

小视野体素不相干运动扩散加权成像技术在直肠癌诊断中的应用评价

张军, 马延, 孙晶, 祁丽, 罗松, 郑玲, 张龙江

【摘要】 目的:探讨小视野体素不相干运动扩散加权成像(rFOV IVIM-DWI)与常规视野体素不相干运动扩散加权成像(fFOV IVIM-DWI)在直肠癌中的应用价值。**方法:**回顾性分析本院2019年10月-2020年12月28例经病理证实的直肠癌患者的MRI资料。所有患者均进行了rFOV IVIM-DWI和fFOV IVIM-DWI。IVIM-DWI($b=1000\text{ s/mm}^2$)图像行主观评估及客观评价:包括几何变形、病灶显示的清晰度、ADC图像的病灶显示清晰程度、信噪比(SNR)以及对比噪声比(CNR)。分别测量肿瘤以及正常直肠壁的标准ADC、D、D*以及f值,采用受试者操作特征(ROC)曲线分析其对直肠癌的诊断效能。**结果:**与fFOV IVIM-DWI序列相比,rFOV DWI序列的图像变形更小,病灶显示清晰程度更高($P<0.001$)。两个序列测量所得的直肠癌患者肿瘤区域的平均ADC、D及f值均明显低于正常直肠肠壁($P<0.001$)。rFOV IVIM-DWI序列ADC值、D值及f值的ROC曲线下面积(AUC)分别为0.947、0.918、0.818,fFOV IVIM-DWI序列的AUC分别为0.913、0.874、0.789,两种序列间差异无统计学意义($P=0.499,0.496,0.733$)。**结论:**与fFOV IVIM-DWI序列相比,rFOV IVIM-DWI能有效减少图像的变形及伪影,可以获得更高的图像质量和更佳的病变显示效果,且各参数的AUC值更高,因此为直肠癌的临床诊断提供了一种更加有效的方法。

【关键词】 直肠肿瘤; 磁共振成像; 扩散加权成像

【中图分类号】 R445.2; R735.37 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2022)03-0350-07

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.03.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Evaluation of the reduced field of view IVIM-DWI in the diagnosis of rectal cancer ZHANG Jun, MA Yan, SUN Jing, et al. Department of Diagnostic Radiology, Jinling Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210002, China

【Abstract】 Objective: To compare the reduced field of view intravoxel incoherent motion diffusion weighted imaging (rFOV IVIM-DWI) with the full field of view intravoxel incoherent motion (fFOV IVIM-DWI) in the diagnosis of rectal cancer. **Methods:** The magnetic resonance imaging (MRI) data of 28 pathologically proven patients with rectal cancer in our hospital from October 2019 to December 2020 were retrospectively analyzed. All patients underwent rFOV IVIM-DWI and fFOV IVIM-DWI. IVIM-DWI ($b=1000\text{ s/mm}^2$) images were subjectively and objectively evaluated, including geometric deformation, clarity of lesion display, clarity of lesion display of ADC images, signal noise ratio (SNR) and contrast signal noise ratio (CNR). The standard ADC, D, D*, and f values of tumor and normal rectal wall on each sequence were measured respectively. ROC analysis was made on the efficacy of different parameters of the two sequences in rectal cancer. **Results:** Compared with the fFOV IVIM-DWI sequence, the rFOV IVIM-DWI sequence had smaller image geometric deformation, and displayed the lesions more clearly ($P<0.01$). The average ADC, D, and f values of the tumor area of rectal cancer in the two sequences were significantly lower than those of the adjacent normal rectal wall ($P<0.001$). The areas under curve (AUC) of ADC, D and f values of rFOV IVIM-DWI sequence were 0.947, 0.918 and 0.818, respectively, and the AUC of fFOV IVIM-DWI sequence were 0.913, 0.874 and 0.789, respectively. There was no significant statistical difference between the two groups.

作者单位: 210002 南京, 南京医科大学金陵临床医学院东部战区总医院放射诊断科

作者简介: 张军(1983-), 男, 山东泰安人, 硕士研究生, 主管技师, 主要从事磁共振临床及应用研究。

通讯作者: 张龙江, E-mail: kevinzhj@163.com

基金项目: 国家自然科学基金(81601486, 81501448)

Conclusion: Compared with the fFOV IVIM-DWI sequence, the image distortion of rFOV IVIM-DWI sequence is smaller and the lesion display is clearer. The AUC of ADC, D and F of rFOV IVIM-DWI sequence were higher than those of fFOV IVIM-DWI sequence. Therefore, it provides an effective method in the diagnosis of rectal cancer.

