

· 临床研究 ·

腰椎不稳与稳定腰痛患者的MRI参数比较

刘城石, 杨函, 杨剑, 康建平*

(西南医科大学附属医院, 四川泸州 646000)

摘要: [目的] 探讨腰椎不稳与稳定腰痛患者MRI测量参数(magnetic resonance imaging parameters, MRIPs)的差异。[方法] 回顾性分析本院2021年1月1日—2023年8月31日收治的361例腰痛患者的临床资料, 根据在过伸过屈动态腰椎X线片腰椎椎体滑移是否 >3 mm分为不稳组181例, 稳定组180例。比较两组腰椎MRI参数的差异, 包括小关节积液厚度、关节突关节夹角(facet joint angle, FJA)、椎间盘高度指数(disc height index, DHI)。[结果] 右侧不稳组关节积液厚度显著大于稳定组[(1.2 ± 0.8) mm vs (0.9 ± 0.7) mm, $P=0.023$], 不稳组两侧FJA均显著大于稳定组[左侧: (61.2 ± 9.8)° vs (57.2 ± 8.4)°, $P=0.039$; 右侧: (62.9 ± 10.1)° vs (59.1 ± 6.5)°, $P=0.003$], 不稳组的DHI显著小于稳定组[(0.3 ± 0.1)% vs (0.3 ± 0.1)%, $P=0.005$]。此外, 不稳组椎间盘退变分级显著重于稳定组($P<0.05$)。[结论] 对腰痛患者进行MRIPs测量可对腰椎不稳做出准确评价并为手术方案制定提供依据。

关键词: 腰椎不稳定, 核磁共振, 腰椎滑脱, 椎间盘退变, 椎间盘高度指数

中图分类号: R681.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2025) 05-0468-05

MRI parameter comparison in low back pain with or without lumbar instability // LIU Cheng-shi, YANG Han, YANG Jian, KANG Jian-ping. Affiliated Hospital, Southwest Medical University, Luzhou 646000, China

Abstract: [Objective] To investigate the difference of magnetic resonance imaging parameters (MRIPs) in low back pain with or without lumbar instability. [Methods] A retrospective analysis was performed on 361 patients who were diagnosed of low back pain in our hospital from January 1, 2021 to August 31, 2023. Based on whether lumbar translation >3 mm on the dynamic lateral X-rays at hyperextension and hyperflexion, 181 cases were fall into the unstable group, while the remaining 180 case were into the stable group. The MRI parameters of lumbar spine, including the thickness of the facet joint effusion, facet joint angle (FJA), and disc height index (DHI), were compared between the two groups. [Results] The unstable group proved significantly greater than the stable group in terms of joint effusion thickness [(1.2 ± 0.8) mm vs (0.9 ± 0.7) mm, $P=0.023$], and FJA on both sides [left, (61.2 ± 9.8)° vs (57.2 ± 8.4)°, $P=0.039$; right, (62.9 ± 10.1)° vs (59.1 ± 6.5)°, $P=0.003$], while the former had significantly less DHI than the latter [(0.3 ± 0.1)% vs (0.3 ± 0.1)%, $P=0.005$]. In addition, the unstable group was marked significantly severer degeneration grade than the stable group ($P<0.05$). [Conclusion] MRIPs measurement in low back pain might accurately evaluate lumbar instability and provide a basis for surgical planning.

Key words: lumbar instability, MRI, lumbar spondylolisthesis, disc degeneration, disc height index

腰椎滑脱是腰腿疼痛的重要原因, 也是脊柱外科常见疾病。腰椎滑脱定义为相邻椎体的下位椎体较上位椎体相对移位^[1-2]。目前我国国内大多数医生采用动力位X线片: 腰椎体滑移 >3 mm或成角 $>15^\circ$ 为腰椎不稳的诊断依据^[3]。患者常由于腰痛或(和)腿痛, 于站立位行腰椎屈伸位X线片时无法配合, 或患者极力配合致站立位椎旁肌肉张力增高造成椎体移位程度降低, 配合程度不同得出结果也不同^[4], 故使用屈伸X线片作为诊断不稳依据有一定局限性。虽然目前有学者研究表明, 与仰卧位MRI和屈伸位X线片相比, 站立侧位X线片对检测滑移更敏感^[5],

