

论 著

磁共振小肠成像与DWI
评估克罗恩病活动性诊断价值*陈 振¹ 林朝上¹ 陈楚洁²
洪成坤² 张宇航² 叶培筠²
付丽媛^{1,2,*}1. 联勤保障部队第九〇〇医院放射诊断科
2. 福建中医药大学福总教学医院(第九〇〇
医院)放射诊断科(福建 福州 350025)

【摘要】目的 采用磁共振小肠成像(magnetic resonance enterography, MRE)与扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)评估克罗恩病(Crohn's disease, CD)活动性,并建立定量评分模型,评估模型的诊断效能。方法 回顾性分析51例患者临床资料以及MRE资料。(1)观察病变肠管的DWI图像,测量病变部位表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值,计算ADC值评估克罗恩病活动性诊断效能。(2)采用Harvey-Bradshaw指数进行临床评分,分析ADC值与HBI评分的相关性。(3)构建MRE参数模型,评估其对克罗恩病活动性的诊断效能。结果 (1)活动期肠壁ADC值低于缓解期肠壁ADC值,两组之间差异有统计学意义。通过ROC曲线获得的ADC值为 $1.085 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,诊断活动期的诊断效能最佳,曲线下面积为0.87。(2)ADC值与HBI指数之间具有显著地负向中度相关关系。(3)MRE参数模型 $Y=1.475 \times T2 \text{ 比值} + 1.443 \times \text{DWI信号} + 1.41 \times \text{静脉期肠壁强化程度}$ ($R^2=0.589$),回归模型的敏感度为96.7%,特异性为76.2%,曲线下面积为0.927。结论 ADC值可评估克罗恩病活动性,建立的MRE参数模型评估克罗恩病活动性效能较高。

【关键词】磁共振小肠成像; DWI;
克罗恩病活动性;
Harvey-Bradshaw指数;
MRE线性回归模型; 诊断效能

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】福建省科技计划项目(2021I0037);
医院科研计划(2019Q02)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.02.052

Evaluation of the Value of Magnetic
Resonance Enterography and DWI in
Crohn's Disease Activity*CHEN Zhen¹, LIN Chao-shang¹, CHEN Chu-jie², HONG Cheng-kun², ZHANG Yu-hang², YE Pei-yun²,
FU Li-yuan^{1,2,*}1. Department of Radiology, 900th Hospital of Joint Logistics Support Force, Fuzhou 350025,
Fujian Province, China2. Department of Radiology, Fuzong Teaching Hospital, Fujian University of Traditional Chinese
Medicine(900th Hospital), Fuzhou 350025, Fujian Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the activity of Crohn's disease (CD) by magnetic resonance enterography (MRE) and diffusion weighted imaging (DWI), Establishing a quantitative scoring model to evaluate the activity of CD, and measure the diagnostic efficacy of the model. **Methods** The clinical data of 51 patients and MRE data were retrospectively analyzed. (1) Measure the apparent diffusion coefficient (ADC) value of the affected areas, and compare the ADC values between the patients of CD active stages and remission stages, then calculate the diagnostic efficacy of ADC value to evaluate the CD activity. (2) The Harvey Bradshaw Index (HBI) was used to perform clinical scoring on patients with Crohn's disease, and the correlation between ADC values and HBI scores was analyzed. (3) The MRE parameter model was constructed to assess its diagnostic efficacy for Crohn's disease activity. **Results** (1) The ADC value of the active CD patients was lower than that during the remission stage, and there was a statistically significant difference between the two groups. The best diagnostic efficacy for diagnosing the active stage was obtained by the ROC curve with an ADC value of $1.085 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, and the area under the curve was 0.87. (2) There was a significant negative moderate correlation between ADC values and HBI index. (3) The MRE parameter model $Y=1.475 \times T2 \text{ ratio} + 1.443 \times \text{DWI signal} + 1.41 \times \text{The degree of intestinal wall enhancement during the venous phase}$ ($R^2=0.589$) was obtained, and the sensitivity of the regression model was 96.7%, the specificity was 76.2%, and the area under the curve was 0.927. **Conclusion** MRE and ADC values can evaluate the activity of Crohn's disease, and the established MRE parameter model has a high efficacy in evaluating Crohn's disease activity.

