

论 著

r-fov IVIM与r-fov DWI模型参数早期预测乳腺癌新辅助化疗疗效价值的比较*

乔俊娅 温生宝*

青海大学附属医院影像中心
(青海 西宁 810012)

【摘要】目的 比较磁共振小视野体素不相干运动扩散加权成像(reduced field of view, intravoxel incoherent motion, r-fov IVIM)及小视野常规扩散加权成像(reduced field of view, diffusion weighted imaging, r-fov DWI)模型参数预测乳腺浸润性导管癌新辅助化疗疗效的价值。方法 前瞻性选取28例单侧乳腺浸润性导管癌患者, 收集化疗前、化疗2周期后乳腺 r-fov IVIM模型参数真性扩散系数(Dt), 假性扩散系数(Dp), 灌注分数(f); r-fov DWI参数表观扩散系数(ADC)。根据术后病理结果分为组织学非显著反应组13人, 组织学显著反应组15人; 采用SPSS 25.0对数据进行处理, 比较NAC前和化疗2个周期后两组间的参数值差异。绘制受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析以上参数对新辅助化疗疗效的预测价值。结果 NAC2周期后ADC值, NAC2周期后与NAC前参数差值 Δ ADC、 Δ Dt值, 三者的曲线下面积(area under curve, AUC)最大(0.951VS 0.914、0.914), 预测MHR组的效能高; NAC 2周期后的Dt值, 预测MHR组的效能较好(AUC=0.827)。结论 NAC2周期后, r-fov DWI模型参数ADC值和r-fov IVIM模型参数Dt值越高, 且较NAC前升高程度越大, 新辅助化疗结束后越容易获得较好的疗效; 其中, 以NAC2周期后, r-fov DWI模型参数ADC值的预测效能最高, 应作为乳腺癌浸润性导管癌临床治疗过程中, 新辅助化疗反应评估的主要参考参数。

【关键词】乳腺癌; 磁共振成像; 小视野; 体素不相干运动扩散加权成像

【中国分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】中国红十字会“影瑞西北公益行”之ICON科研基金项目
(XM-HR-ICON-2020-10)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.03.028

Comparison of the Value of r-Fov IVIM and r-Fov DWI Model Parameters for Early Prediction of Neoadjuvant Chemotherapy Efficacy in Breast Cancer*

QIAO Jun-ya, WEN Sheng-bao*

Imaging Center, Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining 810012, Qinghai Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the imaging parameters of magnetic resonance small field of view voxel incoherent motion diffusion-weighted imaging (r-fov IVIM) model and reduced field of view, diffusion-weighted imaging (r-fov DWI) model in predicting the efficacy of neoadjuvant chemotherapy for breast invasive ductal carcinoma. the value of imaging parameters of the small field of view regular diffusion-weighted imaging (r-fov DWI) model in the prediction of the efficacy of neoadjuvant chemotherapy for breast invasive ductal carcinoma; **Methods** 28 patients with unilateral invasive ductal carcinoma of the breast were prospectively selected, and the breast r-fov IVIM model parameters true diffusion coefficient (Dt), pseudo diffusion coefficient (Dp), and perfusion fraction (f) before and after 2 cycles of chemotherapy were collected; r-fov DWI paras apparent diffusion coefficient (ADC). Based on the postoperative pathological results, 15 individuals were divided into the histologically significant response group and 13 individuals in the non-histologically significant response group; SPSS 25.0 was used to manipulate the data and compare the differences of parameters between the two groups before NAC and after 2 cycles of Chemotherapy. ROC curves were plotted to analyze the efficacy of the above parameters for the efficacy of neoadjuvant chemotherapy. **Results** The Area under curve (AUC) of ADC and the difference Δ ADC and Δ Dt values before and after 2 cycles of NAC were the maximum (0.951 vs 0.914, 0.914), The efficacy of the diagnosis of Dt is better after NAC2 cycle (AUC=0.827). **Conclusion** The greater the ADC value of the r-fov DWI model parameter and the Dt value of the r-fov IVIM model parameter after the NAC2 cycle, and the greater the degree of increase compared with that before NAC, the easier it is to obtain a better therapeutic effect after the end of neoadjuvant chemotherapy; among them, the ADC value of the r-fov DWI model parameter has the highest predictive efficacy after the NAC2 cycle, and it should be taken as the main reference parameter for assessing the neoadjuvant chemotherapy response in the clinical treatment of infiltrative ductal carcinoma of the breast.