【Key words】 Rectal neoplasms; Magnetic resonance imaging; Diffusion weighted imaging

结直肠癌是消化道常见的恶性肿瘤,占消化道恶性肿瘤的第二位^[1]。早期发现、早期诊断以及准确的术前评估可以明显的提高患者的生存率和改善生活质量。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)是目前直肠癌诊断和术前分期的主要影像检查手段,其中磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)不需注射对比剂、可以无创地反映人体组织内水分子微观扩散运动,是 MRI 评估直肠癌常用的序列之一^[2-3]。

目前直肠 MRI 常用的 DWI 序列是单次激发平面回波成像序列(single-shot echo-planar imaging, ssEPI),该序列易产生磁敏感伪影、图像易发生几何变形、空间分辨力较低。小视野扩散加权成像(reduced field of view diffusion weighted imaging, rFOV DWI)方法消除了化学位移伪影,提高图像的空间分辨力,有利于微小病变的检出^[4]。传统 DWI 受毛细血管内微循环灌注因素的影响,未能准确反映水分子的真实扩散水平。体素内不相干运动扩散加权成像(intravoxel incoherent motion diffusion weighted imaging, IVIM-DWI)是基于传统 DWI 衍生出来的一项相对较新的技术,可将水分子的扩散和血流微循环灌注分离出来并量化比较,可同时获得组织扩散和灌注信息,以评估恶性肿瘤、不同组织学类型以及不同病理级别肿瘤的扩散灌注情况,从而有助于恶性肿瘤的定性诊断和鉴别诊断^[5]。

目前尚未见小视野体素不相干运动扩散加权成像(the reduced field of view intravoxel incoherent motion diffusion weighted imaging, rFOV IVIM-DWI)序列在直肠癌中的应用报道。本研究对比了小视野与常规视野体素不相干运动扩散加权成像(full field of view intravoxel incoherent motion, fFOV IVIM-DWI)图像质量及主要定量参数在直肠癌中的应用价值。

材料与方法

1. 临床资料

收集 2019 年 10 月—2020 年 12 月经病理证实的直肠癌患者 28 例,其中男 18 例,女 10 例,平均年龄(62±2)岁。所有病例均行直肠常规 MR 检查、rFOV IVIM-DWI、fFOV IVIM-DWI 以及动态增强检查。

纳入标准:①经病理证实的直肠癌患者;②检查前未接受放疗、化疗等辅助治疗;③病变未累及直肠全段;④所有患者无盆腔手术史及 MRI 检查的禁忌证。

2. 成像序列及参数

MR 检查采用 GE Discovery MR750 3.0T 超导磁共振仪,腹部 32 通道相控阵线圈。检查前两小时对患者进行灌肠准备,清除直肠内容物,防止产生伪影干扰图像质量。检查前 10 分钟肌肉注射山莨菪碱以减少肠道蠕动。常规序列包括:横轴面 T₂WI、大视野横轴面 T₁WI 扫描、矢状面 T₂WI 以及动态增强序列, rFOV IVIM-DWI 序列(矩阵 240×96, FOV 24 cm×9.6 cm, TR 6000 ms, TE Minimum)及常规 IVIM-DWI 序列(矩阵 240×240, FOV 24 cm×24 cm, TR 6000 ms, TE Minimum), b 值为 0、50、100、200、500、800、1000 s/mm²,扫描层厚 4 mm,层间距 1 mm,层数 30。

3. 图像处理及数据分析

将 rFOV IVIM-DWI 及 fFOV IVIM-DWI 序列原始图像数据传至 GE ADW 4.6 工作站进行图像阅片及后处理。两个序列图像质量主观评估主要通过 IVIM-DWI(b=1000 s/mm²)图像变形分数、IVIM-DWI(b=1000 s/mm²)及 ADC 图中病灶及周围解剖结构的显示清晰程度 3 个方面来评价;客观评价主要包括 IVIM-DWI 图像(b=1000 s/mm²)的信噪比(signal noise ratio, SNR),即图像的信号强度值与背景噪声信号值的标准差(standard deviation, SD)之比, $SNR = S_{\text{tissue}} / SD_{\text{tissue}}$; DWI 图像(b=1000 s/mm²)的对比噪声比(contrast signal noise ratio, CNR),即图像中相邻组织、结构间 SNR 的差异性, $CNR = |S_1 - S_2| / \sqrt{SD_1^2 + SD_2^2}$ 。

