

论 著

冠状位磁共振成像PROSET水激发序列对多节段腰椎间盘突出症致病节段的诊断价值*

陈水斌 林 毅 罗爱芳
肖玉辉 欧阳林*

联勤保障部队第九〇九医院 厦门大学附属东南医院 放射科 (福建 漳州 363000)

【摘要】目的 评估冠状位磁共振成像和PROSET水激发序列对多节段腰椎间盘突出症致病节段的准确性。方法 回顾性分析2019年1月至2022年12月在我院接受手术治疗的66例多节段腰椎间盘突出症患者临床和影像学资料。MRI检查使用3.0TMR扫描仪(荷兰Philips Ingenia公司, 3.0T), 之后使用冠状位PROSET水激发序列进行扫描。收集MRI图像上多节段腰椎间盘突出症的表现及与神经根受压关系。以术中和术后患者疗效为受压神经根节段的判断标准, 分析计算冠状位MRI诊断受压神经根的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值和准确性。并使用Kappa一致性分析两者诊断一致性。结果 66例多节段腰椎间盘突出症患者, MRI图像上共识别到31例患者存在2节段腰椎间盘突出受累, 25例存在3节段受累, 10例存在4节段受累, 共涉及177个椎间盘。在冠状位腰椎MRI上, 椎间盘突出症引起的神经根压迫存在一系列形态学变化, 包括神经根凹陷、神经节信号增强、神经根肿胀或神经根断裂。L4/L5神经根起点多位于椎间盘平面(69.81%), L5/S1神经根起点多位于椎间盘上方(72.58%)。共79处神经根受压, 其中以L5的神经根受压比例最高82.28%(65/79)。冠状位MRI在多节段椎间盘突出症患者定位致病节段的诊断敏感性为97.4%、特异性为99.3%、阳性预测值为93.7%、阴性预测值为98.6%、准确性为98.6%。冠状位MRI与术中及术后诊断Kappa一致性高($k=0.926$)。结论 冠状位MRI对定位多节段椎间盘突出症患者的致病节段、受压神经根具有较高准确性, 值得今后进一步研究。

【关键词】多参数磁共振成像; 椎间盘突出症; 神经根
【中图分类号】R445.2
【文献标识码】A
【基金项目】福建省区域发展项目(2019Y3007); 军队后勤保障部面上项目(CLB21J017)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.05.050

Diagnostic Value of Coronal Magnetic Resonance Imaging and PROSET Water Excitation Sequence in the Pathogenic Segments of Multilevel Lumbar Disc Herniation*

CHEN Shui-bin, LIN Yi, LUO Ai-fang, XIAO Yu-hui, OUYANG Lin*.
Department of Radiology, The 909th Hospital of Joint Logistics Support Force, Dongnan Hospital of Xiamen University, Zhangzhou 363000, Fujian Province, China

ABSTRACT
Objective To evaluate the accuracy and practicability of coronal magnetic resonance imaging and PROSET water excitation sequence in the diagnosis of multiple levels of lumbar disc herniation.
Methods The clinical data of 66 patients with multilevel lumbar disc herniation who received surgical treatment in our hospital from January 2019 to December 2022 were retrospectively analyzed. The MRI scanning sequence was performed using a 3.0TMR scanner (Philips Ingenia, Netherlands, 3.0T), followed by a coronal PROSET water challenge sequence. To collect the manifestations of multilevel lumbar disc herniation on MRI images and its relationship with compressed nerve roots. The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and accuracy of coronal MRI diagnosis of compressed nerve roots were calculated based on the intraoperative and postoperative patient efficacy as the judgment criteria. Kappa consistency analysis was used to analyze the diagnostic consistency between the two. **Results** In 66 patients with multilevel lumbar disc herniation, MRI images identified a total of 31 patients with 2-level lumbar disc involvement, 25 patients with 3-level lumbar disc involvement, and 10 patients with 4-level lumbar disc involvement, involving 177 intervertebral discs. On coronal lumbar MRI, there are a series of morphological changes in nerve root compression caused by spinal disc herniation, including nerve root depression, ganglion signal enhancement, nerve root swelling or nerve root fracture. The L4/L5 nerve root origins are mostly located at 69.81% of the intervertebral disc plane, while the L5/S1 nerve root origins are mostly located at 72.58% above the intervertebral disc. A total of 79 nerve roots were compressed, with L5 having the highest compression rate of 82.28% (65/79). The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and accuracy of coronal MRI in locating the diseased segment in patients with multi-level Spinal disc herniation were 97.4%, 99.3%, 93.7%, 98.6%, and 98.6% respectively. High consistency with intraoperative and postoperative diagnosis of Kappa ($k=0.926$) were fund. **Conclusion** Coronal MRI has a high accuracy in locating the diseased segments and compressed nerve roots of patients with multilevel Spinal disc herniation, which is worthy of further study in the future.