Keywords: Breast Cancer; Magnetic Resonance Imaging; Small Field of View; Voxel Incoherent Motion Diffusion-weighted Imaging

乳腺癌是一种异质性、异源性较高的肿瘤, 临床实践和相关研究发现, 即使临床分期和病理类型相同的肿瘤, 使用相同的治疗方法, 其疗效和预后却有很大的差异^[1], 获取能在乳腺癌新辅助化疗(neoadjuvant chemotherapy, NAC)早期准确、无创地预测最终疗效的指标, 及时调整治疗方案, 防止延误病情及无效治疗, 帮助患者避免不必要的医疗支出, 是目前临床研究的重点、难点和热点^[2]。

IVIM(ntravoxel incoherent motion)模型通过复杂的双e指数数学模型, 计算出真分子扩散(Dt)即单纯水分子扩散、假性扩散(Dp)即灌注相关扩散、灌注分数(f)即微循环灌注扩散所占的比值, 基于多b值的DWI(diffusion weighted imaging)图像, 将单纯的水分子扩散情况和微循环灌注成分分开, 而不需要使用对比剂, 更能在微观结构层面反应组织内部生物变化信息。小视野技术(reduced field of view, r-FOV)可以进行更小视野、更小变形、更小磁敏感伪影、更高分辨率的成像^[3], 以上两项技术合并起来更能精准反映乳腺癌病灶内部结构随治疗变化的情况。目前, IVIM技术在乳腺癌的研究中^[4-6]多评估常规全视野(full field of view, f-FOV)IVIM或DWI序列模型参数预测化疗疗效价值, 本研究分析比较了r-FOV IVIM及r-FOV DWI模型参数在乳腺癌新辅助化疗早期, 疗效预测中价值, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年12月至2022年7月, 经青海大学附属医院穿刺检查病理确诊为乳腺癌, 并选取新辅助化疗治疗作为辅助治疗手段的进展期乳腺癌病人。

纳入标准: NAC前经穿刺活检确诊为浸润性导管癌且未经治疗者; NAC化疗方案规范且完整, 平均4-8个周期, 接受全部化疗疗程; 化疗结束后行手术切除, 有完整的化疗前和术后病理资料; 女性, 单侧病灶。排除标准: 乳腺良性肿瘤性病变、乳腺感染性病变、乳腺囊性病变及乳腺肿瘤未获得明确病理结果者; 检查前已行乳腺内外科治疗或放疗患者; 未接受全部化疗疗程; 磁共振检查禁忌症者。共计28例患者纳入研究。

1.2 病理评估 两位有10年乳腺癌病理诊断经验的医师对手术标本切片评估, 盲法得出诊断结果。NAC治疗后的病理学评估参考Miller-Payne(MP)分级系统^[7], MP1级(2例)即肿瘤细胞总数下降不明显, MP2级(6例)即肿瘤细胞数下降 $\leq 30\%$ 左右, MP3级(5例)即肿瘤细

【第一作者】乔俊娅, 女, 住院医师, 主要研究方向: CT/MRI影像诊断。E-mail: 1197363303@qq.com

【通讯作者】温生宝, 男, 副主任医师, 主要研究方向: PET-CT联合DCE-MRI对乳腺癌新辅助化疗早期疗效评估。E-mail: qdfyxxzwsb@126.com

胞消失数量占总量的30%-90%之间，MP4级(8例)即肿瘤细胞消失数量超过>90%，MP5级(7例)即没有能识别的恶性肿瘤细胞，可存在少量导管原位癌。其中MP1-3级归为组织学非显著反应组(non-major histological response, NMHR)共13人，MP4-5级归为组织学显著反应组(major histological response, MHR)共15人。

