

论 著

DCE-MRI预测乳腺癌
NAC治疗后病理完全缓
解的可行性研究*王巍巍^{1,*} 刘艳超² 李 颖¹
王 琪¹ 杨素君¹

1.邯郸市中心医院CT室(河北邯郸 056008)

2.邯郸市中心医院超声科(河北邯郸 056008)

【摘要】目的 分析动态增强磁共振(DCE-MRI)预测乳腺癌新辅助化疗(NAC)治疗后病理完全缓解(pCR)的可行性。方法 收集2018年8月到2022年12月本院收治的经NAC治疗乳腺癌患者120例,均在根治手术前行NAC治疗,术后以Miller & Payne改良病理反应标准评估患者治疗后pCR情况。对比化疗前后以及pCR组与未缓解组DCE-MRI定量参数值(K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep})。探究影响乳腺癌NAC治疗后病理完全缓解相关因素,通过绘制ROC曲线,分析DCE-MRI预测乳腺癌NAC治疗后pCR的效能。结果 120例患者Miller & Payne分级显示, I~III级者86例(未缓解组), IV~V级者34例(pCR组); NAC治疗后患者 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 值均明显低于NAC治疗前($P<0.05$); pCR组 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 值均明显低于未缓解组($P<0.05$); pCR组与未缓解组在年龄、肿瘤直径、生育情况、病理类型、NAC治疗方案、分子分型中比较,差异无统计学意义($P>0.05$), pCR组TNM分期II期占比高于未缓解组(88.24% vs 12.79%)($P<0.05$);以组别(pCR组及未缓解组)为因变量,以TNM分期、 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 为自变量,进行Logistic回归分析结果显示: TNM分期[95%CI:(1.076~2.611)]、 K^{trans} [95%CI:(1.120~1.678)]、 V_e [95%CI:(1.253~2.479)]、 K_{ep} [95%CI:(1.295~1.963)]为影响pCR的独立危险因素($P<0.01$); ROC结果显示: $K^{trans}+V_e+K_{ep}$ 对pCR预测AUC值为0.879, 高于 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 三者单独检测($P<0.05$)。结论 NAC治疗前后DCE-MRI定量参数 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 值存在明显变化,于NAC治疗后pCR患者中呈现更低水平;通过获取DCE-MRI的影像数据,以预测NAC治疗后pCR的可行性高,有益于后续指导临床完善个体化治疗方案。

【关键词】动态增强磁共振; 乳腺癌;
新辅助化疗; 病理完全缓解

【中图分类号】R737.9

【文献标识码】A

【基金项目】邯郸市科学技术研究与发展计划
项目任务合同(1823208034ZC)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.07.036

Feasibility Study of DCE-MRI in Predicting
Pathological Complete Remission of
Breast Cancer after NAC Treatment*WANG Wei-wei^{1,*}, LIU Yan-chao², LI Ying¹, WANG Qi¹, YANG Su-jun¹.

