

论 著

腰椎间盘突出症患者DCE-MRI检查参数评估椎间盘新生血管形成的研究*

杨 静 张斌青 张翔亚
张媛媛 刘玉珂*

河南省洛阳正骨医院(河南省骨科医院)
影像中心(河南 洛阳 471000)

【摘要】目的 探讨腰椎间盘突出症患者动态增强磁共振成像(DCE-MRI)检查参数评估椎间盘新生血管形成的价值, 以期临床制定干预方案提供参考。

方法 选取2021年5月至2023年3月我院102例腰椎间盘突出症患者作为研究对象, 入院后均行DCE-MRI检查, 比较不同Pfirman等级患者DCE-MRI检查参数(K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e)及微血管密度(MVD), 分析DCE-MRI检查参数与MVD相关性, 均行经皮椎间孔镜术, 根据术后6个月疗效分为有效组($n=88$)与无效组($n=14$), 比较两组临床资料及DCE-MRI检查参数、MVD, 分析DCE-MRI检查参数及MVD对经皮椎间孔镜术后无效风险的影响, 并分析DCE-MRI检查参数对腰椎间盘突出症患者经皮椎间孔镜术疗效的预测价值。**结果** 不同Pfirman等级患者 K^{trans} 、MVD比较: I级<II级<III级<IV级<V级($P<0.05$); 相关性分析可知, 腰椎间盘突出症患者DCE-MRI检查参数 K^{trans} 与MVD呈正相关($P<0.05$); 无效组DCE-MRI检查参数 K^{trans} 及MVD均高于有效组($P<0.05$); DCE-MRI检查参数 K^{trans} 及MVD高水平亚组患者经皮椎间孔镜术后无效风险分别是低水平亚组的6.000倍(1.413~25.470)、13.000倍(1.765~95.729); DCE-MRI检查参数 K^{trans} 及MVD预测AUC值分别为0.783、0.831, 二者联合预测AUC为0.931, 最佳敏感度及特异度分别为85.71%、87.50%。**结论** DCE-MRI检查参数可用于评估腰椎间盘突出症患者椎间盘新生血管形成情况, 为临床评估椎间盘退变情况、预测术后疗效提供依据, 以制定相应干预方案。

【关键词】 腰椎间盘突出症; 椎间盘新生血管; 动态增强磁共振成像; 微血管密度; 经皮椎间孔镜术

【中图分类号】 R681.5+7

【文献标识码】 A

【基金课题】 二〇二三年度河南省医学科技攻关计划项目(LHGJ20230484)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.047

Evaluation of Disc Neovascularization by DCE-MRI in Patients with Lumbar Disc Herniation*

YANG Jing, ZHANG Bin-qing, ZHANG Xiang-ya, ZHANG Yuan-yuan, LIU Yu-ke*

Imaging Center, Luoyang Orthopedic-Traumatological Hospital of Henan Province (Henan Provincial Orthopedic Hospital), Luoyang 471000, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the value of dynamic enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) parameters in evaluating disc neovascularization in patients with lumbar disc herniation, in order to provide reference for clinical intervention. **Methods** A total of 102 patients with lumbar disc herniation in our hospital from May 2021 to March 2023 were selected as the study subjects. DCE-MRI examination was performed after admission, and DCE-MRI examination parameters (K^{trans} , K_{ep} , V_e) and microvascular density (MVD) of patients with different Pfirman grades were compared. The correlation between DCE-MRI parameters and MVD was analyzed. All patients underwent percutaneous foraminoscopy, and were divided into an effective group ($n=88$) and an ineffective group ($n=14$) according to the curative effect 6 months after surgery. The clinical data, DCE-MRI parameters and MVD of the two groups were compared. To analyze the effects of DCE-MRI parameters and MVD on the risk of failure after percutaneous foraminoscopy, and to analyze the predictive value of DCE-MRI parameters on the efficacy of percutaneous foraminoscopy in patients with lumbar disc herniation. **Results** The comparison of K^{trans} and MVD in patients with different Pfirman grades was as follows: Grade I < grade II < grade III < grade IV < grade V ($P<0.05$); Correlation analysis showed that DCE-MRI examination parameters K^{trans} were positively correlated with MVD in patients with lumbar disc herniation ($P<0.05$). The DCE-MRI parameters K^{trans} and MVD in the ineffective group were higher than those in the effective group ($P<0.05$). DCE-MRI parameters K^{trans} and MVD patients in the high level subgroup were 6.000 times (1.413 ~ 25.470) and 13.000 times (1.765 ~ 95.729) higher than those in the low level subgroup. DCE-MRI parameters K^{trans} and MVD predicted AUC values of 0.783 and 0.831, respectively, and their combined prediction AUC values of 0.931, and the best sensitivity and specificity were 85.71% and 87.50%, respectively. **Conclusion** DCE-MRI parameters can be used to evaluate disc neovascularization in patients with lumbar disc herniation, and provide reference for clinical evaluation of disc degeneration and prediction of postoperative efficacy, so as to formulate targeted intervention programs and improve prognosis.