图像的评价由 2 位具有 10 年以上工作经验的影像医师在不提供任何临床及磁共振扫描信息的情况下独立评估。DWI 图像(b=1000 s/mm²)变形分数评分为 4 个等级^[5]:1 分代表图像变形很严重,不能进行临床诊断;2 分代表边缘区域广泛变形或非病变区域有严重伪影,可以进行一定临床诊断;3 分代表边缘轻微变形,不影响影像诊断;4 分代表无变形,图像质量很好。DWI 图像病灶及正常直肠肠壁及直肠系膜显示的清晰程度的评分:1 分代表肿瘤呈稍高信号;2 分代表肿瘤呈高信号;3 分代表肿瘤呈明显高信号;4 分代

表肿瘤与正常组织有明确的边界。ADC 图像病灶显示清晰程度的评分:1分代表肿瘤呈稍低信号;2分代表肿瘤呈低信号;3分代表肿瘤呈明显低信号;4分代表肿瘤与周边正常组织有明确的边界。

采用 IVIM 双指数模型后处理得出相应的 ADC 图、D 图、D* 图、f 图(图 1)。由 2 名放射医师共同协商,选取直肠肿瘤区域最大的 3 个层面,将 ROI 放置在肿瘤区域相对应的 ADC 图上信号减低区域。ROI 的大小为 60~79 mm²。所有患者的 ROI 由同一放射医师确定以避免误差,ROI 的确定应避免血管、出血、坏死及钙化等区域以减少定量值计算的误差,必要时可以结合 T₁WI、T₂WI 图像和增强扫描图像以保证位置的准确。肿瘤区域及正常直肠壁测量均进行 3 次,取其平均值(图 1a、c);同时记录两个 IVIM-DWI 序列(b=1000 s/mm²)直肠癌病灶与同侧臀大肌的信号强度值及其信号值标准差值(standard deviation, SD),并通过上述公式计算直肠癌病灶的 SNR 及相对于臀大肌的 CNR 值。

4. 统计学分析

采用 SPSS 16.0 和 Medcalc 19.5.3 软件进行统计学分析。定量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)的方式表示,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。DWI 图像的变形分数、DWI 图及 ADC 图上病灶和周围解剖结构显示的清晰程度评估采用 Wilcoxon 符号秩和检验。采用配对样本 t 检验评估两个 IVIM-DWI 序列(b=1000 s/mm²)图像的 SNR 以及 CNR。2 个序列直肠肿瘤、正常直肠壁的 ADC、D、D* 及 f 值经正态性检验后,使用配对样本 t 检验进行两两间比较。观察者间

的一致性采用 Kappa 分析($k > 0.8$, 表示一致性很好; $k = 0.61 \sim 0.80$ 表示一致性好; $k = 0.41 \sim 0.60$ 表示一致性一般; $k \leq 0.4$ 表示一致性比较弱)。采用受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估 ADC、D 及 f 值对直肠癌的诊断效能,确定最佳临界值及相应的诊断敏感度和特异度,对两个 IVIM-DWI 序列所获得的 ROC 曲线下面积(areas under curve, AUC)进行统计学分析。

结果

1. IVIM-DWI 图像变形分数、病灶清晰程度的主观评价及信噪比和对比噪声比的客观评价比较

对于 rFOV IVIM-DWI 序列上扩散图像变形分数($k = 0.868$)、DWI 图像病灶及正常直肠肠壁及直肠系膜显示的清晰程度($k = 0.914$)及 ADC 图像病灶显示的清晰程度($k = 0.909$),两位放射医师的评分一致性很好;fFOV IVIM-DWI 序列的 DWI 图像变形分数($k = 0.909$)、直肠癌病灶及正常直肠肠壁及直肠系膜显示的清晰程度($k = 0.715$)及 ADC 图像病灶显示的清晰程度($k = 0.734$),两位放射医师的评分一致性很好或好。rFOV DWI 图像及 fFOV DWI 图像的主观评分比较:rFOV DWI 序列的 DWI 图像变形分数得分明显高于 fFOV DWI 序列($P < 0.001$),rFOV DWI 图像及 ADC 图像病灶显示清晰程度明显高于 fFOV DWI 序列($P \leq 0.001$),见表 1、图 1。rFOV DWI 图像及 fFOV DWI 图像的客观评价:两个序列图像的 SNR 之间差异具有明显统计学意义(rFOV 8.62 ± 3.57 , fFOV 6.65 ± 2.63 , $P = 0.006$),两个序列图像的 CNR