但患者受无效放射剂量风险增加。仰卧位MRI患者更易接受, 在MRI中更易获得准确核磁共振测量参数(magnetic resonance imaging parameters, MRIPs)^[6], 故有必要确定MRIPs能否判断腰椎不稳。

1 临床资料

1.1 一般资料

回顾性分析2021年1月1日—2023年8月31日本院361例腰痛患者的临床资料。根据在过伸过屈动态腰椎X线片腰椎椎体滑移是否 >3 mm, 181例为不

DOI:10.20184/j.cnki.issn1005-8478.100758

作者简介: 刘城石, 在读硕士, 研究方向: 脊柱退行性疾病, (电子信箱)1223032706@qq.com

* 通信作者: 康建平, (电子信箱)KJP8@163.com

稳组，180 例列入稳定组^[3]。所有患者年龄 20~70 岁，具有腰骶部疼痛或（和）下肢疼痛、有椎体 I~II 度滑脱者；排除既往有骨折病史、明显脊柱侧弯及脊柱肿瘤、感染、发育不良，接受过脊柱手术者，腰椎骶化或骶椎腰化患者。本研究经医院伦理委员会审批，所有患者均知情同意。

1.2 检查方法

所有患者均拍摄站立位腰椎正侧位 X 线片，并行仰卧位静态全脊柱或腰椎 MRI 平扫。测量研究对象的静态 MRI 中的椎间盘退变程度，测量小关节积液厚度、关节突关节夹角（facet joint angle, FJA）、椎间盘高度指数（disc height index, DHI）。数据采集同一层面 3 次，数值取平均值。

1.3 测量方法

采用 Meyerding 分级进行椎体滑脱分级^[7]（图 1a）。于 MRI 图像 T2 加权序列上测量关节突关节积液厚度（图 1b）。于 MRI 图像 T2 加权序列上选取平行于椎间隙且经过椎弓根中央层面的轴位图像作为测量平面，画一直线穿过双侧小关节的前内侧和外侧边缘，与椎体后缘相交并成夹角（ α ）为关节突关节夹角为 FJA（图 1c）。DHI 为椎间盘前缘高度（A）与椎间盘后缘高度（B）之和除以上位椎体下终板宽度（C）与下位椎体上终板宽度（D）之和的比值 $\times 100$ （%），（图 1d）。采用椎间盘 Pfirrmann 分级评估退变程度。

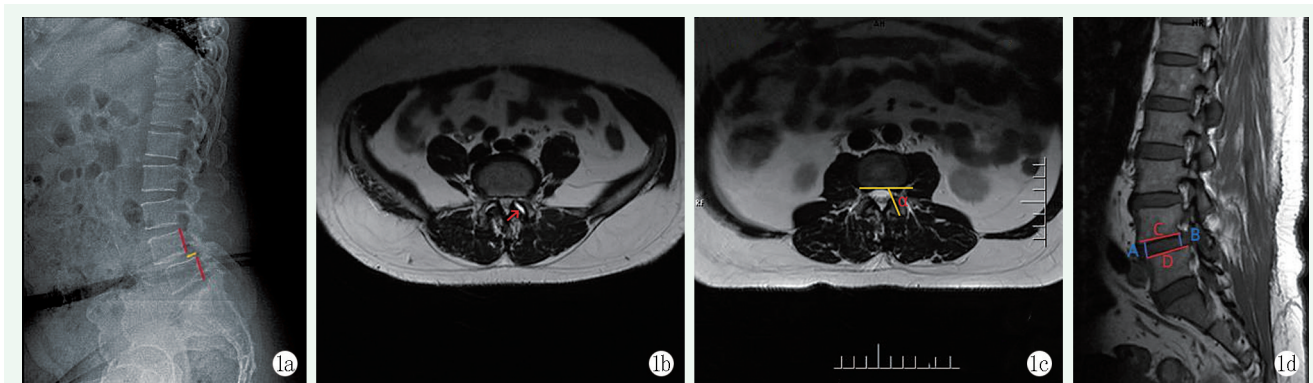


图 1. 患者女性，47 岁，腰椎滑脱。1a: X 线片示矢状位位移 >3 mm；1b: MRI 示关节突关节积液；1c: MRI 示关节突关节夹角（ α ）；1d: 椎间盘高度指数，A 为椎间盘前缘高度，B 为椎间盘后缘高度，C 为上位椎体下终板宽度，D 为下位椎体上终板宽度。

