

论 著

# Application of FOCUS-MUSE-DWI and Conventional DWI in the Diagnosis of Rectal Cancer\*

JIANG Yong, LI Lin, SONG Chun-juan, WANG Chuan-bing\*

Department of Radiology, The First Affiliated Hospital with Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China

## FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI在直肠癌诊断中的应用分析\*

姜 勇 李 林 宋春娟

王传兵\*

南京医科大学第一附属医院放射科

(江苏 南京 210029)

**【摘要】目的** 分析和对比小视野复合灵敏度编码高分辨率磁共振扩散成像(FOCUS-MUSE-DWI)与常规弥散加权成像(DWI)在直肠癌诊断中的应用价值。**方法** 回顾性收集2023年1月至2024年12月期间于我院就诊的102例疑似直肠癌患者的临床、影像学以及病理资料,根据病理活检结果显示,共61例患者确诊为直肠癌,将其纳入为研究组;共41例患者为非直肠癌病变,将其纳入为对照组。患者均接受FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI检查。收集患者临床及影像资料,通过多因素Logistic回归方程以及受试者工作特征曲线(ROC)分析FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI对直肠癌的诊断价值。**结果** FOCUS-MUSE-DWI检查在病变可见程度、轮廓清晰度、病灶变形程度、磁敏感伪影、图像质量五个主观评价项目以及图像信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)、纵径3个客观评价项目中的表现均优于常规DWI检查( $P<0.05$ );研究组年龄高于对照组,而常规DWI-ADC、FOCUS-MUSE-DWI-ADC低于对照组( $P<0.05$ );经多因素Logistic回归分析显示,常规DWI-ADC、FOCUS-MUSE-DWI-ADC均为影响直肠癌诊断的独立因素之一( $P<0.05$ );经ROC曲线分析显示,FOCUS-MUSE-DWI诊断直肠癌的曲线下面积以及特异度均较常规DWI高( $P<0.05$ )。**结论** FOCUS-MUSE-DWI相较于常规DWI在直肠癌诊断中图像分辨率更高,病灶几何变形改善效果相对更好,临床价值价值相对更高。

**【关键词】** 直肠癌; FOCUS-MUSE-DWI; 常规DWI; 临床应用

**【中图分类号】** R574.63

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 江苏省重点研发计划(社会发展)面上项目(BE2020714)

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2025.09.051

### ABSTRACT

**Objective** To analyze and compare the application value of field of view optimized and constrained undistorted multiplexed sensitivity-encoding diffusion-weighted imaging (FOCUS-MUSE-DWI) and conventional diffusion-weighted imaging (DWI) in the diagnosis of rectal cancer. **Methods** The clinical, imaging and pathological data of 102 patients with suspected rectal cancer who visited the hospital from January 2023 to December 2024 were retrospectively collected. According to pathological results, there were 61 patients with rectal cancer (study group) and 41 patients with non-rectal cancer lesions (control group). All patients underwent FOCUS-MUSE-DWI and conventional DWI examination. Multivariate logistic regression equation and receiver operating characteristic (ROC) curves were used to analyze the diagnostic value of FOCUS-MUSE-DWI and conventional DWI for rectal cancer. **Results** FOCUS-MUSE-DWI was superior to conventional DWI in terms of five subjective evaluation items (visibility of the lesion, clarity of the contour, deformation extent of the lesion, magnetic sensitive artifacts and image quality) and three objective evaluation items [signal-to-noise ratio (SNR), contrast to noise ratio (CNR) and longitudinal diameter] ( $P<0.05$ ). Age of the study group was higher than that of the control group. The ADC values of conventional DWI and FOCUS-MUSE-DWI were lower than those in the control group ( $P<0.05$ ). Multivariate logistic regression analysis showed that ADC values of conventional DWI and FOCUS-MUSE-DWI were independent factors affecting the diagnosis of rectal cancer ( $P<0.05$ ). ROC curve analysis showed that the area under the curve and specificity of FOCUS-MUSE-DWI in diagnosing rectal cancer were higher than those of conventional DWI ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Compared to conventional DWI, FOCUS-MUSE-DWI can achieve higher image resolution and better improvement effect on geometric deformation of the lesion. It has higher clinical value in the diagnosis of rectal cancer.