Keywords: Multiparameter Magnetic Resonance Imaging; Spinal Disc Herniation; Nerve Root

腰椎间盘突出症是导致下腰痛最常见的原因。据报道, 多节段腰椎间盘突出症患者近年来呈现逐渐增加趋势^[1]。对腰椎间盘突出症患者尸体解剖发现, 并非所有腰椎间盘突出症都会压迫到神经根并引起患者疼痛^[2-3]。同样, 在不同的多节段腰椎间盘突出症尸体也发现神经根受压的解剖学情况具有异质性^[4]。

影像学检查可为神经根受压迫情况提供一定客观证据。MRI是诊断腰椎间盘突出症的首选影像学检查^[1], 其具有良好的组织分辨率, 可清晰显示髓核突出和硬脊膜受压情况。然而常规MRI并无法显示出神经根的连续方向, 因此无法准确判断神经根受压情况。尤其对于多节段腰椎间盘突出症患者, 普通MRI成像可以诊断出大部分被压缩的椎间盘突出节段, 但并不能明确定位导致患者症状的具体位置。尽管, CT脊髓造影和选择性神经根阻滞能够明确定位诊断腰椎致病节段^[5-6], 但由于两者均具有一定侵袭性, 因此并非诊断首选。目前, 尚无可识别多节段腰椎间盘突出症致病节段的非侵袭性诊断。近年来, 关于腰椎冠状位MRI对腰椎间盘突出症的诊断价值不断被探索。目前对下腰部冠状位MRI已经用于腰椎肿瘤和神经鞘瘤的诊断^[7-8]。此外, 腰椎冠状位MRI的T₂加权序列可清楚地显示神经根方向, 已有国外学者探索其在腰椎间孔狭窄定位中的价值^[9-10]。但目前, 腰椎冠状位MRI在定位诊断多节段腰椎间盘突出症患者致病节段方面的价值仍未证实。基于此, 本研究回顾性分析了接受手术治疗的多节段腰椎间盘突出症患者术前MRI资料, 以探索其定位致病节段的诊断价值, 以期为此类患者的术前评估提供一定影像学参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2019年1月至2022年12月于联勤保障部队第九〇九医院接受手术治疗的多节段腰椎间盘突出症患者临床资料。

纳入标准: 下腰痛、下肢放射痛病史; 术前接受了腰椎冠状位MRI检查; 腰椎MRI检查显示多节段腰椎间盘突出; 住院期间接受手术治疗。排除标准: 合并脊柱侧弯、脊

【第一作者】陈水斌, 男, 副主任医师, 主要研究方向: 腰椎间盘突出损伤早期影像生物学诊断研究。E-mail: chenshuibin909@126.com
【通讯作者】欧阳林, 男, 主任医师, 主要研究方向: 腰椎间盘突出损伤早期影像生物学诊断与防治研究。E-mail: ddcqzg@163.com

