

· 综述 ·

椎小关节退行性变与脊柱结构关系相关研究综述*

黄俊斌 熊玉超 张焯 吴丽 徐帆 梁治平 曾旭文*
暨南大学附属广州红十字会医院放射科(广东 广州 510220)

【摘要】 椎小关节(FJ)是脊柱连结的重要关节, 与其他的脊柱结构关系密切, 对脊柱的运动及稳定性有重要意义。椎小关节的退行性病变是脊柱常见的慢性进行性退行性疾病, 是腰部疼痛的主要病因之一, 给患者及社会带来了巨大的负担。椎小关节退变与其周围结构的改变密切相关, 包括椎旁肌肉、椎间盘及脊柱的稳定性。对椎小关节的表现及椎小关节与周围脊柱结构关系的研究进展进行综述, 以期揭示椎小关节退变与周围结构的关系, 为防治椎小关节退变提供新思路。

【关键词】 椎小关节; 影像学; 椎间盘; 椎旁肌; 脊柱稳定性
【中图分类号】 R445
【文献标识码】 A
【基金项目】 广州市卫生健康科技一般引导项目(20231A011021)
DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.3.066

Review on the Relationship between Facet Joint Degeneration and Spinal Structure*

HUANG Jun-bin, XIONG Yu-chao, ZHANG Ye, WU Li, XU Fan, LIANG Zhi-ping, ZENG Xu-wen*
Department of Radiology, Guangzhou Red Cross Hospital Affiliated to Jinan University, Guangzhou 510220, Guangdong Province, China

Abstract: The facet joint is an important joint that connects the spine and is closely related to other spinal structures, which is of great significance for the movement and stability of the spine. The degenerative disease of facet joint is a common chronic progressive degenerative disease of the spine, which is one of the main causes of waist and neck pain, and has brought huge burden to patients and society. The degeneration of the facet joint is closely related to the changes in its surrounding structures, including paravertebral muscles, intervertebral discs, and the stability of the spine. Summarize the research progress on the manifestations of facet joints and the relationship between facet joints and surrounding spinal structures, in order to reveal the relationship between facet joint degeneration and surrounding structures, and provide new ideas for the prevention and treatment of facet joint degeneration.

Keywords: Facet Joint; Imaging; Intervertebral Disc; Paraspinal Muscle; Spinal Stability

椎小关节 (facet joint, FJ) 又称关节突关节, 是脊柱连接的重要关节, 由周围的关节囊和两个软骨表面构成, 是脊柱运动节段的重要组成部分, 对脊柱的稳定性有重要的意义, 每个脊柱节段均由成对的FJ和所对应的椎间盘组成, 形成复合关节, 也称为三关节复合体^[1]。三关节复合体及脊柱旁肌肉在维持脊柱稳定性中发挥了重要作用。脊柱椎小关节的退行性病变, 是颈部和腰部疼痛的主要病因之一, 尤其是小关节骨关节炎, 它可能占腰背痛的15%至40%, 给患者生活、工作带来了不良影响^[2]。椎小关节病变疼痛的症状表现多不特异, 且与其他疾病存在重叠, 所以椎小关节的病变在临床上常被忽视。本文就对目前椎小关节的影像评估应用及小关节对脊柱周围结构的关系进行综述, 探讨椎小关节改变与周围结构的关系, 以期对椎小关节退行性变或是脊柱退变的诊断及治疗提供新的思路及方法。

1 椎小关节退行性变的影像评估

椎小关节退变通常涉及关节的结构组织, 包括软骨、软骨下骨、骨膜关节囊及关节周围软组织。影像学上, 主要表现为关节间隙变窄、软骨变薄、关节积液、关节下骨侵蚀、软骨下囊肿、软骨下硬化、软骨下骨髓水肿样病变、骨赘形成和关节突肥大。另一个特点就是伴有黄韧带的肥大和钙化。在实际工作中, 常用的椎小关节检查方法包括X线检查, 计算机断层扫描(CT)及核磁共振成像(MRI)^[2-4]。