Keywords: Magnetic Resonance Enterography; DWI; Crohn's Disease Activity; Harvey Bradshaw Index; MRE Linear Regression Model; Diagnostic Effectiveness

克罗恩病(Crohn's disease, CD)是一种慢性炎症性肠病,可累及至整个胃肠道,通常表现为节段性、跳跃性分布,以回肠末端受累最为常见,并存在周期性缓解与复发^[1]。CD活动度的判读是临床制定合理治疗方案的重要参考指标。内镜检查是评估克罗恩病的金标准,但也具有一定局限性。它只允许评估黏膜表面,而不能评估透壁受累情况及腔外并发症,且在评估小肠方面的作用有限^[2],是一种侵入性检查,短期内患者不宜进行多次检查。与内镜检查相比,磁共振小肠成像(magnetic resonance enterography, MRE)是一种无创、无辐射的方法,可以安全重复检查,能够显示整个肠道,此外MRE可以显示肠腔内外病变^[3],利用具有不同对比权重的多个脉冲序列,提供多参数的方法来评估CD活动性。磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)能够反映水分子在组织中运动情况,炎症性改变引起肠壁细胞水分子运动受限, DWI上呈现高信号,表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图上的信号强度下降, DWI成像序列已成为CD检查重要的技术^[4-6]。本研究是在Harvey-Bradshaw指数(HBI)基础上采用MRE与DWI对CD活动性进行评估,并建立定量评分模型,评估模型的诊断效能,探讨MRE与DWI对CD活动性的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2018年5月至2023年9月期间在医院确诊为CD且符合以下纳入标准的51例CD患者。

纳入标准:经过内镜粘膜活检或组织学分析,综合临床、影像资料,确诊为克罗恩病,且内镜活检与MRE检查间隔时间不大于2周。MRE图像质量符合临床诊断要求,肠道充盈良好,无明显伪影。具有完整临床资料,并记录血沉与C-反应蛋白数值。

1.2 MRE检查方法 检查前准备:患者检查前禁食6-8小时,并口服泻药做好肠道清洁工作。为了使肠道充盈良好,在MRI检查前45min分5-6次口服2.5%等渗甘露醇溶液1500~2000 mL;为防止肠道生理性蠕动产生的伪影,在MRI检查前15min,经静脉注射20mg山莨菪碱(青光眼、心律失常、前列腺增生等患者禁忌)。采用西门子Skyra 3.0T超导磁共振成像仪(德国西门子公司设计制造),多通道相控阵腹部专用线圈,患者仰卧位头先进,对患者做好呼吸训练。扫描范围为胸骨剑突至耻骨联合上缘水平。MRE序列:(1)冠状位半傅里叶采集单次激发自旋回波T2WI和T2WI脂肪抑制:TR2000ms, TE80ms,层厚2.5mm, FOV440mm×440mm, 矩阵384×320; (2)冠状

【第一作者】陈 振,男,主管技师,主要研究方向:磁共振成像方面的研究。E-mail: chenzz@163.com

【通讯作者】付丽媛,女,副主任技师,主要研究方向:磁共振成像、医学影像设备质量控制与质量管理。E-mail: 313870625@qq.com

位平衡式稳态自由进动序列: TR3ms, TE1ms, 层厚2.5mm, FOV440mm×440mm, 矩阵384×320; (3)轴位快速自旋回波T2WI脂肪抑制: TR4000ms, TE100ms, 层厚3mm, 层间距0.3mm, FOV400mm×400mm, 矩阵=384×320; (4)轴位DWI: TR5000ms, TE60ms, 层厚3mm, 层间距0.3mm, FOV340mm×340mm, 矩阵256×256; (5)冠状位T1WI: TR4ms, TE1ms, 层厚1.5mm, FOV450mm×300mm, 矩阵320×256。采用高压注射器经肘静脉注射对比剂Gd-DTPA, 注射剂量0.2mL/kg, 速率2.5mL/s, 注射完毕后再注入20mL生理盐水冲管, 行多期冠状位T1WI脂肪抑制扫描, TR4ms, TE1ms, 层厚1.5mm, FOV450mm×300mm, 矩阵320×256。