**Keywords:** Rectal Cancer; FOCUS-MUSE-DWI; Conventional DWI; Clinical Application

结直肠癌是世界范围内发病率与死亡率均处于较高水平的癌症之一,其对公共卫生健康安全存在严重威胁,且其中直肠癌病变占据1/3左右,并具有发病年龄逐年年轻化趋势<sup>[1,18]</sup>。手术是直肠癌患者的首选干预方式,但部分患者因确诊时间较晚导致错失最佳手术时机,故早起诊断并明确病变程度对于患者疗效及预后具有重要影响作用<sup>[2]</sup>。影像学检查是直肠癌术前诊断与评估最为有效的手段之一,而MRI是其中较为常规的检查方法<sup>[3,17]</sup>。近年来随着影像技术的发展,弥散加权成像(DWI)是基于MRI发展的新技术,其对于组织微结构与细胞密度均具有重要反映价值<sup>[4]</sup>。且也有研究<sup>[5]</sup>表明其对直肠癌的诊断与评估具有重要应用价值,因此目前DWI已成为评估直肠癌的常用手段之一。但常规DWI对直肠进行扫描时常用序列为单次激发自旋回波平面成像(SS-EPI),该序列容易受到磁敏感伪影以及几何失真影响而导致图像质量以及空间分辨率等均受到影响,最终限制其诊断效果<sup>[6]</sup>。而基于复合灵敏度编码的小视野高分辨率磁共振扩散成像(FOCUS-MUSE-DWI)可通过对回波平面成像运动相位变化进行校正,而最大限度对图像变形进行调整,从而提高图像质量<sup>[7]</sup>。目前FOCUS-MUSE-DWI在乳腺、肝脏等多个脏器的使用优势已得到相关报道,而本研究主要将其与常规DWI在直肠癌患者中的使用价值进行对比分析,为直肠癌诊断提供更多选择。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 回顾性收集2023年1月至2024年12月期间于我院就诊的102例疑似直肠癌患者的临床、影像学以及病理资料,其中男性69例,女性33例。根据病理活检结果显示,共61例患者确诊为直肠癌,将其纳入为研究组;共41例患者为非直肠癌病变,将其纳入为对照组。

**纳入标准:** (1)影像学结果表明存在直肠占位性病变; (2)入院前未接受其他诊疗干预; (3)均自愿同意接受FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI检查; (4)临床及影像治疗均完整。**排除标准:** (1)存在FOCUS-MUSE-DWI、常规DWI检查禁忌症; (2)图像质量过低影响分析者; (3)合并其他部位恶性肿瘤; (4)病灶直径过小( $<1\text{cm}$ )导致难以勾画感兴趣区; (5)其他器官或系统合并严重基础病变; (6)存在精神疾病或认知功能障碍。

### 1.2 方法

**1.2.1 临床资料收集** 即通过医院病历系统收集患者的性别、年龄、体质量指数(BMI)等资料以及影像、病理等检查资料。

**1.2.2 影像学检查** 患者均通过GE SIGNA premier 3.0T MR进行扫描,扫描线圈为脊柱

**【第一作者】** 姜 勇,男,主管技师,主要研究方向:磁共振成像技术。E-mail: jiangyong0215@126.com

**【通讯作者】** 王传兵,男,主任技师,主要研究方向:磁共振检查技术。E-mail: wangchuanb\_cs@163.com

线圈与腹部通用相控阵线圈的结合。在检查前嘱咐患者将肠道内容物排空扫描姿势为以头先进仰卧位。患者先在直肠冠状面、矢状面行常规T2WI扫描成像,然后再与病灶所处肠管长轴垂直方向行T1WI、T2WI、DWI、FOCUS-MUSE-DWI扫描成像。其中DWI扫描参数均设置: b值为50、1000s/mm<sup>2</sup>, TE值为57ms, TR值为3500ms, 层厚为4mm, 视野为300mm×300mm, 矩阵为256×256; FOCUS-MUSE-DWI扫描参数设置: b值为50、1000s/mm<sup>2</sup>, TE值为65ms, TR值为4500ms, 层厚为4mm, 视野为200mm×150mm, 矩阵为256×256, 平扫结束后向患者肘静脉以2ml/s的速度注入钆喷酸葡胺注射液(Bayer AG, 国药准字HJ20160595), 行增强扫描。

