

论 著 · 乳腺

DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物对乳腺癌分子分型的预测价值*

王 俊* 赫晓磊 李晓娟
马 超新疆维吾尔自治区人民医院放射影像中心
(新疆 乌鲁木齐 830001)

【摘要】目的 探究动态增强磁共振成像(DCE-MRI)定量参数联合血清肿瘤标志物对乳腺癌分子分型的预测价值。方法 回顾性选取本院2023年5月至2024年4月收治的乳腺癌患者180例资料,均行DCE-MRI检查,采用电化学发光分析仪检测肿瘤标志物;绘制ROC曲线分析DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物对乳腺癌分子分型的预测价值。结果 HER-2过表达型 K^{trans} 、 K_{ep} 和 V_e 高于Luminal A和B型($P<0.05$),三阴性 K^{trans} 均高于其他分型($P<0.05$), V_e 均低于其他分型($P<0.05$),三阴性 K_{ep} 均高于Luminal A和B型($P<0.05$)。三阴性癌胚抗原(CEA)均低于其他分型($P<0.05$),Luminal B型CEA高于Luminal A型($P<0.05$),HER-2过表达型糖类抗原15-3(CA15-3)均高于其他分型($P<0.05$)。根据ROC曲线得知, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、CEA和CA15-3联合预测Luminal A/B型的AUC为0.857,联合优于各自单独预测($Z_{联合vs K^{trans}}=2.245$, $Z_{联合vs K_{ep}}=2.325$, $Z_{联合vs V_e}=2.105$, $Z_{联合vs CEA}=2.156$, $Z_{联合vs CA15-3}=2.203$, 均 $P<0.05$); K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、CEA和CA15-3联合预测HER-2过表达型的AUC为0.820,联合优于各自单独预测($Z_{联合vs K^{trans}}=2.123$, $Z_{联合vs K_{ep}}=2.135$, $Z_{联合vs V_e}=2.204$, $Z_{联合vs CEA}=2.015$, $Z_{联合vs CA15-3}=2.164$, 均 $P<0.05$); K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、CEA和CA15-3联合预测三阴型的AUC为0.901,联合优于各自单独预测($Z_{联合vs K^{trans}}=2.232$, $Z_{联合vs K_{ep}}=2.402$, $Z_{联合vs V_e}=2.385$, $Z_{联合vs CEA}=2.246$, $Z_{联合vs CA15-3}=2.251$, 均 $P<0.05$)。结论 DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物可提高乳腺癌分子分型的预测价值,有利于患者个体化治疗。

【关键词】动态增强磁共振成像;肿瘤标志物;乳腺癌;分子分型;预测

【中图分类号】R737.9

【文献标识码】A

【基金项目】新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(2022D01C841);新疆维吾尔自治区人民医院院内项目(20230129)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.10.028

Predictive Value of Quantitative Parameters of DCE-MRI Combined with Serum Tumor Markers for Molecular Typing of Breast Cancer*

WANG Jun*, HE Xiao-lei, LI Xiao-juan, MA Chao.

Radioimaging Center, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830001, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