Figure 1. A 47-years-old female with lumbar spondylolisthesis. 1a: Sagittal translation of >3 mm on lateral radiograph; 1b: Facet effusion; 1c: Facet joint angle (FJA) (α); 1d: Disc height index (DHI) $= (A+B)/(C+D) \times 100$ (%), A: The height of the anterior edge of the intervertebral disc, B: The height of the posterior edge of the intervertebral disc, C: Lower endplate width of the upper vertebra, D: Upper endplate width of lower vertebra.

1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 t 检验；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 L_{3/4} 平面

测量结果见表 1，该节段除左侧关节积液厚度差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）外，右侧不稳组关节积液厚度显著大于稳定组（ $P < 0.05$ ），两侧 FJA 不稳组均显著大于稳定组（ $P < 0.05$ ）、DHI 不稳组显著小于稳定组（ $P < 0.05$ ）、椎间盘退变分级不稳组显著重于稳

定组（ $P < 0.05$ ）。

2.2 L_{4/5} 平面

测量结果见表 2，该节段两侧关节积液厚度不稳组显著大于稳定组（ $P < 0.05$ ）、两侧 FJA 不稳组均显著大于稳定组（ $P < 0.05$ ），DHI 不稳组显著小于稳定组（ $P < 0.05$ ）、椎间盘退变分级不稳组显著重于稳定组（ $P < 0.05$ ）。

2.3 L_{5/S1} 平面

测量结果见表 3，该节段两侧关节积液厚度不稳组显著大于稳定组（ $P < 0.05$ ）、两侧 FJA 不稳组均显著大于稳定组（ $P < 0.05$ ）、DHI 不稳组显著小于稳定组（ $P < 0.05$ ）、椎间盘退变分级不稳组显著重于稳定组（ $P < 0.05$ ）。

3 讨论

在维持脊柱稳定中 DH、椎间盘、关节突关节 (facet joint, FJ) 起重要的作用; 上述结构退变是脊柱失稳的原因, 脊柱反复渐进性退变反作用于 FJ、椎间盘, 退变程度加重使失稳的腰椎关节重塑稳定^[8], 在此过程中形成新的稳定^[9]。大量学者认为腰椎 FJA

变化、关节突关节积液、椎间盘退变和腰椎滑脱之间相关^[10-12]。既往研究表明, 退变性腰椎滑脱和峡部裂性腰椎滑脱都可加重椎间盘和 FJ 的退变, 两种类型滑脱发生、发展机制不同, 但有研究表明, FJA 横断面变化在两组之中无明显差别^[13]。

表 1. L_{3/4} 平面两组患者影像测量结果比较
Table 1. Comparison of MRI measurements between the instability and stability at L_{3/4} level

指标	侧别	不稳定组 (n=35)	稳定组 (n=60)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)		56.5±10.7	52.5±9.5	0.051
性别 (例, 男/女)		15/20	27/33	0.839
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)		20.8±3.8	21.6±2.2	0.164
病程 (月, $\bar{x} \pm s$)		3.7±4.0	4.7±4.6	0.264
关节积液厚度 (mm, $\bar{x} \pm s$)	左侧	1.2±0.7	0.9±0.5	0.066
	右侧	1.2±0.8	0.9±0.7	0.023
FJA (°, $\bar{x} \pm s$)	左侧	61.2±9.8	57.2±8.4	0.039
	右侧	62.9±10.1	59.1±6.5	0.003
DHI (% , $\bar{x} \pm s$)		0.26±0.06	0.30±0.06	0.005
椎间盘退变分级 (例, I/II/III/IV/V)		4/4/8/10/9	22/20/12/5/1	<0.001

表 2. L_{4/5} 平面两组患者影像测量结果比较
Table 2. Comparison of MRI measurements between the instability and stability at L_{4/5} level