X线通常作为颈部、腰部疼痛的首选检查, 可以通过不同的体位及动态X线摄影来进行初步的评估。评估腰椎小关节的X线最佳方法是斜位X线片, 其倾斜位置可以清楚显示腰椎上、下关节突和关节间隙。椎小关节退变表现为椎间隙关节间隙变窄、关节积气和椎小关节骨质增生, 但由于组织重叠, 且对早期甚至中期

的退行性变相对不敏感, 所以X线检查价值较为有限^[5]。

CT图像上由于骨结构和周围软组织之间的高对比度, 因而能够更好地显示退变的小关节, 是椎小关节首选的成像方法^[5-7]。刘璐等^[8]对比了腰椎小关节慢性病变的多层螺旋CT(multislice spiral computed tomography, MSCT)及MRI影像表现, 结果显示MSCT对于真空征、伴发征象及骨性关节炎面退变的检出率优于MRI, 但滑膜及软骨的病变则不如MRI, 建议对于体征不明显或急性发作者, 应选择MRI检查并加扫脂肪抑制序列; 对于慢性期或体征明显者, 应选择CT检查。Sun等^[9]分别使用超低剂量CT及低剂量CT对腰痛患者进行检查对比, 并以腰椎MRI作为标准参考, 发现对于低体重和正常体重患者, 超低剂量CT对椎间盘及椎小关节病变的诊断性能与低剂量CT相比无差异, 而辐射剂量却减少了60%~68%。

MRI具有出色的软组织分辨率, 能很好地显示非骨性结构如关节软骨、骨膜、骨髓等改变, 且可以行多序列或是定量成像, 获得更多信息, 可早期评估椎小关节退行性变。罗慕晴等^[10]对健康受试者行L4/5~L5/S1的腰椎常规序列(T₁WI及T₂WI序列)、三维快速扰相梯度回波水激励序列(water excitation three-dimensional spoiled gradient echo sequence, 3D-WATSc)、基于T1加权的三维快速场回波(three-dimensional T1 fast field echo, 3D-T1-FFE)、基于质子密度加权的三维各向同性快速自旋回波(three-dimensional proton density weighted imaging volumetric isotropic turbo spin echo acquisition, 3D-PDWI-VISTA)序列扫描。结果表明3D-WATSc序列能够清晰地呈现腰椎小关节的软骨层及关节间隙, 优于3D-T1-FFE及3D-PDWI-VISTA序列, 可作为腰椎小关节软骨成像的优势序列, 为临床早期准确地评估腰椎小关节退变。Hu等^[11]通过轴位T₂、T₂*和T₁ρ mapping来评估腰椎小关节的软骨, 研究表明T₁ρ mapping对腰

【第一作者】 黄俊斌, 男, 在读研究生, 主要研究方向: CT和MR诊断。E-mail: 2414679516@qq.com
【通讯作者】 曾旭文, 男, 主任医师, 主要研究方向: CT和MR诊断。E-mail: gzshszhyfysk@163.com

椎小关节早期退行性变更加灵敏和可靠。Zhang等^[12]的研究也得出了类似的结论,而且更进一步发现腰椎小关节退变可能与椎间盘的髓核和前纤维环有关。Shinpei等^[13]测量了不同年龄阶层的志愿者的L4/5水平的椎小关节和椎间盘的T2值,发现年龄与小关节的T2值呈强正相关,与腰椎间盘的T2值呈负相关,小关节的T2值与腰椎间盘的T2值呈负相关,其中T2 mapping在没有腰椎疾病的志愿者中也可以检测到与衰老相关的小关节退变。综上,3D-WATSc序列能清晰显示椎小关节软骨改变,T1pmapping和T2 mapping能对椎小关节退变进行定量评估,能敏感发现早期退变。