1.3 图像分析 (1)观察患者MRE图像, 结合多个序列, 在DWI高b值图像上, 选择高信号的炎性肠壁部分, 在其对应的ADC图像上, 绘制三个圆形感兴趣区域的ROI值, 计算并记录平均ADC值。如果存在多处肠道病变, 则选择信号强度最高的一个位置进行测量。(2)由2名具有10年以上影像诊断经验的医生, 通过盲法对图像数据进行分析, 当存在分歧时, 通过讨论达成一致。主要观察是否存在病变、病变肠管的厚度、DWI信号、T2比值(在同序列同层面中, 病变肠管T2信号强度与邻近正常肠的T2信号强度)、淋巴结数量及大小、以及静脉期肠壁强化程度, 按0-3对其活动性进行评分^[7](评分规则如下表1)。

表1 MRE参数对克罗恩病活动性评分表

评分	0分	1分	2分	3分
肠壁厚度	<3mm	3-6mm(不包括6mm)	6-9mm(不包括9mm)	≥9mm
DWI信号强度	正常	低于肾皮质信号	高于肾皮质信号, 低于脾脏信号	等于或者高于脾脏信号
肠壁T2信号比值	<1.0	≥1.0且<1.2	≥1.2且<1.8	≥1.8
静脉期强化程度	正常	轻度强化	中度强化, 稍低于血管	强化程度与血管类似
淋巴结	无	短径<1cm	仅1个淋巴结短径≥1cm	多个淋巴结且短径均≥1cm

1.4 临床评分 临床评分采用Harvey-Bradshaw指数(Harvey-Bradshaw index, HBI), 该评分低于5为缓解期, 5-7为轻度活动期, 8-16为中度活动期, 高于16为重度活动期^[8]。主要评估该患者一般情况、疼痛程度、腹泻次数、腹部肿块及并发症(表2所示)。

表2 Harvey-Bradshaw指数评分

指标	得分
全身健康状况	0=健康1=一般2=较差3=差4=极差
腹痛	0=无1=轻2=中3=重
腹部包块	0=无1=可疑2=确定3=明确确实
腹泻次数	稀便每日一次记1分
并发症	关节痛葡萄膜炎结节性红斑口腔溃疡坏疽性脓皮病肛裂出现新的瘻管脓肿(每个并发症计算1分)

强化程度, 按0-3对其活动性进行评分, 以HBI指数为参照, 采用逐步线性回归分析, 利用MRE参数构建MRE活动指数参数模型, 通过曲线下面积来评估模型对克罗恩病活动性的诊断效能。

2 结 果

研究共纳入51例患者, 其中男性38例, 女性13例; 年龄最大为67岁, 最小11岁, 年龄中位数为31岁; C-反应蛋白范围为3.5-150, 中位数为13(mg/l); 血沉范围值为2-111, 中位数为32(mm/l)。根据HBI评分显示, 有21例患者为缓解期, HBI评分范围为0-4, 中位数为3; 有30位患者为活动期, HBI评分范围为5-20, 中位数为8。

病变肠壁由于炎性活动, 水分子运动受限, 在DWI图上呈现高信号, ADC图上为低信号, 病变肠壁ADC值为 $(1.047 \pm 0.344) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, 21例患者为克罗恩病缓解期(HBI指数<5), 病变肠壁平均ADC值为 $(1.298 \pm 0.291) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$; 30例患者为活动期(HBI指数≥5), 病变肠壁平均ADC值为 $(0.872 \pm 0.261) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ (图1)。病变活动期肠壁ADC值低于缓解期肠壁ADC值, 两组之间差异有统计学意义($t=5.447, P<0.05$)。通过ROC曲线所获得的ADC值最佳阈值为 $1.085 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, 诊断克罗恩病活动期的诊断效能最大, 诊断的敏感度为85.7%, 特异度为76.7%, 曲线下面积为0.87(图2)。