指标	侧别	不稳定组 (n=101)	稳定组 (n=49)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)		56.2±8.2	53.0±9.1	0.057
性别 (例, 男/女)		38/63	24/25	0.185
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)		21.5±2.3	22.2±2.1	0.101
病程 (月, $\bar{x} \pm s$)		4.7±5.6	5.1±6.7	0.741
关节积液厚度 (mm, $\bar{x} \pm s$)	左侧	1.3±0.8	1.0±0.6	0.035
	右侧	1.2±0.7	0.9±0.5	0.012
FJA (°, $\bar{x} \pm s$)	左侧	57.0±9.0	51.9±6.7	0.003
	右侧	58.1±11.6	53.6±7.8	0.006
DHI (% , $\bar{x} \pm s$)		0.27±0.07	0.32±0.07	<0.001
椎间盘退变分级 (例, I/II/III/IV/V)		2/11/30/36/22	13/13/14/8/1	<0.001

表 3. L₅S₁ 平面两组患者影像测量结果比较
Table 3. Comparison of MRI measurements between the instability and stability at L₅S₁ level

指标	侧别	不稳定组 (n=71)	稳定组 (n=45)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)		54.4±9.3	52.0±11.0	0.108
性别 (例, 男/女)		24/47	18/27	0.499
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)		21.9±2.3	22.0±2.5	0.733
病程 (月, $\bar{x} \pm s$)		5.1±5.3	3.9±4.4	0.230
关节积液厚度 (mm, $\bar{x} \pm s$)	左侧	1.1±0.6	0.9±0.5	0.016
	右侧	1.1±0.6	0.9±0.5	0.049
FJA (°, $\bar{x} \pm s$)	左侧	49.6±10.1	45.9±8.5	0.046
	右侧	50.1±8.8	46.9±7.3	0.046
DHI (% , $\bar{x} \pm s$)		0.27±0.07	0.33±0.07	<0.001
椎间盘退变分级 (例, I/II/III/IV/V)		1/4/11/31/24	19/7/12/4/3	<0.001

本研究发现, 关节积液厚度稳定组较不稳组少 ($P<0.05$), 左侧关节积液厚度两组差异无统计学 ($P>0.05$), 考虑腰椎滑脱应力主要集中于 L_{4/5}、L_{5/S}₁ 节段, L₃ 椎体受到垂直压力及剪切力较小, 且椎旁肌参与稳定性形成^[4], 在形成新稳定过程中 FJ 增生和骨赘, 补偿肌肉系统力量^[14, 15], 致关节腔空间减小, 关节积液减少, 关节积液可反应不稳而引起的无菌性炎症渗出, 关节积液厚度与不稳之间存在正相关性 ($P<0.05$), 结果符合马钧峰^[8]、万青松^[16] 等研究, 证明关节积液在腰椎不稳中起到重要作用。

生物力学上, FJ 允许脊柱在屈曲、伸展、轻微轴向运动: FJ 具有方向性和趋向性且维持着腰椎稳定^[17], 既往有 CT 研究表明 FJA 变化与腰椎不稳存在相关性^[18-20], FJ 内聚使 FJA 也随之变大。椎间盘对维持稳定、缓冲、均分外力起到关键作用, 有学者提出椎间盘刚度, 即椎间盘抵抗外力变形的能力, 高的椎间盘会增加椎体活动度, 反复病变过程中椎间盘刚度增加, 椎间盘对抗外界力量明显加强。本研究结果显示, FJA 和椎间盘分级稳定组较不稳定组小, DHI 稳定组较不稳定组大, 但是, 不稳定组的 FJA 和椎间盘退变分级大于稳定组。故对腰椎不稳患者进行 MRIPs 测量对腰椎不稳做出准确评价并为手术方案制定提供依据。本研究的局限性在于某一节段样本较少, 仍需要大量样本进行验证。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 刘城石: 酝酿和设计实验、实施研究、采集和分析及解释数据、起草文章、统计分析、获取研究经费、提供行政及技术或材料支持、支持性贡献; 杨函: 酝酿和设计实验、采集数据、文章审阅; 杨剑: 数据采集及分析和解释、统计分析、文章审阅; 康建平: 酝酿和设计实验、分析及解释数据、文章审阅、获取研究经费、指导