1.3 研究方法 MRI检查采用西门子prisma 3.0T磁共振扫描仪，8通道乳腺专用相控线圈，患者取俯卧位，双侧乳房自然悬垂于线圈内。常规轴位、矢状位、冠状位定位扫描后，行轴位T₁WI、轴位脂肪抑制T₂WI；采用西门子磁共振独有的zoomit diffusion序列即小视野技术成像(r-Fov IVIM)序列扫描，zoomit diffusion序列：设计取11个b值(0、50、100、150、200、300、400、500、600、800、1000s/mm²)，激励次数(NEX)依次为1、1、1、1、1、2、2、4、4、6、6。重复时间(TR)3000ms，回波时间(TE)Minimum ms，矩阵192×192，视野(FOV)360mm×180mm，层厚4mm，层距1mm。以上序列的采集通过3个梯度方向完成。以上扫描结束之后，行共计35期(1期增强前蒙片和34期增强扫描)的乳腺动态增强MRI(dynamic contrast-enhanced MRI, DCE-MRI)扫描。

1.4 图像分析和数据收集 使用软件Fire-voxel(<https://firevoxel.org/>提供的免费软件包)处理r-Fov IVIM序列图像，逐层对照乳腺增强扫描图像，在b=1000的r-FOV IVIM图像上选取显示肿瘤最大部分的层面，填涂感兴趣区(region of interest, ROI)^[5]，如图1所示；由Fire-voxel软件中的IVIM双指数分段拟合曲线公式 $S0*(f*exp(-b*Dp)+(1-f)*exp(-b*Dt))$ 计算生成三个参数：f值、Dp值和Dt值。根据该软件中单指数模型公式 $exp(-b*ADC)$ 得到r-FOV DWI参数ADC(表观扩散系数)值，获取化疗前后Dt、Dp、f和ADC参数值，及NAC前后各参数的差值ΔDt、ΔDp、Δf。

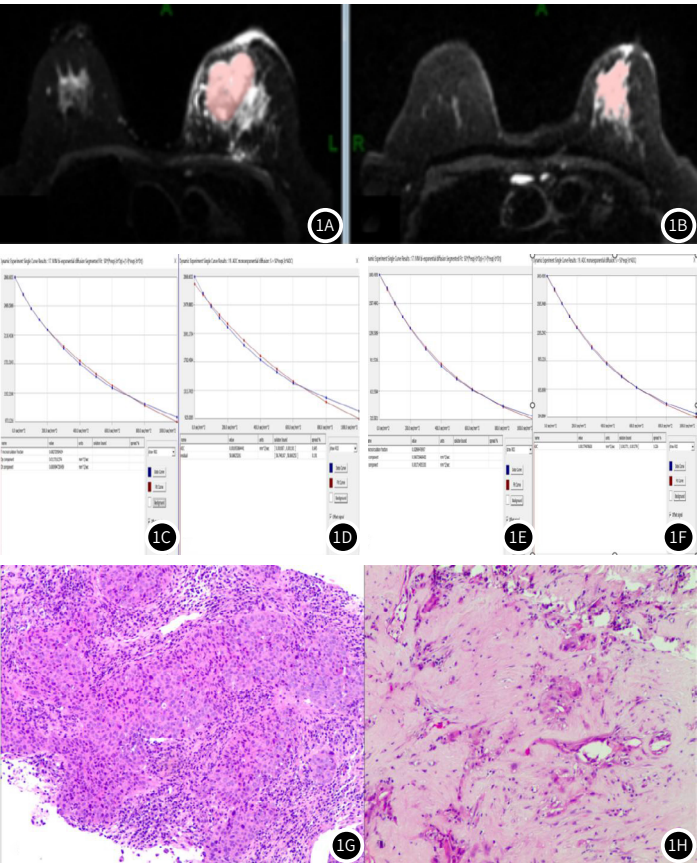


图1A-图1H 患者女，68岁，左侧乳腺浸润性导管癌病人，新辅助化疗6周期后行乳腺癌改良根治术，术后MP分级5级；图1A：新辅助化疗前ROI勾画图；图1B：同一病人，新辅助化疗2周期后同层面ROI勾画图；图1C：双指数模型曲线新辅助化疗前f=8.3%，Dt=0.994×10⁻³mm²/s，Dp=11.72×10⁻³mm²/s；D：单指数模型曲线新辅助化疗前ADC=1.094×10⁻³mm²/s；图1E：双指数模型曲线新辅助化疗2周期后f=7.2%较NAC前略降低，Dt=1.715×10⁻³mm²/s，较NAC前升高，Dp=6.72×10⁻³mm²/s较NAC前降低；图1F：单指数模型曲线新辅助化疗2周期后ADC=1.774×10⁻³mm²/s较NAC前升高；图1G：NAC前病理穿刺涂片(HE染色，目镜10倍)；图1H：NAC疗程结束后手术切片(HE染色，目镜10倍)，原肿瘤床部位无浸润性癌细胞。