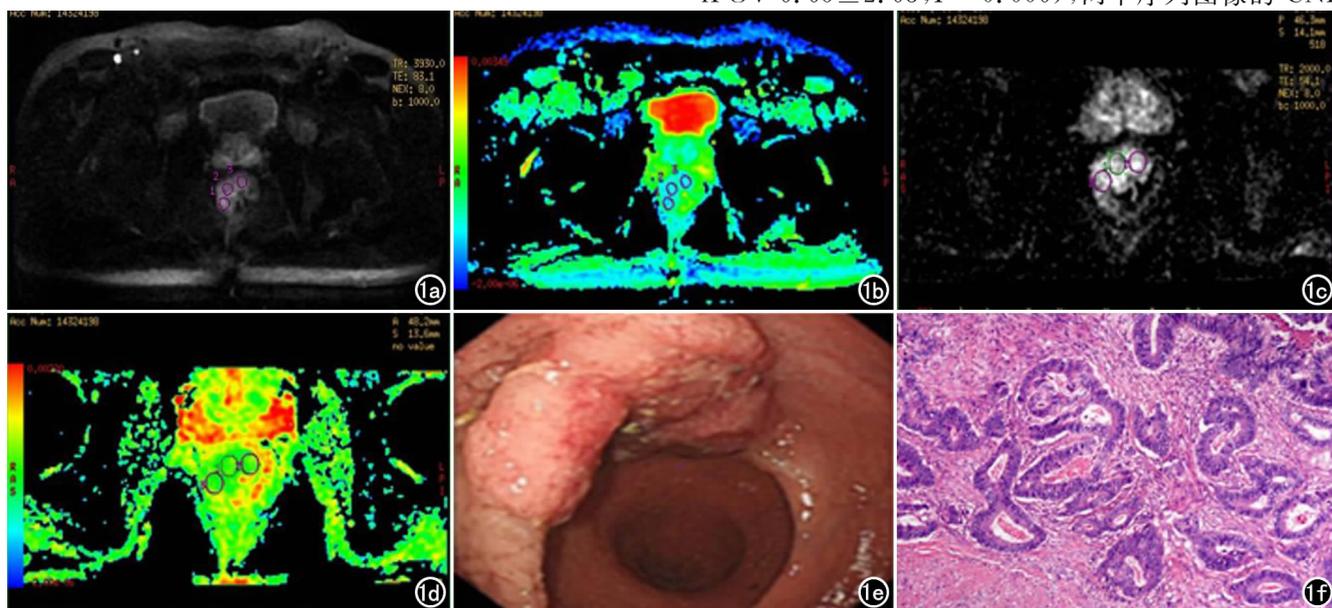


图 1 男,49 岁,直肠癌,rFOV IVIM-DWI 图像变形小,伪影少,病灶显示更清楚。a、b)fFOV IVIM-DWI 图像;b)fFOV IVIM 对应的 ADC 图像;c)rFOV IVIM-DWI 图像;d)rFOV IVIM 对应的 ADC 图像;e)肠镜可见肿块环管腔 1/2 周,表面坏死糜烂,质脆易出血;f)病理示直肠腺癌(HE,×100)。

表1 IVIM-DWI图像的变形分数及病灶显示清晰程度的主观评价结果

医师	DWI 变形评估			DWI 清晰度			ADC 清晰度		
	fFOV	rFOV	P 值	fFOV	rFOV	P 值	fFOV	rFOV	P 值
医师 1	3.29±0.46	3.82±0.39	<0.001	3.2±0.499	3.61±0.49	0.001	2.82±0.476	3.29±0.46	<0.001
医师 2	3.25±0.441	3.86±0.356	<0.001	3.1±0.416	3.57±0.504	<0.001	2.71±0.46	3.25±0.441	<0.001
Kappa	0.909	0.868		0.715	0.926		0.734	0.909	