参考文献

- [1] Bydon M, Alvi MA, Goyal A. Degenerative lumbar spondylolisthesis: definition, natural history, conservative management, and surgical treatment [J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2019, 30 (3): 299-304. DOI: 10.1016/j.nec.2019.02.003.
- [2] 王宗博, 王宇光, 祝勇, 等. 关节突关节角矢向化与退变性腰椎滑脱的关系 [J]. *中国医药导报*, 2020, 17 (18): 24-27.
Wang ZB, Wang YG, Zhu Y, et al. The relationship between facet joint angle vectorization and degenerative lumbar spondylolisthesis [J]. *Chinese Medical Herald*, 2020, 17 (18): 24-27.
- [3] 李翔宇, 孙祥耀, 孔超, 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. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2019.06.007.
Li XY, Sun XY, Kong C, et al. Progress of anatomy changes and treatment of degenerative lumbar instability [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint*, 2019, 8 (6): 439-443. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2019.06.007.
- [4] 陈武泽, 张振军, 李应平, 等. 退变性腰椎不稳患者腰椎 MRI 矢状位、轴位参数测量的临床价值 [J]. *中国病案*, 2021, 22 (5): 96-99.
Chen WZ, Zhang ZJ, Li YP, et al. Clinical value of sagittal and Axial MRI parameters measurement in patients with degenerative lumbar instability [J]. *Chinese Medical Record*, 2021, 22 (5): 96-99.
- [5] Liu N, Wood KB, Schwab JH, et al. Utility of flexion-extension radiographs in lumbar spondylolisthesis: a prospective study [J]. *Spine*, 2015, 40 (16): E929-935. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000941.
- [6] 孟祥虹, 王林森, 王植, 等. MRI 测量正常成人胸腰段椎体高度 [J]. *中国医学影像技术*, 2013, 29 (11): 1856-1859. DOI: 10.13929/j.1003-3289.2013.11.014.
Meng XH, Wang LS, Wang Z, et al. MRI measurement of thoracolumbar vertebral in normal adult [J]. *Chinese Journal of Medical Imaging Technology*, 2013, 29 (11): 1856-1859. DOI: 10.13929/j.1003-3289.2013.11.014.
- [7] Koslosky E, Gendelberg D. Classification in brief: the meyerding classification system of spondylolisthesis [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2020, 478 (5): 1125-1130. DOI: 10.1097/CORR.0000000000001153.
- [8] 马钧峰, 汪伟, 王紫括, 等. 腰椎 MRI 评价椎间小关节积液与退变性腰椎滑脱稳定性的相关性 [J]. *中国组织工程研究*, 2019, 23 (24): 3846-3851. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.1295.
Ma JF, Wang W, Wang ZK, et al. Correlation between facet joint effusion in magnetic resonance imaging and lumbar stability after interspinous and degenerative lumbar spondylolisthesis [J]. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 2019, 23 (24): 3846-3851. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.1295.
- [9] 田黎明. 腰椎不稳症的诊治进展 [J]. *中外医疗*, 2013, 32 (29): 194-196. DOI: 10.16662/j.cnki.1674-0742.2013.29.060.
Tian LM. Progress in diagnosis and treatment of lumbar instability [J]. *Chinese and Foreign Medical Treatment*, 2013, 32 (29): 194-196. DOI: 10.16662/j.cnki.1674-0742.2013.29.060.
- [10] 唐小松, 吴彬. 腰椎退变患者 MRI 小关节积液和放射性腰椎不稳的相关性研究 [J]. *中文科技期刊数据库 (引文版) 医药卫生*, 2022 (1): 68-71.
Tang XS, Wu B. The correlation between MRI facet joint effusion and radioactive lumbar instability in patients with lumbar degeneration [J]. *Chinese Science and Technology Journal Database (Citation Edition) Medical and Hygiene*, 2022 (1): 68-71.
- [11] 陆云华, 李金矿, 龚福林, 等. MRI 矢状位及轴位参数与退变性腰椎不稳的相关性 [J]. *颈腰痛杂志*, 2021, 42 (2): 252-254. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2021.02.031.
Lu YH, Li JK, Gong FL, et al. The correlation between MRI sagittal and axial parameters and degenerative lumbar instability [J]. *The Journal of Cervicodynia and Lumbodynia*, 2021, 42 (2): 252-254. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2021.02.031.