柱复杂性感染、神经鞘瘤；存在其他导致腰痛或下肢症状疾病；既往腰骶部创伤或腰椎手术史；MRI图像质量差，伪影严重。本研究开始前经过我院医学伦理委员会审核。

1.2 MRI扫描方法 MRI扫描均使用3.0TMR扫描仪(荷兰Philips Ingenia公司, 3.0T), 32通道脊柱表面相控线圈。采用常规轴向和矢状面MRI快速自旋回波成像获得多节段腰椎间盘突出症成像。T₂WI参数如下:TR: 2474ms, TE:120ms, 视野: 160×300×42(mm), 层厚: 3.5mm, 层间距: 0.35mm, 时间84s。之后使用冠状位PROSET水激发序列进行扫描: (TR:2000 ms, TE: 32 ms; 层厚: 1mm; 矩阵, 512×256, 翻转角: 20°)和2个信号强度的冠状位快速自旋回波成像。最后, 腰椎图像以L3椎体水平面为中心, 平行于腰椎纵轴, 采用dStream全数字影像链重建腰椎冠状位图像。

1.3 MRI图像分析及临床资料收集 MRI图像由2名放射科医生采用盲法进行分析, 当存在争议时由第3名高年资医师进行判断并进行3人讨论后诊断。以腰椎间盘突出手术中观察和术后疗效为受压神经根节段的判断标准。

收集患者年龄、性别、体重指数、受累椎间盘节段、住院时间、术中出血、手术节段等基本信息。

1.4 统计学方法 所有收集的数据均使用SPSS 22进行分析。计量资料采用($\bar{x} \pm s$)进行描述, 计数资料用n(%)进行描述。计算冠状位MRI诊断多节段椎间盘突出症的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值和准确性。使用Kappa一致性分析冠状位腰椎MRI图像与术中判断神经根受压结果的一致性。Kappa值0.40-0.60为中等一致、Kappa值0.61-0.80为基本一致, Kappa值>0.8为一致性高。

2 结 果

2.1 患者一般资料 本研究最终共纳入66例接受手术治疗多节段腰椎间盘突出症患者资料。MRI图像上共识别有31例患者存在2节段腰椎间盘突出受累, 25例存在3节段受累, 10例存在4节段受累, 共涉及177个椎间盘受累。

其中54例患者接受了单节段手术, 12例患者接受多节段手术。7例患者接受选择性神经根阻滞术, 20例患者接受肌电图检查。

表1 多节段腰椎间盘突出症患者一般资料特征

特征	数据
性别, n(%)	
男	49(74.24)
女	17(25.76)
年龄(岁)	57.16±14.98
体重指数(kg/m ²)	24.13±3.01
受累腰椎间盘节段, n(%)	
2	31(46.97)
3	25(37.88)
4	10(15.15)
住院时间, (d)	8.25±5.46
术中出血(mL)	114.53±214.61
手术段数, n(%)	
单节段手术	54(81.82)
多节段手术	12(18.18)

2.2 冠状位腰椎MRI椎间盘突出与神经根受压图像特征 在冠状位腰椎MRI上, 椎间盘突出症引起的神经根压迫存在一系列形态学变化, 包括神经根凹陷、神经节信号增强、神经根肿胀或神经根断裂, 如图1。

2.3 MRI图像上椎间盘突出与神经根受压位置关系 分析66例患者中MRI图像上腰椎椎间盘与神经根从硬脊膜发出的位置的关系可见, L4/L5神经根起点多位于椎间盘平面69.81%, L5/S1神经根起点多位于椎间盘上方72.58%。共79处神经根受压, 其中以L5的神经根受压比例最高82.28%(65/79), 详见表2。