1.CT Room, Handan Central Hospital, Handan 056008, Hebei Province, China

2.Department of Ultrasound, Handan Central Hospital, Handan 056008, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the feasibility of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) in predicting pathological complete remission (pCR) after neoadjuvant chemotherapy (NAC) for breast cancer. **Methods** A total of 120 patients with breast cancer treated with NAC from August 2018 to December 2022 in our hospital were collected. All patients were treated with NAC before radical surgery. After surgery, the pCR status of patients after treatment was evaluated by Miller&Payne's modified pathological reaction standard. Compare the quantitative parameter values of DCE-MRI (K^{trans} , V_e , K_{ep}) before and after chemotherapy, as well as between the pCR group and the unrelieved group; To explore the factors related to pathological complete remission after NAC treatment for breast cancer, and analyze the efficacy of DCE-MRI in predicting pCR after NAC treatment for breast cancer by drawing Receiver operating characteristic. **Results** The Miller&Payne grading of 120 patients showed that there were 86 cases of grade I to III (unrelieved group) and 34 cases of grade IV to V (pCR group); The K^{trans} , V_e , and K_{ep} values of patients after NAC treatment were significantly lower than those before NAC treatment ($P<0.05$); The K^{trans} , V_e , and K_{ep} values of patients in the pCR group were significantly lower than those in the unrelieved group ($P<0.05$). There was no statistically significant difference between the pCR group and the unrelieved group in terms of age, tumor diameter, fertility status, pathological type, NAC treatment plan, and molecular typing ($P>0.05$). The proportion of patients with TNM stage II in the pCR group was higher than that in the unrelieved group (35.29% vs 12.79%) ($P<0.05$). Logistic regression analysis was conducted using pCR and non remission as dependent variables and TNM stage, K^{trans} , V_e , and K_{ep} as independent variables. The results showed that TNM stage [95% CI: (1.076-2.611)], K^{trans} [95% CI: (1.120-1.678)], V_e [95% CI: (1.253-2.479)], and K_{ep} [95% CI: (1.295-1.963)] were independent risk factors affecting pCR ($P<0.01$). The ROC results showed that $K^{trans}+V_e+K_{ep}$ predicted an AUC value of 0.879 for pCR, which was higher than K^{trans} , V_e , and K_{ep} tested separately ($P<0.05$). **Conclusion** There were significant changes in the quantitative parameters K^{trans} , V_e , and K_{ep} of DCE-MRI before and after NAC treatment, which showed lower levels in pCR patients after NAC treatment; Obtaining DCE-MRI imaging data to predict pCR after NAC treatment is highly feasible and beneficial for guiding clinical improvement of individualized treatment plans in the future.

Keywords: Dynamic Enhanced Magnetic Resonance; Breast Cancer; Neoadjuvant Chemotherapy; Pathology in Complete Remission

新辅助化疗(neoadjuvant chemotherapy, NAC)是指将病灶局部切除或局部放疗前进行的全身性化学疗法,在乳腺癌治疗中常用,可降低乳腺癌分期、根除乳腺内的微转移病灶,提高患者全切或保乳手术成功率^[1]。化疗后病理完全缓解(pathology in complete remission, pCR)情况是评患者NAC效果的有效指标,以往研究表明,NAC后pCR或残余病灶显著缩小往往提示着患者可获得较好预后。通过早期预测NAC化疗效果对患者治疗方案及时调整有积极意义,可减少无效治疗副作用达到个性化治疗的目的^[2]。此外,pCR的评估对患者手术方式选择也有重要作用。以往手术采集样本进行组织学病理检查是评估患者pCR的有效方法,但此手段属于有创性检查,重复性差,难以普遍开展。动态增强磁共振(dynamic enhanced magnetic resonance, DCE-MRI)是临床中广泛应用的影像学检查方式,通过直接引入对比剂或药代动力学模型结合进行灌注分析,可从分子水平评估组织血流力学及血管分布情况,有望更好的协助临床评估患者NAC情况^[3]。基于此,本研旨在分析DCE-MRI预测乳腺癌NAC治疗后病理完全缓解的可行性,以期临床诊疗提供理论参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2018年8月到2022年12月本院收治的经NAC治疗乳腺癌患者120例。

纳入标准:临床资料完整;女性;符合《中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范》^[4]中相关诊断标准;TNM分期^[4]为II~III期;患者及其家属均知情并同意本研究;化疗周期为4~8个周期。排除标准:资料缺失;有多发病灶者;有化疗禁忌症者;肝肾功能不全者;妊娠期或哺乳期女性;乳房假体植入者。

患者年龄38~76岁,平均年龄(49.64±4.57)岁,已育108例,未育12例;术前诊断:浸润性导管癌98例,非浸润性导管癌22例。NAC治疗方案:采用紫杉醇+表柔比星(TE)方案67例,紫杉醇+卡铂(PC)方案53例,化疗结束后接受乳腺癌根治手术,治疗中均未更换化疗方案。

