

论 著

DCE-MRI定量数据预测
乳腺癌新辅助化疗疗效
的价值*杜 丹^{1,*} 刘兴家² 刘银凤³李京龙¹

1.秦皇岛市第一医院影像中心

(河北 秦皇岛 066000)

2.河北医科大学 (河北 石家庄 050000)

3.秦皇岛市第一医院乳腺外科

(河北 秦皇岛 066000)

【摘要】目的 分析动态增强磁共振成像(DCE-MRI)定量参数对乳腺癌患者经新辅助化疗的疗效的评估价值。方法 选取2021年12月至2023年4月于本院行新辅助化疗治疗的乳腺癌患者102例,分别于化疗前、化疗后(2个周期)采用DCE-MRI检查,记录容量转移常数(K^{trans})、回流速率常数(K_{ep})、容积分数(V_e)值及表观扩散系数(ADC值)。根据疗效情况分为缓解组($n=54$)和无效组($n=48$),收集两组临床资料,多因素Logistic回归分析确定乳腺癌患者疗效的影响因素,并采用受试者特征曲线(ROC)曲线评估DCE-MRI定量数据对疗效的预测价值。结果 化疗后患者 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 水平均低于化疗前,ADC高于化疗前($P<0.05$)。缓解组和无效组在肿瘤分期、淋巴结转移和化疗前 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、ADC比较上有显著差异($P<0.05$)。多因素Logistic回归分析显示,影响乳腺癌患者新辅助化疗疗效的独立危险因素有化疗前 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 水平升高,ADC水平降低及有淋巴结转移($OR=2.622$ 、 2.542 、 2.237 、 0.433 、 2.396 , P 均 <0.05)。ROC曲线分析,化疗前 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、ADC及其并联检测预测乳腺癌新辅助化疗疗效的AUC分别为 0.868 、 0.797 、 0.760 、 0.764 和 0.956 。结论 乳腺癌患者在行新辅助化疗后可降低 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 水平,提高ADC值,临床可通过DCE-MRI定量参数对乳腺癌患者新辅助化疗疗效行有效预测。

【关键词】动态增强磁共振成像;

乳腺癌;新辅助化疗;疗效;危险因素

【中图分类号】R737.9

【文献标识码】A

【基金项目】秦皇岛市重点研发计划科技

支撑项目(201805A050)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.03.034

Predictive Value of DCE-MRI Quantitative
Parameters for the Curative Effect of
Neoadjuvant Chemotherapy in Breast Cancer*DU Dan^{1,*}, LIU Xing-jia², LIU Yin-feng³, LI Jing-long¹.

1.Imaging Center, Qinhuangdao First Hospital, Qinhuangdao 066000, Hebei Province, China

2.Hebei Medical University, Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China

3.Department of Breast Surgery, Qinhuangdao First Hospital, Qinhuangdao 066000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the predictive value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) quantitative parameters for the curative effect of neoadjuvant chemotherapy in breast cancer. **Methods** A total of 102 patients with breast cancer undergoing neoadjuvant chemotherapy in the hospital were enrolled as the research objects between December 2021 and April 2023. Before and after chemotherapy (2 cycles), all underwent DCE-MRI examination to measure and record volume transfer constant (K^{trans}), reflux rate constant (K_{ep}), fraction volume (V_e) and apparent diffusion coefficient (ADC). According to the curative effect after 2 chemotherapy cycles, patients were divided into remission group (54 cases) and ineffective group (48 cases). The clinical data were collected. The independent risk factors affecting the curative effect of neoadjuvant chemotherapy in breast cancer were analyzed by multivariate Logistic regression analysis, and the predictive value of DCE-MRI quantitative parameters for the curative effect was evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results** After chemotherapy, K^{trans} , K_{ep} and V_e were decreased, while ADC was increased ($P<0.05$). There were significant differences in tumor staging, lymph node metastasis, K^{trans} , K_{ep} , V_e and ADC before chemotherapy between remission group and ineffective group ($P<0.05$). The results of multivariate Logistic regression analysis showed that the independent risk factors affecting the efficacy of neoadjuvant chemotherapy in breast cancer patients were increased K^{trans} , K_{ep} , V_e levels, decreased ADC level and lymph node metastasis before chemotherapy ($OR=2.622$, 2.542 , 2.237 , 0.433 , 2.396 , $P<0.05$). ROC curves analysis showed that AUC values of K^{trans} , K_{ep} , V_e , ADC before chemotherapy and combined detection (parallel mode) for predicting the curative effect of neoadjuvant chemotherapy were 0.868 , 0.797 , 0.760 , 0.764 and 0.956 , respectively. **Conclusion** K^{trans} , K_{ep} and V_e are decreased, and ADC is increased in patients with breast cancer after neoadjuvant chemotherapy. Clinically, DCE-MRI quantitative parameters can effectively predict the curative effect of neoadjuvant chemotherapy.

