

论 著

基于磁共振多模态成像定量参数鉴别诊断乳腺良恶性病变及与临床病理特征的关系探究

徐 静* 马光辉 刘彭华

王勇刚 田志勇

邯郸市第一医院CT室 (河北 邯郸 056002)

【摘要】目的 分析磁共振多模态成像定量参数鉴别诊断乳腺良恶性病变的价值,并探究乳腺病变性质与临床病理特征的关系。**方法** 纳入2015年1月-2022年12月医院120例乳腺占位性病变患者,所有患者入院时均接受磁共振多模态成像检查,包括弥散加权(DWI)、磁共振波谱成像(MRS)与磁共振动态增强(DCE-MRI),以病理检查结果为“金标准”,分析该检查方式鉴别诊断乳腺良恶性病变的价值。依据乳腺占位性病变性质将患者分为恶性组与良性组,对比两组临床病理特征,分析乳腺病变性质与临床病理特征的关系。**结果** 120例乳腺占位性病变患者经病理检查结果显示,乳腺癌98例(81.67%),乳腺良性病变22例(18.33%);以病理检查结果为“金标准”,DCE-MRI及联合诊断乳腺病变性质的敏感度、准确度高于DWI($P<0.05$);乳腺癌组表现扩散系数(ADC)、rADC值低于乳腺良性病变组, I 型TIC曲线占比低于乳腺良性病变组, III型TIC曲线占比高于乳腺良性病变组($P<0.05$);绘制ROC曲线,结果显示,ADC、rADC及TIC曲线类型诊断乳腺病变性质具有一定价值($AUC=0.815、0.850、0.911$);乳腺癌组肿瘤形态不规则、边缘毛刺/不规则、强化不均匀占比高于乳腺良性病变组($P<0.05$);经Logistic回归分析,结果显示,肿瘤临床病理特征与乳腺占位性病变密切相关,形态不规则、边缘毛刺/不规则、强化不均匀是乳腺癌的危险因素($OR>1, P<0.05$)。**结论** 磁共振多模态成像定量参数对乳腺良恶性病变具有一定鉴别诊断价值,乳腺癌的发生与肿瘤形态不规则、边缘毛刺/不规则、强化不均匀等临床病理特征密切相关。

【关键词】 乳腺良占位性病变;
磁共振多模态成像;
鉴别诊断; 临床病理特征

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.03.029

Differential Diagnosis of Benign and Malignant Breast Lesions Based on Quantitative Parameters of Magnetic Resonance Multimodal Imaging and Its Relationship with Clinicopathological Features

XU Jing*, MA Guang-hui, LIU Peng-hua, WANG Yong-gang, TIAN Zhi-yong.

CT Room of the First Hospital of Handan City, Handan 056002, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the value of quantitative parameters of magnetic resonance multimodal imaging in differential diagnosis of benign and malignant breast lesions, and to explore the relationship between the nature of breast lesions and clinicopathological features. **Methods** One hundred and twenty patients with breast occupying lesions in our hospital from January 2015 to December 2022 were enrolled. All patients underwent MR multimodal imaging examination, including diffusion-weighted imaging (DWI), magnetic resonance spectroscopy (MRS) and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI). Taking pathological examination results as the "gold standard", the value of this examination method in differential diagnosis of benign and malignant breast lesions was analyzed. According to the nature of breast space-occupying lesions, patients were divided into malignant group and benign group, and the clinicopathological features of the two groups were compared to analyze the relationship between the nature of breast lesions and clinicopathological features. **Results** The pathological examination of 120 patients with breast occupying lesions showed that 98 cases were breast cancer (81.67%) and 22 cases were benign breast lesions (18.33%). Taking pathological examination results as the "gold standard", the sensitivity and accuracy of DCE-MRI and combined diagnosis of breast lesions were higher than that of DWI ($P<0.05$). The apparent diffusion coefficient (ADC) and rADC values of breast cancer group were lower than those of benign breast lesions group, and the proportion of type I TIC curve was lower than that of benign breast lesions group, and the proportion of type III TIC curve was higher than that of benign breast lesions group ($P<0.05$). The ROC curve was drawn. The results showed that ADC, rADC and TIC curve types had certain value in diagnosing the nature of breast lesions ($AUC=0.815, 0.850, 0.911$). The proportion of irregular tumor shape, irregular fringe and uneven enhancement in breast cancer group was higher than that in benign breast lesions group ($P<0.05$). Logistic regression analysis showed that the clinicopathological features of tumors were closely related to breast space occupying lesions, and irregular shape, irregular fringe and uneven enhancement were the risk factors of breast cancer ($OR>1, P<0.05$). **Conclusion** The quantitative parameters of MR multi-modal imaging have certain value in differential diagnosis of benign and malignant breast lesions. The occurrence of breast cancer is closely related to the clinicopathological features such as irregular tumor shape, irregular fringe and uneven enhancement.