之间差异同样具有统计学意义(rFOV 4.41±1.86, fFOV 3.56±1.45, $P=0.025$),见表2。

表2 IVIM-DWI的图像信噪比与对比噪声比的客观评价结果

参数	rFOV DWI (n=28)	fFOV DWI (n=28)	t 值	P 值
SNR	8.62±3.57	6.65±2.63	-3.01	0.006
CNR	4.41±1.86	3.56±1.45	2.37	0.025

2. 不同序列各参数间比较

两个序列测量所得的直肠癌肿瘤区域的平均ADC、D及f值都明显低于正常直肠肠壁的相应数值($P<0.05$);直肠癌肿瘤区域与正常直肠肠壁相比, fFOV IVIM-DWI序列测得的D*值差异没有统计学意义,而rFOV IVIM-DWI序列测得的D*差异有统计学差异,见表3。rFOV IVIM-DWI序列与fFOV IVIM-DWI序列相比,直肠癌肿瘤区域的ADC、D及f值差异无统计学意义($P>0.05$),见表4。

3. 两种方法的IVIM-DWI序列诊断直肠癌的ROC曲线分析

rFOV IVIM-DWI序列ADC值诊断直肠癌的AUC为0.947(95% CI: 0.852, 0.989),临界点取 $1.34 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 时,敏感度为0.893,特异度为0.964;fFOV IVIM-DWI序列ADC值诊断直肠癌的AUC为0.913(95% CI: 0.807~0.972),临界点取 $1.21 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 时,敏感度为0.929,特异度为0.75。rFOV IVIM-DWI序列D值诊断直肠癌的AUC

为0.918(95% CI: 0.814~0.975),临界值取 $0.813 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 时,敏感度为0.929,特异度为0.857; fFOV IVIM-DWI序列D值诊断直肠癌的AUC为0.874(95% CI: 0.758~0.948),临界值取 $1.01 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 时,敏感度为0.679,特异度为0.929。rFOV IVIM-DWI序列f值诊断直肠癌的AUC为0.818(95% CI: 0.692~0.909),临界值取0.307时,敏感度为0.679,特异度为0.893; fFOV IVIM-DWI序列f值诊断直肠癌效能的AUC为0.789(95% CI: 0.659~0.887),临界值取0.288时,敏感度为0.786,特异度为0.893(图2)。三组参数的AUC值差异无统计学意义($P=0.499, 0.496, 0.733$),两种序列对直肠癌的诊断效能相当。

讨论

本研究发现rFOV IVIM-DWI图像的变形分数、显示病灶及周围解剖方面与fFOV IVIM-DWI相比,图像几何变形小、分辨力更高,病灶及解剖结构显示更加清楚。两个序列直肠癌肿瘤区域的平均ADC、D及f值都明显低于正常直肠肠壁,但在诊断效能上rFOV IVIM-DWI中标准ADC的AUC值最大(AUC=0.947),提示rFOV IVIM-DWI在直肠癌的诊断中有更好的应用价值。

本研究中小视野多b值的扩散加权成像采用了2D选择性激发替代了传统单次激发的平面回波脉冲,

表3 直肠肿瘤与正常直肠壁组织IVIM-DWI各参数结果对比

参数	直肠肿瘤区域 (n=28)	正常肠壁组织 (n=28)	t 值	P 值
rFOV IVIM-DWI				
ADC($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	1.147±0.116	1.555±0.241	8.541	<0.001
D($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	0.768±0.060	1.06±0.218	6.850	<0.001
D*($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	20.354±4.705	17.158±5.704	-2.513	0.018
f	0.255±0.544	0.334±0.065	5.973	<0.001
fFOV IVIM-DWI				
ADC($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	1.136±0.206	1.592±0.262	8.617	<0.001
D($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	0.807±0.153	1.148±0.269	7.077	<0.001
D*($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	10.363±3.913	10.276±4.374	-0.082	0.935
f	0.244±0.076	0.341±0.093	4.649	<0.001

表4 直肠癌IVIM各参数结果

参数	rFOV IVIM- DWI (n=28)	fFOV IVIM-DWI (n=28)	t 值	P 值
ADC($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	1.147±0.116	1.136±0.206	-0.255	0.801
D($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	0.768±0.060	0.807±0.153	1.330	0.195
f	0.255±0.544	0.244±0.076	-0.637	0.529