Keywords: Dynamic Contrast-enhanced Magnetic Resonance Imaging; Breast Cancer; Neoadjuvant Chemotherapy; Curative Effect; Risk Factor

乳腺癌为女性群体中高发的恶性肿瘤,发病率居高不下,已成为威胁女性生命健康的重大隐患^[1]。当下,新辅助化疗在国内外均被视作治疗乳腺癌的标准方法,即在术前注射化疗药物使肿瘤体积缩小,抑制微小转移病灶,可有效降低手术难度和风险,同时也有利于提升保乳成功率,延长患者生存期^[2]。但因患者个体差异性较大,仍有部分患者对新辅助化疗不敏感,易出现肿瘤进展^[3],故如何评估新辅助化疗疗效已逐渐成为临床研究热点。动态增强磁共振成像(dynamic enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI)通过获取注入对比剂前后的图像,经过一系列的计算后得到定量或半定量的参数,可反映出肿瘤组织的细胞密集度、微循环及血流灌注等状况;此外,DCE-MRI还能从功能学层面提供诊断信息,在检测微小病灶和评估多灶性病变方面具有独特优势。与常规影像学检查相比,DCE-MRI能够更早期、更精准地监测肿瘤治疗反应,为临床疗效评估和预后预测提供重要参考依据^[4-5]。据此,本研究旨在探讨DCE-MRI定量参数对乳腺癌新辅助化疗疗效的预测价值,以期临床诊治提供参照。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年12月至2023年4月于本院行新辅助化疗治疗的乳腺癌患者102例。年龄41~59岁,平均(51.36 ± 2.71)岁;平均肿瘤直径(4.48 ± 1.21)cm;导管原位癌29例,浸润性导管癌32例,浸润性小叶癌24例,其他17例;II期68例,III期34例;有淋巴结转移22例。

纳入标准:满足乳腺癌诊断标准^[6],并经病理检查证实为乳腺癌,且均接受新辅助化疗;患者及其家属均对此次研究了解;卡氏功能状态评分 ≥ 70 分;预计生存期 ≥ 6 个月。排除标准:存在DCE-MRI禁忌者或对此次研究所用药物过敏者;严重心、肝、肾功能不全;合并除乳腺癌外的其他恶性肿瘤者;入组前4周内接受过相关治疗者;妊娠或哺乳期女性;影像图像质量不佳者。医院伦理委员会已对此次研究审批通过。

1.2 方法

1.2.1 新辅助化疗 入组后所有患者均采用盐酸多柔比星脂质体(石药集团欧意药业有限

【第一作者】杜 丹,女,副主任医师,主要研究方向:乳腺癌相关内容。E-mail: du123123d@126.com

【通讯作者】杜 丹

公司, 国药准字H20163178)+白蛋白紫杉醇(石药集团欧意药业有限公司 H20183044)+环磷酰胺(Baxter Oncology GmbH, H20160467)新辅助化疗方案, 用法用量: 每个周期的第1d静脉滴注多柔比星脂质体30mg/m²、白蛋白紫杉醇200mg/m²、第2d分别为20mg/m²、200mg/m², 环磷酰胺800mg/m², 21d为一个周期, 治疗2个周期后行DCE-MRI检查。