Keywords: Benign Space Occupying Lesions of Breast; Magnetic Resonance Multimodal Imaging; Differential Diagnosis; Clinicopathological Features

乳腺占位性病变是女性多发疾病,包括乳腺癌和乳腺良性病变,其中乳腺良性病变危害性不大,大多数患者无明显临床症状,定期复查即可,若短期内出现快速增大,可选择手术切除^[1]。乳腺癌早期虽无明显症状,但随疾病进展可大量消耗机体能量,致使患者出现极度乏力、消瘦等症状,疾病中晚期还可能出现乳房疼痛、破溃、出血等症状,需尽早实施乳腺癌根治术或其他综合性治疗^[2-3]。因此早期鉴别乳腺占位性病变性质尤为重要。磁共振成像是一种临床常见影像学检查方法,具有较高软组织分辨率,在全身各个部位疾病中均具有广泛应用^[4-5]。磁共振多模态成像主要指平扫+功能成像+多期动态增强扫描的检查方法,对乳腺病变具有较高敏感性,能够多平面、多参数、多方位成像,可清晰显示肿瘤形态、边缘、内部增强等信息,为鉴别乳腺占位性病变性质提供客观依据^[6-7]。本研究纳入2015年1月至2022年12月医院120例乳腺占位性病变患者,采用磁共振多模态成像检查,分析磁共振多模态成像定量参数对乳腺占位性病变性质的诊断价值,并探究乳腺病变性质与临床病理特征的关系。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入2015年1月至2022年12月医院120例乳腺占位性病变患者,患者均为女性,年龄32-69岁,平均年龄(48.73 ± 9.82)岁;体重指数 $19-28\text{kg/m}^2$,平均体重指数(24.58 ± 2.18) kg/m^2 。

纳入标准:经临床触诊发现乳腺占位性病变;经影像学检查见乳腺结构扭曲、不对称密度、可疑钙化或乳房肿块等异常表现;接受病理学检查;患者或家属签署知情同意

【第一作者】徐 静,女,副主任医师,主要研究方向: E-mail: whefosh36@21cn.com

【通讯作者】徐 静

书。排除标准：检查前接受新辅助化疗或其他相关治疗；对MRI造影剂过敏；妊娠或哺乳期女性；临床资料不全；在外院接受乳腺手术治疗后转入我院继续治疗者。

1.2 方法

1.2.1 磁共振多模态成像 所有患者(绝经前女性于月经周期的第2周进行检查)均采用西门子3.0T超导MRI扫描仪检查，配以16通道乳腺专用线圈。患者取俯卧位，乳腺自然悬垂，扫描范围包括双侧腋窝至双侧乳腺下方。(1)T1加权像(T₁WI)、T2加权像(T₂WI)平扫，其中T₁WI扫描参数：重复时间(TR)=6ms，回波时间(TE)=2.46ms，层间隔=0.5mm，层厚=5mm，视野(FOV)=360mm×360mm，激励次数(NEX)=2。T₂WI扫描参数：TR=4000ms，TE=54ms，层间隔=0.5mm，层厚=5mm，FOV=384mm×384mm，NEX=2。(2)弥散加权(DWI)序列扫描参数：TR=5700ms，TE=55ms，层间距=2mm，层厚=5mm，FOV=360mm×146mm，NEX=3。扩散敏感因子(b)值=1000s/mm²。(3)磁共振波谱成像(MRS)扫描参数：采用单体素MRS扫描，体素大小2.0cm×2.0cm×2.0cm，在常规扫描基础上行MRS定位，选取病灶最大层面，画出感兴趣区(ROI)，周围加6条饱和带，在谱线上分析乳腺病灶区复合胆碱代谢产物。(4)磁共振动态增强(DCE-MRI)序列：采用高压注射器经手背静脉注入0.3mmol/kg钆钆喷酸葡胺注射液(北京北陆药业，国药准字H10860001，规格：15mL)，流率3mL/s，注射完毕后以同样流率注入生理盐水15mL，30s后开始扫描，连续扫描8期增强图像，每期扫描时间64s。