Keywords: Lumbar Disc Herniation; Disc Neovascularization; Dynamic Enhanced Magnetic Resonance Imaging; Microvascular Density; Percutaneous Foraminoscopy

腰椎间盘突出症为引起腰背部疼痛的主要原因之一, 多由椎间盘退变引起, 具有病程长、易反复发作等特点, 对患者生活质量、工作均造成严重影响^[1-2]。经皮椎间孔镜术为腰椎间盘突出症主要治疗方案, 可有效缓解患者临床症状, 但由于该病情易反复发作, 且术后椎间盘突出程度无显著变化, 因此需及时对患者病情及预后进行评估预测^[3-5]。椎间盘退变与血管形成密切相关, 目前临床评估新生血管情况多通过对椎间盘病理组织免疫组化测定, 但存在一定创伤性, 患者接受度较低^[6]。动态增强磁共振成像(DCE-MRI)检查目前已广泛用于肿瘤新生血管评估中, 可显示对比剂从毛细血管进入组织间隙速率^[7-8]。但目前临床鲜有通过DCE-MRI检查评估椎间盘退变血管形成情况, 基于此, 本研究试分析腰椎间盘突出症患者DCE-MRI检查参数对椎间盘新生血管形成的评估价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 经我院伦理委员会审核批准, 选取2021年5月至2023年3月我院102例腰椎间盘突出症患者, 其中男58例, 女44例, 年龄54~68岁, 平均(61.28±2.56)岁; 体质指数21.2~27.8kg/m², 平均(24.32±1.25)kg/m²; 病程3~10年, 平均(6.64±1.12)年; 病变节段L4-L5 84例, L5-S1 18例; 合并糖尿病22例, 合并高血压24例, 合并高脂血症26例, 合并纤维环破裂34例, 合并Modic改变27例。

纳入标准: 均符合《安徽省腰椎间盘突出症分级诊疗指南(2015年版)》^[9]中腰椎间盘突出症相关诊断标准; 既往无脊柱相关手术史者; 可接受本研究治疗、检查方案; 知晓本研究, 并签订同意书。**排除标准:** 合并脊柱感染、肿瘤、腰间盘炎等疾病者; 合并腰椎严重外伤史者; 合并MRI检查绝对禁忌症; 合并重大脏器功能障碍者; 合并精神障碍或检查依从性较差者。

1.2 方法 MRI检查: 均采用美国GE Signa EXcite 1.5T磁共振扫描仪进行检查, 采用脊柱表面线圈, 引导患者处仰卧位, 检查范围为L1/L2~L5/S1椎间盘, 先行MRI常规平扫, 扫描序列包括矢状位T1WI、T2WI序列及轴位T2WI序列。切换至动态增强扫描模式, 扫描序列包括T1 mapping序列及多期DCE-MRI序列, 经患者肘静脉注射15mL钆喷酸葡胺注射液, 接注20mL生理盐水, 注射速率为3.0mL/s, 参数设置为: TR 4ms, TE 2ms, 矩阵

【第一作者】 杨 静, 女, 副主任医师, 主要研究方向: 骨关节退变及疾病, 骨肌损伤。E-mail: 312754668@qq.com

【通讯作者】 刘玉珂, 男, 主任医师, 主要研究方向: 骨肌损伤及骨病的影像诊断。E-mail: yukeliu1975@163.com

180×138, FOV 250mm×250mm, 层厚5mm, 连续扫描40期。图像后处理: 将所有图像上传至后台工作站, 采用定量软件处理数据, 先导入T1 mapping序列获取时间对比剂浓度曲线, 再导入增强扫描数据, 获取增强扫描参数 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 。