1.2.2 DCE-MRI检查 所有患者均于新辅助化疗前及化疗2个周期后行DCE-MRI检查。采用西门子Avanto 1.5T磁共振扫描仪, 配备8通道乳腺专用相控阵线圈。嘱患者取俯卧位, 让双侧乳腺自然垂放于线圈中。扫描序列及其参数: 常规MRI扫描, T1WI: 3D抗相梯度回波序列, 重复时间(repetition time, TR)3.52 ms, 回波时间(repetition time, TE)1.4 s, 矩阵352×352, 视野(Field of View, FOV)340×340 mm, 层厚1.0 mm, 激励次数1次; T2WI加脂肪抑制序列参数: TR 4840 ms, TE 53 ms, 矩阵336×448, FOV 340×340 mm, 层厚4 mm, 激励次数2次。扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI): 单次激发平面回波成像, TR 5400 ms, TE 68 ms, 层厚4.0 mm, 层间距1.0 mm, 激励次数6次, 扩散敏感系数(b)值取0、1000 s/mm²; DCE-MRI: TR 3.3.52 ms, TE 1.4 ms, 层厚1.0 mm, 无间隔扫描, 矩阵352×352, FOV 340×340 mm, 激励次数1, 先进行平扫, 随后以2 mL/s流速静脉注射钆特酸葡胺注射液(0.1 mmol/kg), 最后采用生理盐水(20 mL)冲管, 连续采集12期动态增强图像。

所有影像数据均传输至后处理工作站, 两名高年资影像科医师(工作年限≥10年)采用双盲法阅片。对于诊断分歧, 通过小组讨论达成共识。在动态增强早期选择病灶强化最显著层面, 手动勾画类圆形感兴趣区(region of interest, ROI), 面积20mm², 勾划时避开坏死、出血及囊变区域; 在b=1000 s/mm²图像中选取DWI高信号对应区域, 于ADC图测量3次取均值; 采用非线性最小二乘法拟合, 测量容量转移常数(volume transfer constant, K^{trans})、回流速率常数(flux rate constant, K_{ep})及容积分数(fraction volume, V_e值)参数, 均测量3次取均值作为最终结果。

1.2.3 疗效评定^[7] 于治疗2个周期后评估。完全缓解(complete remission, CR): 病灶均消失; 部分缓解(partial remission, PR): 病灶最大径总和缩小幅度≥50%; 稳定(stabilization

disease, SD): 病灶最大径总和增加幅度<25%或缩小幅度<50%; 进展(progress disease, PD): 上述标准均未满足。缓解组=CR+PR; 无效组=SD+PD。

1.3 统计学处理 SPSS 22.0软件行数据分析, 计数资料用例(n), 率(%)代表, 行 χ^2 检验, 计量资料符合正态分布, 采用($\bar{x} \pm s$)的表示形式, 实施t检验, 乳腺癌患者疗效的影响因素行多因素Logistic回归分析, 受试者特征曲线(receiver operating characteristic, ROC)评估预测价值, 联合检测采用并联的方式, 均以P<0.05为有统计学意义。

2 结果

2.1 临床疗效 经2个周期后的新辅助化疗后, 102例乳腺癌患者有19例CR、35例PR、37例SD和11例PD。缓解组为54例(52.94%), 无效组为48例(47.06%)。

2.2 典型病例 某女性患者, 病理学检查确诊为乳腺癌, 经新辅助化疗(TAC化疗方案)2个周期后病灶范围明显缩小。见图1。

2.3 所有患者化疗前后DCE-MRI定量参数对比 化疗后患者K^{trans}、K_{ep}、V_e水平均低于化疗前, ADC高于化疗前(P<0.05), 见表1。

2.4 缓解组和无效组临床资料及化疗前DCE-MRI定量参数对比 缓解组和无效组在肿瘤分期、淋巴结转移和化疗前K^{trans}、K_{ep}、V_e、ADC比较上有显著差异(P<0.05), 见表2。

2.5 多因素Logistic回归分析影响乳腺癌患者新辅助化疗疗效的独立危险因素 以疗效作为因变量, 缓解组=0, 无效组=1, 以2.3中差异有意义的变量作为自变量, 化疗前K^{trans}、K_{ep}、V_e、ADC均为连续变量; 肿瘤分期为III期=1, II期=0; 有淋巴结转移=1, 无=0。行Logistic回归分析, 结果显示, 影响乳腺癌患者新辅助化疗疗效的独立危险因素有化疗前K^{trans}、K_{ep}、V_e水平升高, ADC水平降低及有淋巴结转移(OR=2.622、2.542、2.237、0.433、2.396, P均<0.05), 见表3。

2.6 ROC分析 ROC曲线分析, 化疗前K^{trans}、K_{ep}、V_e、ADC预测乳腺癌新辅助化疗疗效的曲线下面积(Area Under The Curve, AUC)分别为0.868、0.797、0.760、0.764, 联合检测采用并联, 其AUC为0.956, 见表4和图2。