1.2.2 图像后处理 将所得图像资料上传至ADW4.5后处理工作站，使用自带处理软件Functool获取表观扩散系数(ADC)图，并测量ADC值与相对ADC(rADC)值。在DCE-MRI序列中，取病变强化明显的中心区域(面积控制在30-40mm²)为ROI，避开出血、囊

变、坏死区域，绘制动态时间信号曲线(TIC)，其中持续上升型曲线为I型TIC曲线；速升-平台型曲线为II型TIC曲线，速升-速降型曲线为III型TIC曲线。由两名副主任医师对图像进行分析，观察ROI形态、边缘、强化特点等特征。

1.3 观察指标 (1)记录病理检查结果。(2)以病理检查结果为“金标准”，分析磁共振多模态成像鉴别诊断乳腺良恶性病变的价值。(3)依据乳腺占位性病变性质将患者分为乳腺癌组与乳腺良性病变组，对比两组ADC、rADC及TIC曲线类型。(4)对比乳腺癌组与乳腺良性病变组临床病理特征，包括形态(圆形/椭圆形、不规则)、边缘(光滑、毛刺/不规则)、强化(均匀、不均匀)。

1.4 统计学方法 数据处理采用SPSS 23.0软件，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，以t检验；计数资料用n(%)表示，以 χ^2 检验；绘制受试者工作曲线(ROC)分析ADC、rADC及TIC曲线类型诊断乳腺病变性质的价值；乳腺占位性病变性质与临床病理特征的关系，以Logistic回归分析检验，P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 病理检查结果 120例乳腺占位性病患者经病理检查结果显示，乳腺癌98例(81.67%)，乳腺良性病变22例(18.33%)。

2.2 磁共振多模态成像鉴别诊断乳腺病变性质的价值 以病理检查结果为“金标准”，DCE-MRI及联合诊断乳腺病变性质的灵敏度、准确度高于DWI(P<0.05)；四种诊断方法特异度比较，差异不显著(P>0.05)。见表1、2。

2.3 不同性质乳腺占位性病患者磁共振多模态成像ADC、rADC及TIC曲线类型比较 乳腺癌组ADC、rADC值低于乳腺良性病变组，I型TIC曲线占比低于乳腺良性病变组，III型TIC曲线占比高于乳腺良性病变组(P<0.05)；两组II型TIC曲线占比比较，差异不显著(P>0.05)。见表3。

表1 磁共振多模态成像鉴别诊断乳腺病变性质的价值(n)

诊断方法		病理检查结果		合计
		乳腺癌	乳腺良性病变	
DWI	乳腺癌	83	5	88
	乳腺良性病变	15	17	32
	合计	98	22	120
MRS	乳腺癌	88	4	92
	乳腺良性病变	10	18	28
	合计	98	22	120
DCE-MRI	乳腺癌	92	3	95
	乳腺良性病变	6	19	25
	合计	98	22	120
联合	乳腺癌	94	3	97
	乳腺良性病变	4	19	23
	合计	98	22	120

表2 磁共振多模态成像鉴别诊断乳腺病变性质的价值

诊断方法	灵敏度	特异度	准确度
DWI	84.69(83/98)	77.27(17/22)	83.33(100/120)
MRS	89.80(88/98)	81.82(18/22)	88.33(106/120)
DCE-MRI	93.88(92/98)	86.36(19/22)	92.50(111/120)
联合	95.92(94/98)	86.36(19/22)	94.17(113/120)
χ^2	8.878	0.867	9.020
P	0.031	0.833	0.029