Pfirman等级评估: 采用Pfirman等级评估椎间盘退变程度, 根据MRI T2WI正中矢状层面椎间盘信号, 结合高度、形态将椎间盘分为I~V级。

组织病理检查: 采集椎间盘髓核组织, 观察免疫组化切片, 记录每张切片镜下棕色着色血管数目, 以5个高倍视野微血管数目平均数作为标本血管MVD。

资料收集: 均采用医院自制调查问卷调查统计临床资料, 包括年龄、性别、体质指数、病程、是否合并糖尿病、高血压、高脂血症、纤维环破裂、Modic改变、病变节段、Lee分区、Pfirman等级。调查质量保障: 均采用相同调查问卷收集临床资料, 待患者填写完毕后现场进行复核, 如发现影响资料统计的问卷, 向患者进行核实确认, 以保障调查问卷准确性, 录入数据时再次确认数据准确性, 核实后由专业人员进行录入。

疗效评估: 所有患者均行经皮椎间孔镜术治疗, 术后随访6个月评估疗效, 其中优: 腰背部疼痛症状消失, 可恢复正常工作、生活状态; 良: 存在轻微腰背部疼痛症状, 但不影响工作及生活; 可: 腰背部疼痛症状缓解, 但影响正常生活及工作; 差: 腰背部疼痛症状无缓解甚至加重。将优、良纳入有效组, 可、差纳入非有效组。

1.3 观察指标 (1)比较不同Pfirman等级患者DCE-MRI检查参数及MVD。(2)分析DCE-MRI检查参数与MVD的相关性。(3)比较无效组与有效组患者临床资料、DCE-MRI检查参数及MVD。(4)分析DCE-MRI检查参数及MVD对经皮椎间孔镜术后无效风险的影响。(5)分析DCE-MRI检查参数对腰椎间盘突出症患者经皮椎间孔镜术疗效的预测价值。

1.4 统计学方法 采用SPSS 28.0软件处理分析相关数据, 符合正态分布的计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示, 两组间比较采用t检验, 多组间比较以单因素方差进行分析, 两两比较以LSD-t检验, 计数资料用n(%)表示, 两组间比较行 χ^2 检验, 相关性分析采用Pearson相关系数模型, 采用危险度分析DCE-MRI检查参数及MVD对经皮椎间孔镜术后无效风险的影响, ROC曲线分析预测价值, $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 不同Pfirman等级患者DCE-MRI检查参数及MVD比较 不同Pfirman等级患者 K_{ep} 、 V_e 比较, 差异无统计学意义($P>0.05$), 不同Pfirman等级患者 K^{trans} 、MVD比较, 差异有统计学意义($P<0.05$), 且 K^{trans} 、MVD比较: I级<II级<III级<IV级<V级, 差异有统计学意义($P<0.05$)。见表1、图1~2。

2.2 DCE-MRI检查参数与MVD的相关性分析 相关性分析可知, 腰椎间盘突出症患者DCE-MRI检查参数 K^{trans} 与MVD呈正相关($P<0.05$), K_{ep} 、 V_e 与MVD无相关性($P>0.05$)。见图3。

表1 不同病程程度DCE-MRI检查参数及MVD比较

Pfirman等级	例数	K^{trans} (min)	K_{ep} (min)	V_e (%)	MVD(条/mm ²)
I级	14	0.08±0.01	0.80±0.20	0.15±0.02	10.83±3.06
II级	24	0.10±0.01	0.82±0.18	0.16±0.04	13.74±4.02
III级	28	0.13±0.02	0.86±0.17	0.16±0.04	16.83±5.17
IV级	20	0.16±0.02	0.89±0.20	0.17±0.03	19.22±6.09
V级	16	0.19±0.02	0.92±0.25	0.18±0.02	25.41±8.21
F值		93.524	0.955	1.447	13.097
P值		<0.001	0.418	0.235	<0.001