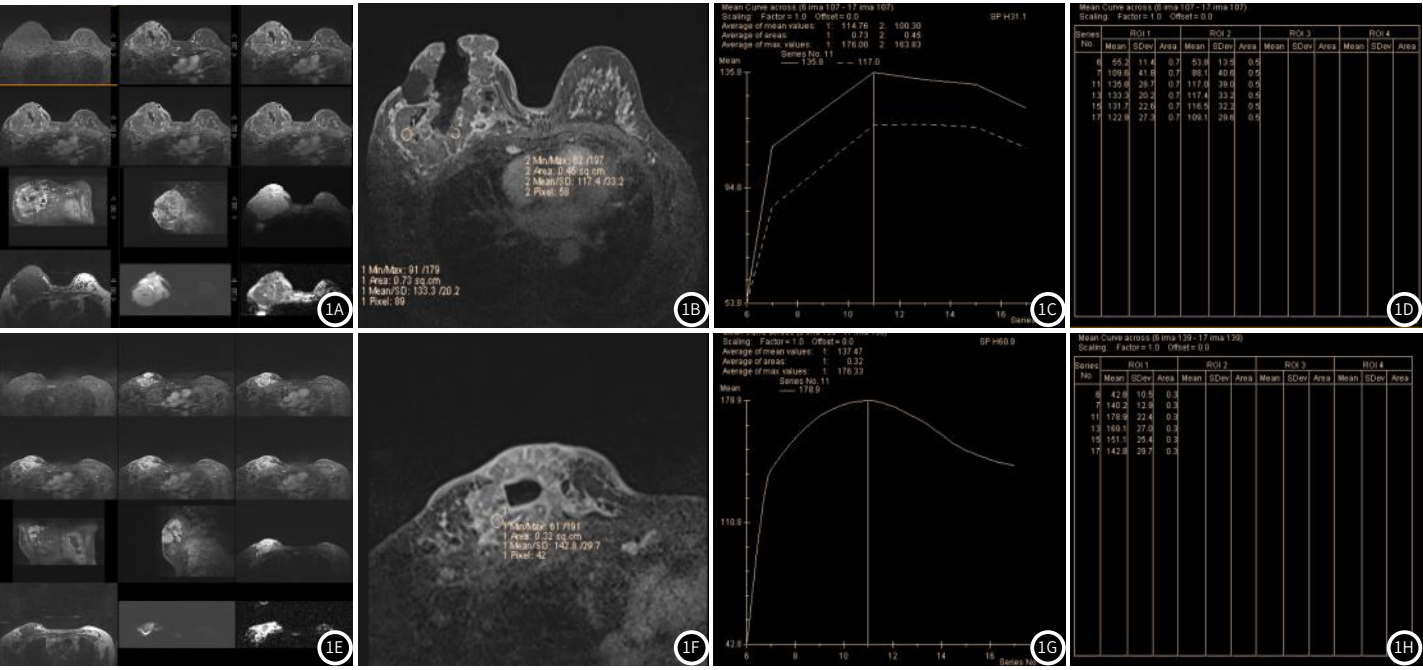


图1A-图1H 乳腺癌患者化疗前后的DCE-MRI影像图。1A、1B、1C、1D为化疗前首次检查右乳见巨大肿块样不均匀分隔样强化, 最大径约10.8cm, 动态增强曲线(TICmax)呈廓清型(III型), 累及右侧乳头及右侧胸壁, DWI呈高信号, ADC明显减低。ADC值=0.6($\times 10^{-3}$ cm²/sec)。1E、1F、1G、1H为化疗2个周期后复查, 病变范围较前明显缩小, 最大径约8.0cm; 动态增强曲线(TICmax)呈平台型, 累及右侧乳头及右侧胸壁, DWI呈高信号, ADC升高。ADC值=1.7($\times 10^{-3}$ cm²/sec)。

表1 所有患者化疗前后DCE-MRI定量参数对比

时间	K ^{trans} (min ⁻¹)	K _{ep} (min ⁻¹)	V _e (%)	ADC(×10 ⁻³ mm ² /s)
化疗前(n=102)	0.57±0.16	0.62±0.16	0.59±0.13	0.84±0.14
化疗后(n=102)	0.30±0.05	0.34±0.07	0.28±0.06	1.39±0.37
t	16.267	16.193	21.867	14.041
P	<0.001	0.012	<0.001	<0.001