1.2 方法

【第一作者】王巍巍,女,副主任医师,主要研究方向:乳腺MRI及神经系统疾病诊断。E-mail: wangweiwei@163.com

【通讯作者】王巍巍

1.2.1 MRI检查 检查仪器选用采用美国GE公司Signa 750 3.0T磁共振成像系统, 乳腺专用相控阵表面线圈, 检查前准备: 除去患者身上所有金属异物, 患者体位选择: 患者俯卧位, 自由呼吸, 全腹部常规平扫和动态增强扫描。扫描参数: 脂肪抑制T₁WI: 射频脉冲重复时间(TR)6.07ms, 回波时间(TE)2.46ms, 扫描视野(FOV)360×360, 层厚1.5mm, 层间距系数20%。T₂WI-tirm: TR/TE为3500ms/54ms, FOV 360×360, 层厚4mm, 层间距系数20%。DWI序列参数: b值为0 s/mm²、8 s/mm², 扫描层数为36层, TR/TE为7600ms/71ms, 层厚5mm, FOV为34cm×34cm, 间距1mm(采集4次)。

先进行平扫, 平扫完后注入Gd-DTPA试剂进行动态增强扫描。扫描完成后进行图像后处理, 最后由诊断医师进行阅片得出诊断结果。

图像评估: DCE数据在工作站后处理, GE专用后处理软件, 由2名高年资医师采用“双盲法”进行评估, 对评估情况出现歧采取协商解决达成一致。基于Tofts模型^[5]的定量参数(采用自动动脉输入函数): K^{trans}, 前向容积转移常数, 单位min⁻¹; V_e, 每单位体积组织的血管外细胞外间隙容积; K_{ep}, 反向容积转移常数, 单位min⁻¹。在患者化疗前及化疗疗程结束后进行MRI检查。

1.2.2 pCR评估及资料收集 收集患者临床资料, 包括年龄、生育情况、病理类型、NAC治疗方案、TNM分期等。患者术后病理缓解程度以Miller & Payne^[6]改良病理反应标准进行评估, 病理未缓解为 I ~III级, 病理完全缓解为IV~V级, 详情见表1。

表1 Miller & Payne 改良病理反应分级标准

病理状态	Miller & Payne
组织学非显著反应	
(未缓解)	I 级 肿瘤细胞密度并无变化
	II 级 肿瘤细胞密度减少低于30%
	III级 肿瘤细胞密度减少程度为30%-90%
组学显著反应	
(pCR)	IV级 肿瘤细胞密度减少超过90%, 仅存在有小簇或广泛分散的细胞残余
	V级 原肿瘤部位未见恶性细胞, 仅存在纤维化间质

1.3 观察指标 对比NAC治疗前后, 不同Miller & Payne 改良病理反应分级者DCE-MRI定量参数(K^{trans}、V_e、K_{ep})值; 收集患者临床资料, 探究影响乳腺癌NAC治疗后病理完全缓解相关因素, 并分析DCE-MRI预测乳腺癌NAC治疗后pCR的效能。

1.4 统计学方法 研究数据均采用SPSS 20.0软件进行统计分析, 计量资料采用平均数±标准差($\bar{x} \pm s$)描述; 计数资料通过率或构成比表示, 并采用 χ^2 检验; 绘制ROC曲线并计算曲线下面积(the area under the curve, AUC)值, 计算DCE-MRI预测乳腺癌NAC治疗后pCR的效果, 均以P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 NAC后pCR结果 120例患者病Miller & Payne分级显示, I级16例、II级48例、III级22例、IV级19例、V级15例; 病理未缓解为 I ~III级者86例(未缓解组), 病理完全缓解为IV~V级者34例(pCR组)。

2.2 NAC治疗前后DCE-MRI定量参数比较 NAC治疗后, 乳腺癌患者K^{trans}、V_e、K_{ep}值均明显低于NAC治疗前, 差异有统计学意义(P<0.05), 见表2。

表2 NAC治疗前后DCE-MRI定量参数比较

组别	例数	K ^{trans} (min ⁻¹)	V _e	K _{ep} (min ⁻¹)
NAC前	120	0.59±0.13	0.89±0.10	0.78±0.18
NAC后	120	0.48±0.21	0.85±0.16	0.68±0.17
t	-	4.878	2.322	4.424
P	-	<0.001	0.021	<0.001

2.3 pCR组与未缓解组DCE-MRI定量参数比较 pCR组K^{trans}、V_e、K_{ep}值均明显低于未缓解组, 差异有统计学意义(P<0.05), 见表3。