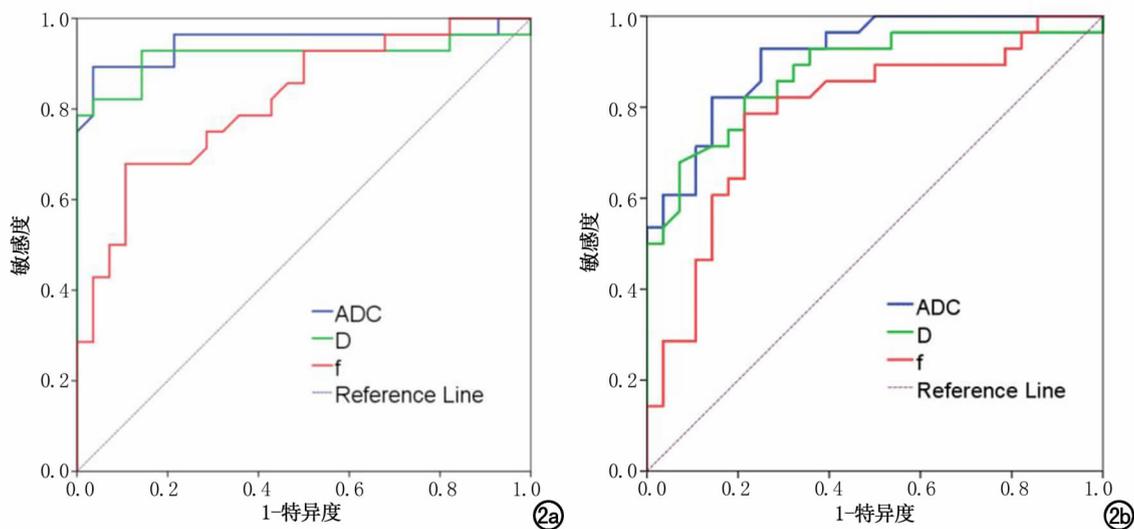


图2 标准 ADC、D、f 诊断直肠癌的 ROC 曲线。a) rFOV IVIM-DWI 诊断直肠癌的 ROC 曲线; b) fFOV IVIM-DWI 诊断直肠癌的 ROC 曲线。

180°再聚焦脉冲,同时减小相位编码方向的 FOV,进而减少了 k 空间填充线的数目,在同样的扫描时间内大大提高了图像的空间分辨力,减少了图像伪影^[4-5]。此外,采用窄带宽的 180°射频脉冲选择性激发,只激发特定扫描层面中水的信号,从而抑制了脂肪信号,进一步消除了化学位移的伪影,提供了更好的解剖细节以及对病灶部位的显示,更有利于微小病灶的检出。主观评分结果显示 rFOV DWI 图像变形更小,病灶清晰程度更高。这与 rFOV DWI 减小了图像的 FOV,在固定的扫描时间内提高了图像的空间分辨力,同时减少了图像变形和伪影的原理相符合^[6-7]。

ADC 值综合反映了细胞内外水分子的扩散运动及组织内微循环灌注水平,定量分析不同组织内水分子的扩散水平。组织微循环的血液流动与水分子的自由扩散运动一样也是无规律的运动,即所谓的“假性扩散”。DWI 的信号减低包括了细胞内外水分子的扩散信息和微循环内的血流灌注的信息,所以单指数模型计算出来的 ADC 值比实际值偏高。Le Bihan 等^[8]提出 IVIM 模型(即双指数模型)可将组织内两种水分子的运动区分开,为临床提供更丰富的肿瘤相关信息。其中 D 值代表单纯的水分子扩散信息,排除了灌注信息,得到的值比单指数模型计算的 ADC 值更精确。f 值表示灌注分数,是由毛细血管和组织信号强度的比值决定的,f 值的升高在一定程度上提示肿瘤中具有较丰富的新生血管。D* 值反应了组织内毛细血管中血液的不相干运动,受到组织内平均血流速度和平均毛细血管长度影响,不同类别或不同级别的肿瘤的血管生成特点存在差异^[9]。

