surgery in patients who have previously undergone posterior spine surgery[J]. *J Neuro Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2023, 84(6): 528-535.
  - [31] Park HJ, Kim SS, Lee YJ, et al. Clinical correlation of a new practical MRI method for assessing central lumbar spinal stenosis[J]. *Br J Radiol*, 2013, 86(1025): 20120180.
  - [32] Melcher C, Paulusb AC, Roßbach BP, et al. Lumbar spinal stenosis surgical outcome and the odds of revision-surgery[J]. *Technol Health Care*, 2022, 30(6): 1423-1434.
  - [33] Wang XH, Zhang SD, Wang Y, et al. Does simultaneous fusion of preexisting spinal canal stenosis adjacent to lumbar degenerative spondylolisthesis achieve a better clinical outcome? A retrospective study with more than 5-year follow-up[J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2023, 84(5): 433-438.
  - [34] 丁浚哲, 孔超, 孙思远, 等. 退行性腰椎不稳发病相关的结构因素及治疗研究进展 [J]. 中国骨与关节杂志, 2019, 8(6): 439-443.
  - [35] Hartmann F, Dietz SO, Kuhn S, et al. Biomechanical comparison of an interspinous device and a rigid stabilization on lumbar adjacent segment range of motion[J]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2011, 78: 404-409.
  - [36] Zhang X, Zhu J, Li Y, et al. A modified method to treat severe

- asymptomatic pre-existing degeneration of adjacent segment: a retrospective case-control study[J]. BMC Surg, 2021, 21(1): 161.
- [37] Kim KR, Lee CK, Kim IS. Efficacy of interspinous device on adjacent segment degeneration after single level posterior lumbar interbody fusion: a minimum 2-year follow-up[J]. Br J Neurosurg, 2021, 35(6): 757-765.
- [38] Chen KJ, Lai CY, Chiu LT, et al. Adjacent segment disease following Dynesys stabilization for lumbar disorders: a case series of mid- and long-term follow-ups[J]. World J Clin Cases, 2021, 9(35): 10850-10860.
- [39] Han G, Wu H, Dai J, et al. Does paraspinal muscle morphometry predict functional status and re operation after lumbar spinal surgery? A systematic review and meta analysis[J]. Eur Radiol, 2023, 33(8): 5269-5281.
- [40] Han G, Zou D, Li X, et al. Can fat infiltration in the multifidus muscle be a predictor of postoperative symptoms and complications in patients undergoing lumbar fusion for degenerative lumbar spinal stenosis? A case-control study[J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17(1): 289.
- [41] Masakazu M, Mamoru K, Tomohiro N, et al. Lumbar paraspinal muscle morphology is associated with spinal degeneration in patients with lumbar spinal stenosis[J]. Spine J, 2023, 23(11): 1630-1640.
- [42] Wei W, Wang TH, Liu JH, et al. Biomechanical effect of proximal multifidus injury on adjacent segments during posterior lumbar interbody fusion: a finite element study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2023, 24: 521.
- [43] 姜建元. 重视医源性因素, 加强随访研究, 深化对腰椎融合术后邻近节段退变的认识 [J]. 中华骨科杂志, 2022, 42(19): 1249-1253.
- [44] Meng H, Gao Y, Lu P, et al. Risk factor analysis of disc and facet joint degeneration after intersegmental pedicle screw fixation for lumbar spondylolysis[J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17(1): 247.
- [45] 周鲁平, 章仁杰, 张来, 等. 椎弓根螺钉技术对近端关节突关节的影响及其危险因素分析 [J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(18): 1291-1298.
- [46] Wang PT, Zhang JN, Liu TJ, et al. Multivariate analysis of pedicle screw invasion of the proximal facet joint after lumbar surgery[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 39.
- [47] Hayden JA, Wilson MN, Stewart S, et al. Exercise treatment effect modifiers in persistent low back pain: an individual participant data meta-analysis of 3514 participants from 27 randomised controlled trials[J]. Br J Sports Med, 2020, 54(21): 1277-1278.
- [48] Madera M, Brady J, Deily S, et al. The role of physical therapy and rehabilitation after lumbar fusion surgery for degenerative disease: a systematic review[J]. J Neurosurg Spine, 2017, 26(6): 694-704.

( 收稿日期 : 2023-12-08 )

( 本文编辑 : 杨晓娟 )