1.5 统计学方法 数据分析采用SPSS 25.0统计学软件，采用配对样本t检验用于比较化疗前后组内正态分布指标。绘制受试者工作特征(ROC)曲线对NAC前后r-fov IVIM及r-fov DWI模型各参数诊断疗效的效能进行评价,用曲线下面积(AUC)来判断参数预测化疗疗效的准确性，(AUC>0.9，诊断效能高；0.7<AUC≤0.9 诊断效能较好；0.5<AUC≤0.7，诊断效能较差；AUC=0.5，无诊断效能)^[8]。根据Youden指数确定各参数的诊断界值，及相应的诊断敏感性、特异性。用MedCalc软件比较诊断价值较高参数的ROC曲线有无统计学差异。

2 结果

2.1 患者基线特征比较 MHR组和NMHR组患者临床基本情况、基线特征比较差异无统计学意义(P>0.05)(如表1所示)。

表1 患者基线特征				
一般资料	总数 (n=28)	NMHR组 (13)	MHR组 (15)	P值
年龄		50.13±11.38	59.10±17.73	0.464 ^a
肿瘤最大径		3.83±1.87	3.20±1.16	0.395 ^a
绝经状态				0.054 ^b
绝经前	9		4	
绝经后	5		10	
PR阳性	7		5	0.145 ^b
PR阴性	6		10	
HER-2状态				0.367 ^b
阴性	9		6	
阳性	4		9	
分子分型				0.380 ^b
Luminal A	0		0	
Luminal B	7		7	
HER2过表达	4		2	
三阴性	2		6	
Ki-67(%)				0.118 ^b
<30%	7		3	
≥30%	7		11	
腋窝淋巴结				0.367 ^b
阴性	9		7	
阳性	5		7	
组织学分级				0.802 ^b
I级	3		1	
II级	5		5	
III级	6		8	
肿瘤分期				0.785 ^b
II	7		9	
III	4		5	
IV	2		1	

注：a:两独立样本T检验，b:χ²检验。

2.2 NAC前后r-fov IVIM和r-fov DWI模型参数变化 如表2所示，Dt值、ADC值在NAC2周期后升高，较NAC前差异具有统计学意义(P<0.05)；Dp值及f值NAC前后差异无统计学意义(P>0.05)；提示NAC2周期后水分子扩散情况变化显著，微循环灌注相关扩散变化不显著。

2.3 NAC前、NAC2周期后r-fov IVIM和r-fov DWI模型参数组间比较 如表3所示，NAC前MHR组和NMHR组参数差异无统计学意义(P>0.05)；NAC 2周期后，MHR组的Dt值、ADC值升高程度较NMHR组大，差异具有统计学意义(P=0.009，P=0.002)；Dp值、f值组间差异无统计学意义(P>0.05)。

2.4 NAC前、2周期后r-fov IVIM和r-fov DWI模型参数差值组间比较 如表4所示，MHR组的Dt值、ADC值升高程度要大于NMHR

组，MHR组Dp值的降低程度大于NMHR组($P<0.05$)，说明单纯水分子扩散越高，微循环灌注扩散越低，越提示化疗疗程结束后能取得较好的化疗反应；f值的变化在两组间差异无统计学意义($P=0.755$)；

2.5 NAC前、2周期后r-fov IVIM及r-fov DWI模型参数对NAC

表2 NAC前、2周期后r-fov IVIM及DWI模型参数

参数	NAC前	NAC2周期后	P值
f(%)	8.1(6.4 9.5)	7.7(5.0 8.6)	0.079 ^a
Dp($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	13.67 $\pm$ 3.81	12.19 $\pm$ 2.93	0.098 ^b
Dt($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	0.97 $\pm$ 0.12	1.28 $\pm$ 0.38	0.002 ^b
ADC($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	0.93(0.840 1.062)	1.269 $\pm$ 0.290	0.020 ^b