2 椎小关节与脊柱旁肌肉

椎旁肌是维持腰椎稳定的重要结构,主要分为前后两群,前群主要包括腰大肌、腰小肌和腰方肌,后群主要为多裂肌、竖脊肌、半棘肌、回旋肌和横突间肌。椎旁肌的退行性变与多种腰椎疾病的发生密切相关^[14]。椎旁肌肉的退变病理改变为功能性肌肉面积减少和脂肪浸润,在影像上则表现为肌肉横截面积的缩小及脂肪的浸润。

椎旁肌作为脊柱的动态稳定结构,为维持脊柱的稳定力量的主要来源。椎小关节发生退行性变时,往往会伴随着椎旁肌肉的退变^[15]。椎小关节发生退变时,脊柱的稳定性下降,导致患者长期处于不良姿势和患者腰痛的加剧刺激,椎旁肌出现萎缩、变形,脊柱稳定性进一步下降,反过来进一步加重小关节退变。由此可见,椎小关节退变与椎旁肌肉退变关系密切并相互影响。

椎小关节退变与肌肉脂肪浸润、肌肉横截面积这两个病理改变的关系仍有争议。黄少敏等^[16]和张军等^[17]都发现了越严重的小关节退变伴随着越高度的肌肉脂肪浸润,而肌肉面积与小关节退变无明显相关。然而,罗昕等^[18]的研究则认为椎小关节骨关节炎不仅与腰椎多裂肌脂肪化程度相关,也与多裂肌的肌肉截面积相关。Michelle等^[19]发现关节突悬垂是多裂肌面积萎缩的危险因素。而Cheng等^[20]的研究发现椎旁肌的萎缩随椎小关节退变而加重,脂肪浸润则多与体重相关。此外,不同的椎旁肌肉受椎小关节的影响也有不同。敖莹莹等^[21]发现,竖脊肌和多裂肌的CT值与腰椎小关节退变程度存在中等程度负相关,而腰大肌的CT值与腰椎小关节退变程度存在弱的负相关。

综上所述,椎小关节退变与椎旁肌退变存在相关性,竖脊肌及多裂肌相比其他椎旁肌与椎小关节相关性更高,但椎旁肌退变的脂肪浸润和功能性肌肉面积减少这两个退变的病理变化哪一个与椎小关节退变关系更紧密,尚未达成一致。

3 椎小关节与椎间盘

两个相邻椎骨的椎体之间的软骨连结称为椎间盘,由外围的纤维环和中心的髓核组成。椎间盘具有增大脊柱运动幅度、承受压力、缓冲震动、保护大脑和脊髓的作用,椎间盘与椎小关节共同组成三关节复合体,对脊柱的稳定性有重要意义^[1]。

椎间盘退变与椎小关节退变之间相互影响,互相促进,但对于两者之间的因果关系尚未完全阐明。较为普遍接受的推测是椎间盘退行性变发生先于椎小关节,并导致了椎小关节的退变。椎间盘作为人体最早退变的组织之一,椎间盘变性后,随着椎间盘弹性的下降,高度会降低,椎小关节的负荷也会增加,促使小关节退变,反过来又影响椎间盘进一步退变。Song等^[22]通过MRI和CT参数评估分析三关节复合体发现,每个单独的关节退变都会影响腰椎三关节复合体中的其他关节,而椎间盘退变可能早于小关节退变;椎间盘高度的缩小可能在一节段上进一步加剧小关节退变。但也有部分的假说认为椎小关节的退变可能早于椎间盘退变。椎小关节的退行性变和关节矢状化,会引起小关节活动不稳,当椎体承受过度的压缩和剪切应力时,不稳定的小关节对椎间盘的保护减弱,日久会引起小关节结构的紊乱以及椎间盘内流体静力学异常分布从而导致椎间盘退化、加速突出^[1]。有学者通过对小关节牵引垫片治疗观察到脊柱的退行性变发生逆转,并以此提出了脊柱的退变可能继发于小关节的功能不全的假设^[23]。