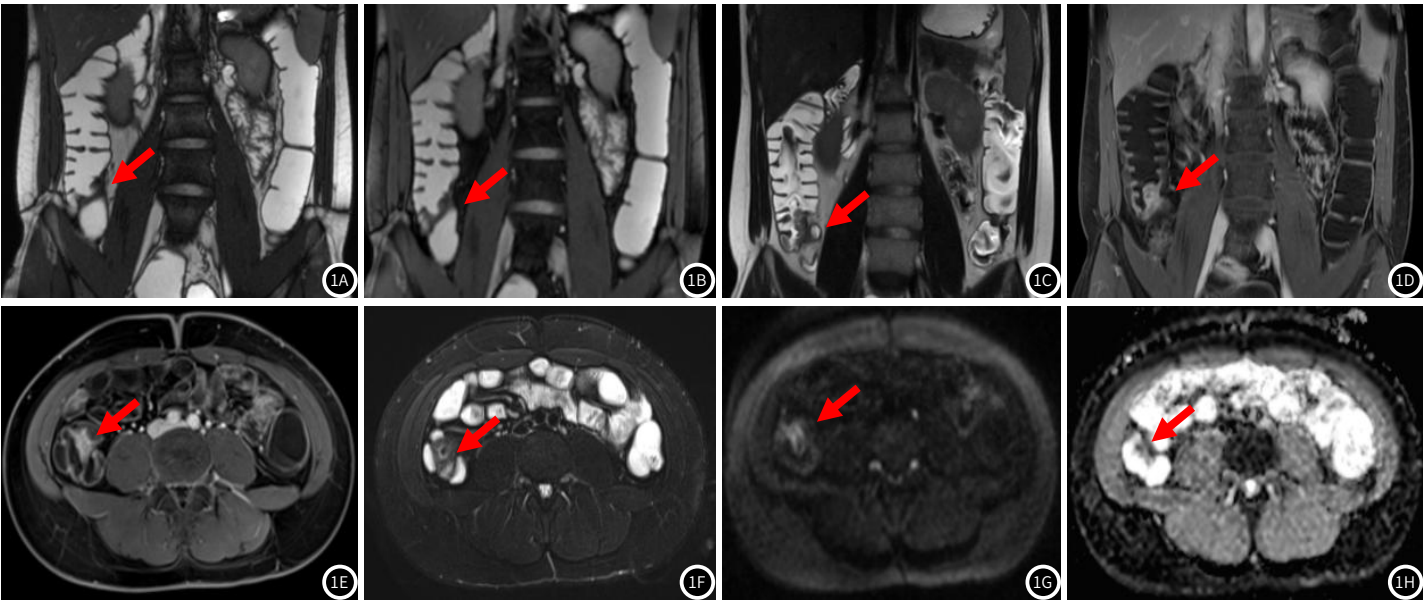


图1A-图1H 男, 19岁, 克罗恩病中度活动期患者。在True FISP及T2WI冠状位图像上显示回肠末端及回盲瓣局限性管壁增厚(1A-1C), 增强图像显示肠壁明显强化(1D-1E), T2WI脂肪抑制横断位图像上显示肠管管腔狭窄(1F), DWI图像呈高信号(1G), ADC图显示病变ADC值为 $0.996 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ (1H)。

测量病变肠管的ADC值，与HBI指数进行Spearman秩相关，进行相关性分析，结果显示ADC值与HBI指数之间具有显著负向中度相关关系(rs=-0.706, P<0.05)。

本研究纳入的病例中，49例可见肠管增厚，标准肠壁T2信号与同层面正常肠壁比较比值大于1.0的有44例，47例出现ADC值信号增高，T2信号比值、壁厚以及ADC的增加主要是由透壁性炎症性水肿引起的。9例患者淋巴结>1cm，大多数患者影像资料显示均为小淋巴结。47例在静脉期病变肠壁出现异常强化。将病变肠管的厚度、DWI信号、T2比值、淋巴结数量及大小、以及静脉期