ABSTRACT

Objective To explore the predictive value of quantitative parameters of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) combined with serum tumor markers for molecular typing of breast cancer. **Methods** From May 2023 to April 2024, 180 patients with breast cancer admitted to our hospital were retrospectively selected, and all of them were examined by DCE-MRI. Electrochemiluminescence analyzer was applied to detect tumor markers. ROC curve was drawn to analyze the predictive value of DCE-MRI quantitative parameters combined with serum tumor markers for molecular typing of breast cancer. **Results** The K^{trans} , K_{ep} , and V_e of HER-2 overexpression type were higher than those of Luminal A type and Luminal B type ($P<0.05$), the K^{trans} of the triple negative type was higher than that of other types ($P<0.05$), V_e was lower than other types ($P<0.05$), the K_{ep} of the triple negative type was higher than that of Luminal A type and Luminal B type ($P<0.05$). The level of carcinoembryonic antigen (CEA) of the triple negative type was lower than that of other types ($P<0.05$), the CEA of Luminal B type was higher than that of Luminal A type ($P<0.05$), the carbohydrate antigen 15-3 (CA15-3) of HER-2 overexpression type was higher than that of other types ($P<0.05$). According to the ROC curve, the AUC of the combination of K^{trans} , K_{ep} , V_e , CEA, and CA15-3 in predicting Luminal A/B type was 0.857, which was better than their individual predictions ($Z_{combination vs. K^{trans}}=2.245$, $Z_{combination vs. K_{ep}}=2.325$, $Z_{combination vs. V_e}=2.105$, $Z_{combination vs. CEA}=2.156$, $Z_{combination vs. CA15-3}=2.203$, all $P<0.05$). The AUC of combination of K^{trans} , K_{ep} , V_e , CEA, and CA15-3 in predicting HER-2 overexpression type was 0.820, which was better than their individual predictions ($Z_{combination vs. K^{trans}}=2.123$, $Z_{combination vs. K_{ep}}=2.135$, $Z_{combination vs. V_e}=2.204$, $Z_{combination vs. CEA}=0.015$, $Z_{combination vs. CA15-3}=2.164$, all $P<0.05$). The AUC of combination of K^{trans} , K_{ep} , V_e , CEA, and CA15-3 in predicting the triple negative type was 0.901, which was better than their individual predictions ($Z_{combination vs. K^{trans}}=2.232$, $Z_{combination vs. K_{ep}}=2.402$, $Z_{combination vs. V_e}=2.385$, $Z_{combination vs. CEA}=2.246$, $Z_{combination vs. CA15-3}=2.251$, all $P<0.05$). **Conclusion** The quantitative parameters of DCE-MRI combined with serum tumor markers can improve the predictive value of molecular typing of breast cancer, which is conducive to individualized treatment of patients.

Keywords: Dynamic Contrast Enhanced Magnetic Resonance Imaging; Tumor Markers; Breast Cancer; Molecular Typing; Prediction

乳腺癌发病率在女性恶性肿瘤中处于第一位,死亡率居高不下,严重威胁生命安全^[1]。乳腺癌作为高度异质性肿瘤,不同的分子亚型间其生物学行为以及临床治疗效果等也会出现不同的差异,通常来说,Luminal A型在内分泌治疗时疗效较好,患者预后也较好,Luminal B型在内分泌治疗和化疗一起联合时其预后也较好,HER-2过表达型经过靶向治疗也能取得较好地疗效,三阴性具有较强的侵略性,其不良预后等为主要特征^[2-3]。因此能在早期无创并准确评估乳腺癌分子亚型可为临床医师选择合适的治疗方案,以及改善患者预后尤为重要。磁共振成像(MRI)组织分辨率高,可在多方面成像,广泛应用在乳腺癌诊断中,特别是动态增强磁共振成像(DCE-MRI)可获取肿瘤形态,识别多灶性疾病,能够较好地反映病灶和周边组织结构的关系,再通过分析DCE-MRI定量参数值的变化,从而分析乳腺癌分子分型与影像学特征方面的关系^[4-5]。然而DCE-MRI会因为操作者熟练程度等出现漏诊和误诊。肿瘤标志物癌胚抗原(CEA)、糖类抗原125(CA125)、糖类抗原15-3(CA15-3)广泛应用在乳腺癌诊断中^[6]。但目前关于DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物在乳腺癌分子分型中的研究鲜有报道,因此本研究旨在探讨DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物对乳腺癌分子分型的预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取本院2023年5月至2024年4月收治的女性乳腺癌患者180例资料,年龄35~66岁,平均(50.64±6.85)岁,其中浸润性导管癌164例,导管原位癌9例,浸润性小叶癌7例。患者均行DCE-MRI检查,其中Luminal A型33例,Luminal B型72例,HER-2过表达型36例和三阴性39例。本院伦理委员会批准本研究。