椎小关节的关节方向和不对称性在椎体退行性病变中发挥着重要的影响,尤其是不对称性。当两侧小关节不对称时,椎间盘受到的负荷不平衡,更容易促使其退变、突出。小关节方向以关节角表示,目前认为小关节偏向矢状位是导致椎间盘突出的危险因素之一^[1]。椎小关节关节不对称的定义为左右两侧关节角之间存在差值,一个关节比另一个更接近矢状位。小关节不对称性的诊断标准不统一,导致相关研究得出的结论也各不相同^[24]。目前,较为广泛使用的Noren提出的标准^[25],即双侧椎小关节关节角度差值 $>6^\circ$ 则为椎小关节的不对称性。

吴静泽等^[26]使用MRI对比了早期椎间盘突出患者与体检受检者下腰椎间盘节段的左、右椎小关节角度值以及夹角差值,发现腰椎小关节角度与早期椎间盘突出呈明显正相关,椎小关节不对称与旁侧型椎间盘突出呈明显正相关,而椎小关节不对称与中央型椎间盘突出不相关。Şakir等^[27]也有类似的结论,并进一步发现椎间盘还受到其他节段的小关节影响。Wang等^[28]通过研究13~18岁正常人和腰椎间盘突出症患者的小关节的三维数据发现,当青少年椎间盘突出发生在L5/S1节段时,左右侧小关节角之间存在显著差异;小关节高度越大,左右角度不对称,小关节间隙越小,则椎间盘突出症更容易发生。Song等^[29]也发现了年轻成人的椎间盘突出与小关节夹角与不对称相关,椎间盘的突出更倾向于小关节角小的一侧,即倾向于更偏向矢状面的小关节一侧。

在对颈椎的研究中,也有类似腰椎的结论,即颈椎间盘突出症与小关节不对称存在相关性,颈椎间盘突出患者中小关节不对称发生率明显大于无颈椎间盘突出者。但略有不同的是,相比与腰椎间盘突出症多朝向于矢状面关节界面的一侧,颈椎间盘突出多朝向偏冠状面的小关节面角的一侧^[30-31]。

4 椎小关节与脊椎稳定性

椎体不稳是指椎体关节在正常负荷情况下无法维持其正常生理活动,运动范围异常增加以及由此引起的一系列临床症状。椎体的稳定主要由椎间盘、椎小关节、椎旁肌肉、韧带等共同维持,其中椎小关节退行性变是导致椎体不稳的重要因素,它们之间互为因果、互相促进^[32-33]。有学者研究发现腰椎滑脱患者存在进行性的小关节骨关节炎,小关节活动度增大,而且由于骨关节炎,小关节保护功能下降,进一步影响脊柱稳定^[34]。而椎体不稳更进一步则可以发展为椎体滑脱。

小关节形态在脊柱的各节段各有不同,反映了小关节在不同节段有着不同的生物力学作用,这种作用体现在了对脊柱稳定性的维持及对脊柱运动的引导,即对脊柱的“限制”。颈椎小关节关节面处于水平面和冠状面的中间位置,可使颈椎较大幅度水平面旋转和侧屈,但其稳定性较差。胸椎小关节则接近冠状面,这种方向允许侧屈。上段腰椎小关节朝向接近矢状面,有利于屈伸运动,限制了轴线旋转;下端腰椎则向冠状面过度,至L5/S1则近似冠状面,有利于躯体侧屈,限制了椎体的前移,而L4/5节段处于过度阶段,更容易发生腰椎不稳^[32,35]。因此,椎小关节空间形态的变化对于脊柱不稳定有较强的预测作用。