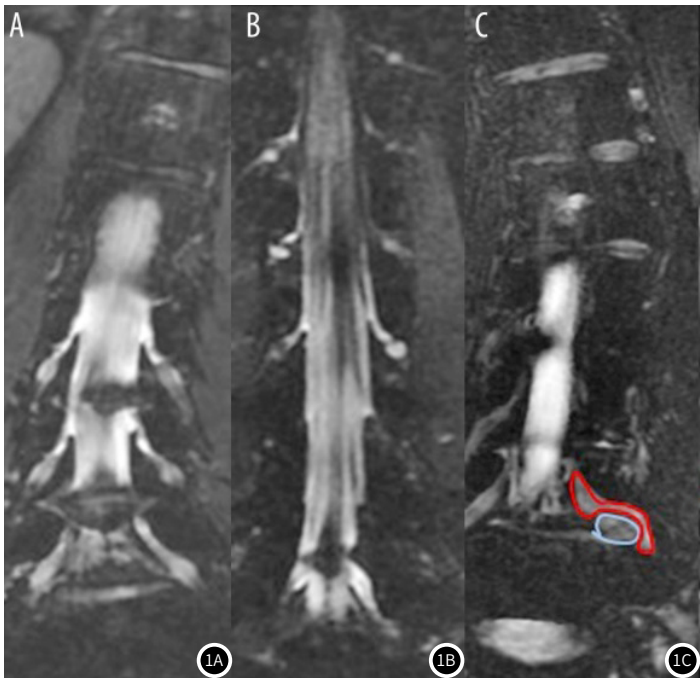


图1A-图1C 冠状位腰椎MRI上椎间盘突出压迫神经根的图像特征。图1A L4神经根起始部清晰明显, 椎间盘突出未压迫神经根; 图1B L5神经根起始部与突出的椎间盘在同一平面, 可见神经节信号增强和神经根信号中断; 图1C 椎间盘突出压迫至神经节。

表2 冠状位腰椎MRI图像上神经根与椎间盘关系

项目	数据	项目	数据
神经根发出位置		受压神经根位置	
L3/4节段, n(%)		L4, n(%)	
突出椎间盘上方	0(0)	左侧	4(50.00)
突出椎间盘平面	15(24.19)	右侧	4(50.00)
突出椎间盘上方	47(75.81)	L5, n(%)	
L4/5节段, n(%)		左侧	39(60.00)
突出椎间盘上方	2(3.78)	右侧	26(40.00)
突出椎间盘平面	37(69.81)	S1, n(%)	
突出椎间盘上方	14(26.41)	左侧	4(66.67)
L5/S1节段, n(%)		右侧	2(33.33)
突出椎间盘上方	45(72.58)		
突出椎间盘平面	17(27.42)		
突出椎间盘上方	0(0)		

2.4 MRI诊断的准确性分析 通过术中观察和术后疗效分析, 冠状位MRI检查神经根受压假阴性5例, 2例术后疼痛症状无明显改善, 2例患者神经根形态学改变。

冠状位MRI在多节段椎间盘突出症患者定位致病节段的诊断敏感性为97.4%、特异性为99.3%、阳性预测值为93.7%、阴性预测值为98.6%和准确性为98.6%。冠状位MRI检查识别多节段椎间盘突出症患者致病节段与结果的Kappa一致性分析k=0.926, 提示冠状位MRI检查效能较高。

3 讨 论

随着社会老龄化程度增加, 多节段腰椎间盘突出症患者人数也不断增加。目前MRI是临床诊断最常用影像学方法, 但由于传统的MRI扫描层厚为3-5mm, 而无法清晰显示神经根形态。对于多节段腰椎间盘突出症等复杂腰椎间盘突出症情况, 常规MRI在定位导致症状的致病节段存在一定困难, 甚至部分患者的症状与MRI成像存在一定差异^[11-12]。如当椎间盘沿椎体后缘上下凸起或椎间盘游离时, 常规MRI扫描图像上可能直接从椎间盘平面跳

到下一个椎间盘平面；当发生极外侧型腰椎间盘突出症或腰椎滑脱时，可能无法扫描到病变部位。因此，对于多节段腰椎间盘突出症患者，利用常规MRI准确定位引起疼痛的部位仍具有一定困难。本研究证实了冠状位MRI成像在显示神经根的形态、信号和位置方面具有较高的准确性。冠状位MRI对复杂多节段椎间盘突出症患者诊断价值具有较好的应用前景。