纳入标准:(1)符合乳腺癌的诊断标准^[7];经临床病理检查等确诊,(2)首次确诊为乳腺癌;(3)术前未接受放化疗治疗;(4)资料完整。排除标准:(1)重要脏器功能障碍者;(2)其他恶性肿瘤者;(3)MRI检查禁忌者;(4)MRI检查图像质量不佳者;(5)感染性疾病。

1.2 方法

【第一作者】王 俊,女,主治医师,主要研究方向:放射影像。E-mail: 13629910844@163.com

【通讯作者】王 俊

1.2.1 DCE-MRI检测方法 所有患者在入院后均使用Philips 3.0T MRI扫描仪和16通道双乳相控阵线圈。取患者俯卧位姿势，使双侧乳房悬垂在乳腺线圈内，对双侧乳腺组织和腋窝进行扫描，DCE定量灌注扫描序列称为渗透性分析序列Permeability。其中包含三个几何参数都相同(FOV、体素、层厚、层间距)的序列，小角度的T1 MAP；较大角度的T1 MAP和DYNAMIC。主要参数如下：T1 MAP 5:TR为10(3.6)ms，TE为2(1.09)ms，Flip angle(deg)5，FOV 340mm×340mm；T1 MAP 15: TR为10(3.6)ms，TE为2(1.09)ms，Flip angle(deg)15；DYNAMIC: TR为4(3.6)ms，TE为2(1.09)ms，Flip angle(deg)8(35)；前两个序列的翻转角不同，第一个序列翻转角是5°，第二个是15°。其他参数一致，翻转角不同，通过两次扫描，可以快速计算出组织的

T1 mapping。DYNAMIC为动态增强序列，一般至少扫描20~60期，第4-5期开始打药，每期小于5s。对比剂用量为0.2mL/kg，流速4~5mL/s。

图像数据分析：将渗透性分析的这组序列(3个)选中。点击右键，采用通过ISP工作站中的MR Permeability软件来处理DCE-MRI中的数据，由2名放射科医师对图像采用双盲法进行评估，选取肿瘤最大层面，然后在肿瘤区域及瘤旁组织内分别选取5个大小为20像素点的感兴趣区，通过监测ROI内对比剂的时间-信号强度变化特点，结合适当的药代动力学模型，计算出具有生理意义的定量增强参数，根据Cardenas-Rodriguez模型，计算感兴趣区转运常数(K^{trans})、反流速率常数(K_{ep})和血管外细胞外容积分数(V_e)。典型图示见图1。