本研究中两个序列直肠癌肿瘤区域的标准 ADC

值均明显低于正常直肠肠壁,这与以往研究结果一致^[10]。fFOV IVIM-DWI 序列由于图像变形及各种伪影的存在,致使测得的标准 ADC 值与真实值有所偏移;而 rFOV IVIM-DWI 序列由于更高的空间分辨力减少了部分容积效应的影响,测得的标准 ADC 值更准确。在本研究中两个序列测得的肿瘤区域 ADC 值差异并无统计学意义,两者的诊断效能相当,这与 Kim 等^[11]在胰腺肿瘤中的研究结果一致。然而有研究也发现 rFOV IVIM-DWI 和 fFOV IVIM-DWI 序列得到的肿瘤 ADC 值差异有统计学意义^[12],这可能是由于组织的标准 ADC 值强烈依赖于用于成像的 b 值的选择;另一方面又与信噪比及部分容积效应等因素密切相关。

与 ADC 值的计算方式相同,本研究中 IVIM 模型计算得出的肿瘤区域 D 值均明显低于正常直肠壁的标准 D 值,这与刘晓冬等^[13]的研究结果相一致。由于 D 值主要反映水分子的扩散信息,组织细胞越密集,细胞间隙越小,其间的水分子运动会受到限制。rFOV IVIM-DWI 序列具有更小的图像变形和更高的空间分辨力,可以得到更准确的 D 值^[14]。本文 rFOV IVIM-DWI 序列所得到的 D 值比 fFOV IVIM-DWI 序列较低,但是两者的差异并无统计学意义。

本研究结果中两个序列的肿瘤区域 f 值低于正常直肠肠壁的值,这与 Lu 等^[15]的研究结果是一致的。肿瘤组织由于血管生成血供丰富,肿瘤区域的 f 值应高于正常组织的值^[16]。本研究与之相反,可能的原因是直肠肿瘤组织细胞密度大,细胞间隙小,导致走行于组织间隙内的微血管受压,灌注水平不高。此外 IVIM 序列中,灌注信息的稳定性与低于 200 s/mm²

的 b 值的个数密切相关,本研究中低于 200 s/mm^2 的 b 值为 4 个,关于 f 值的可重复性研究也报道不一,主要原因也是与不同研究对象和 b 值选取有关^[17]。

本研究结果提示 fFOV IVIM-DWI 序列的 D^* 在直肠癌和正常直肠壁之间比较差异无统计学意义,而 rFOV IVIM-DWI 序列的 D^* 在直肠癌和正常直肠壁之间比较差异有统计学意义,这可能是由于 D^* 更多的是反映病变区血流速度信息,其值高低与直肠癌患者的病理类型、病理分期密切相关^[18]。此外, D^* 值受信噪比影响大,同时 D^* 值的伪彩图中有较多的体素点为假的高值,这些误差有时不可避免,因此不同研究方法测得的 D^* 值差异较大。

本文中采用 ROC 曲线分析具有统计学差异的 IVIM 模型的参数,rFOV IVIM-DWI 序列 ADC 值、D 值及 f 值的 AUC 高于 fFOV IVIM-DWI,但是差异没有统计学意义,两者对直肠癌的诊断效能相当。但是由于 rFOV IVIM-DWI 消除了绝大多数的磁敏感伪影,减小了图像的几何变形及部分容积效应提高了图像质量,更利于临床疾病的诊断;定量方面可以更加准确的反映直肠癌扩散运动受限的程度及组织内微循环灌注水平^[19]。

本研究尚存在一定不足之处:病例数尚较少,未进行直肠癌不同病理类型及不同分期病变各参数值对比分析。b 值越多,参数评估越稳定,但考虑到扫描时间的关系,结合文献报道本研究采用了 7 个 b 值,在未来的研究中,需要在 rFOV IVIM-DWI 序列中应用更多 b 值以更好地评估 IVIM 所得的参数结果。

综上所述,与 fFOV IVIM-DWI 相比,rFOV IVIM-DWI 序列能有效减少图像的变形及伪影,图像具有更高的信噪比和对比噪声比,两者对直肠癌的诊断效能相当,因此 rFOV IVIM-DWI 序列为直肠癌的诊断提供了一种更加有效的方法。

参考文献:

[1] Rebecca LS, Kimberly DM, Ahmedin J. Cancer statistics, 2016[J]. CA Cancer J Clin, 2016, 66(1): 7-30.