表2 缓解组和无效组临床资料及化疗前DCE-MRI定量参数对比[n(%)]

因素	缓解组(n=54)	无效组(n=48)	x ² /t值	P值
年龄(岁)	51.11±2.95	51.64±2.44	0.981	0.329
肿瘤最大直径(cm)	4.29±1.13	4.69±1.30	1.663	0.010
疾病类型			1.643	0.650
导管原位癌(n=29)	14(25.45)	15(31.91)		
浸润性导管癌(n=32)	20(36.36)	12(25.53)		
浸润性小叶癌(n=24)	13(23.64)	11(23.40)		
其他(n=17)	8(14.55)	9(19.15)		
分期			14.344	<0.001
II期(n=68)	45(83.33)	23(47.92)		
III期(n=34)	9(16.67)	25(52.08)		
淋巴结转移			5.024	0.025
有(n=22)	7(12.96)	15(31.25)		
无(n=80)	47(87.04)	33(68.75)		
化疗前K ^{trans} (min ⁻¹)	0.38±0.10	0.79±0.22	12.341	<0.001
化疗前K _{ep} (min ⁻¹)	0.45±0.12	0.81±0.21	10.776	<0.001
化疗前V _e (%)	0.52±0.12	0.67±0.15	5.604	<0.001
化疗前ADC值(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.94±0.23	0.72±0.19	5.228	<0.001

3 讨 论

研究显示^[8]，新辅助化疗作为非转移性乳腺癌局部治疗前的系统性治疗手段，在乳腺癌综合治疗体系中占据重要地位，目前已被推荐为乳腺癌的标准治疗方案之一，有助于早期控制原发灶，降低癌灶级别，增加保乳手术机会，具有较好的远期效果。但因乳腺癌属高度异质性肿瘤，治疗反应和预后可能会有较大差异。因此早期精准评估乳腺癌新辅助化疗疗效具有重要临床意义，既可避免治疗不足，也可避免过度治疗。然因病理检查时间周期长，且为有创操作，无法及时有效指导后续治疗^[9]，而通过

表3 多因素Logistic回归分析影响乳腺癌患者

新辅助化疗疗效的独立危险因素

指标	β	SE	Wald x ²	OR	95%CI	P值
化疗前K ^{trans}	0.964	0.401	5.779	2.622	1.195~5.754	0.017
化疗前K _{ep}	0.933	0.437	4.558	2.542	1.079~5.987	0.033
化疗前V _e	0.805	0.372	4.683	2.237	1.079~4.637	0.031
化疗前ADC	-0.837	0.411	4.147	0.433	0.193~0.969	0.042
肿瘤分期	0.926	0.517	3.208	2.524	0.916~6.954	0.074
淋巴结转移	0.874	0.412	4.500	2.396	1.069~5.374	0.034

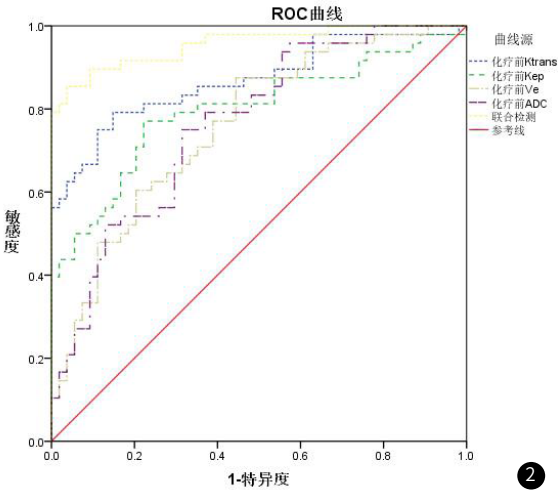


图2 ROC曲线分析图。

表4 ROC曲线分析

指标	AUC	95%CI	截断值	敏感度(%)	特异度(%)	P
化疗前K ^{trans}	0.868	0.795~0.940	0.66 min ⁻¹	79.17	85.18	<0.001
化疗前K _{ep}	0.797	0.708~0.887	0.69 min ⁻¹	77.08	77.78	<0.001
化疗前V _e	0.760	0.667~0.852	0.58%	87.50	55.56	<0.001
化疗前ADC	0.764	0.673~0.855	0.81×10 ⁻³ mm ² /s	75.00	68.52	<0.001
并联检测	0.956	0.918~0.994	-	91.70	83.33	<0.001