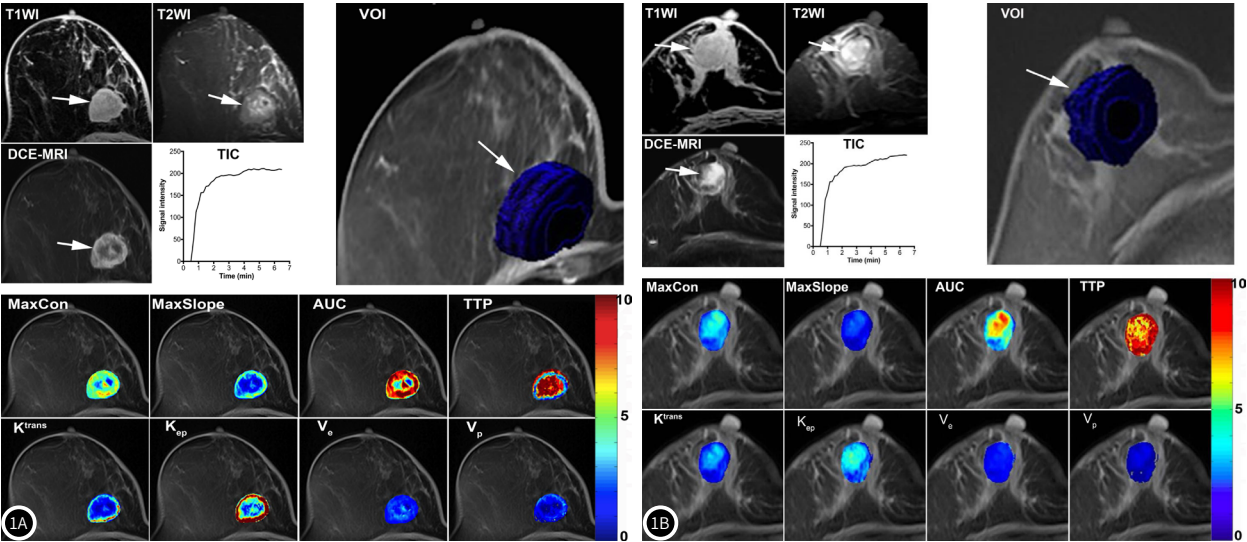


图1A ~ 1B 典型图示。

1.2.2 血清CEA、CA125和CA15-3的检测 收集入选者静脉血(空腹)5 mL，离心后取上清液采用电化学发光分析仪(罗氏Cobase 602型)检测血清CEA、CA125和CA15-3(试剂盒和配套仪器由罗氏公司提供)。

1.2.3 乳腺癌分子分型的判断^[8] 术后对乳腺癌组织进行免疫组化分析，然后检测雌激素受体(ER)、孕激素受体(PR)和人类表皮生长因子受体2(HER-2)和细胞核增殖指数(Ki-67)，根据其表达情况将乳腺癌分为4种亚型，其中Luminal A型[ER、PR阳性，HER-2阴性，Ki-67低表达(<14%)], Luminal B型[ER、PR、HER-2均为阳性，Ki-67高表达(≥14%)], HER-2过表达型(ER、PR为阴性，HER-2为阳性，Ki-67任意表达)和三阴性(ER、PR、HER-2为

阴性，Ki-67任意表达)。

1.3 统计学处理 SPSS 25.0软件处理数据。计量数据均经过Shapiro-Wilk正态性检验，符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，采用t检验；多组间比较采用单因素方差分析，组间两两比较采用SNK-q检验；计数资料行 χ^2 检验，用n表示；绘制ROC曲线分析DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物对乳腺癌分子分型的预测价值，以 $P < 0.05$ 表示有差异。

2 结 果

2.1 不同分子分型一般资料的比较 由表1可知，不同分子分型患者一般资料比较无差异($P > 0.05$)。

表1 不同分子分型一般资料的比较

参数	Luminal A型 (n=33)	Luminal B型 (n=72)	HER-2过表达型 (n=36)	三阴性 (n=39)	F/ χ^2	P
年龄(岁)					1.655	0.647
≤50	20(60.61)	35(48.61)	17(47.22)	19(48.72)		
>50	13(39.39)	37(51.39)	19(52.78)	20(51.28)		
月经情况					0.339	0.952
绝经	15(45.45)	34(47.22)	15(41.67)	17(43.59)		
未绝经	18(54.55)	38(52.78)	21(58.33)	22(56.41)		
肿瘤直径(cm)					1.400	0.706
<2	19(57.58)	35(48.61)	16(44.44)	18(46.15)		
≥2	14(42.42)	37(51.39)	20(55.56)	21(53.85)		
肿瘤形态					1.045	0.790

规则	15(45.45)	32(44.44)	13(36.11)	15(38.46)		
不规则	18(54.55)	40(55.56)	23(63.89)	24(61.54)		
TNM分期					0.570	0.903
I~II期	27(81.82)	59(81.94)	30(83.33)	34(87.18)		
III~IV期	6(18.18)	13(18.06)	6(16.67)	5(12.82)		
病理分级					5.141	0.162
低级别	19(57.58)	35(48.61)	12(33.33)	15(38.46)		
高级别	14(42.42)	37(51.39)	24(66.67)	24(61.54)		
淋巴结转移					1.743	0.627
有	12(36.36)	35(48.61)	18(50.00)	19(48.72)		
无	21(63.64)	37(51.39)	18(50.00)	20(51.28)		
肿瘤边缘					0.163	0.983
清楚	13(39.39)	31(43.06)	15(41.67)	17(43.59)		
模糊	20(60.61)	41(56.94)	21(58.33)	22(56.41)		
肿瘤强化方式					1.170	0.760
均匀	18(54.55)	38(52.78)	16(44.44)	18(46.15)		
不均匀	15(45.45)	34(47.22)	20(55.56)	21(53.85)		