肠壁强化程度纳入回归模型中，利用向后逐步法，导出DWI信号、T2比值以及静脉期肠壁强化程度这3变量，常数P大于0.05，无统计学意义，故得出MRE参数模型Y=1.475×T2比值+1.443×DWI信号+1.41×静脉期肠壁强化程度(R方0.589)(表3所示)。

ROC曲线显示当ADC值<1.085×10⁻³mm²/s，线性回归模型>4.575时，诊断克罗恩病活动期的诊断效能最大，线性回归模型的敏感度为96.7%，特异性为76.2%，曲线下面积为0.927，95%置信区间为0.854-1(图3)。

表3 多元线性回归分析

	未标准化系数	标准错误	标准化系数	t	显著性	B的95.0%置信区间		共线性统计	
	B		Beta			下限	上限	容差	VIF
(常量)	-0.459	0.906		-0.507	0.615	-2.282	1.364		
T2比值	1.475	0.633	0.311	2.332	0.024	0.203	2.748	0.492	2.032
静脉期肠壁强化程度	1.41	0.583	0.309	2.42	0.019	0.238	2.583	0.535	1.868
DWI信号强度	1.433	0.62	0.277	2.31	0.025	0.185	2.68	0.609	1.643

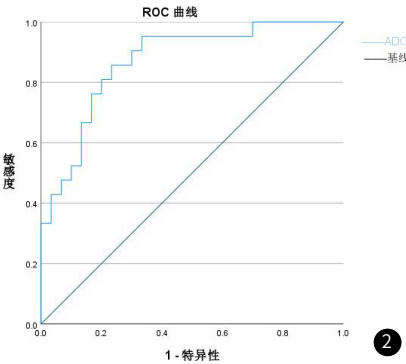


图2 病变肠壁ADC诊断克罗恩病活动性ROC曲线。

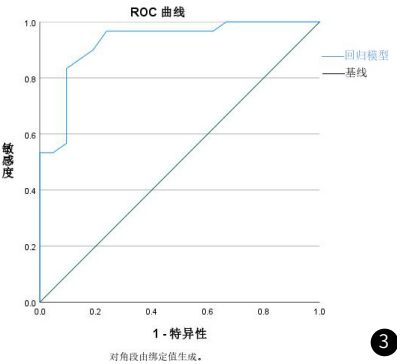


图3 病变肠壁MRE线性回归模型诊断克罗恩病活动性ROC曲线。

3 讨论

CD好发于末端回肠及邻近结肠，具有透壁特性，且缓解与复发交替，其病变的严重程度、活动性、病变范围随着时间推移而不断变化。因此，对于克罗恩病患者，临床医生需要对疾病活动性进行定量和定期评估^[9]。内镜检查被认为是评估克罗恩病活动性的金标准，但内镜可能无法通过回肠远端的狭窄部位，不能观察肠腔外病灶等缺点，限制了其在CD患者长期随访检查中的应用。近年来，研究者发现MRE是评估CD活动性的较好的方法，MRE可评估病变部位肠壁的厚度、程度及范围^[10-11]。此外，MRE还可评估壁外并发症，如瘘管和脓肿，并评估狭窄病变的功能反应^[12-13]。在本研究中，采用DWI评估CD活动度，CD活动期，炎症细胞浸润增多，肠壁水肿，细胞间隙小导致水分子弥散受限，DWI信号增高，ADC值减低。本研究结果显示，ADC值最佳阈值为1.085×10⁻³mm²/s，其诊断效能最高。同时将病变肠管的ADC值，与HBI指数进行Spearman秩相关，进行相关性分析，结果显示ADC值与HBI指数之间具有显著负向中度相关关系，说明ADC值在预测克罗恩病活动性中具有一定作用。