- [12] 周智毅, 王建伟, 张亚峰, 等. 关节突关节退变与腰椎不稳症关系的研究进展 [J]. 中国中医骨伤科杂志, 2018, 26 (7): 81-83, 88.
Zhou ZY, Wang JW, Zhang YF, et al. Research progress on the relationship between facet joint degeneration and lumbar instability [J]. Chinese Journal of Traditional Medical Traumatology & Orthopedics, 2018, 26 (7): 81-83, 88.
- [13] 鄢来军, 葛海雅, 周斌, 等. 峡部裂性与退变性腰椎滑脱患者腰椎退变程度的影像学比较研究 [J]. 中医正骨, 2023, 35 (2): 15-21.
Yan LJ, Ge HY, Zhou B, et al. A comparative imaging study of the degree of lumbar vertebrae degeneration of isthmic spondylolisthesis versus degenerative spondylolisthesis [J]. The Journal of Traditional Chinese Orthopedics and Traumatology, 2023, 35 (2): 15-21.
- [14] 杜玲怡, 樊天佑, 王亚伦, 等. 功能性腰椎不稳诊断研究进展 [J]. 陕西医学杂志, 2021, 50 (5): 634-637, 641. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7377.2021.05.030.
Du LY, Fan TY, Wang YL, et al. Advances in the diagnostic of functional lumbar instability [J]. Shaanxi Medical Journal, 2021, 50 (5): 634-637, 641. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7377.2021.05.030.
- [15] 王瑞阳, 茹能, 向清华, 等. 腰椎不稳的影像学研究进展 [J]. 临床医学研究与实践, 2023, 8 (13): 187-190. DOI: 10.19347/j.cnki.2096-1413.202313052.
Wang RY, Ru N, Xiang TH, et al. Imaging research progress of lumbar instability [J]. Clinical Research and Practice, 2023, 8 (13): 187-190. DOI: 10.19347/j.cnki.2096-1413.202313052.
- [16] 万青松, 马刚, 李世荣. 仰卧位 MRI 检测下腰椎小关节积液与退变性腰椎滑脱稳定性的相关性研究 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2020, 18 (10): 145-147. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2020.10.043.
Wan QS, Ma G, Li SR. Analysis of the relationship between lumbar facet effusion and degenerative lumbar spondylolisthesis with supine MRI detection [J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2020, 18 (10): 145-147. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2020.10.043.
- [17] 刘锁利, 陈仲强, 李选河. 退变腰椎小关节的 CT 形态学观察 [J]. 中国矫形外科杂志, 2001, 8 (5): 446-448.
Liu SL, Chen ZQ, Li XH. CT observation and investigation of degenerative lumbar facet joints [J]. Orthopedic Journal of China, 2001, 8 (5): 446-448.
- [18] 陈宏亮, 丁文元, 李宝俊, 等. 腰椎关节突关节退变的影像学改变及意义 [J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17 (19): 1482-1485.
Chen HL, Ding WY, Li BJ, et al. Radiological research of lumbar facet joint degenerative diseases [J]. Orthopedic Journal of China, 2009, 17 (19): 1482-1485.
- [19] 张志勇, 王宇光, 祝勇, 等. 关节突关节矢向化与退变性腰椎滑脱关系的研究进展 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19 (37): 63-64. DOI: 10.19613/j.cnki.1671-3141.2019.37.028.
Zhang ZY, Wang YG, Zhu Y, et al. Analysis of the relationship between sagittalization of facet joint and degenerative lumbar spondylolisthesis [J]. World's Latest Medical Information, 2019, 19 (37): 63-64. DOI: 10.19613/j.cnki.1671-3141.2019.37.028.
- [20] 王海莹, 吕冰, 李辉, 等. 脊柱-骨盆矢状位参数及关节突关节角度对退变性腰椎滑脱的影响 [J]. 中国骨伤, 2021, 34 (11): 1016-1019. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.11.006.
Wang HY, Lv B, Li H, et al. Effects of spinopelvic sagittal parameters and facet joint angle on degenerative lumbar spondylolisthesis [J]. China Journal of Orthopaedics and Traumatology, 2021, 34 (11): 1016-1019. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.11.006.

(收稿:2023-10-26 修回:2024-04-30)

(同行评议专家: 陈锋, 陈光友, 龙雳)

(本文编辑: 闫承杰)