多节段椎间盘突出症是指存在2个或以上不同程度的腰椎椎体突破纤维环或引起硬脊膜的压迫和变形。既往研究通常使用常规MRI辅助选择性神经根阻滞术和常规肌电图来进行诊断和定位，甚至部分研究已经使用了三维磁共振成像(3D-MRI)检查进行探索分析^[10]。但由于不同患者的神经根形态、起始位置差异较大、甚至同一对神经根存在不对称以及神经根压迫位置变化不同，导致上述检查均存在一定局限性。如3D-MRI等技术一定程度上能够识别腰椎间盘突出症的致病段，但这些方法仍无法显示出神经根形态^[10]。本研究纳入了66例接受手术治疗多节段腰椎间盘突出症患者，共涉及177个椎间盘受累。在本研究使用的冠状位腰椎MRI上扫描上椎间盘突出症引起的神经根压迫存在一系列形态学变化，包括神经根凹陷、神经节信号增强、神经根肿胀或神经根断裂。可见冠状位腰椎MRI在识别被压迫神经根方面具有一定优势。

既往选择性神经根阻滞术也用于诊断腰椎间盘突出症的致病节段，但选择性神经根阻滞术属于侵袭性检查，且诊断敏感性与操作医生的经验具有一定相关性^[13]。韩国学者也有报道，通过脊髓造影确定神经根性疼痛的定位准确性优于MRI，但该方法同样具有一定侵袭性，且具有发生颅内低血压的风险^[14]。在本研究中通过术中观察和术后疗效分析，冠状位MRI检查神经根受压假阴性5例，2例术后疼痛症状无明显改善，2例患者神经根形态学改变。这提示对于诊断不确定的患者，应在手术前进行选择神经根阻滞术或常规肌电图检查进行配合冠状位MRI检查以更好指导手术过程。

既往也有不少研究开始使用冠状位MRI对腰椎进行检查。如Park SH等人证实，使用冠状位PROSET序列成像评估多发性腰椎间孔狭窄患者的敏感性约85%^[15]。类似的，也有研究探索冠状位MRI在L5-S1椎间孔狭窄诊断中的意义^[16]。3D-MRI和冠状位MRI均可以清晰、无创地显示神经根的完整方向和变化程度，与传统MRI相比诊断腰椎间盘突出症的有效性和可靠性已得到证实^[17-18]。本研究中冠状位MRI在多节段椎间盘突出症患者定位致病节段的诊断敏感性为97.4%、特异性为99.3%的、阳性预测值为93.7%、阴性预测值为98.6%和准确性为98.6%。这提示冠状位PROSET序列在今后多节段椎间盘突出症患者定位致病节段方面具有较好应用前景。

本研究具有以下研究不足和局限。首先，研究为单中心回顾性研究，接受冠状位PROSET序列的多节段椎间盘突出症患者数量相对有限。其次，由于所使用MRI检查设备厂家、技术等原因，不同厂家的MRI检查结果可能因参数设置差异，造成冠状位MRI中神经根成像分辨率存在差异，而导致使用其他机器设备所得结果与本研究存在一定差异。因此，今后值得在更多患者中进行前瞻性大样本研究进一步证实冠状位PROSET序列的应用前景。

总之，本研究发生使用冠状位MRI可以准确定位多节段椎间盘突出症患者的致病节段，其诊断的敏感性、特异性和准确性均较高。MRI图像上受压神经根存在神经根凹陷、神经节信号增强、神经根肿胀或神经根断裂等一系列形态学变化。本研究对于今后减少外科手术节段数量，改善患者术后效果可能具有一定帮助。