表3 不同性质乳腺占位性病患者磁共振多模态成像ADC、rADC及TIC曲线类型比较

组别	ADC($\pm s$, $\times 10^{-3}$ mm ² /s)	rADC(%)	TIC曲线[例(%)]		
			I型	II型	III型
乳腺癌组(n=98)	0.94 $\pm$ 0.28	66.53 $\pm$ 7.64	4(4.08)	9(9.18)	85(86.73)
乳腺良性病变组(n=22)	1.37 $\pm$ 0.39	78.25 $\pm$ 8.12	16(72.73)	5(22.73)	1(4.55)
t/ χ^2	t=6.025	t=6.429	56.115	2.019	59.770
P	0.000	0.000	0.000	0.155	0.000

2.4 ADC、rADC及TIC曲线类型诊断乳腺病变性质的价值 将ADC、rADC及TIC曲线类型作为检验变量，将乳腺病变性质作为状态变量(1=乳腺癌，0=乳腺良性病变)，绘制ROC曲线(见图1)，结果显示，ADC、rADC及TIC曲线类型诊断乳腺病变性质具有一定价值(AUC=0.815、0.850、0.911)。见表4。

2.5 不同性质乳腺占位性病变患者临床病理特征比较 乳腺癌组肿瘤形态不规则、边缘毛刺/不规则、强化不均匀占比高于乳腺

良性病变组($P<0.05$)。见表5。

2.6 乳腺占位性病变性质与临床病理特征的关系 将肿瘤临床病理特征作为自变量，将乳腺占位性病变性质作为因变量(1=乳腺癌，0=乳腺良性病变)，经Logistic回归分析，结果显示，肿瘤临床病理特征与乳腺占位性病变密切相关，形态不规则、边缘毛刺/不规则、强化不均匀是乳腺癌的危险因素($OR>1$ ， $P<0.05$)。见表6。

2.7 典型病例图片(见图2-7)

表4 ADC、rADC及TIC曲线类型诊断乳腺病变性质的价值

检验变量	AUC	标准误	P	95%CI	cut-off值	敏感度	特异性	约登指数
ADC	0.815	0.055	0.000	0.707-0.923	1.175	0.786	0.727	0.513
rADC	0.850	0.045	0.000	0.762-0.938	72.265	0.796	0.818	0.614
TIC曲线类型	0.911	0.033	0.000	0.846-0.976	-	0.867	0.955	0.822

表5 不同性质乳腺占位性病变患者临床病理特征比较n(%)

临床病理特征		乳腺癌组(n=98)	乳腺良性病变组(n=22)	χ^2	P
形态[例(%)]	圆形/椭圆形	31(31.63)	15(68.18)	10.153	0.001
	不规则	67(68.37)	7(31.82)		
边缘[例(%)]	光滑	25(25.51)	14(63.64)	11.905	0.001
	毛刺/不规则	73(74.49)	8(36.36)		
强化特点[例(%)]	均匀	30(30.61)	16(72.73)	13.481	0.000
	不均匀	68(69.39)	6(27.27)		

表6 乳腺占位性病变性质与临床病理特征的关系

临床病理特征	参照	β	标准误	Wald χ^2	P值	OR	95%置信区间
形态不规则	圆形/椭圆形	1.533	0.507	9.153	0.002	4.631	1.716-12.502
边缘毛刺/不规则	光滑	1.631	0.500	10.638	0.001	5.110	1.917-13.619
强化不均匀	均匀	1.799	0.527	11.677	0.001	6.044	2.154-16.964