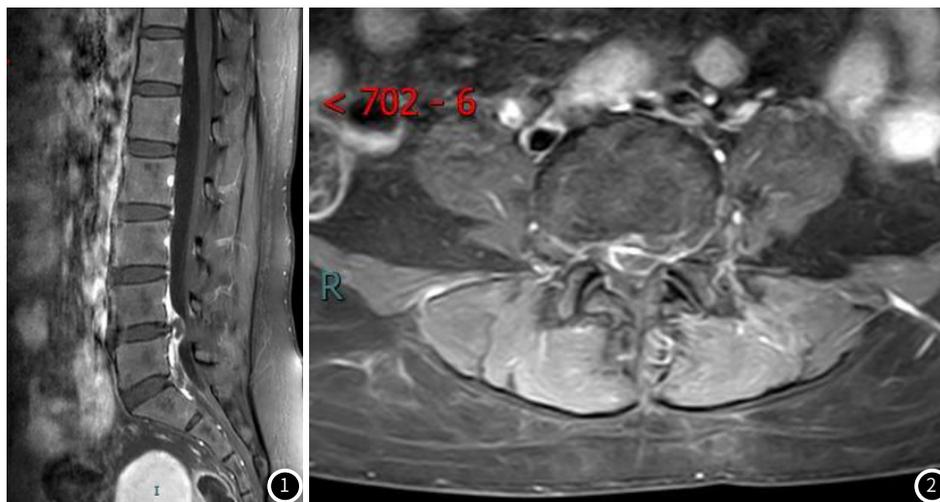


图1 腰椎间盘突出症患者DCE-MRI 矢状位脂肪抑制T1增强图像。
图2 腰椎间盘突出症患者DCE-MRI 轴位脂肪抑制T1增强图像。

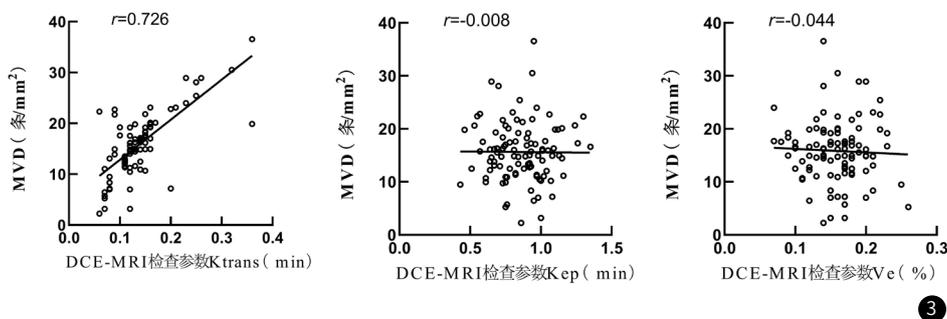


图3 DCE-MRI检查参数与MVD的相关性分析。

2.3 无效组与有效组患者临床资料、DCE-MRI检查参数及MVD比较 无效组与有效组在性别、年龄、体质量指数、病程、合并糖尿病、合并高血压、合并纤维环破裂、合并Modic改变、病变节段、Lee分区、Pfirman等级及DCE-MRI检查参数 K_{ep} 、 V_e 方面比较, 差异无统计学意义($P>0.05$); 无效组DCE-MRI检查参数 K^{trans} 及MVD均高于有效组, 差异有统计学意义($P<0.05$)。见表2。

2.4 DCE-MRI检查参数及MVD对经皮椎间孔镜术后无效风险的影响 以DCE-MRI检查参数 K^{trans} 及MVD平均值为界, 分为高水平亚组与低水平亚组, DCE-MRI检查参数 K^{trans} 及MVD高水平亚组

患者经皮椎间孔镜术后无效风险是分别是低水平亚组的6.000倍(1.413~25.470)、13.000倍(1.765~95.729)。见表3。

2.5 DCE-MRI检查参数对腰椎间盘突出症患者经皮椎间孔镜术疗效的预测价值 绘制ROC曲线, 评价DCE-MRI检查参数对腰椎间盘突出症患者经皮椎间孔镜术疗效的预测价值, 结果显示DCE-MRI检查参数 K^{trans} 及MVD预测AUC值分别为0.783、0.831, 二者联合预测AUC为0.931, 明显高于各指标单独预测, 最佳敏感度及特异度分别为85.71%、87.50%。见表4, 图4。