同时，为了评估CD的活动性，我们分析了MRE的特征，测量了病变肠管的厚度、DWI信号、T2比值、淋巴结大小与数量以及静脉期肠壁强化程度，研究结果显示，测量T2比值、DWI信号以及静脉期肠壁强化程度这3个因素，可以更好地预测肠壁急性炎症。多元线性回归模型得到的MRE指数HBI评分相关性较好，R方为0.589，表明该模型能对HBI指数的58%产生影响。为了评估MRE参数模型的诊断价值，我们采用ROC曲线，其敏感度为96.7%，特异性为76.2%，AUC为0.927(95%CI: 0.854-1.000)，显示了模型具有较好的诊断效能。

本文也具有一定的局限性。首先，本研究获得的样本量较小，单中心，且衍生队列的诊断疗效可能会降低，未来将进行大样本量的研究和验证。第二，由于肠壁较薄，且部分中重度活动期病灶存在肠壁严重水肿，在测值过程中，可能会包含了肠腔内容物，有可能会造成测值存在偏倚；第三，克罗恩病诊断金标准为内镜，本文未采用内镜下评分与磁共振征象进行分析，今后的研究中应该将内镜与HBI指数、MRE参数相结合，使预测效能更高。

4 结论

综上所述，MRE与ADC值可评估克罗恩病活动性，所建立的MRE参数模型可用于定量评估CD的活动性，且具有较高的诊断效能。

参考文献

[1]Feuerstein JD,Cheifetz AS.Crohn disease:epidemiology,diagnosis,and management[J].Mayo Clin Proc,2017,92(7):1088-1103.
[2]Landi B,Anh TN,Cortot A,et al.Endoscopic monitoring of Crohn's disease treatment:a prospective,randomized clinical trial.The Groupe d'Etudes Therapeutiques des Affections Inflammatoires Digestives[J].Gastroenterology,1992,102:1647-1653.
[3]Minordi LM,Larosa L,Papa A,et al.A review of magnetic resonance enterography classification and quantitative evaluation of active disease in patients with Crohn's disease[J].Clin Imaging,2021,69:50-62.
[4]Guimarães LS,Greer MC,Dillman JR,et al.Magnetic resonance in Crohn's disease:diagnosis,disease burden,and classification[J].Magn Reson Imaging Clin N Am,2020,28(1):31-44.
[5]Giuseppe Cicero,Angela Alibrandi,Alfredo Blandino,et al.DWI ratios:new indexes for Crohn's disease activity at magneticresonance enterography?[J].La radiologia medica,2023,128:16-26.
[6]Li XH,Sun CH,Mao R,et al.Difusion-weighted MRI enables to accurately grade inflammatory activity in patients of ileocolonic Crohn's disease:results from an observational study[J].Inflamm Bowel Dis,2017,23(2):244-253.
[7]叶勇霞.磁共振小肠成像与扩散加权成像在评估克罗恩病活动性中的价值[D].东南大学,2019.
[8]Harvey RF,Bradshaw JM.A simple index of Crohn's disease activity[J].Lancet 1980,1:514.
[9]Panes J,Jairath V,Levesque BG.Advances in use of endoscopy,radiology,and biomarkers to monitor inflammatory bowel diseases[J].Gastroenterology,2017,152(2):362-373.
[10]静云,查云飞,刘昌盛,等.磁共振扩散加权成像定量评估克罗恩病活动性的临床应用价值[J].磁共振成像,2022,13(1):48-53.
[11]董丽伟,陈峰,赵应满,等.磁共振小肠成像技术诊断克罗恩病的关键指标研究[J].中国医疗设备,2022,37(4):62-65.
[12]Soydan L,Demir AA,Ozer S,et al.Can MR enterography and difusion-weighted imaging predict disease activityassessed by simple endoscopic score for Crohn's disease?[J].J BelgSoc Radiol,2019,103(1):10.
[13]Caruso A,Angriman I,Scarpa M,et al.Difusionweighted magnetic resonance for assessingfibrosisin Crohn'sdisease[J].AbdomRadiol(NY),2020,45(8):2327-2335.