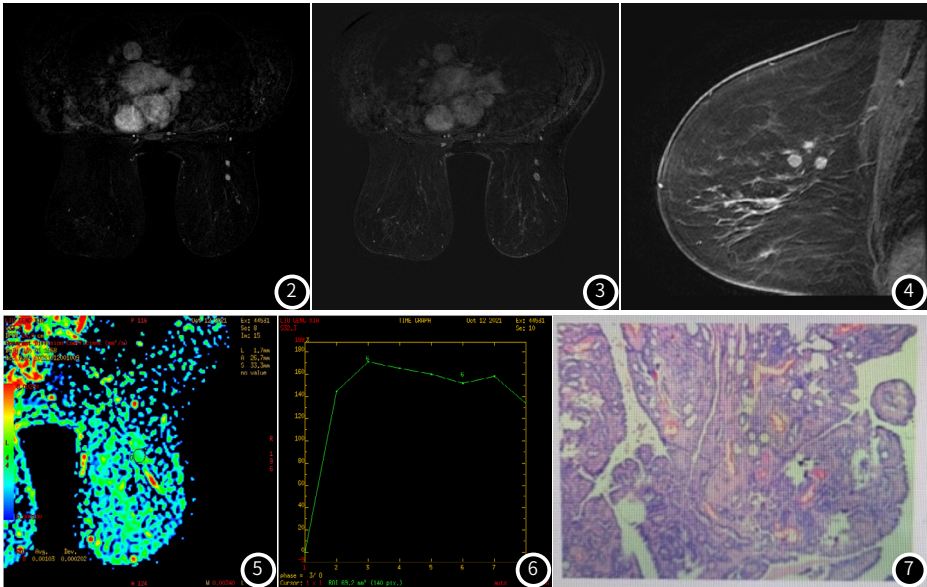
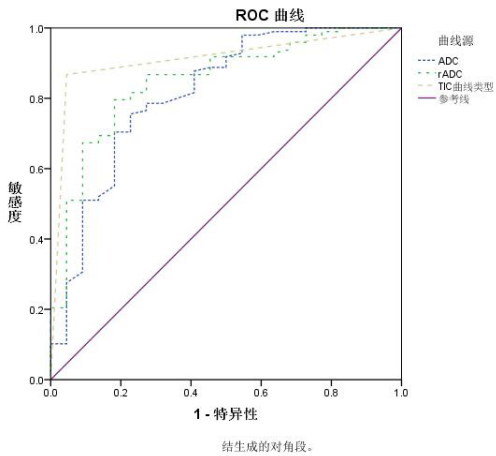


图1 ADC、rADC及TIC曲线类型诊断乳腺良恶性病变的价值；图2 增强扫描早期显著强化；图3 延迟期有离心扩散
图4 矢状位；图5 ADC呈低信号；图6 时间-强化曲线为平台型；图7 病理乳腺导管内乳头状癌

3 讨 论

乳腺癌是我国女性发病率较高的恶性肿瘤之一，且具有年轻化趋势，会对女性健康产生严重威胁，故早发现、早诊断、早治疗对改善患者预后至关重要^[8]。体积较小的早期乳腺癌触诊不易被发现，没有形成明确肿块前触诊大都为阴性，单纯采用专科查体方式漏诊率较高。影像学检查在乳腺占位性病变的诊断中具有重要作用，其中磁共振成像是乳腺占位性病变诊断过程中常用的影像学方法，在常规T₁WI平扫图像中，腺体表现为中等信号，脂肪表现为高信号，软组织解剖结构清晰，对比良好，便于发现病灶位置、获取肿瘤形态学信息^[9-10]。但磁共振常规扫描序列中病灶信号往往与腺体组织信号相似，难以有效鉴别病灶性质。

DWI是现阶段唯一能够在生物活体上进行水分子扩散成像和测量的检查方法，主要基于水分子的布朗运动，在不同组织中水分子扩散能力也存在一定差异，DWI通过灰阶图像资料显示水分子扩散能力的差异，从而反映组织的结构特征^[11-12]。在人体健康组织及乳腺良性病变组织中，水分子弥散运动不受限制，在DWI图像上呈低信号表达。而乳腺癌组织生长迅速，细胞分化、增殖旺盛，细胞密度较高，会减少细胞外容积，抑制肿瘤内水分子自由扩散，并在DWI图像上呈高信号表达，在ADC图上呈低信号表达^[13]。ADC、rADC值是反映毛细血管微循环、水分子扩散的参数，受细胞内外水的黏滞度、血流、细胞膜通透性等诸多因素影响^[14]。本研究观察不同性质的乳腺占位性病变患者ADC、rADC值结果显示，乳腺癌组ADC、rADC值低于乳腺良性病变组，表明ADC、rADC值降低与乳腺癌的发生存在一定关系；进一步绘制ROC曲线证实，ADC、rADC值诊断乳腺病变性质具有一定价值。与乳腺良性病变相比，乳腺癌组织致密程度更高、分化程度更低，导致DWI高信号，ADC、rADC值降低明显。