注：a：Wilcoxon检验；b：配对样本秩和检验。

表4 NAC前、NAC2周期后MHR组和NMHR组
r-fov IVIM和r-fov DWI模型参数差值

参数	分组		P值
	NMHR	MHR	
f(%)	-1.05(-1.8 0.45)	-0.20(-2.45 0.33)	0.755 ^a
$\Delta\text{Dp}(\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s})$	-0.121 $\pm$ 4.286	-2.746 $\pm$ 1.823	0.020 ^b
$\Delta\text{Dt}(\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s})$	0.075 $\pm$ 0.183	0.562 $\pm$ 0.354	0.019 ^b
$\Delta\text{ADC}(\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s})$	0.074 $\pm$ 0.247	0.536 $\pm$ 0.248	0.001 ^b

注：a：Wilcoxon检验；b：两独立样本T检验； Δ 代表参数NAC2周期后与NAC前差值。

反应预测效能评估 如图2及表5所示，ROC曲线显示，NAC2周期后ADC值(即ADC2)的预测效能高($\text{AUC}=0.951$)，Dt2值预测效能较好($\text{AUC}=0.827$)；NAC2周期后与NAC前参数变化情况，以 ΔADC 、 ΔDt 值的预测效能高($\text{AUC}=0.914$ ， $\text{AUC}=0.914$)；综上ADC2， ΔADC ， ΔDt 预测效能高，Dt2预测效能较好。

表3 NAC前、NAC2周期后MHR组和NMHR组r-fov IVIM及r-fov DWI模型参数

参数	分组		P值
	NMHR	MHR	
f1(%)	9.0(6.6 9.6)	7.7(6.4 8.3)	0.142 ^a
Dp1($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	13.03 $\pm$ 3.51	14.11 $\pm$ 2.11	0.430 ^b
Dt1($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	0.98 $\pm$ 0.145	0.96 $\pm$ 0.10	0.693 ^b
ADC1($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	0.981 $\pm$ 0.259	0.948 $\pm$ 0.120	0.144 ^b
f2(%)	7.4 $\pm$ 2.1	6.2 $\pm$ 2.7	0.319 ^a
Dp2($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	13.55 $\pm$ 3.33	10.83 $\pm$ 2.067	0.057 ^a
Dt2($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	1.067 $\pm$ 0.248	1.508 $\pm$ 0.365	0.009 ^a
ADC2($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	1.056 $\pm$ 0.167	1.483 $\pm$ 0.221	0.002 ^a

注：a：Wilcoxon检验；b：两独立样本T检验；参数1代表NAC前的参数值；参数2代表NAC2周期后的参数值。

表5 r-fov IVIM及r-FOV DWI模型对NAC反应
具有相关性的参数的预测效能(取 $P<0.05$ 的参数)

参数	AUC	敏感性	特异性	界值	95%CI	P值
Dt2	0.827	88.9%	0.667%	$1.09 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$	0.634-0.999	0.019
ΔDt	0.914	77.8%	0.987%	$0.30 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$	0.780-0.999	0.003
ADC2	0.951	88.9%	0.889%	$1.21 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$	0.857-0.999	0.001
ΔADC	0.914	88.9%	0.889%	$0.33 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$	0.765-0.999	0.003

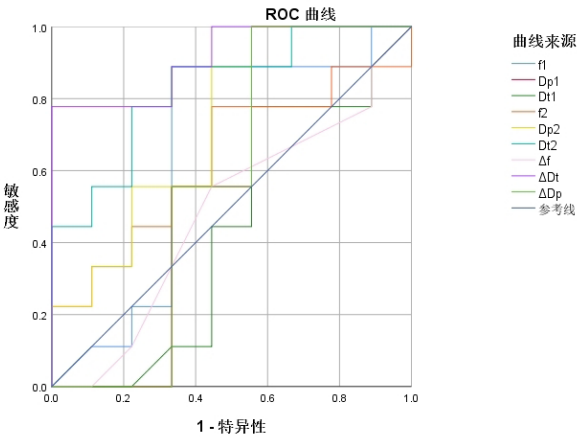
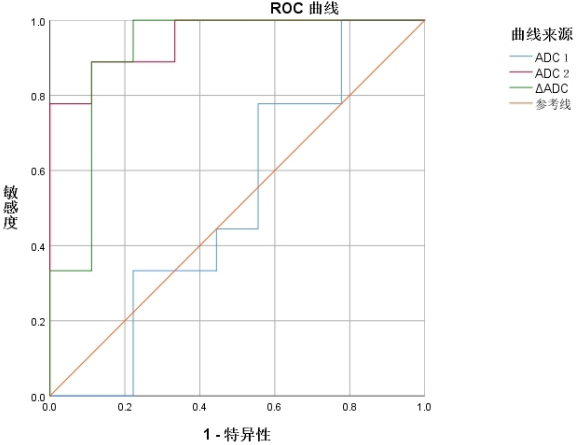