表3 pCR组与未缓解组DCE-MRI定量参数比较

组别	例数	K ^{trans} (min ⁻¹)	V _e	K _{ep} (min ⁻¹)
pCR组	34	0.26±0.12	0.80±0.10	0.63±0.14
未缓解组	86	0.58±0.21	0.87±0.15	0.71±0.17
t	-	8.349	2.506	2.435
P	-	<0.001	0.013	0.016

2.4 pCR组与未缓解组的一般资料比较 pCR组与未缓解组在年龄、肿瘤直径、生育情况、病理类型、NAC治疗方案、分子分型中比较, 差异无统计学意义(P>0.05), 两组TNM分期比较差异有统计学意义, pCR组II期占比高于未缓解组(88.24% vs 12.79%) (P<0.05), 见表4。

表4 pCR组与未缓解组的一般资料比较

类别		pCR组(n=34)	未缓解组(n=86)	t/ χ^2	P
年龄(岁)		48.59±5.31	49.16±5.47	0.518	0.605
肿瘤直径(cm)		3.47±0.64	3.66±0.51	1.706	0.091
生育情况	已育	29(85.29)	79(91.86)	1.167	0.279
	未育	5(14.71)	7(8.14)		
病理类型	浸润性导管癌	25(73.53)	73(84.88)	2.098	0.147
	非浸润性导管癌	9(26.47)	13(15.12)		
NAC治疗方案	TE	15(44.12)	52(60.47)	2.640	0.104
	PC	19(55.88)	34(39.53)		
TNM分期	II期	30(88.24)	11(12.79)	61.660	<0.001
	III期	4(11.76)	75(87.21)		
分子分型	Luminal A	12(35.29)	19(22.09)	2.216	0.136
	Luminal B	22(64.71)	67(77.91)		

2.5 影响患者pCR危险因素分析 以组别(pCR组及未缓解组)为因变量, 将表3、4中有意义因素设为自变量, 进行Logistic回归分析, 结果显示: TNM分期[95%CI:(1.076~2.611)]、K^{trans}[95%CI:(1.120~1.678)]、V_e[95%CI:(1.253~2.479)]、K_{ep}[95%CI:(1.295~1.963)]为影响pCR的独立危险因素(P<0.01), 见表5。

表5 影响患者pCR危险因素分析

因素	回归系数	标准误	Wald χ^2	P	OR(95%CI)
TNM分期	0.517	0.226	6.285	0.001	1.676(1.076~2.611)
K ^{trans}	0.316	0.103	12.364	<0.001	1.371(1.120~1.678)
V _e	0.567	0.174	4.152	0.002	1.762(1.253~2.479)
K _{ep}	0.467	0.106	7.889	<0.001	1.595(1.295~1.963)

2.6 DCE-MRI定量参数对乳腺癌NAC治疗后pCR的预测价值 ROC结果显示: K^{trans}、V_e、K_{ep}对乳腺癌NAC治疗后pCR预测AUC值分别为0.811、0.686、0.763, K^{trans}+V_e+K_{ep}对pCR预测AUC值为0.879, 高于K^{trans}、V_e、K_{ep}三者单独检测(P<0.05), 详情见表6及图1。

表6 DCE-MRI定量参数对乳腺癌NAC治疗后pCR的预测价值

参数	最佳截断点	AUC	95% CI	灵敏度	特异度	P值
K ^{trans}	0.518	0.811	0.717~0.916	0.863	0.788	0.000
V _e	0.767	0.686	0.572~0.799	0.695	0.613	0.001
K _{ep}	0.468	0.763	0.658~0.868	0.784	0.706	0.000
K ^{trans} +V _e +K _{ep}	-	0.879	0.785~0.967	0.912	0.895	0.000

2.7 典型病例分析 患者女, 56岁, 钼靶筛查结果提示左乳头稍凹陷, 左乳内上团簇样“针尖”样钙化, 周围腺体结构紊乱, 后行乳腺MRI检查, ADC值提示 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 时间-信号强度曲线呈流出型、平台型曲线, 病理结果提示为左乳浸润性导管癌。