MRS是监测活体细胞代谢的无创性成像技术，由于乳腺病灶体积较小，在乳腺占位性病变中MRS多采用单体素波谱，该检查方法具有扫描时间短、感兴趣区范围小、性噪比高等优点^[15-16]。由于乳腺癌肿瘤细胞生长旺盛，与正常乳腺组织或乳腺良性病变相比，其胆碱含量明显增高，胆碱合成与分解代谢十分活跃，会在MRS图像上形成异常升高的胆碱峰，以此鉴别诊断乳腺良恶性病变^[17]。但临床实践发现，MRS检查结果易受自身或外界干扰，如运动干扰、病灶体积过小、病灶内含有过多脂肪或水、磁场不均匀等均可能导致谱线生成失败，且少数短期内迅速生长的乳腺良性病变也可能出现胆碱峰，导致漏诊、误诊情况。因此，MRS检查通常难以独立应用。

DCE-MRI是在注入对比剂后，通过快速、连续、重复的成像方法获取图像，并经一系列计算分析，得到半定量或定量参数^[18]。DCE-MRI序列中，选取ROI，经后处理可得出TIC曲线。本研究结果显示，乳腺癌组I型TIC曲线占比低于乳腺良性病变组，III型TIC曲线占比高于乳腺良性病变组，表明乳腺癌通常以流出型曲线为主要表现，早期呈快速、明显强化，中后期信号强度降低；少数乳腺癌表现为平台型曲线，早期呈快速、明显强化，中后期信号强度持平。本研究中，乳腺癌组与乳腺良性病变组II型TIC曲线占比比较无明显差异，可见通过TIC曲线鉴别诊断乳腺良、恶性病变存在一定范围交叉重叠，易出现误诊。DCE-MRI是以组织中微血管系统为基础来评估病变性质的功能成像技术，不仅可清晰显示乳腺病变形态学表现，还可准确反映病灶内部血流信息及病理改变特征^[19-20]。本研究观察乳腺占位性病变性质与临床病理特征的关系发现，乳腺癌的发生与肿瘤形态不规则、边缘毛刺/不规则、强化不均匀等临床病理特征密切相关。DCE-MRI检查可获取剪影图像，观察肿瘤病灶形态、边缘、强化等信息，大部分乳腺癌病灶形态不规则、边缘模糊伴毛刺，病灶内部信号混杂，呈不均匀强化。乳腺癌在不同序列磁共振成像中具有各自特异性表现，磁共振多模态成像将多种功能、多个序列成像联合应用，从不同角度反映乳腺病灶形态、代谢、功能表现，相互补充、相互印证，有助于提高诊断准确率。

综上所述，磁共振多模态成像定量参数对乳腺良恶性病变具有一定鉴别诊断价值，乳腺癌的发生与肿瘤形态不规则、边缘毛刺/不规则、强化不均匀等临床病理特征密切相关，临床应密切关注存在上述特征的患者，积极采取病理检查，早期明确诊断并治疗。