影像学检查可及时评估肿瘤组织，从而指导临床调整治疗方案。基于此，本研究旨在分析DCE-MRI定量参数对乳腺癌患者行新辅助化疗疗效的预测价值，为优化乳腺癌影像学评估方案提供循证依据。

肿瘤血管生成在肿瘤进展和转移过程中发挥关键调控作用，因此评估肿瘤微血管功能的相关指标在预测治疗反应和预后评估中具有重要临床价值^[10]。MRI具较高的组织分辨率和丰富的序列，其中DWI序列通过检测水分子微观运动，可敏感捕捉肿瘤的

细微病理改变,ADC值作为DWI的核心定量指标,能够同时反映肿瘤组织的水分子扩散特征和微观结构特征,其数值变化与肿瘤细胞密度和细胞外基质容积呈显著相关性,这使其在肿瘤治疗反应评估中具有独特的应用价值^[11-12];DCE-MRI能够动态监测病灶血供特征和形态学改变,通过定量分析可获得 K^{trans} 、 K_{ep} 和 V_e 等药代动力学参数,从而反映反映肿瘤微血管密度和内皮通透性特征^[13-14]。研究表明^[15],定量药代动力学参数与肿瘤治疗反应存在显著相关性,已广泛应用于疗效评估。其中 K^{trans} 反映对比剂跨血管内皮转运速率,是评估肿瘤微血管通透性的重要指标^[16]; K_{ep} 表示对比剂从组织间隙向血管内的回流速率,其数值受局部血流动力学、微血管密度及内皮通透性等多因素影响^[17]; V_e 则用于量化血管外细胞外间隙的相对容积。本研究显示,化疗后患者 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 水平均低于化疗前,ADC高于化疗前,表明乳腺癌患者经新辅助化疗后 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 明显降低,ADC值明显升高,可能与化疗药物的多重作用机制有关,首先,化疗药物可直接抑制肿瘤血管生成,破坏异常新生血管网络;其次,通过诱导肿瘤细胞凋亡和坏死,降低肿瘤细胞密度,扩大细胞外间隙;最后,改善肿瘤微环境,减少限制水分子扩散的屏障物质。这些病理生理改变共同导致了ADC值升高和药代动力学参数降低的影像学表现^[18],故可通过DCE-MRI定量参数来评估预测患者化疗疗效。

本研究中,缓解组化疗前 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 水平低于无效组,ADC水平高于无效组,且上述参数均为影响乳腺癌患者新辅助化疗疗效的独立危险因素,提示不同疗效患者的 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 和ADC水平存在差异,利用DCE-MRI可准确预测乳腺癌患者新辅助化疗疗效。这一差异可能与肿瘤异质性有关。疗效较差的患者往往具有更丰富的肿瘤微血管网络,同时由于化疗后残留癌细胞较多,导致细胞密度增加、细胞外间隙缩小,从而限制了水分子的扩散运动^[19],导致ADC值降低, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 水平升高。但佟颖等^[20]研究显示,不同疗效患者的 V_e 值比较无差异,本研究与其观点不一致,可能是与 V_e 易受病变周围水肿的影响,稳定性较差有关,也可能是与纳入的样本量偏少有关。本研究还显示,化疗前 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、ADC及其并联检测预测乳腺癌新辅助化疗疗效的AUC分别为0.868、0.797、0.760、0.764和0.956,进一步证实了DCE-MRI定量参数在乳腺癌疗效预测中的重要价值,为临床医生提供了可靠的影像学生物标志物。基于这些参数的动态监测,可及时优化个体化治疗方案,从而提高治疗效果,改善患者预后。

综上所述,通过DCE-MRI检测其定量参数 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、ADC,有助于早期预测乳腺癌患者新辅助化疗疗效。

参考文献

[1] Rossi L, Mazzara C, Pagani O. Diagnosis and treatment of breast cancer in young women[J]. *Curr Treat Options Oncol*, 2019, 20(12): 86.