已有研究表明小关节角偏向矢状方向有早期出现滑脱的危险,伴有不对称存在时危险性更大^[35-36]。在对小关节形态的三维研究中,赵庆成等^[37]发现小关节头侧的矢状面趋向性变化及小关节尾侧冠状面趋向性是导致患者出现退行性腰椎滑脱最主要的病因学因素。金尧等^[38]也发现退行性腰椎滑脱患者腰椎小关节角在横断面更偏矢状位,在矢状面更偏水平位,在冠状面更偏垂直位。此外,滑脱不仅与本节段小关节相关,也与相邻节段的小关节相关。Wang等^[39]发现L3/4和L5/S1的冠状面关节很可能会增加L4的腰椎滑脱的风险。

小关节积液也可作为提示椎体不稳定的征象。已有不少的研究发现,在颈椎及腰椎小关节上存在积液时可提示椎体不稳定^[40-42]。Komal等^[43]提出1.4mm的积液宽度可作为腰椎不稳定的一个筛查指标,而Aggarwal等^[40]则建议积液宽度 $>1\text{mm}$ 的患者应进行椎体不稳定的筛查。在椎体不稳定后期,可发生脊柱节段再稳定现象,此时小关节积液量减少^[44]。综上,小关节积液可以作为椎

体不稳的预测指标,并指导椎体不稳的治疗。

除了上述的指标外,有研究发现存在椎体不稳时,可以出现小关节真空现象和小关节肥大或不对称肥大等表现^[45-46]。李志军等^[47]发现颈部小关节不对称肥大提示可能存在单节段的颈椎退行性滑脱。而在定量分析中,李慧芝等^[48]使用合成MRI发现,关节突T1值小于621.38 ms、L4倾斜角大于9.33°、小关节关节角小于34.68°和小关节不对称值大于12.79°是退行性腰椎滑脱发生的临界值。

5 小结与展望

椎小关节源性疼痛是慢性颈腰痛的主要病因之一,尤其是椎小关节退行性变。目前,已有多种手段可以检查椎小关节,目前首选CT检查,定量MRI技术则可以早期检测小关节退变。同时小关节作为脊柱结构的一部分,椎小关节退变时将通过影响脊柱的生物力学稳定性间接促进相邻结构的退变,同样的,相邻结构也通过此种方式影响椎小关节。但椎小关节与脊柱其他结构的相互作用的具体机制尚未完全清晰,未来仍需更进一步的研究。同样的,我们也可以通过改善椎小关节周围结构,改善脊柱生物力学稳定性,来达到延缓椎小关节的退变,以达到预防颈腰痛的目的。目前,椎小关节存在多个分级系统,学界对于分级系统仍未有统一的意见,且部分评估椎小关节的参数,如小关节不对称性的范围,也尚未有统一的标准。未来需要建立一个更全面更整体的评价系统以指导治疗。