图2 NAC前、NAC2周期后及NAC 2周期前后差值r-fov IVIM参数及r-fov DWI参数预测MHR组的ROC分析



3 讨论

IVIM基于双e指数模型，可以将两种不同的扩散成分分离出来^[9]。小视野DWI的成像原理是使用倾斜激励的成像技术，选择性地激发目标局部区域，使得同时经历射频脉冲和重聚脉冲的区域较小，达到既减小FOV，又不产生卷褶伪影的目的^[3]；目前小视野IVIM扩散加权成像技术的相关研究^[10]证实了r-fov IVIM模型较常规视野IVIM模型所得到的扩散加权图像质量更高，参数稳定性更好，具有更高的预测价值。

NAC2周期后，MHR组Dt、ADC值升高程度均高于NMHR组，提示化疗药物发挥细胞毒性作用，致使肿瘤内部细胞密度下降，MHR组肿瘤细胞密度下降幅度更大，使水分子扩散受限水平降低^[11]；理论上，乳腺癌性病灶由原正常血管及新生的、通透性

更高的毛细血管双重供血，使其血流灌注量更大^[12]，IVIM的Dt值反映的组织学特征与DWI的ADC值相似，但Dt值应优于ADC值，因为ADC没有排除灌注扩散的影响^[13]，然而本研究发现NAC2周期后ADC值和Dt值预测MHR组的效能分别为 $\text{AUC}=0.951$ 、 $\text{AUC}=0.827$ ；分析其原因，可能是Dt值排除灌注所引起的参数数值微小改变，与ADC数值的差异，在MRI参数值和统计学上都无法得以体现；另外，乳腺癌分子分型的不同^[14-15]和b值的设置，在一定程度上影响了Dt值和ADC值的差异性。

有学者^[16-18]研究发现NAC前有效组的ADC值显著高于无效组，可能与NAC前水分子扩散程度受限程度越低往往提示病灶恶性程度较低，较易获得好的化疗疗效有关；然而本研究发现MHR组和

NMHR组NAC前,ADC、Dt值均无统计学差异,与Zhou等^[19]和Dong等^[20]的研究相一致。NAC2周期后的Dt值和NAC2周期后、NAC前Dt值的差值 ΔDt 值,均具有较高的预测价值,这与Dong等^[5]Che等^[21]和Dong等^[20]的研究NAC2周期后IVIM参数Dt值升高越大,更易获得较好的病理反应相一致。同时,以上其他研究参数的获取都是基于常规全视野成像(full field of view, f-FOV)IVIM或f-FOV DWI,可能与本研究有差异。

分析本研究与以往研究有差异的原因可能是:小视野和常规视野扫描所得的参数值可能有差异^[11,22];不同后处理软件和不同的ROI选取方式得到的参数值不尽相同。最重要的原因分析:通常情况下,在b值低于200s/mm²时,灌注的对称弥散参数影响较大,在b值大于200s/mm²时,Dp值的效应可以被忽略,本研究低于200s/mm²的b值只有四个,可能一定程度上影响了参数与其他相似研究的差异性。

综上所述,乳腺浸润性导管癌NAC2周期后,r-fov DWI模型参数ADC值、r-fov IVIM模型参数Dt值升高越高,及 ΔADC 、 ΔDt 值越大,NAC疗程结束后,更容易获得较好的化疗疗效。其中,以NAC2周期后,r-fov DWI模型参数ADC值的预测效能最高(AUC=0.951),可作为临床医师化疗早期识别化疗反应的潜在工具,并可作为个体化治疗策略规划和治疗方案及时调整的参考指标。