表2 无效组与有效组患者临床资料、DCE-MRI检查参数及MVD比较

资料	无效组(n=14)	有效组(n=88)	t/ χ^2 值	P值
性别			0.072	0.789
男	8(57.14)	50(56.82)		
女	6(42.86)	38(43.18)		
年龄			1.933	0.164
<60岁	5(35.71)	49(55.68)		
≥60岁	9(64.29)	39(44.32)		
体质量指数			0.405	0.525
<25 kg/m ²	11(78.57)	75(85.23)		
≥25 kg/m ²	3(21.43)	13(14.77)		
病程(年)	6.92±1.14	6.48±1.09		
合并糖尿病	4(28.57)	18(20.45)	0.470	0.493
合并高血压	5(35.71)	19(21.59)	1.339	0.247
合并高脂血症	4(28.57)	22(25.00)	0.081	0.776
合并纤维环破裂	6(42.86)	28(31.82)	0.662	0.416
合并Modic改变	5(35.71)	22(25.00)	0.712	0.399
病变节段			1.333	0.248
L4-L5	10(71.43)	74(84.09)		
L5-S1	4(28.57)	14(15.91)		
Lee分区			1.911	0.167
3区	11(78.57)	80(90.91)		
4区	3(21.43)	8(9.09)		
Pfirman等级			2.374	0.123
I-III级	6(42.86)	60(68.19)		
IV-V级				
Level IV-V	8(57.14)	28(31.81)		
DCE-MRI检查参数				
K^{trans} (min)	0.22±0.05	0.12±0.03	10.441	<0.001
K_{ep} (min)	0.92±0.20	0.85±0.17	1.397	0.166
V_e (%)	0.18±0.05	0.16±0.05	1.390	0.167
MVD(条/mm ²)	27.22±8.41	15.17±5.02	7.507	<0.001

表3 DCE-MRI检查参数及MVD对经皮椎间孔镜术后无效风险的影响

组别	例数	K^{trans}		MVD	
		高水平	低水平	高水平	低水平
无效组	14	12	2	13	1
有效组	88	39	49	38	50
RR(95%CI)		6.000(1.413~25.470)		13.000(1.765~95.729)	
U值		2.673		3.207	
P值		0.008		0.001	

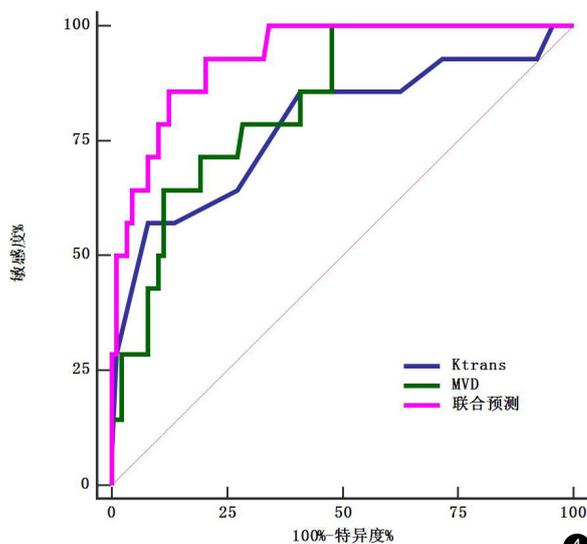


图4 DCE-MRI检查参数预测腰椎间盘突出症患者经皮椎间孔镜术疗效的ROC曲线。

表4 DCE-MRI检查参数对腰椎间盘突出症患者经皮椎间孔镜术疗效的预测价值

指标	AUC(95%CI)	Z统计	截断值	敏感度	特异度	P
K^{trans} (min)	0.783(0.691~0.859)	3.590	0.22	57.14%	87.05%	<0.001
MVD(条/mm ²)	0.831(0.744~0.898)	6.342	27.26	64.29%	88.64%	<0.001
联合预测	0.931(0.864~0.972)	14.422	13.86	85.71%	87.50%	<0.001
联合- K^{trans}	0.148(0.023~0.319)	1.926	-	-	-	0.037
联合-MVD	0.101(0.002~0.203)	1.702	-	-	-	0.045

3 讨论

腰椎间盘突出症多发生于中老年人群,患者腰椎间盘突出随年龄增长发生退行性改变,可导致髓核突出破裂纤维环压迫神经根,从而引起腰痛、下肢麻木等症状,严重影响患者生活质量^[10-12]。因此,尽早评估腰椎间盘突出症病情,针对性进行干预治疗至关重要。