参考文献

- [1]周红海,徐毅高,陈龙豪,等.腰椎关节突关节与腰椎间盘突出相关性研究进展[J].中国疼痛医学杂志,2021,27(12):926-929.
- [2]Clarençon F, Law-Ye B, Bienvenot P, et al. The degenerative spine[J]. Magn Reson Imaging Clin N Am, 2016, 24(3): 495-513.
- [3]Kwee R M, Kwee T C. Imaging of facet joint diseases[J]. Clin Imaging, 2021, 80: 167-179.
- [4]王峰. MRI及螺旋CT对中晚期腰椎小关节骨性关节炎的诊断价值比较[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(8): 157-158.
- [5]唐锐,郭亮,李晚兰.影像学在腰椎小关节骨性关节炎中的应用研究进展[J]. 现代医药卫生, 2021, 37(19): 3299-3302.
- [6]金胡日查,崔志明.腰椎关节突关节退变的影像学研究进展[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2013, 7(8): 3577-3579.
- [7]Muto M. Degenerative facet joint disease[J]. Neuroradiology, 2011, 53 Suppl 1: S167-S168.
- [8]刘璐,蒋高民. MSCT及MRI对小关节病变下慢性脊柱疼痛的临床应用价值研究[J]. 系统医学, 2018, 3(5): 109-112.
- [9]Lee S H, Yun S J, Jo H H, et al. Diagnostic accuracy of low-dose versus ultra-low-dose CT for lumbar disc disease and facet joint osteoarthritis in patients with low back pain with MRI correlation[J]. Skeletal Radiol, 2018, 47(4): 491-504.
- [10]罗慕晴,李宏伟,张翌,等. 3.0T MRI 3种扫描序列对腰椎小关节软骨成像的对比研究[J]. 磁共振成像, 2022, 13(8): 65-70.
- [11]Hu J, Zhang Y, Duan C, et al. Feasibility study for evaluating early lumbar facet joint degeneration using axial T(1)ρ, T(2), and T2* mapping in cartilage[J]. J Magn Reson Imaging, 2017, 46(2): 468-475.
- [12]Zhang Y, Hu J, Duan C, et al. Correlation study between facet joint cartilage and intervertebral discs in early lumbar vertebral degeneration using T2, T2* and T1ρ mapping[J]. PLoS One, 2017, 12(6): e0178406.
- [13]Enokida S, Tanishima S, Tanida A, et al. Evaluation of age-related changes in lumbar facet joints using T2 mapping[J]. J Orthop Sci, 2020, 25(1): 46-51.
- [14]王伟,李危石,陈仲强. 椎旁肌评价方法及其与腰椎疾病相关性的研究进展[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34(11): 1462-1467.
- [15]张元成,敖俊. 腰椎退行性疾病中椎旁肌退变的影像学研究进展[J]. 局解手术学杂志, 2021, 30(9): 829-833.
- [16]黄少敏,龙仕杰,李卫伟. 运用MRI探究腰椎多裂肌与关节突关节退行性变的关系及临床效果分析[J]. 黑龙江中医药, 2020, 49(3): 25-26.
- [17]张军. 腰椎多裂肌磁共振数据与关节突关节退变的相关性[J]. 颈腰痛杂志, 2021, 42(1): 103-106.
- [18]罗昕,李玉花,尚群,等. MRI检查腰椎多裂肌退变与关节突关节骨性关节炎的临床分析[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(9): 1616-1619.
- [19]Chua M, Salame K, Khashan M, et al. Facet overhang: a novel parameter in the pathophysiology of multifidus muscle atrophy[J]. Clin Anat, 2022, 35(8): 1123-1129.