参考文献

- [1] 中国康复医学会脊柱脊髓专业委员会基础研究与转化学组. 腰椎间盘突出症诊治与康复管理指南[J]. 中华外科杂志, 2022, 60(5): 401-408.
- [2] 王路, 程才, 李凌霞, 等. 多通道经皮脊柱内镜手术治疗老年多节段腰椎间盘突出症[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2023, 38(3): 239-242.
- [3] 韦湛海, 张书炯, 沈子聪, 等. 经皮内镜治疗多节段腰椎间盘突出症的现状[J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30(24): 2246-22492254.
- [4] Suh SW, Shingade VU, Lee SH, et al. Origin of lumbar spinal roots and their relationship to intervertebral discs: a cadaver and radiological study[J]. J Bone Joint Surg Br, 2005, 87(4): 518-522.
- [5] Kanna RM, Shetty AP, Rajasekaran S. Predictors of successful outcomes of selective nerve root blocks for acute lumbar disc herniation[J]. Global Spine J, 2019, 9(5): 473-479.
- [6] 张宁, 冯青. 肌骨超声结合C型臂X线机下选择性神经根阻滞联合PELD治疗多节段腰椎间盘突出症[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2022, 37(7): 725-727.
- [7] Jia J, Ding R, Liu X, et al. Coronal magnetic resonance imaging of three-dimensional fast-field echo with water-selective excitation improves the sensitivity and reliability of identification of extraforaminal lumbar disc herniation[J]. J Int Med Res, 2019, 47(12): 6053-6060.
- [8] Jia J, Wei Q, Wei T, et al. Two cases in which 3D MRI was used to differentiate between a disc mass that mimics a tumor and neurinoma[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2018, 19(1): 154.
- [9] Kong C, Li XY, Sun SY, et al. The value of contrast-enhanced three-dimensional isotropic T₂-weighted turbo spin-echo SPACE sequence in the diagnosis of patients with lumbosacral nerve root compression[J]. Eur Spine J, 2021, 30(4): 855-864.
- [10] Sartoretti E, Sartoretti T, Schwenk Á, et al. High-resolution 3D versus standard-resolution 2D T₂-weighted turbo spin echo MRI for the assessment of lumbar nerve root compromise[J]. Tomography, 2022, 8(1): 257-266.
- [11] 杨跃跃. 腰椎管狭窄症临床症状与MRI轴位成像结果之间的关系[J]. 颈腰痛杂志, 2022, 43(3): 390-392.
- [12] 王旻, 邹丹丹, 耿海涛, 等. MRI腰部成像参数与腰椎间盘突出症患者椎间孔镜术后疗效的关系[J]. 山东医药, 2021, 61(17): 58-61.
- [13] Kanna RM, Shetty AP, Rajasekaran S. Predictors of successful outcomes of selective nerve root blocks for acute lumbar disc herniation[J]. Global Spine J, 2019, 9(5): 473-479.
- [14] Park CK, Lee HJ, Ryu KS. Comparison of root images between post-myelographic computed tomography and magnetic resonance imaging in patients with lumbar radiculopathy[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2017, 60(5): 540-549.
- [15] Park SH, Jeon I, Kim SW. Diagnostic values of ProSet magnetic resonance coronal source imaging for detecting symptomatic lesion in multiple lumbar foraminal stenosis[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2016, 150: 185-189.
- [16] Hashimoto K, Tanaka Y, Tsubakino T, et al. Imaging diagnosis of lumbar foraminal stenosis in the fifth lumbar nerve root: reliability and reproducibility of T1-weighted three-dimensional lumbar MRI[J]. J Spine Surg, 2021, 7(4): 502-509.
- [17] 廖航, 贾惊宇, 邓中博, 等. 评估3D-MRI技术在诊治不典型腰椎间盘突出症的作用[J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24(23): 2134-2138.
- [18] Menon RG, Zibetti MVW, Pendola M, et al. Measurement of three-dimensional internal dynamic strains in the intervertebral disc of the lumbar spine with mechanical loading and golden-angle radial sparse parallel-magnetic resonance imaging[J]. J Magn Reson Imaging, 2021, 54(2): 486-496.

(收稿日期: 2023-08-05)

(校对编辑: 韩敏求)