研究表明^[13-14],炎性介质与椎间盘退变存在紧密联系,而椎间盘正常无血管结构,炎性介质无法进入椎间盘,因此血管形成及血管浸润与椎间盘退变情况密切相关,目前临床多通过手术椎间盘组织免疫组化评估椎间盘内血管新生情况及炎症状态,但具有一定创伤性,无法广泛应用。MRI为目前临床评估腰椎间盘突出症的主要方案,可通过不同扫描序列显示组织信号,还可显示硬膜外脂肪、椎间孔关系,由于椎间盘成分不同,软骨终板、髓核与纤维环在MRI上信号存在显著差异,因此MRI可有效评估椎间盘退行性变化,而Pfirman等级通过MRI观察椎间盘成分差异,可客观反映椎间盘退变情况^[15-17]。本研究经DCE-MRI检查结果显示,不同Pfirman等级患者 K^{trans} 、MVD比较存在显著差异,提示临床可通过DCE-MRI检查参数及MVD评估椎间盘退变程度。DCE-MRI检查参数中 K^{trans} 值目前已广泛用于肿瘤及软组织微循环情况,可有效反映组织中血管密度及血管渗透性的高低,其值越大,则提示血管渗透性越高,血管内皮细胞的完整性越差^[18-19]。报道显示^[20-21],随椎间盘退变程度增加,椎间盘内新生血管形成发生改变,炎性因子通过微血管浸润到髓核细胞及椎间盘基质内,加速椎间盘退变,因此DCE-MRI检查参数中 K^{trans} 随椎间盘退变程度变化而变化。另有研究表明^[22-23],椎间盘微血管浸润可导致IFIT1基因聚集于病变处,而IFIT1基因可负向调节细胞周期,减少椎间盘细胞数量,加速椎间盘退变。此外,本研究经相关性分析结果发现,腰椎间盘突出症患者DCE-MRI检查参数 K^{trans} 与MVD呈正相关,进一步说明DCE-MRI检查对椎间盘内血管形成情况的评估价值,提示临床可通过其评估椎间盘退变情况,以针对性制定干预方案。

经皮椎间孔镜术为常见腰椎微创手术,可有效缓解腰椎疼痛,清除椎间盘中炎症物质,但由于腰椎间盘突出症存在易复发特点,术后及时评估疗效至关重要,而MRI可显示椎间孔与周边组织关系^[24-25]。本研究结果显示,无效组DCE-MRI检查参数 K^{trans} 及MVD均高于有效组,进一步经危险度分析发现, K^{trans} 及MVD高水平亚组患者术后无效风险是分别是低水平亚组的6.000倍、13.000倍,提示临床可通过DCE-MRI检查评估术后无效风险。此外,本研究经ROC曲线分析各参数对术后疗效的预测价值,结果显示 K^{trans} 及MVD联合预测AUC为0.931,明显高于各指标单独预测,具有较高预测价值。

综上所述,DCE-MRI检查参数与腰椎间盘突出症患者椎间盘新生血管形成密切相关,临床可通过其评估椎间盘退变情况、预测术后疗效,以制定相应干预方案。

参考文献

- [1]Hornung AL,Barajas JN,Rudisill SS,et al.Prediction of lumbar disc herniation resorption in symptomatic patients:a prospective,multi-imaging and clinical phenotype study[J].Spine J,2023,23(2):247-260.
- [2]Basic Research and Transformation Society,Professional Committee of Spine and Spinal Cord,Chinese Association of Rehabilitation Medicine.Guideline for diagnosis,treatment and rehabilitation of lumbar disc herniation[J].Chin J Surg,2022,60(5):401-408.
- [3]Kashlan ON,Kim HS,Khalsa SSS,et al.Percutaneous endoscopic contralateral lumbar foraminal decompression via an interlaminar

approach:2-dimensional operative video[J].Oper Neurosurg (Hagerstown),2020,18(4):118-119.