2.2 不同分子亚型DCE-MRI参数的比较 由表2可知, HER-2过表达型 K^{trans} 、 K_{ep} 和 V_e 高于Luminal A和B型($P<0.05$), 三阴性 K^{trans} 均高于其他分型($P<0.05$), V_e 均低于其他分型($P<0.05$), 三阴性 K_{ep} 均高于Luminal A和B型($P<0.05$)。

2.3 不同分子亚型血清肿瘤标志物的比较 由表3可知, 三阴性CEA均低于其他分型($P<0.05$), Luminal B型CEA高于Luminal A型($P<0.05$), HER-2过表达型CA15-3均高于其他分型($P<0.05$)。

2.4 DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物对乳腺癌分子分型的预测价值 根据ROC曲线得知, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、CEA和CA15-3预测Luminal A/B型的AUC为0.739、0.763、0.574、0.663、0.645, 联合预测Luminal A/B型的AUC为0.857, 联合优于各自单独预测($Z_{联合vs K^{trans}}=2.245$ 、 $Z_{联合vs K_{ep}}=2.325$ 、 $Z_{联合vs V_e}=2.105$ 、 $Z_{联合vs CEA}=2.156$ 、 $Z_{联合vs CA15-3}=2.203$, P 均 <0.05); K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、CEA和CA15-3预测HER-2过表达型的AUC为0.650、0.689、0.733、0.604、0.674, 联合预测HER-2过表达型的AUC为0.820, 联合优于各自单独预测($Z_{联合vs K^{trans}}=2.123$ 、 $Z_{联合vs K_{ep}}=2.135$ 、 $Z_{联合vs V_e}=2.204$ 、 $Z_{联合vs CEA}=2.015$ 、 $Z_{联合vs CA15-3}=2.164$, P 均 <0.05); K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、CEA和CA15-3预测三阴型的AUC为0.693、0.789、0.767、0.647、0.699, 联合预测三阴型的AUC为0.901, 联合优于各自单独预测($Z_{联合vs K^{trans}}=2.232$ 、 $Z_{联合vs K_{ep}}=2.402$ 、 $Z_{联合vs V_e}=2.385$ 、 $Z_{联合vs CEA}=2.246$ 、 $Z_{联合vs CA15-3}=2.251$, P 均 <0.05); 见图2~4、表4。

表2 不同分子亚型DCE-MRI参数的比较

组别	例数	$K^{trans}(\text{min}^{-1})$	$K_{ep}(\text{min}^{-1})$	V_e
Luminal A型	33	1.17 ± 0.32	2.14 ± 0.23	0.56 ± 0.05
Luminal B型	72	1.18 ± 0.36	2.23 ± 0.27	0.54 ± 0.06
HER-2过表达型	36	1.46 ± 0.42^{ab}	3.08 ± 0.42^{ab}	0.61 ± 0.08^{ab}
三阴性	39	1.79 ± 0.48^{abc}	2.98 ± 0.45^{ab}	0.48 ± 0.04^{abc}
F	-	23.734	85.551	30.835
P	-	<0.001	<0.001	<0.001

注: 与Luminal A型相比, ^a $P<0.05$; 与Luminal B型比, ^b $P<0.05$; 与HER-2过表达型比, ^c $P<0.05$; 下表同。

表3 不同分子亚型血清肿瘤标志物的比较

组别	例数	CEA(ng/mL)	CA125(U/mL)	CA15-3(U/mL)
Luminal A型	33	5.42 ± 0.67	14.46 ± 2.45	18.79 ± 4.02
Luminal B型	72	6.10 ± 1.12^a	14.12 ± 2.01	19.22 ± 5.12
HER-2过表达型	36	5.67 ± 0.78	14.05 ± 2.64	33.24 ± 7.21^{ab}
三阴性	39	3.90 ± 0.51^{abc}	14.98 ± 2.71	21.05 ± 4.02^c
F	-	54.759	1.342	66.554
P	-	<0.001	0.262	<0.001

