

论 著

DCE-MRI和DWI检查对浸润性乳腺癌患者分子亚型及腋窝淋巴结转移的诊断价值*

阿迪力·阿布来提¹ 邱 娅^{1,*}赛丽丹·穆太力甫¹阿不都艾尼·图尔逊²亚森·依米提¹阿不都克尤木·阿不拉¹

1.喀什地区第一人民医院影像中心

2.喀什地区第一人民医院乳腺甲状腺外科

(新疆喀什 844000)

【摘要】目的 探究动态增强磁共振成像(DCE-MRI)和扩散加权成像(DWI)检查对浸润性乳腺癌患者分子亚型及腋窝淋巴结转移的诊断价值。**方法** 选取2022年1月至2023年12月经病理检查证实为浸润性乳腺癌患者110例,入院后均行DCE-MRI和DWI检查,根据免疫组化结果分为Luminal A型组、Luminal B型组、HER2过表达型组和三阴性型组,分别有16例、59例、17例和18例;根据腋窝淋巴结转移情况分为阳性组和阴性组,分别有63例和47例。比较各组影像学参数,绘制受试者工作特征(ROC)曲线评价DCE-MRI和DWI特征参数对患者分子亚型及腋窝淋巴结转移的诊断价值。**结果** 不同分子亚型患者表现弥散系数(ADC)、容量转移常数(K^{trans})和速率常数(K_{ep})的比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),而血管外细胞间隙容积比(V_e)的比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。其中三阴性型患者ADC低于其他亚型, K^{trans} 高于其他亚型, K_{ep} 高于Luminal A型、Luminal B型组;HER2过表达型 K^{trans} 和 K_{ep} 高于Luminal A型、Luminal B型组;Luminal B型组 K^{trans} 和 K_{ep} 高于Luminal A型组($P < 0.05$); K^{trans} 和 K_{ep} 联合对Luminal A型、Luminal B型组、HER2过表达型鉴别诊断AUC最大[0.878(0.813~0.942)、0.855(0.783~0.927)、0.922(0.862~0.982)],ADC、 K^{trans} 和 K_{ep} 联合对三阴性型的鉴别诊断AUC最大[0.941(0.884~0.998)]。阳性组患者ADC低于阴性组, K^{trans} 和 K_{ep} 高于阴性组($P < 0.05$),但两组 V_e 值的比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);ADC、 K^{trans} 和 K_{ep} 联合对浸润性乳腺癌患者腋窝淋巴结转移的预测AUC最大[0.934(0.875~0.992)]。**结论** DCE-MRI联合DWI检查对浸润性乳腺癌患者分子亚型及腋窝淋巴结转移具有较高的定量诊断价值。

【关键词】 动态增强磁共振成像; 扩散加权成像; 浸润性乳腺癌; 分子亚型; 腋窝淋巴结转移

【中图分类号】R445.2

【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(2022D01F101)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.028

Diagnostic of DCE-MRI and DWI in Molecular Subtypes and Axillary Lymph Node Metastasis in Patients with Invasive Breast Cancer*

Adili ABULAITI¹, QIU Ya^{1,*}, Sailidan MUTAILIFU¹, Abudouaini TUERSUN², Yasen YIMITI¹, Abudoukeyoumu ABULA¹.

1.Imaging Center, the First People's Hospital of Kashi, Kashi 844000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

2.Department of Breast and Thyroid Surgery, the First People's Hospital of Kashi, Kashi 844000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic value of DCE-MRI and DWI in molecular subtypes and axillary lymph node metastasis in patients with invasive breast cancer. **Methods** A total of 110 patients with invasive breast cancer confirmed by pathological examination were enrolled between January 2022 and December 2023, and all underwent DCE-MRI and DWI examinations after admission. According to the results of immunohistochemistry, patients were divided into Luminal A group (16 cases), Luminal B group (59 cases), HER2 overexpression group (17 cases) and triple-negative group (18 cases). According to presence or absence of axillary lymph node metastasis, patients were divided into positive group (63 cases) and negative group (47 cases). The imaging parameters in different groups were compared. The diagnostic value of DCE-MRI and DWI characteristic parameters in molecular subtypes and axillary lymph node metastasis was evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results** There were significant differences in ADC, K^{trans} and K_{ep} among patients with different molecular subtypes ($P < 0.05$), but there was no significant difference in extravascular extracellular space distribute volume per unit tissue volume (V_e) among them ($P > 0.05$). ADC in patients with triple-negative was lower than that with the other subtypes, K^{trans} was higher than that with the other subtypes, and K_{ep} was higher than that in Luminal A group and Luminal B group. K^{trans} and K_{ep} in HER2 overexpression group were higher than those in Luminal A group and Luminal B group. K^{trans} and K_{ep} in Luminal B group were higher than those in Luminal A group ($P < 0.05$). AUC of K^{trans} combined with K_{ep} was the greatest for differential diagnosis of Luminal A, