

## 论 著

## DCE-MRI直方图定量参数联合DWI在乳腺癌早期诊断中的应用价值\*

刘文霞 贡 琦 刘 利\*

吴丽萍 郑 岚 张茂红

枣庄市妇幼保健医院医学影像科

(山东 枣庄 277100)

【摘要】目的 探讨MRI动态增强扫描(DCE-MRI)直方图定量参数联合扩散加权成像(DWI)在乳腺癌早期诊断中的应用价值。方法 回顾性收集2017年9月至2021年9月期间在本院进行手术治疗的120例女性乳腺病变患者,依据术后病理结果分为良性组(n=78)与恶性组(n=42),两组均在手术前进行DCE-MRI及DWI检查,依据软件得出DCE-MRI直方图定量参数及ADC值,比较DCE-MRI直方图定量参数及ADC的组间差异,绘制ROC曲线,分析直方图定量参数与DWI联合用于早期诊断乳腺癌的价值。结果 相较于良性组,恶性组的 $K^{trans}$ 中位数、平均值、第90%位数,  $K_{ep}$ 第90%位数、 $V_p$ 中位数、平均值、第50%位数均高,ADC值低于良性组,差异有统计学意义( $P<0.05$ );绘制ROC曲线图,结果显示, DCE-MRI直方图定量参数联合DWI对乳腺癌早期诊断的AUC=0.969>0.7,诊断效能较好,最佳敏感度、特异度为90.50%、96.20%。结论 DCE-MRI直方图定量参数联合DWI在乳腺癌早期诊断中具有较高的临床应用价值。

【关键词】MRI动态增强扫描;直方图;  
扩散加权成像;乳腺癌;早期诊断

【中图分类号】R737.9

【文献标识码】A

【基金项目】山东省妇幼保健协会科技  
创新项目(20210210)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.036

## The Value of DCE-MRI Histogram Quantitative Parameters Combined with DWI in the Early Diagnosis of Breast Cancer\*

LIU Wen-xia, GONG Qi, LIU Li\*, WU Li-ping, ZHENG Lan, ZHANG Mao-hong.

Medical Imaging Department of Zaozhuang Maternal and Child Health Hospital, Zaozhuang 277100, Shandong Province, China

## ABSTRACT

**Objective** Analysis of the value of DCE-MRI histogram quantitative parameters combined with DWI in early diagnosis of breast cancer. **Methods** A retrospective collection was conducted on 120 female patients with breast lesions who underwent surgical treatment in our hospital from September 2017 to September 2021. They were divided into a benign group (n=78) and a malignant group (n=42) based on postoperative pathological results. DCE-MRI and DWI were performed before surgery in both groups. The quantitative parameters of DCE-MRI histogram and ADC values were obtained according to the software. The differences between the quantitative parameters of DCE-MRI histogram and ADC between groups were compared, and the ROC was drawn to compare the quantitative parameters of DCE-MRI histogram and DWI in the early diagnosis of breast cancer. **Results** The median, mean, and 90th percentile  $K^{trans}$ ,  $K_{ep}$  90th percentile,  $V_p$  median, mean, and 50th percentile were higher in the malignant group than in the benign group, while the ADC value was lower in the benign group, with a statistical significant difference ( $P<0.05$ ). Receiver operating characteristic was drawn, and the results showed that the AUC of DCE-MRI histogram quantitative parameters combined with DWI for early diagnosis of breast cancer was 0.969>0.7, and the diagnostic efficiency was good, with the best sensitivity and specificity of 90.50% and 96.20%. **Conclusion** The quantitative parameters of DCE-MRI histogram combined with DWI have high clinical value in the early diagnosis of breast cancer.

**Keywords:** Dynamic Contrast-enhanced MRI; Histogram; Diffusion Weighted Imaging; Breast Cancer; Early Diagnosis

乳腺癌具有异质性,且异质性随着肿瘤生长而逐渐增高,将不断加重肿瘤的恶性程度,危机生命<sup>[1]</sup>。对此,早期获得准确诊断是获得及时治疗与优质预后的关键。MRI一直是乳腺癌术前较为敏感的诊断方法,具有无创的优势,能获得病灶形态学特征,帮助临床医师诊断疾病;同时,MRI还能分析得到动力学曲线,辅助临床医师判断病灶良恶性<sup>[2-3]</sup>。但MRI常规扫描模式对局灶性乳腺病变特异度低,影响了早期乳腺癌的诊断准确率。磁共振动态增强扫描(Dynamic contrast-enhanced MRI, DCE-MRI)直方图定量参数是新的MRI扫描技术,能获得两室药代动力学模型,将肿瘤量化后评估,指导肿瘤异质性的评估<sup>[4]</sup>。扩散加权成像(Diffusion weighted imaging, DWI)可以通过监测组织内的水分子扩散运动,反映细胞微环境,不仅有扫描时间段,还不受乳腺密度及背景实质强化的影响<sup>[5]</sup>。目前,尚未发现有研究将DCE-MRI直方图定量参数和DWI定数联合应用于乳腺癌早期诊断中。基于此,本研究旨在分析DCE-MRI直方图定量参数联合DWI在乳腺癌早期诊断中的应用效果。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 回顾性收集2017年9月至2021年9月期间在本院进行手术治疗的120例女性乳腺病变患者,依据术后病理结果分为良性组(n=78)与恶性组(n=42)。

纳入标准:符合《中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2017年版)》<sup>[6]</sup>中乳腺癌的诊断标准,且经术后病理证实;良性乳腺病变的BI-RADS分类为4A类及以上;资料保存完整。排除标准:有精神或心理疾病治疗史;合并其他诸如肺癌、肝癌、胃癌、食管癌等恶性肿瘤疾病;肝、肾功能障碍;合并传染性或感染性疾病;妊娠期或哺乳期。良性组年龄30-65岁,平均(47.51±5.61)岁;体重指数(body mass index, BMI)22-28.5kg/m<sup>2</sup>,平均(25.25±2.14)kg/m<sup>2</sup>;患侧:左乳38例,右乳40例;病理类型:乳腺纤维腺瘤33例,乳腺导管内乳头状瘤21例,其他(乳腺分叶状肿瘤、硬化性腺病、乳腺纤维囊性病变等)24例;BI-RADS分类:4A类26例,4B类37例,4C类15例。恶性组年龄30-68岁,平均(49.17±5.74)岁;BMI 22-30kg/m<sup>2</sup>,平均(26.07±1.73)kg/m<sup>2</sup>;患侧:左乳22例,右乳20例;病理类型:浸润癌24例,非浸润性癌18例;临床分期:I A期4例, I B期10例, II A期16例, II B期12例。两组年龄、BMI、患侧采用统计学比较( $P>0.05$ ),研究具有可对比性。

**1.2 方法** 检查仪器购自美国GE公司,为1.5T核磁共振影像设备,并配套配套专用的多通道乳腺相控阵线圈,检查时认真指导患者正确的俯卧位姿势,保证双乳于线圈内自然悬垂,足先进,指导患者平静呼吸,扫描腋窝及双侧乳腺。常规横断位自旋回波(SE) T1WI、T2-STIR扫描。T1WI扫描主要参数:TE minimum, T R 660ms; T2-STI扫描主要参数:TE32ms, T R 6600ms,精准短时反转恢复序列,平均两次,矩阵 288×288,层

【第一作者】刘文霞,女,副主任医师,主要研究方向:乳腺影像诊断。E-mail: liuwenxia1981@163.com

【通讯作者】刘 利,男,副主任医师,主要研究方向:神经及腹部影像诊断。E-mail: 371367264@qq.com

间距0.5~1mm,层厚3~6mm。对比剂为钆特酸葡胺注射液(GUE RBET,国药准字HJ20160129),单次使用0.2mmol/kg,静脉注入,注入速率为2mL/s,并注射适量生理盐水,注射速率与对比剂相同,连续扫描6次。获得平扫信号后分析,实施多平面重建,记录病灶与周围组织的强化情况,同时记录周围组织具体的形态表现。动态增强扫描之前需要进行扩散加权成像(DWI)扫描,TR4000ms,TE minimum, b: 1000s/mm<sup>2</sup>,矩阵 128×128,层间距 0.5~1mm,层厚3-6mm。传送图像至处理端,生成ADC图,勾画最大病灶面病变感兴趣区( t egion of interest, ROI),测定表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值,同时制作时间-信号强度(time signal intensity curve, TIC)曲线。

**1.3 图像处理及评估方法** 采用ADW4.6图像处理工作站进行处理,由医院2名影像科副主任医师阅片,统一讨论得出最后结果。DWI图像的处理采用Functool软件,当b值1000s/mm<sup>2</sup>时,在病灶中心层面绘制ROI,ROI应包裹全部病灶,测量ADC,测量3次取平均值,测量时肿块样病灶需避开液化坏死区域,非肿块样病灶需避开脂肪、正常腺体。DCE-MRI图像采用Fuctiontool软件处理,选取病变增强最显著区域绘制ROI(ROI需避开脂肪组织、出血、囊变或坏死区域),软件自动计算容量转移常数(volume transfer constant, K<sup>trans</sup>)、速率常数(rate constant, K<sub>ep</sub>)、血浆容积分数(plasma volume fraction, V<sub>p</sub>),将所获取的DCE-MRI定量参数导出后用直方图统计各参数的中位数、平均

数、第50%位数、第90%位数。  
**1.4 统计学方法** 数据用SPSS 25.0统计学软件处理,计量资料均经Shapiro-Wilk正态性检验,以( $\bar{x} \pm s$ )表示正态分布的资料,用独立样本t检验组间的资料差异,百分比表示计数资料,采用 $\chi^2$ 检验,绘制受试者工作特征(receiver operator characteristic curve, ROC)曲线,以曲线下面积(area under curve, AUC)检验DCE-MRI直方图定量参数联合DWI对乳腺癌早期诊断价值, AUC≤0.5无诊断价值, 0.5<AUC≤0.7诊断价值较低, 0.7<AUC≤0.9诊断价值较好, AUC>0.9诊断价值好, 双侧检验 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

**2.1 两组DCE-MRI直方图定量参数、ADC值比较** 恶性组K<sup>trans</sup>中位数、平均值、第90%位数, K<sub>ep</sub>第90%位数, V<sub>p</sub>中位数、平均值、第50%位数均高于良性组, ADC值低于良性组, 差异有统计学意义(P<0.05)。见表1。

**2.2 DCE-MRI直方图定量参数联合DWI对乳腺癌早期的诊断价值** 将乳腺病变情况作为状态变量(1=恶性, 0=良性), 将表1中P<0.05的变量纳入作为检验变量, 绘制ROC曲线图(图1), 结果显示, DCE-MRI直方图定量参数联合DWI对乳腺癌早期诊断的AUC=0.969>0.7, 诊断效能较好, 最佳敏感度、特异度为90.50%、96.20%。见表2。

表1 两组DCE-MRI直方图定量参数、ADC值比较

| 项目                                         | 良性组(n=78) | 恶性组(n=42) | t      | P      |
|--------------------------------------------|-----------|-----------|--------|--------|
| K <sup>trans</sup> (min)                   |           |           |        |        |
| 中位数                                        | 0.94±0.24 | 1.41±0.63 | 4.684  | <0.001 |
| 平均值                                        | 1.05±0.27 | 1.45±0.71 | 3.533  | <0.001 |
| 第50%位数                                     | 1.24±0.71 | 1.46±0.78 | 1.567  | 0.120  |
| 第90%位数                                     | 3.65±0.43 | 4.18±0.75 | 3.740  | <0.001 |
| K <sub>ep</sub> (min)                      |           |           |        |        |
| 中位数                                        | 0.54±0.05 | 0.56±0.09 | 1.591  | 0.117  |
| 平均值                                        | 0.56±0.11 | 0.58±0.14 | 0.542  | 0.590  |
| 第50%位数                                     | 0.45±0.07 | 0.47±0.09 | 0.677  | 0.501  |
| 第90%位数                                     | 0.89±0.15 | 1.38±0.53 | 5.905  | <0.001 |
| V <sub>p</sub>                             |           |           |        |        |
| 中位数                                        | 0.25±0.07 | 0.31±0.08 | 4.970  | <0.001 |
| 平均值                                        | 0.29±0.06 | 0.34±0.09 | 3.740  | <0.001 |
| 第50%位数                                     | 0.17±0.02 | 0.22±0.06 | 5.980  | <0.001 |
| 第90%位数                                     | 0.65±0.13 | 0.68±0.15 | 23.126 | 0.264  |
| ADC值(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s) | 1.51±0.74 | 0.96±0.15 | 9.180  | <0.001 |

表2 DCE-MRI直方图定量参数联合DWI对乳腺癌早期的诊断价值

| 检验变量                       | AUC   | 临界值      | 约登指数  | 敏感度   | 特异度   |
|----------------------------|-------|----------|-------|-------|-------|
| K <sup>trans</sup> 中位数     | 0.739 | 1.200min | 0.481 | 0.571 | 0.910 |
| K <sup>trans</sup> 平均值     | 0.677 | 1.350min | 0.450 | 0.476 | 0.974 |
| K <sup>trans</sup> 第90百分位数 | 0.693 | 4.085min | 0.315 | 0.571 | 0.744 |
| K <sub>ep</sub> 第90百分位数    | 0.804 | 1.145min | 0.606 | 0.619 | 0.987 |
| V <sub>p</sub> 中位数         | 0.740 | 0.275    | 0.405 | 0.738 | 0.667 |
| V <sub>p</sub> 平均值         | 0.715 | 0.295    | 0.352 | 0.762 | 0.590 |
| V <sub>p</sub> 第50百分位数     | 0.786 | 0.195    | 0.412 | 0.643 | 0.769 |
| ADC值                       | 0.743 | 1.385    | 0.502 | 0.976 | 0.526 |
| 联合                         | 0.969 | -        | 0.867 | 0.905 | 0.962 |

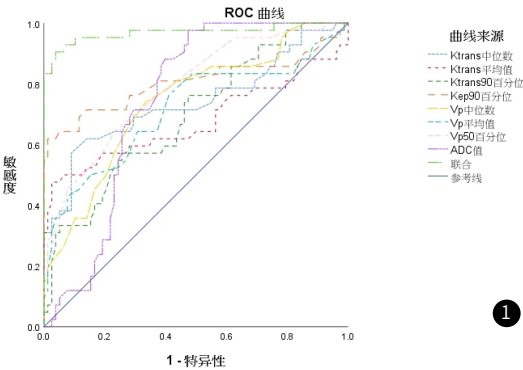


图1 DCE-MRI直方图定量参数联合DWI对乳腺癌早期诊断的ROC曲线图。

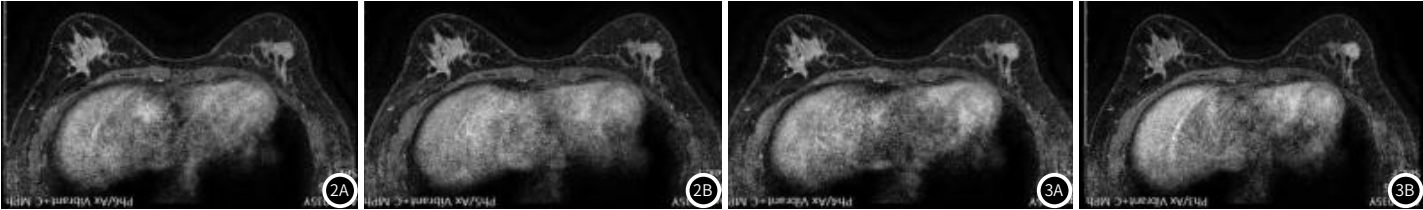


图2A-图2B依次为T1、T2图。左侧乳腺外下象限中部肿物, 病变T1WI呈等信号、T2WI呈等信号, 其形态不规则, 边缘可见毛刺及分叶。  
图3A-图3B为动态增强图像, 增强扫描肿块均匀强化, 形态不规则, 边缘可见毛刺及分叶。