表4 DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物对乳腺癌分子分型的预测价值

项目	AUC	95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	截断值
Luminal A/B型					
K^{trans}	0.739	0.664~0.815	61.25	65.74	$1.245(\text{min}^{-1})$
K_{ep}	0.763	0.682~0.844	74.25	73.25	$2.368(\text{min}^{-1})$
V_e	0.574	0.488~0.659	63.24	63.24	0.572
CEA	0.663	0.583~0.742	65.49	62.37	$5.549(\text{ng/mL})$
CA15-3	0.645	0.561~0.730	66.37	58.67	$20.349(\text{U/mL})$
联合检测	0.857	0.798~0.916	83.45	59.64	-
HER-2过表达型					
K^{trans}	0.650	0.530~0.770	63.24	64.48	$1.348(\text{min}^{-1})$
K_{ep}	0.689	0.589~0.790	65.37	63.24	$2.806(\text{min}^{-1})$
V_e	0.733	0.620~0.845	68.52	62.13	0.581
CEA	0.604	0.512~0.696	64.57	54.38	$5.412(\text{ng/mL})$
CA15-3	0.674	0.568~0.780	66.37	59.34	$26.578(\text{U/mL})$
联合检测	0.820	0.734~0.907	84.26	58.10	-
三阴性					
K^{trans}	0.693	0.609~0.777	62.45	62.85	$1.648(\text{min}^{-1})$
K_{ep}	0.789	0.705~0.874	72.31	63.48	$2.698(\text{min}^{-1})$
V_e	0.767	0.677~0.857	74.68	62.05	0.516
CEA	0.647	0.552~0.742	63.45	59.64	$4.128(\text{ng/mL})$
CA15-3(U/mL)	0.699	0.614~0.785	65.98	59.27	19.224
联合检测	0.901	0.853~0.948	86.57	58.34	-

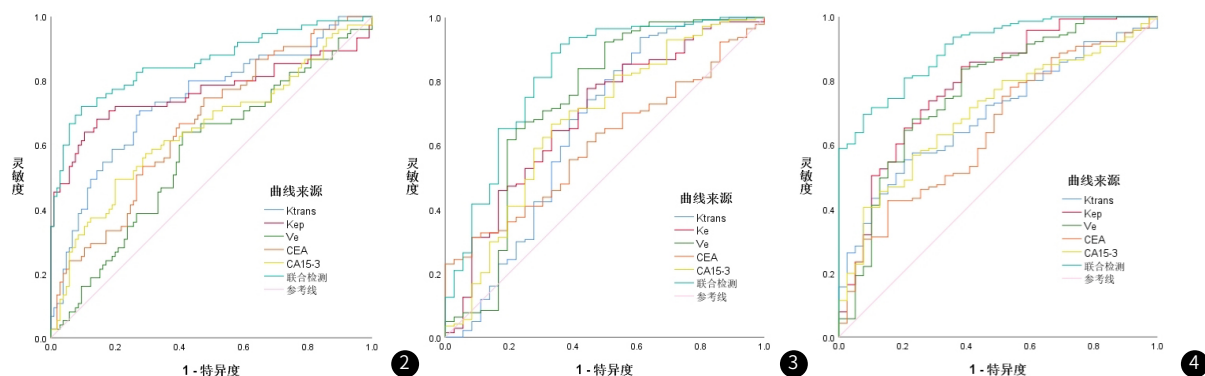


图2 DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物对Luminal A/B型的预测价值。图3 DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物对HER-2过表达型的预测价值。图4 DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物对三阴型的预测价值。