患者于本院新辅助化疗, 后复查MRI轴位、矢状位, 提示肿块明显缩小, 时间-信号强度曲线呈上升型, 病理结果显示为Miller-Payne分级III级, 肿瘤细胞密度减少程度为30%-90%, 未达pCR(见图1)。

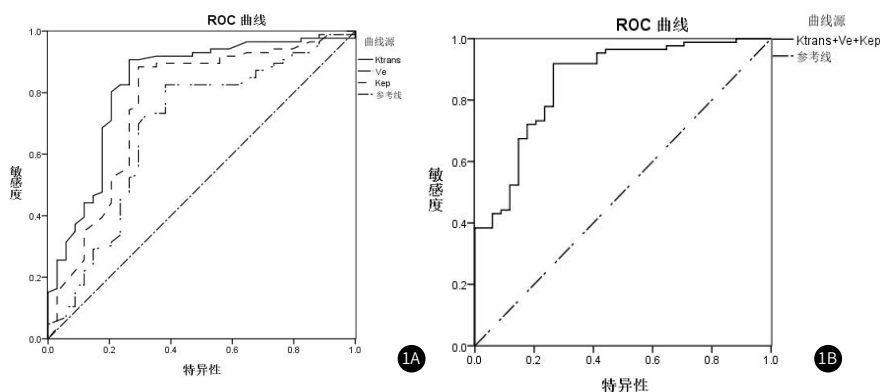


图1A~图1B DCE-MRI对乳腺癌NAC治疗后pCR预测效能; 1A: K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 单独对乳腺癌NAC治疗后pCR预测ROC曲线图; 1B: K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 联合对乳腺癌NAC治疗后pCR预测ROC曲线图。