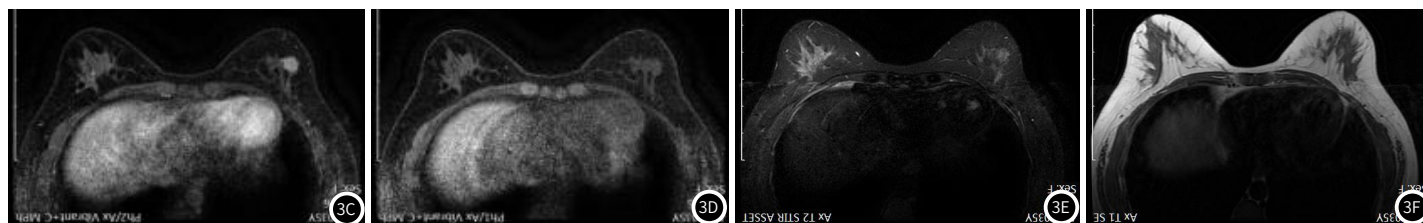


图3A-图3F为动态增强图像，增强扫描肿块均匀强化，形态不规则，边缘可见毛刺及分叶。

### 3 讨论

乳腺癌具有高异质性，且发病逐渐年轻化，给社会及家庭造成的严重的不良影响。乳腺疾病早期的诊断主要依靠影像学检查，DCE-MRI能分析乳腺病灶的形态学表现，并经后处理对这些形态学表现进行量化处理，得到对应的参数，实现对肿瘤异质性的评估，以鉴别其良恶性，而直方图参数便是主要的DCE-MRI量化参数，可用于乳腺癌的一致性评估<sup>[7]</sup>。DWI是一种非增强MRI技术，能反映细胞微环境，在鉴别乳腺良恶性病变中有一定价值<sup>[8]</sup>。鉴于两种技术的优势，考虑可联合用于乳腺癌的早期诊断。

DCE-MRI的直方图参数包括 $K^{trans}$ 、 $K_{ep}$ 、 $V_p$ 、 $K^{trans}$ 是单位时间内对比剂从血管中向细胞外血管外间隙(extravascular extracellular space, EES)扩散的速率，可反映微血管血流、血管通透性及血管密度； $K_{ep}$ 是对比剂从EES向血管内反流的速率，可反映肿瘤微血管的生长状态及通透性； $V_p$ 是单位体积组织内对比剂的血浆容积分数，是血管密集情况的反映；中位数、平均值则反映组织内参数集中情况，而百分位数可反映病灶内部特征<sup>[9-10]</sup>。DWI则是通过获得组织内水分子扩散运动，并体现为ADC这一量化参数，反映了水分子在组织内扩散程度<sup>[11]</sup>。本研究结果显示，恶性组 $K^{trans}$ 中位数、平均值、第90%位数， $K_{ep}$ 第90%位数、 $V_p$ 中位数、平均值、第50%位数均高于良性组，ADC值低于良性组，提示DCE-MRI及DWI可反映乳腺良恶性病变情况。相较乳腺良性病变，恶性病变的微血管血流及血管通透性更高，间质压力及细胞外空间变窄，细胞密度增加，因此 $K^{trans}$ 、 $K_{ep}$ 、 $V_p$ 值升高<sup>[12]</sup>。而且相较乳腺良性病变，恶性病变的细胞及微血管密度逐渐增加，缩减恶变乳腺细胞间隙，增加乳腺细胞核质比及病灶内部微观结构的复杂性，限制水分子扩散范围及方向，因此在DWI影像上表现为ADC值降低<sup>[13]</sup>。

本研究中绘制ROC曲线图结果显示，相较DCE-MRI直方图定量参数、DWI单一诊断，DCE-MRI直方图定量参数联合DWI对乳腺癌早期诊断的效能更佳。分析两种技术单一应用价值有限的原因可能是：DCE-MRI直方图定量参数是通过药代动力学模型来量化肿瘤灌注、渗透性等情况，这导致该技术必须预知如肿瘤/组织的增强前T1值、动脉输入函数等参数值，上述参数在测量时可能会产生误差，影响诊断的准确性<sup>[14-15]</sup>。而DWI的b值选择会影响影像质量及ADC值<sup>[16]</sup>。研究表明，高b值能一定程度提高DWI检查的特异度，但会降低信噪比，影响ADC测量值的准确性<sup>[17]</sup>。欧洲乳腺放射学会推荐最大b值取800s/mm<sup>2</sup>可减小ADC值的误差，但这一结果并不支持该b值下的ADC能提高对乳腺的区分诊断效能<sup>[18]</sup>。而且ADC值并不能完全排除是否受到微循环灌注影响，这导致ADC值在反映组织水分子运动真实信息时有些许误差<sup>[19]</sup>。将DCE-MRI直方图定量参数联合DWI用于乳腺癌早期诊断，可互补优势，提高准确性。

综上所述，DCE-MRI直方图定量参数联合DWI在乳腺癌早期诊断中具有较高的应用价值，可为乳腺癌早期诊断提供参考。但由于本研究纳入样本量较少，也可能导致结果的不确定性，对此，有待进一步增加样本量进行证实。且目前关于DCE-MRI直方图定量参数的药代动力学模型的选择暂无同意标准，且本研究中选取的参数较为单一，可能会影响研究结果的比较分析。