3 讨论

乳腺癌早期症状主要为乳房出现肿块等，然而在晚期会因为癌细胞发生远处转移而导致多器官出现病变，已成为全球第一大恶性肿瘤^[9]。乳腺癌也是最早建立分子分型的恶性肿瘤，因其转移率高，因此在临床根据ER、PR等因子的表达来将病理类型分为4种，在术前获取分型可及时调整治疗方案以及评估患者疗效等^[10-11]。免疫组化是判断乳腺癌分子分型的常规方法，但在术前病理活检组织检查时存在局限性(为有创性检查，重复性低)^[12]，因此在临床寻找能在早期无创检测的方法对改善患者预后十分关键。

DCE-MRI是一种无创灌注的成像方法，在得到肿瘤的血流动力学后可评估微血管灌注以及病灶的形态学特征，有利于肿瘤的定性^[13]。注入造影剂后比对前后图像，可反映出病变组织的生理性变化，还能够获得病变学特征^[14]。有研究发现DCE-MRI定量参数可对乳腺癌分子分型进行鉴别^[15]。DCE-MRI定量分析可计算病灶范围的增强参数值，从而评估病灶中微血管灌注和血流分布， K^{trans} 可反映肿瘤局部微血管的渗透性，以及肿瘤的血供情况， K_{ep} 可直接反映肿瘤对组织的破坏，预测肿瘤血管新生， V_e 主要以血管外细胞外间隙表示，当肿瘤恶性程度高时其会变小^[16-17]。本研究结果显示，HER-2过表达、三阴型中 K^{trans} 、 K_{ep} 较高， V_e 在三阴型中最低，而HER-2过表达型最高，因为三阴型和HER-2过表达型中新生血管较为丰富，微血管灌注也更为明显，血管壁渗透性高，说明DCE-MRI参数在鉴别分子分型具有可行性。进一步研究发现 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 预测Luminal A/B型的AUC为0.739、0.763、0.574，预测HER-2过表达型的AUC为0.650、0.689、0.733，预测三阴型的AUC为0.693、0.789、0.767，说明其能较为准确的预测乳腺癌分子分型。然而因为个体差异以及操作者技术等可能出现误差，因此需联合血清指标进行更为准确的预测。CEA是一种酸性糖蛋白，也属于癌细胞膜结构蛋白，主要存在于肿瘤细胞表面，在肿瘤细胞分化时会大量分泌，从细胞膜进入体液中从而导致表达上调^[18]，CA15-3在多种上皮细胞的黏膜表面表达，能够影响细胞黏附和细胞间相互作用，从而导致癌细胞的侵袭和转移^[19]。有研究发现CEA和CA15-3在乳腺癌分子分型中存在差异^[20]。本研究结果显示，三阴型CEA均低于其他分型，HER-2过表达型CA15-3均高于其他分型，说明CEA和CA15-3与乳腺癌分子分型有关，而且CA15-3在HER-2过表达型较高，推断CA15-3升高时可能是HER-2过表达型。CEA和CA15-3预测Luminal A/B型的AUC为0.663、0.645，预测HER-2过表达型的AUC为0.604、0.674，预测三阴型的AUC为0.647、0.699，说明其可对乳腺癌不同分子分型进行预测。 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、CEA和CA15-3联合预测Luminal A/B型的AUC为0.857，HER-2过表达型的AUC为0.820，预测三阴型的AUC为0.901，联合均优于各自单独预测，说明联合检测可提高对乳腺癌分子分型的预测价值，为临床医师优化治疗方案提供参考。

综上所述，DCE-MRI定量参数联合血清肿瘤标志物可提高乳腺癌分子分型的预测价值，有利于患者个体化治疗。本研究尚存在局限性(如样本量较少，为单中心研究)，后续将扩大样本量进一步验证。