参考文献

- [1] 赵莉芸.磁共振功能成像预测乳腺癌新辅助化疗疗效的研究进展[J].癌症进展,2013,11(1):31-35.
- [2] 阿娜尔.乳腺癌新辅助化疗疗效预测相关因素的研究进展[J].中国医药,2018,13(6):957-960.
- [3] Saritas E U,Cunningham C H,Lee J H,et al.DWI of the spinal cord with reduced FOV single-shot EPI[J].Magn Reson Med,2008,60(2):468-473.
- [4] Tamura T,Usui S,Murakami S,et al.Comparisons of multi b-value DWI signal analysis with pathological specimen of breast cancer[J].Magn Reson Med,2012,68(3):890-897.
- [5] 董景敏.DCE-MRI及IVIM-DWI在乳腺癌新辅助化疗疗效评估中的应用研究[D].山东大学,2019.
- [6] Kawashima H,Miyati T,Ohno N,et al.Differentiation between phyllodes tumours and fibroadenomas using intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging:comparison with conventional diffusion-weighted imaging[J].The British Journal of Radiology,2018,91(1084):20170687.
- [7] Ogston K N,Miller I D,Payne S,et al.A new histological grading system to assess response of breast cancers to primary chemotherapy:prognostic significance and survival[J].Breast,2003,12(5):320-327.
- [8] Brooker S,Hay S I,Bundy D A.Tools from ecology:useful for evaluating infection risk models?[J].Trends Parasitol,2002,18(2):70-74.
- [9] Le Bihan D,Breton E,Lallemant D,et al.Separation of diffusion and perfusion in intravoxel incoherent motion MR imaging[J].Radiology,1988,168(2):497-505.

- [10] 邢栋,查云飞,刘芳,等.矢状位全视野及小视野体系内不相干运动脊柱骨髓成像的对比研究[J].磁共振成像,2017,8(12):897-901.
- [11] 车树楠,周纯武.磁共振扩散加权成像及其相关新技术在乳腺癌诊断和治疗中的应用进展[J].癌症进展,2015,13(2):140-143.
- [12] 王艾博,边杰.DCE-MRI原理及临床应用情况[J].中国临床医学影像杂志,2016,27(6):435-438.
- [13] 鲍志国,杜森,周青,等.DWI表现扩散系数与乳腺癌病理特征、微血管生成的关系分析[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(10):62-65.
- [14] Lee-Felker S A,Tekchandani L,Thomas M,et al.Newly Diagnosed Breast Cancer:Comparison of Contrast-enhanced Spectral Mammography and Breast MR Imaging in the Evaluation of Extent of Disease[J].Radiology,2017:161592.
- [15] 张晶,邹紫,勤占丹,等.弥散加权成像在HER-2低表达与HER-2阳性乳腺癌的鉴别价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(12):86-88.
- [16] Iacconi C,Giannelli M,Marini C,et al.The role of mean diffusivity (MD) as a predictive index of the response to chemotherapy in locally advanced breast cancer:a preliminary study[J].European Radiology,2010,20(2):303-308.
- [17] Park S H,Moon W K,Cho N,et al.Diffusion-weighted MR imaging:pretreatment prediction of response to neoadjuvant chemotherapy in patients with breast cancer[J].Radiology,2010,257(1):56-63.
- [18] 耿小川,张庆,华佳,等.比较DWI体系不相干运动模型与单指数模型对乳腺癌新辅助化疗疗效评估的应用价值研究[J].磁共振成像,2017,8(3):176-181.
- [19] 周佳丽,刘玉凤,卜阳阳,等.乳腺癌多模态MRI基线图像预测新辅助化疗疗效[J].临床放射学杂志,2018,37(12):1989-1993.
- [20] 董孟浩,马小鹏,林婷婷,等.MRI-DWI-IVIM多参数成像在乳腺癌新辅助化疗疗效预测中的价值[J].皖南医学院学报,2022,41(1):52-55.
- [21] 车树楠.扩散加权成像体系内不相干运动模型在乳腺病变中的应用价值研究[D].北京协和医学院,2016.
- [22] 王佳,李健斐,杨素君.3.0TMR小视野IVIM-DWI定量参数评估前列腺癌与前列腺增生的价值[J].中国实验诊断学,2021,25(6):805-807.

(收稿日期:2023-07-14)
(校对编辑:孙晓晴)