[2] Hricak H, Abdel-Wahab M, Atun R, et al. Medical imaging and nuclear medicine: a lancet oncology commission[J]. Lancet Oncol, 2021, 22(4): e136-e172.

[3] Long L, Zhang H, He X, et al. Value of intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging for differentiating metastatic from nonmetastatic mesorectal lymph nodes with different short-axis diameters in rectal cancer[J]. J Can Res Ther, 2019, 15(7): 1508-1515.

[4] Peng Y, Tang H, Hu X, et al. Rectal cancer invasiveness: whole-lesion diffusion-weighted imaging (DWI) histogram analysis by comparison of reduced field-of-view and conventional DWI techniques[J]. Sci Rep, 2019, 9(1): 18760.

[5] Chen M, Feng C, Wang Q, et al. Comparison of reduced field-of-view diffusion-weighted imaging (DWI) and conventional DWI techniques in the assessment of cervical carcinoma at 3.0T: image quality and FIGO staging[J]. Eur J Radiol, 2021, 137(6): 109557.

[6] Attenberger UI, Tavakoli A, Stocker D, et al. Reduced and standard field-of-view diffusion weighted imaging in patients with rectal cancer at 3T-Comparison of image quality and apparent diffusion coefficient measurements[J]. Eur J Radiol, 2020, 131: 109257.

[7] Jang S, Lee JM, Yoon JH, et al. Reduced field of view versus full field of view diffusion weighted imaging for the evaluation of complete response to neoadjuvant chemoradiotherapy in patients with locally advanced rectal cancer[J]. Abdom Radiol, 2020, 12(28): 261-276.

[8] Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, et al. Separation of diffusion and perfusion in intravoxel incoherent motion MR imaging[J]. Radiology, 1988, 168(2): 497-505.

[9] Xu Y, Xu Q, Sun H, et al. Could IVIM and ADC help in predicting the KRAS status in patients with rectal cancer[J]. Eur Radiol, 2018, 28(7): 3059-3065.

[10] Geng Z, Zhang Y, Yin S, et al. Preoperatively grading rectal cancer with the combination of intravoxel incoherent motions imaging and diffusion kurtosis imaging[J]. Contrast Media Mol Imaging, 2020, 2020(4): 1-11.

[11] Kim H, Lee JM, Yoon JH, et al. Reduced field-of-view diffusion-weighted magnetic resonance imaging of the pancreas: comparison with the full field of view single-shot echo-planar imaging[J]. Korean J Radiol, 2015, 16(6): 1216-1225.

[12] 王奕, 林元凯, 周长圣, 等. 小视野扩散加权成像在前列腺癌诊断中的应用价值[J]. 医学研究生学报, 2016, 29(4): 395-400.

[13] 刘晓冬, 刘爱莲, 李焯, 等. DCE-MRI 及 IVIM 模型在直肠癌病理分级中的应用及其灌注参数的相关性[J]. 中国医学影像学杂志, 2020, 28(4): 256-259.

[14] Fujima N, Yoshida D, Sakashita T, et al. Prediction of the treatment outcome using intravoxel incoherent motion and diffusional kurtosis imaging in nasal or sinonasal squamous cell carcinoma patients[J]. Eur Radiol, 2016, 27(5): 956-965.

[15] Lu B, Yang X, Xiao X, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging of primary rectal carcinoma: correlation with histopathology[J]. Med Sci Monit, 2018, 24: 2429-2436.

[16] Yan C, Liu S, Pan X, et al. Role of intravoxel incoherent motion MRI in preoperative evaluation of DNA mismatch repair status in rectal cancers[J]. Clin Radiol, 2019, 74(10): e21-e28.

[17] Yang X, Chen Y, Wen Z, et al. Non-invasive MR assessment of the microstructure and microcirculation in regional lymph nodes for rectal cancer: a study of intravoxel incoherent motion imaging[J]. Cancer Imaging, 2019, 19(1): 70.

[18] Bakke KM, Grøvik E, Meltzer S, et al. Comparison of Intravoxel incoherent motion imaging and multiecho dynamic contrast-based MRI in rectal cancer[J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 50(4): 1114-1124.

[19] 郝永红, 潘初, 陈唯唯, 等. 小视野 DWI 技术在甲状腺结节诊断中的应用价值[J]. 放射学实践, 2016, 31(8): 256-259.