- [2] Iwamoto T, Kajiwar Y, Zhu Y, et al. Biomarkers of neoadjuvant/adjuvant chemotherapy for breast cancer[J]. *Chin Clin Oncol*, 2020, 9(3): 27.
- [3] 侯唯姝, 钱银锋, 李小虎, 等. 动态增强MRI预测乳腺癌新辅助化疗效果的研究[J]. *安徽医科大学学报*, 2020, 55(9): 1446-1451.
- [4] Comes MC, La Forgia D, Didonna V, et al. Early prediction of breast cancer recurrence for patients treated with neoadjuvant chemotherapy: a transfer learning approach on DCE-MRIs[J]. *Cancers (Basel)*, 2021, 13(10): 2298.
- [5] Liang X, Chen X, Yang Z, et al. Early prediction of pathological complete response to neoadjuvant chemotherapy combining DCE-MRI and apparent diffusion coefficient values in breast Cancer[J]. *BMC Cancer*, 2022, 22(1): 1250.
- [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(2015版)[J]. *中国癌症杂志*, 2015, 25(9): 692-754.
- [7] 张萍, 艾斌. 实体瘤免疫治疗疗效评价标准[J]. *国际肿瘤学杂志*, 2016, 43(11): 848-851.
- [8] 李英谱, 庞达. 乳腺癌新辅助化疗疗效的影像学评估研究进展[J]. *现代肿瘤医学*, 2022, 30(4): 740-744.
- [9] 张曼琪, 查海玲, 刘心培, 等. 超声检查评估乳腺癌新辅助化疗疗效的准确性及影响因素分析[J]. *实用临床医药杂志*, 2022, 26(13): 45-49, 54.
- [10] 廉莹莹, 孙菲, 于静萍. 肿瘤相关巨噬细胞对肿瘤新生血管生成的作用及其机制的研究进展[J]. *癌症进展*, 2022, 20(5): 433-436.
- [11] 徐校胜, 时高峰, 杨丽, 等. DCE-MRI定量参数及ADC值在局部进展期胃癌新辅助治疗疗效评价的应用[J]. *实用放射学杂志*, 2021, 37(1): 132-136.
- [12] Zhang J, Huang Y, Chen J, et al. Potential of combination of DCE-MRI and DWI with serum CA125 and CA199 in evaluating effectiveness of neoadjuvant chemotherapy in breast cancer[J]. *World J Surg Oncol*, 2021, 19(1): 284.
- [13] 钟俊远, 钟俭平, 王肇平, 等. DCE-MRI参数及纹理特征在宫颈癌新辅助化疗疗效中的预测价值[J]. *放射学实践*, 2022, 37(11): 1410-1415.
- [14] Jun W, Cong W, Xianxin X, et al. Meta-analysis of quantitative dynamic contrast-enhanced MRI for the assessment of neoadjuvant chemotherapy in breast cancer[J]. *Am Surg*, 2019, 85(6): 645-653.
- [15] Sharma A, Sharma S, Sood S, et al. DCE-MRI and parametric imaging in monitoring response to neoadjuvant chemotherapy in breast carcinoma: a preliminary report[J]. *Pol J Radiol*, 2018, 83: e220-e228.
- [16] 刘雅怡, 岳斌, 孙玲玲, 等. 动态对比增强MRI定量参数评价软组织肿瘤生物学行为的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54(10): 980-985.
- [17] 翟战胜, 李正, 任继鹏, 等. DCE-MRI定量参数联合DWI在评估乳腺癌新辅助化疗疗效的临床研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2018, 16(10): 68-71.
- [18] 赵晓艳. DCE-MRI定量参数在宫颈癌放化疗效果评价及其与病理特征的相关性分析[J]. *医学影像学杂志*, 2020, 30(11): 2069-2073.
- [19] Dag Z, Yilmaz B, Dogan AK, et al. Comparison of the prognostic value of F-18 FDG PET/CT metabolic parameters of primary tumors and MRI findings in patients with locally advanced cervical cancer treated with concurrent chemoradiotherapy[J]. *Brachytherapy*, 2019, 18(2): 154-162.
- [20] 佟颖, 米楠, 张荣, 等. 动态增强磁共振成像定量参数评估乳腺癌新辅助化疗效果及相关性[J]. *中国老年学杂志*, 2020, 40(16): 3410-3414.

(收稿日期: 2023-08-21)

(校对编辑: 赵望淇)