将扫描所获取的图像均导入GE后处理工作站, 并经由2名资深放射科医师分别独立处理和图像, 分析结果分为主观评价与客观评价, 其中主观评价主要是经由2名医师独立对病灶形态、轮廓清晰度、图像噪声以及伪影水平进行主观性评价, 具体评价细则见表1。客观评价则由1位放射科医师独立对图像进行测量分析, 即通过手动绘制方式在病灶最大层面选择感兴趣区, 且该区域最大限度囊括病灶实体部分, 并尽量避免伪影区域, 然后对病灶平均信号值(SI<sub>病变</sub>)进行测量, 并于同一平面臀大肌绘制感兴趣区, 并检测信号值(SI<sub>背景</sub>)和标准差(SD<sub>背景</sub>), 上述所有数据均重复测量3次后取平均值。然后计算图像信噪比(SNR)和对比噪声比(CNR), 其中SNR=SI<sub>病变</sub>/SD<sub>背景</sub>, CNR=(SI<sub>病变</sub>-SI<sub>背景</sub>)/SD<sub>背景</sub>。病灶直径测量方法, 以常规T2WI层面作为对比显示, 于GE后处理工作站上对常规DWI和FOCUS-MUSE-DWI扫描对应层面的病灶直径, 其中在与人体矢状面垂直层面测量的最大直径定义为最大横

径, 而与人体矢状面平行层面测量的最大直径定义为最大纵径。ADC测量方法为于病灶显示最好层面绘制感兴趣区, 同时在常规DWI和MUSE-DWI对应层面的同一区域进行重复测量取平均值。

**1.3 统计学处理** 应用统计学软件SPSS 25.0处理并分析数据, 计数数据应用(%)呈现, 差异应用卡方检验分析; 计量数据应用( $\bar{x} \pm s$ )呈现, 差异应用t检验分析; 通过多因素Logistic回归方程以及受试者工作特征曲线(ROC)分析FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI对直肠癌的诊断价值。P<0.05为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI在直肠癌患者中的参数对比** FOCUS-MUSE-DWI检查在病变可见程度、轮廓清晰度、病灶变形程度、磁敏感伪影、图像质量五个主观评价项目以及SNR、CNR、纵径3个客观评价项目中的表现均优于常规DWI检查(P<0.05), 详见表2。

**2.2 FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI在直肠癌患者中的图像示例** 见图1-图6。

**2.3 两组临床资料比较** 研究组年龄高于对照组, 而常规DWI-ADC、FOCUS-MUSE-DWI-ADC低于对照组(P<0.05), 详见表3。

**2.4 影响直肠癌诊断的多因素分析** 经多因素Logistic回归分析显示, 常规DWI-ADC、FOCUS-MUSE-DWI-ADC均为影响直肠癌诊断的独立因素之一(P<0.05), 详见表4。

**2.5 FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI在直肠癌患者中的诊断效能分析** 经ROC曲线分析显示, FOCUS-MUSE-DWI诊断直肠癌的曲线下面积以及特异度均较常规DWI高(P<0.05), 详见表5及图7。

表1 图像主观评价评分

评分	病变可见程度	轮廓清晰度	病灶变形程度	磁敏感伪影	图像质量
1	不可观察	无法对轮廓辨认	严重变形, 无法进行评估诊断	存在严重伪影导致无法评估诊断	无法诊断
2	较为模糊	难以对轮廓辨认, 边缘较为模糊	病灶存在明显变形	中度伪影, 对诊断存在影响	质量较差
3	部分可见	轮廓显示较差, 但边缘较为清晰	病灶存在变形	中度伪影, 但对诊断无影响	质量一般
4	较为清晰	轮廓显示一般, 但边缘清晰	病灶相对变形	轻度伪影, 对诊断无影响	质量较好
5	十分清晰	轮廓显示较好, 且边缘较为锐利	肉眼下病灶无变形	无伪影, 图像清晰	质量较为优良

表2 FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI在直肠癌患者中的参数对比

参数	FOCUS-MUSE-DWI (n=61)	常规DWI (n=61)	t	P
病变可见程度(分)	4.05±0.23	3.73±0.37	5.737	0.000
轮廓清晰度(分)	4.18±0.26	3.85±0.32	6.251	0.000
病灶变形程度(分)	4.11±0.35	3.78±0.41	4.781	0.000
磁敏感伪影(分)	4.28±0.19	3.95±0.35	6.472	0.000
图像质量(分)	4.33±0.25	3.92±0.48	5.917	0.000
SNR	45.17±12.38	38.06±15.17	2.836	0.005
CNR	38.11±13.19	30.05±12.88	3.415	0.001
横径(mm)	29.15±2.48	28.32±3.01	1.662	0.099
纵径(mm)	28.15±2.59	30.67±3.15	4.826	0.000