参考文献

- [1] Heidari M, Lakshmirarahan S, Mirniaharikandehei S, et al. Applying a random projection algorithm to optimize machine learning model for breast lesion classification[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2021, 68(9): 2764-2775.
- [2] Pavei C, Rosa D D, Bines J, et al. Sociodemographic and clinicopathologic features of elderly breast cancer patients in Brazil: a sub-analysis of AMAZONA III study (GBCAM 0115)[J]. J Clin Oncol, 2021, 39(15): e12603-e12603.
- [3] Sasanfar B, Toorang F, Maleki F, et al. Association between dietary total antioxidant capacity and breast cancer: a case-control study in a Middle Eastern country[J]. Public Health Nutr, 2021, 24(5): 965-972.
- [4] Andreassen M M S, Rodríguez-Soto A E, Conlin C C, et al. Discrimination of breast cancer from healthy breast tissue using a three-component diffusion-weighted MRI model[J]. Clin Cancer Res, 2020, 27(4): 1094-1104.
- [5] Derwa S, Houtven L V, Tjalma W A A. The value of MRI in the detection of axillary lymph node metastases in breast cancer: a systematic review[J]. Eur J Gynaecol Oncol, 2019, 40(2): 193-197.
- [6] 殷文兵, 张海青, 韩羽凤, 等. 多模态磁共振成像对乳腺腺病与非钙化型乳腺癌的诊断价值研究[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(2): 253-257.
- [7] 胡芸, 王翔, 杨帆, 等. MRI多模态成像在炎性乳腺癌早期诊断和新辅助化疗效果评估中的价值[J]. 中华普通外科杂志, 2021, 36(4): 295-300.
- [8] 汤志英, 万芳. 乳腺癌发病流行病学影响因素调查及疗效分析[J]. 中国妇幼保健, 2021, 36(10): 2349-2353.
- [9] Lobbes MBI, Heuts EM, Moosdorff M, et al. Contrast enhanced mammography (Cem) versus magnetic resonance imaging (MRI) for staging of breast cancer: the pro cem perspective[J]. Eur J Radiol, 2021, 41(142): 109883.
- [10] Ren T, Lin S, Huang P, et al. Convolutional neural network of multiparametric MRI accurately detects axillary lymph node metastasis in breast cancer patients with pre neoadjuvant chemotherapy[J]. Clin Breast Cancer, 2021, 22(2): 170-177.
- [11] Naranjo I D, Gibss P, Sooknanan C, et al. Radiomics and machine learning with DWI for breast cancer diagnosis: comparison with dynamic contrast enhanced and multiparametric MRI[J]. Eur J Cancer, 2020, 138(1): S13-S14.
- [12] Sharma U, Agarwal K, Hari S, et al. Role of diffusion weighted imaging and magnetic resonance spectroscopy in breast cancer patients with indeterminate dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging findings[J]. Magn Reson Imaging, 2019, 26(61): 66-72.
- [13] Zhang M, Horvat J V, Bernard-Davila B, et al. Multiparametric MRI model with dynamic contrast-enhanced and diffusion-weighted imaging enables breast cancer diagnosis with high accuracy[J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 49(3): 864-874.
- [14] 唐梦晓, 马新星, 李勇刚, 等. 磁共振表观扩散系数及动态增强时间-信号强度曲线对三阴性乳腺癌的鉴别诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2020, 36(10): 1596-1600.
- [15] Mallikourti V, Cheung S M, Gagliardi T, et al. Phased-array combination of 2D MRS for lipid composition quantification in patients with breast cancer[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 20041.
- [16] Choi J S, Yoon D, Han K, et al. Impact of intratumoral heterogeneity on the metabolic profiling of breast cancer tissue using high-resolution magic angle spinning magnetic resonance spectroscopy[J]. NMR Biomed, 2022, 31(2): 35.
- [17] Galati F, Luciani ML, Caramanico C, et al. Breast magnetic resonance spectroscopy at 3 T in biopsy-proven breast cancers does choline peak correlate with prognostic factors[J]. Invest Radiol, 2019, 54(12): 767-773.
- [18] Yuan C, Jin F, Guo X, et al. Correlation analysis of breast cancer DWI combined with DCE-MRI imaging features with molecular subtypes and prognostic factors[J]. J Med Syst, 2019, 43(4): 83.
- [19] Militello C, Rundo L, Dimarco M, et al. 3D DCE-MRI radiomic analysis for malignant lesion prediction in breast cancer patients[J]. Acad radiol, 2021, 29(6): 830-840.
- [20] Lee S J, Ko K H, Jung H K, et al. The additional utility of ultrafast MRI on conventional DCE-MRI in evaluating preoperative MRI of breast cancer patients[J]. Eur J Radiol, 2020, 40(124): 108841.

(收稿日期: 2023-07-03)

(校对编辑: 姚丽娜)