参考文献

- [1] 牛巧霞, 张小艳. 超声造影定量参数对乳腺癌疾病分期的诊断价值探讨[J]. 罕少疾病杂志, 2024, 31(9): 67-69, 73.
- [2] 施维, 夏威, 黄敏, 等. 基于超声和临床特征决策树模型预测乳腺癌分子亚型[J]. 肿瘤影像学, 2022, 31(3): 249-257.
- [3] Łukasiewicz S, Czezelewski M, Forma A, et al. Breast cancer-epidemiology, risk factors, classification, prognostic markers, and current treatment strategies-an updated review[J]. Cancers (Basel), 2021, 13(17): 4287-42891.
- [4] 曾政, 张玉青, 方茜. 乳腺钼靶X线联合MRI在触诊阴性乳腺癌诊断中的临床价值[J]. 罕少疾病杂志, 2024, 31(1): 71-72.
- [5] 高雅, 许永生, 冯雯, 等. 动态增强MRI定量参数及其直方图在乳腺癌中的研究进展[J]. 中国介入影像与治疗学, 2021, 18(3): 183-186.
- [6] 陈春妙, 林桂涵, 毛卫波, 等. 双能量CT联合肿瘤标志物对乳腺癌分子分型的预测价值[J]. 温州医科大学学报, 2023, 53(08): 643-650.
- [7] 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.
- [8] Zhao M, Fu K, Zhang L, et al. Intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging for breast cancer: a comparison with benign lesions and evaluation of heterogeneity in different tumor regions with prognostic factors and molecular classification[J]. Oncol Lett, 2018, 16(4): 5100-5112.
- [9] 白玲娇, 陈小军, 王婷. 乳腺癌超声弹性成像评分与免疫组化指标表达水平相关性分析[J]. 陕西医学杂志, 2021, 50(10): 1239-1241, 1245.
- [10] 冯源, 兰晓莉, 张永学. 分子影像学用于早期诊断乳腺癌及其分子分型进展[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(7): 1086-1089.
- [11] Joint Head and Neck Radiation Therapy-MRI Development Cooperative, Mohamed ASR, He R, et al. Quantitative dynamic contrast-enhanced MRI identifies radiation-induced vascular damage in patients with advanced osteoradionecrosis: results of a prospective study[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2020, 108(5): 1319-1328.
- [12] 李晏, 郑晓林, 刘碧华, 等. MRI动态增强定量参数对乳腺非肿块样强化良恶性病变的鉴别诊断价值[J]. 海南医学, 2020, 31(10): 1283-1287.
- [13] Cristel G, Esposito A, Damascelli A, et al. Can DCE-MRI reduce the number of PI-RADS v.2 false positive findings? Role of quantitative pharmacokinetic parameters in prostate lesions characterization[J]. Eur J Radiol, 2019, 118(1): 51-57.
- [14] Wang Q, Le D, Yuan Y, et al. Accuracy of magnetic resonance imaging texture analysis in differentiating low-grade from high-grade gliomas: systematic review and meta-analysis[J]. BMJ open, 2019, 9(9): 27144-27153.
- [15] 谢飞跃, 林竹强, 张庭庭. MRI定量参数对不同乳腺癌分子亚型的鉴别诊断价值研究[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(12): 1976-1981.
- [16] 马永刚, 张堃, 黄斌, 等. 动态对比增强和扩散加权成像的多参数MRI模型预测乳腺癌肿瘤血管新生的价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2022, 21(4): 443-446.
- [17] 王志远, 吴海龙, 李淑豪, 等. IVIM-DWI与DCE-MRI定量参数鉴别乳腺良性肿瘤的对照研究[J]. 放射学实践, 2021, 36(12): 1514-1519.
- [18] Shindo K, Ohuchida K, Moriyama T, et al. A rare case of PSA-negative metastasized prostate cancer to the stomach with serum CEA and CA19-9 elevation: a case report[J]. Surg Case Rep, 2020, 6(1): 303-309.
- [19] Araz M, Beyppinar I, Kazan S, et al. Are preoperative serum CA15-3 levels different in breast cancer subgroups? [J]. Current Problems in Cancer, 2019, 43(2): 115-122.
- [20] 成祥君, 杨璐, 张伟, 等. 不同分子分型乳腺癌血清肿瘤标志物的表达差异与肿瘤复发转移的影响因素[J]. 临床检验杂志, 2019, 37(12): 893-896.

(收稿日期: 2024-05-28)

(校对编辑: 韩敏求、翁佳鸿)