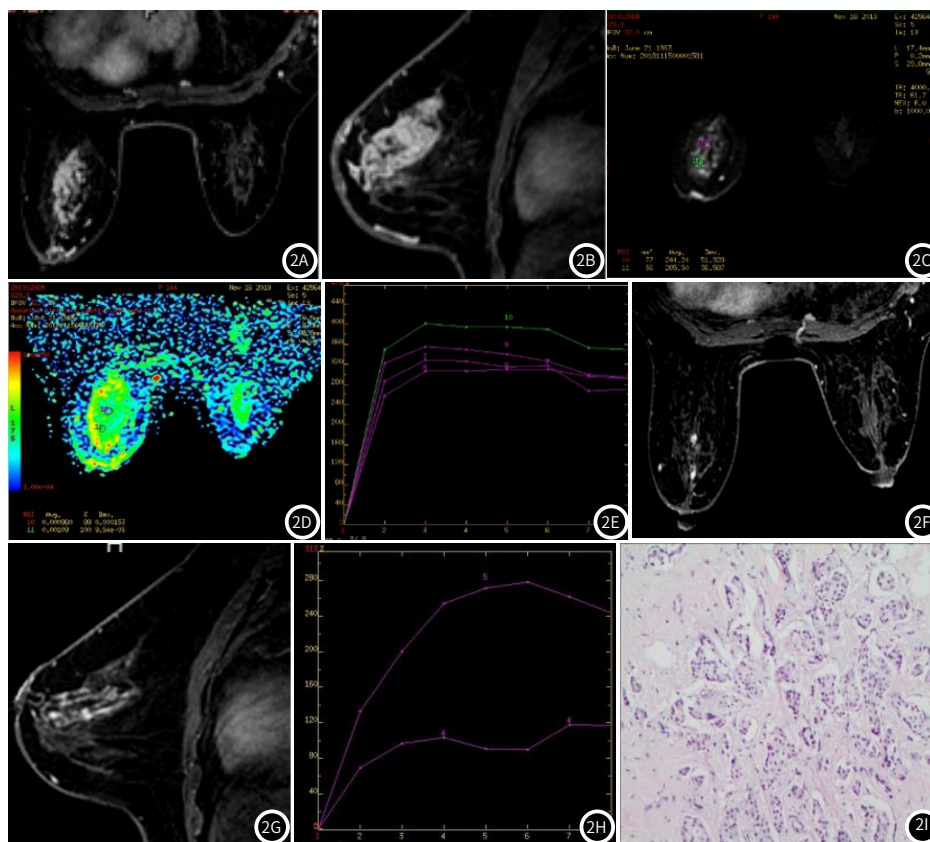


图2A~图2I 左乳浸润性导管癌NAC治疗前后MRI扫描图像对比; 图2A、2B, 分别为MRI增强轴位、矢状位; 图2C, DWI序列; 图2D, ADC值提示 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; 图2E, 时间-信号强度曲线; NAC治疗后, 图2F、2G, NAC治疗后轴位、矢状位; 图2H为时间-信号强度曲线, 图2I为病理检查。

3 讨论

随着现代药物的更迭及靶向治疗药物普及, 乳腺癌NAC治疗后pCR率较以往有显著的提升, 在保障患者预后中有积极影响^[7]。研究显示, pCR对乳腺癌患者治疗方案选择有重要意义, 对经NAC治疗后病灶达到pCR者, 而考虑暂不实行乳房根治手术^[8]。因此, 于患者NAC采取相关方式有效评估患者pCR, 可使患者从中获益。有研究显示, DCE-MRI通过定量参数评估组织血灌注情况及血管通透性, 评判结果更趋于准确、客观^[9-11]。

血管生成是恶性肿瘤的重要特征, 与肿瘤分级、预后存在密切联系。乳腺恶性肿瘤血管密度高, 组织内有错综复杂的血管

网、血管团, 同时部分血管迂回扩张, 导致肿瘤血管血容量增大。恶性肿瘤毛细血管通透性增加, 造影剂通过毛细血管内皮深渗入到周围组织间隙量也随之增加; 良性肿瘤血管形态成熟, 微血管密度多接近于正常乳腺实质。于上述病理基础上, NAC治疗过程中的化疗药物可直接或间接影响DNA、mRNA及蛋白质的合成, 同时阻碍细胞的有丝分裂, 抑制肿瘤形成新生血管^[12]。实际上, 接受NAC治疗后, 有效者的组织病理学表现为癌细胞坏死, 血供减少, 血管通透性减低, 血流灌注降低, 血管闭塞消退, 在DCE-MRI检查中可表现为灌注参数降低^[13]。本研究中, NAC后pCR

组 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 值低于未缓解组,证实化疗有效者的乳腺癌病灶肿瘤血管数量会逐渐减少,管壁通透性、局部血流灌注降低及肿瘤强化程度也随之下降。DCE-MRI定量参数中 K^{trans} 值可反应对比剂在血管内转运到组织间隙的能力,可评估毛细血管通透性; V_e 值每单位体积组织的血管外细胞外间隙容积; K_{ep} 值为对比剂从组织间隙中转移到血管内的能力^[14]。结合以往研究分析,乳腺癌肿瘤组织内新生血管发育不完全且脆弱,新生血管缺乏完善的管壁结构,因此通透性高,这是引起 K^{trans} 、 K_{ep} 值升高的病理机制原因;NAC治疗后肿瘤组织及血管被破坏,肿瘤细胞逐渐坏死,血管外细胞间隙改变,血、氧供给减少后,血管通透性降低,对比剂反流入血量降低, K^{trans} 、 K_{ep} 值会随之降低; V_e 值可坏死及组织细胞化程度, V_e 值的增高提示肿瘤组织细胞化程度越高^[15-16]。

本次研究进一步发现TNM分期、 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 为影响pCR的危险因素,同时 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 值联合诊断可提高对pCR预测灵敏度及特异度,提示 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 值对肿瘤化疗效果及化疗后pCR情况评估有一定参考价值。以往有研究显示,DCE-MRI定量参数 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 值在治疗有效组与无效组中存在明显差异,可预测NAC治疗效果^[17]。但也有研究认为^[18],Ktrans、 K_{ep} 可评估乳腺癌NAC治疗后pCR情况,而 V_e 值并无明显预测价值,与本研究结果不一致,分析可能与 V_e 易受病变周围水肿影响,稳定性较差,或是动脉选择不同有关。本次研究的不足在于未纳入乳房假体植入者,考虑受乳腺植入物材料(含硅)的影响,脂肪抑制效果不佳,虽已有设备自带针对性压脂序列,如Silicone-Sup序列,但对于乳房假体植入背景下合并乳腺癌初诊或接受乳腺癌乳房重建术复诊者,仍然需优化扫描参数。