表3 两组临床资料比较

临床资料	研究组(n=61)	对照组(n=41)	$\chi^2/t$	P	
性别	男	43(70.49)	26(63.41)	0.561	0.454
	女	18(29.51)	15(36.59)		
年龄(岁)	68.03±4.02	63.45±3.87	5.726	0.000	
体质量指数(kg/m <sup>2</sup> )	22.48±1.06	22.57±1.12	0.411	0.682	
常规DWI-ADC(s/mm <sup>2</sup> )	0.94±0.13	1.25±0.29	7.336	0.000	
FOCUS-MUSE-DWI-ADC(s/mm <sup>2</sup> )	0.90±0.15	1.26±0.21	10.102	0.000	

表5 FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI在直肠癌患者中的诊断效能分析

检测方法	AUC	敏感度	特异度	95%CI	P	截断值
常规DWI	0.800	95.08	68.29	0.710~0.873	0.000	1.15
FOCUS-MUSE-DWI	0.936	83.61	87.80	0.869~0.975	0.000	1.11

表4 影响直肠癌诊断的多因素分析

因素	$\beta$	SE	wald $\chi^2$	OR	95%CI	P
年龄	0.682	0.351	3.775	1.978	0.994~3.935	0.053
常规DWI-ADC	-1.183	0.408	8.407	0.306	0.138~0.682	0.004
FOCUS-MUSE-DWI-ADC	-1.127	0.339	11.052	0.324	0.167~0.630	0.001

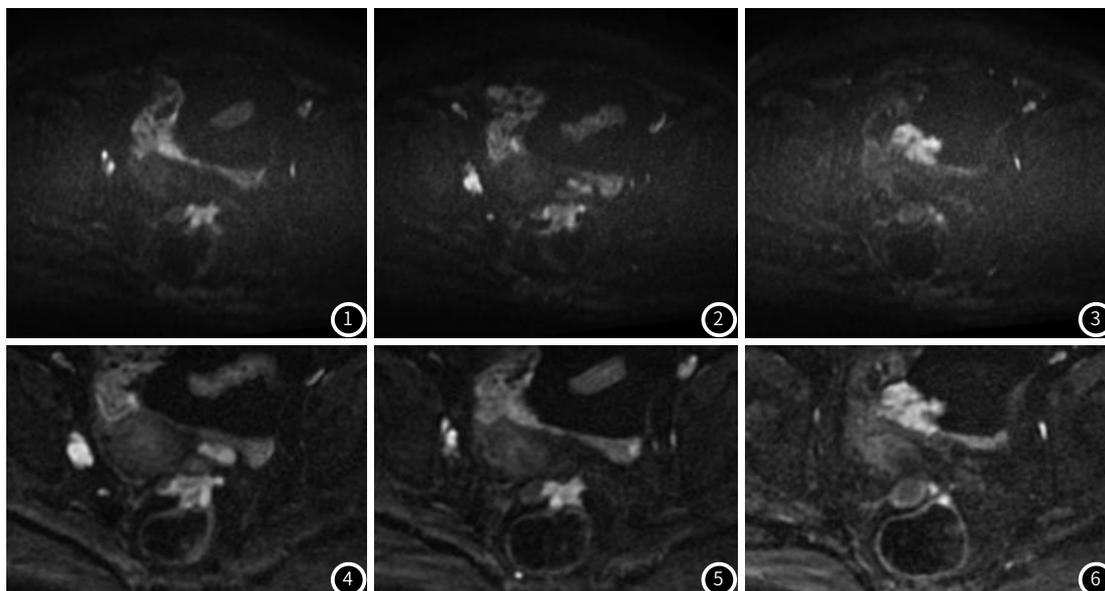


图1~3为肿瘤累及直肠前壁全层患者的常规DWI序列图像：肠壁显示不清，有明显形变。  
图4~6为患者的FOCUS-MUSE-DWI序列图像：肠壁显示清晰，形变不明显。