- [20]Cheng Z, Li Y, Li M, et al. Correlation between posterior paraspinal muscle atrophy and lumbar intervertebral disc degeneration in patients with chronic low back pain[J]. Int Orthop, 2023, 47(3): 793-801.
- [21]敖莹盛,郭亮,邓小丽,等. 椎旁肌CT值与腰椎小关节退行性变的相关性[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(12): 2498-2502.
- [22]Song Q, Liu X, Chen D J, et al. Evaluation of MRI and CT parameters to analyze the correlation between disc and facet joint degeneration in the lumbar three-joint complex[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(40): e17336.
- [23]Goel A. Facet distraction spacers for treatment of degenerative disease of the spine: Rationale and an alternative hypothesis of spinal degeneration[J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2010, 1(2): 65-66.
- [24]徐聪,徐庆平,艾雯,等. 颈椎关节突关节矢状位角的不对称性和关节突关节退变关系的影像学研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2021, 39(5): 535-538, 545.
- [25]Noren R, Trafimov J, Andersson G B, et al. The role of facet joint tropism and facet angle in disc degeneration[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1991, 16(5): 530-532.
- [26]吴静泽,陈位. MRI测量腰椎关节突角度对早期椎间盘突出的诊断价值[J]. 浙江创伤外科, 2022, 27(1): 155-157.
- [27]Ekşi M, Özcan-Ekşi E E, Orhun Ö, et al. Association between facet joint orientation/tropism and lumbar intervertebral disc degeneration[J]. Br J Neurosurg, 2020: 1-8.
- [28]Wang Y D, A R N, Xu Y Y, et al. Three-dimensional digital measurement of the facet joint in normal individual and lumbar intervertebral disc herniation patients aged 13-18 years[J]. Asian J Surg, 2022, 45(1): 269-276.
- [29]Ke S, Sun T, Zhang W, et al. Are there correlations between facet joint parameters and lumbar disk herniation laterality in young adults? [J]. J Clin Neurosci, 2023, 109: 50-56.
- [30]杨雨蒙,敖莹盛,唐锐,等. 颈椎小关节不对称性与颈椎间盘突出症的相关性[J]. 现代医药卫生, 2022, 38(1): 135-138, 151.
- [31]Huang X, Ye L, Liu X, et al. The relationship between facet tropism and cervical disc herniation[J]. J Anat, 2020, 236(5): 916-922.
- [32]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.
- [33]林雪鸿,刘思杰,罗爱芳,等. 基于磁共振T2WI矢状位-轴位MRI指标评估退变性腰椎不稳腰骶角、韧带厚度值及小关节积液宽度差异[J]. 中国医学装备, 2021, 18(6): 60-63.
- [34]Kitanaka S, Takatori R, Arai Y, et al. Facet joint osteoarthritis affects spinal segmental motion in degenerative spondylolisthesis[J]. Clin Spine Surg, 2018, 31(8): E386-E390.
- [35]杨卫新,章稼,谷云强,等. 关节突关节形态与退变性腰椎滑脱的关系[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2002(10): 7-10.
- [36]葛卫生,王华斌,姚杰,等. 椎小关节空间趋向性与腰椎滑脱的相关性研究[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2017, 15(4): 423-425.
- [37]赵庆成. 螺旋CT测量椎小关节头尾侧趋向性变化对退行性腰椎滑脱的诊断价值评估[J]. 吉林医学, 2016, 37(9): 2310-2311.
- [38]金尧. 腰椎小关节三维角度变化同退行性腰椎滑脱症的相关性[J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6(21): 52-54.
- [39]Wang H, Wu Z. Association between irregular alteration of facet orientation and degenerative lumbar spondylolisthesis[J]. World Neurosurg, 2019, 131: e298-e302.
- [40]Aggarwal A, Garg K. Lumbar facet fluid—does it correlate with dynamic instability in degenerative spondylolisthesis? A systematic review and meta-analysis[J]. World Neurosurg, 2021, 149: 53-63.
- [41]Kulkarni A G, Sagane S S. Cervical facet joint effusion: a sign of instability in cervical degenerative spondylolisthesis[J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2022, 13(1): 38-41.
- [42]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.
- [43]Naeem K, Nathani K R, Barakzai M D, et al. Modifications in lumbar facet joint are associated with spondylolisthesis in the degenerative spine diseases: a comparative analysis[J]. Acta Neurochir (Wien), 2021, 163(3): 863-871.
- [44]Mainka T, Lemburg S P, Heyer C M, et al. Association between clinical signs assessed by manual segmental examination and findings of the lumbar facet joints on magnetic resonance scans in subjects with and without current low back pain: a prospective, single-blind study[J]. Pain, 2013, 154(9): 1886-1895.
- [45]Sun Z M, Jiang C, Xu J J, et al. Vacuum facet phenomenon in computed tomography imaging: a sign of instability in degenerative spondylolisthesis? [J]. World Neurosurg, 2019, 129: e393-e400.
- [46]Chaput C D, Allred J J, Pandorf J J, et al. The significance of facet joint cross-sectional area on magnetic resonance imaging in relationship to cervical degenerative spondylolisthesis[J]. Spine J, 2013, 13(8): 856-861.
- [47]李志军,丁韶龙,周强. 关节突关节横截面积与退行性颈椎滑脱的关系[J]. 颈腰痛杂志, 2022, 43(6): 794-797.
- [48]李慧芝,牛金亮. 退行性腰椎滑脱症关节突关节的MRI定量研究[J]. 实用骨科杂志, 2022, 28(12): 1135-1141.

(收稿日期: 2023-11-01)

(校对编辑: 赵望淇)