综上, NAC治疗前后DCE-MRI定量参数 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 值存在明显变化, 于NAC治疗后pCR患者中呈现更低水平; 通过获取DCE-MRI的影像数据, 以预测NAC治疗后pCR的可行性高, 有益于后续指导临床完善个体化治疗方案。

参考文献

- [1] 郑少燕, 林少帆, 陈少贤, 等. 乳腺癌新辅助化疗后MRI退缩模式及与病理反应的相关性探讨[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(10): 1725-1730.

- [2] 潘鑫源,李孟宇,吴佳星,等.增强磁共振成像对乳腺癌新辅助化疗后病理完全缓解的预测价值[J].中国普外基础与临床杂志,2023,30(3):320-326.
- [3] 康品,薛志伟,王伟.增强磁共振成像病灶-背景实质信号增强比预测乳腺癌新辅助化疗病理完全缓解的临床研究[J].东南大学学报:医学版,2020,39(2):184-190.
- [4] 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.
- [5] Tofts P S, Berkowitz B, Schnall M D. Quantitative analysis of dynamic Gd-DTPA enhancement in breast tumors using a permeability model[J]. Magn Reson Med, 1995, 33(4): 564-568.
- [6] Cho N, Ims A, Park I A, et al. Breast cancer: early prediction of response to neoadjuvant chemotherapy using parametric response maps for MR imaging [J]. Radiology, 2014, 272(2): 385-396.
- [7] 徐晓曦,宋琼.磁共振多征象分析对三阴性乳腺癌新辅助化疗病理完全缓解的预测价值[J].临床肿瘤学杂志,2019,24(1):71-75.
- [8] 林小慧,许梅,马捷.采用MRI评估不同分子分型乳腺癌新辅助化疗的疗效[J].中华放射学杂志,2019,53(11):1020-1024.
- [9] 薛珂,丁莹莹,李振辉,等.利用磁共振成像动态增强纹理特征预测不同分子亚型乳腺癌[J].实用放射学杂志,2020,36(8):1235-1239.
- [10] 夏林林,张寅斌,晋端,等.磁共振与超声评估乳腺癌患者新辅助化疗后病理完全缓解价值的比较[J].现代肿瘤医学,2020,28(21):3776-3779.
- [11] Tamayo Carabano D, Alvarez Perez R, de Bonilla Damia A, et al. Sentinel lymph node biopsy in N + breast cancer with conversion into No after neoadjuvant chemotherapy[J]. Revista Espanola de Medicina Nuclear e Imagen Molecular, 2019(3):140-146.
- [12] 贺春燕,张啸飞,刘兵,等.动态增强MRI预测乳腺癌新辅助化疗后病理完全缓解的准确性[J].中国临床医学影像杂志,2022,33(2):96-100.
- [13] Choi WJ, Kim HH, Cha JH, et al. Complete response on MR imaging after neoadjuvant chemotherapy in breast cancer patients: Factors of radiologic-pathologic discordance[J]. Eur J Radiol, 2019, 118: 114-121.
- [14] 杨志企,陈小风,杨佳达,等.基于动态对比增强MRI的影像组学模型预测乳腺癌新辅助化疗病理完全缓解的价值[J].中华放射学杂志,2019,53(9):547-551.
- [15] Cavallo Marincola B, Telesca M, Zaccagna F, et al. Can unenhanced MRI of the breast replace contrast-enhanced MRI in assessing response to neoadjuvant chemotherapy[J]. Acta Radiologica, 2019, 60(1): 35-44.
- [16] 万芸,黄燕,陈丽君,等.乳腺癌新辅助化疗后MR完全缓解与病理不一致的原因分析[J].临床放射学杂志,2021,40(10):1888-1894.
- [17] 张靖,宋君,徐卫云,等.MRI检查预测乳腺癌新辅助化疗后病理完全缓解的准确性分析[J].中国普外基础与临床杂志,2020,27(8):975-979.
- [18] 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：2023-08-08)