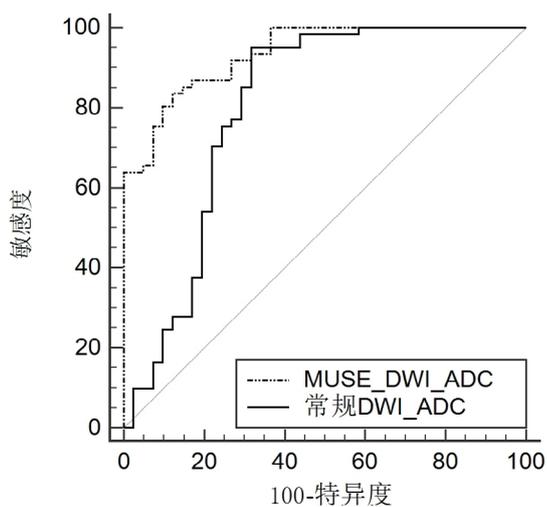


图7 FOCUS-MUSE-DWI与常规DWI诊断直肠癌的ROC曲线。

### 3 讨论

直肠癌的治疗技术近年来一直在不断进步，但其早期检出率目前尚不理想，多数患者就诊时已进入进展期，从而导致患者错过最佳治疗时机，故找寻更多有效手段对直肠癌进行早期诊断是现阶段临床重点关注内容<sup>[8]</sup>。磁共振检查是目前直肠癌较为常用的检查手段之一，其中DWI是关键序列之一，可对组织弥散情况进行有效反应<sup>[9]</sup>。但有研究<sup>[10]</sup>发现常规DWI检查在直肠癌检查中容易收到图像噪声、磁敏感等因素干扰，影响最终诊断结果。而FOCUS-MUSE-DWI是在常规DWI基础上改进一项技术，其有利于进一步提高空间分辨率。而本研究主要对FOCUS-MUSE-DWI、常规DWI在直肠癌诊断中的应用进行探讨。

本研究结果显示，FOCUS-MUSE-DWI检查在病变可见程度、轮廓清晰度、病灶变形程度、磁敏感伪影、图像质量五个主观评价项目以及SNR、CNR、纵径3个客观评价项目中的表现均由于常规DWI检查，结果表明FOCUS-MUSE-DWI检查图像综合质

量相较常规DWI检查更好。分析其原因为：直肠组织因肠道蠕动以及气体干扰，其较其他实质性器官在接受DWI检查时更容易发生图像变形，从而使图像中部分结构失真，进而对病灶情况评估存在不利影响<sup>[11]</sup>。FOCUS-MUSE-DWI主要通过多次激发回波平面成像完成检查，并以相位方向为基准分段采集K空间，同时与线圈灵敏度曲线进行结合，使图像中的混叠伪影得到清除；同时该检查通过对回波采集效率进行提升，促使回波间距有效降低，相位误差与图像变形程度也相对改善<sup>[12-13]</sup>。故FOCUS-MUSE-DWI相较于常规DWI检查对于图像的变形矫正能力相对更强，且其对于病灶边缘处的变形矫正能力因不同物质磁化率而更强。而横纵径是病灶占位的重要指标，而本研究中纵径检查差异可能与FOCUS-MUSE-DWI检查后处理技术工作原理使线圈灵敏度编码与相位信息相结合，从而矫正图像变形，获取高分辨率扩散图像等有关。

同时本研究结果也显示，研究组年龄高于对照组，而常规DWI-ADC、FOCUS-MUSE-DWI-ADC低于对照组；经多因素Logistic回归分析显示，常规DWI-ADC、FOCUS-MUSE-DWI-ADC均为影响直肠癌诊断的独立因素之一；经ROC曲线分析显示，FOCUS-MUSE-DWI诊断直肠癌的曲线下面积以及特异度均较常规DWI高，结果进一步证实FOCUS-MUSE-DWI在直肠癌诊断中的临床应用价值相对更好。DWI是MRI检查中的重要参数之一，常规DWI对于直肠癌病变的浸润深度、淋巴结转移情况等信息具有反应价值，但其不足之处在于检查图像容易发生几何变形，导致最终诊断结果受到干扰<sup>[14]</sup>。且常规DWI检查因有效回波间距较长，容易导致相位错累，且肠道内的残留气体亦可产生干扰，而上述干扰造成的伪影呈现不真实高信号，从而可导致肿瘤病灶检查过程因这些信号而是图像质量受到影响，最终诊断结果准确性下降。而FOCUS-MUSE-DWI通过其多次激发平面回波技术对K空间的填充速度更快，从而相较于常规DWI对几何变形情况的改善效果更好<sup>[15]</sup>。