### 参考文献

- [1] 王智宝, 周志强, 王哲, 等. 3.0T MRI动态增强扫描联合MB-DWI在乳腺癌诊断中的临床价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(5): 123-125.
- [2] 宋国超, 杨凯峰. 超声下穿刺活检, MRI检查对早期乳腺癌的诊断价值分析[J]. 癌症进展, 2021, 19(21): 2192-2194, 2223.
- [3] 罗瑶, 曹崑, 李晓婷, 等. MRI增强幅度定性诊断乳腺癌新辅助治疗后残余可疑强化灶的价值[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(3): 259-265.
- [4] 张霄, 张宏凯, 路双, 等. 动态对比增强MRI定量参数直方图分析预测胃癌病理分级的价值[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(1): 64-67, 84.
- [5] 刘阳, 朱志军, 曹满瑞, 等. 多b值DWI联合MRI动态增强在乳腺癌诊断的效能分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(4): 39-42.
- [6] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2017年版)[J]. 中国癌症杂志, 2017, 27(9): 695-759.
- [7] 黄婧潇, 吴朋, 孙静宜, 等. DCE-MRI定量参数全域直方图分析法在乳腺肿瘤鉴别诊断中的应用价值[J]. 山西医科大学学报, 2019, 50(3): 347-353.
- [8] 程辰, 李洪娥, 周胜利, 等. Q-analysis实时组织弹性成像联合DCE-MRI, DWI对BI-RADS 4类乳腺肿块良恶性鉴别的临床价值研究[J]. 医学影像学杂志, 2021, 31(11): 1905-1910.
- [9] 王苏波, 赵振华, 章俞, 等. 动态对比增强磁共振成像定量灌注直方图参数对子宫肌瘤病理分型的诊断价值[J]. 浙江大学学报: 医学版, 2021, 50(1): 97-105.
- [10] 李志平, 张永胜, 崔峰, 等. 动态对比增强磁共振定量参数三维直方图与前列腺癌Gleason评分的相关性[J]. 中华老年医学杂志, 2022, 41(3): 2906-2909.
- [11] 王铭, 田为中, 张继, 等. 基于TIRM序列的游程矩阵纹理特征联合ADC值预测乳腺癌Ki-67表达水平[J]. 放射学实践, 2021, 36(12): 1520-1525.
- [12] Zhou X, Gao F, Duan S, et al. Radiomic features of PkDCE MRI parameters based on the extensive Tofts model in application of breast cancer[J]. Phys Eng Sci Med, 2020, 43(2): 517-524.
- [13] 武兵, 朱慧, 沙德厚, 等. DWI联合血清糖类抗原153、125及癌胚抗原诊断乳腺癌的价值研究[J]. 医学影像学杂志, 2021, 31(8): 1326-1329, 1346.
- [14] 吴朋, 崔蕾, 郭宏兵, 等. DCE-MRI定量参数全域直方图鉴别诊断乳腺导管原位癌与乳腺导管原位癌伴微浸润[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(7): 1022-1027.
- [15] 王伟, 许林, 向明, 等. DCE-MRI和ADC直方图鉴别乳腺良恶性病变的价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(4): 81-84.
- [16] 徐晓伟, 赖建坤, 林雪鸿, 等. 动态对比增强磁共振联合弥散加权成像检查与浸润性乳腺癌预后因素的相关性研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(10): 53-58.
- [17] 焦奎奎, 张禹. MRI动态增强曲线半定量参数联合DWI在乳腺良恶性肿瘤诊断中的作用[J]. 中国临床医学影像杂志, 2022, 33(9): 633-637.
- [18] Baltzer P, Mann RM, Lima M, et al. Diffusion-weighted imaging of the breast—a consensus and mission statement from the EUSOBI international breast diffusion-Weighted imaging Working group[J]. Eur Radiol, 2020, 30: 1436-1450.
- [19] 郑超, 苏娟, 盛杰鑫, 等. 乳腺癌患者病灶血流时间-信号强度曲线类型, 表现弥散系数与化疗疗效相关性分析[J]. 陕西医学杂志, 2021, 50(12): 1521-1524.

(收稿日期: 2023-11-01)

(校对编辑: 江丽华)