(校对编辑：翁佳鸿)

(上接第101页)

本研究尚存在一些不足：本研究为单中心、回顾性研究，本研究中样本量相对偏小，拟在以后进行多中心研究，进一步扩大研究样本量，在具备内部和外部验证集的基础上，除了诊断效能的评价之外，进行预测模型的建立和验证；在研究对象方面，为主观选取ROI，拟在今后与人工智能图像勾画相结合，达成相对客观的参数获取条件。

k_{ep} 、TTP作为DCE-MRI的定量、半定量参数,在HER2阳性的乳腺癌鉴别中表现良好,具有一定的诊断价值,且联合诊断价值更高。

参考文献

- [1] Dorling L, Carvalho S, Allen J, et al. Breast cancer risk genes-association analysis in more than 113,000 women[J]. *N Engl J Med*, 2021, 428-439.
- [2] 朱逸晖, 李婷, 胡少春. Trastuzumab deruxtecan 的临床研究进展及展望——HER2 耐药患者的新希望[J]. *中国癌症杂志*, 2021, 31 (8): 754-761.
- [3] 郭浩东, 李海歌, 李燕, 等. 基于动态增强磁共振成像对乳腺癌浸润程度的研究[J]. *临床放射学杂志*, 2022, 41 (2): 260-264.
- [4] 丁芳芳, 王巍巍, 杨素君. DCE-MRI及DWI在乳腺癌诊断及化疗效果评估中的应用[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21 (7): 90-93.
- [5] Nagasaka K, Satake H, Ishigaki S, et al. Histogram analysis of quantitative perfusion pharmacokinetic parameters on DCE-MRI: correlations with prognostic factors and molecular subtypes in breast cancer[J]. *Breast Cancer*, 2019, 26 (1): 113-124.
- [6] 丁健, 王延春, 王立章, 等. 动态对比增强磁共振成像评价肢体冷感症患者下肢肌肉微循环状况[J]. *实用放射学杂志*, 2020, (12): 1989-1993.

- [7] 徐杰, 李海歌, 朱建国, 等. 基于增强CT直方图分析在胃间质瘤的分级诊断及良恶性鉴别中的初步研究[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38 (11): 2105-2109.
- [8] 吴亚红. MRI动态增强定量参数在评估肠道克罗恩病病变活动性中的应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2017, 33 (1): 59-62.
- [9] 王倩, 刘万花, 王瑞, 等. 3.0 T动态增强MRI定量参数, 表观扩散系数与乳腺癌预后因子及分子分型的相关性[J]. 中国医学影像学杂志, 2019, 27 (7): 517-521.
- [10] 徐枚胜, 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.
- [11] 罗红兵, 王闯, 周鹏, 等. 乳腺癌DCE-MRI量化参数与组织病理相关性分析[J]. 临床放射学杂志, 2017, 36 (7): 952-957.
- [12] Monti S, Aiello M, Incoronato M, et al. DCE-MRI pharmacokinetic-based phenotyping of invasive ductal carcinoma: a radiomic study for prediction of histological outcomes[J]. Contrast Media & Molecular Imaging, 2018, 2018.
- [13] Kang SR, Kim HW, Kim HS. Evaluating the relationship between dynamic contrast-enhanced MRI (DCE-MRI) parameters and pathological characteristics in breast cancer[J]. Journal of Magnetic Resonance Imaging, 2020, 52 (5): 1360-1373.
- [14] DU S, GAO S, ZHANG L, et al. Improved discrimination of molecular subtypes in invasive breast cancer: comparison of multiple quantitative parameters from breast MRI[J]. Magnetic Resonance Imaging, 2021, 77: 148-158.
- [15] Zhou X, Gao F, Shaofeng D, et al. Radiomic features of Pk-DCE MRI parameters based on the extensive Tofts model in application of breast cancer[J]. Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine 2020, 43 (2): 517-524.

(收稿日期：2023-08-23)

(校对编辑：翁佳鸿)