- [4]Kang MS,You KH,Han SY,et al.Percutaneous full-endoscopic versus biportal endoscopic posterior cervical foraminotomy for unilateral cervical foraminal disc disease[J].Clin Orthop Surg,2022,14(4):539-547.
- [5]Kang SS,Kim SK,Nelliyan S,et al.Percutaneous biportal endoscopic fenestration for symptomatic foraminal tarlov cyst[J].Orthopedics,2023,46(2):125-128.
- [6]冯国洋,郭龙军,王娟,等.MRI参数对腰椎间盘突出症患者椎间盘退变程度的评估价值及与JOA、VAS评分相关性[J].影像科学与光化学,2021,39(2):207-212.
- [7]Hornung AL,Barajas JN,Rudisill SS,et al.Prediction of lumbar disc herniation resorption in symptomatic patients:a prospective,multi-imaging and clinical phenotype study[J].Spine J,2023,23(2):247-260.
- [8]Jiang L,Du X,Pan Z,et al.Lumbar disc herniation in juveniles:a case-control study of MRI characteristics and etiological insights[J].J Orthop Res,2023,41(12):2685-2693.
- [9]中国骨科相关专家小组.安徽省腰椎间盘突出症分级诊疗指南(2015年版)[J].安徽医学,2016,37(1):14-20.
- [10]Gao Q,Yang H,Masood U,et al.Lumbar disc herniation with contralateral symptoms:a case-series of 11 patients and literature review[J].Orthop Surg,2023,15(11):2839-2847.
- [11]Ghaffari-Rafi A,Nosova K,Kim K,et al.Intradural disc herniation in the setting of congenital lumbar spinal stenosis[J].Neurochirurgie,2022,68(3):335-341.
- [12]Wang Y,Xu Y,Tian G,et al.Pediatric lumbar disc herniation:a report of two cases and review of the literature[J].Eur J Med Res,2022,27(1):82.
- [13]邵海龙,穆佐洲.机体炎症水平和氧化应激水平与腰椎间盘突出症椎间孔镜术后残留疼痛相关性研究[J].陕西医学杂志,2022,51(10):1274-1277,1281.
- [14]李瀛瀛,杜冬峰.肌内效贴联合超声引导经骶裂孔注射治疗对腰椎间盘突出症患者功能恢复和血清炎症因子的影响[J].川北医学院学报,2023,38(3):366-369.
- [15]Semaan H,Curnutte B,Cooper M,et al.Overreporting of the disc herniation in lumbar spine MRI scans performed for patients with spondylolisthesis[J].Acta Radiol,2021,62(3):388-393.
- [16]万宏蕊,韩媛媛,姬胜杰.MRI和CT对腰椎间盘突出症术前诊断评估的应用价值[J].影像研究与医学应用,2023,7(13):135-137.
- [17]Nordberg CL,Boesen M,Fournier GL,et al.Positional changes in lumbar disc herniation during standing or lumbar extension:a cross-sectional weight-bearing MRI study[J].Eur Radiol,2021,31(2):804-812.
- [18]Passavanti Z,Leschka S,Wildermuth S,et al.Differentiating epidural fibrosis from disc herniation on contrast-enhanced and unenhanced MRI in the postoperative lumbar spine[J].Skeletal Radiol,2020,49(11):1819-1827.
- [19]杜京庭,苏清伦,程明达.基于MRI分析腰椎间盘突出症中医证型与病理的相关性[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(9):175-176,188.
- [20]李福地.MRI常规序列联合3D-STIR序列神经成像技术在腰椎间盘突出症中的应用[J].实用中西医结合临床,2023,23(5):86-88,112.
- [21]Yang L,Li W,Yang Y,et al.The correlation between the lumbar disc MRI high-intensity zone and discogenic low back pain:a systematic review and meta-analysis[J].J Orthop Surg Res,2023,18(1):758.
- [22]杜志坡,马淑芳,李警,等.DCE-MRI参数联合IFIT1基因对腰椎间盘突出症患者椎间盘退变程度的评估价值[J].影像科学与光化学,2022,40(1):11-16.
- [23]Liu C,Xue J,Liu J,et al.Is there a correlation between upper lumbar disc herniation and multifidus muscle degeneration? A retrospective study of MRI morphology[J].BMC Musculoskelet Disord,2021,22(1):92.
- [24]孙天术,袁景华,张敏,等.MRI对CT引导下椎间孔镜技术治疗腰椎间盘突出症术后效果评估价值研究[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(4):141-143.
- [25]郑明军,蒋臻,张植雄,等.经皮椎间孔镜技术与显微镜辅助治疗腰椎间盘突出症的临床疗效分析[J].中国内镜杂志,2023,29(4):13-18.

(收稿日期:2024-05-17)

(校对编辑:韩敏东)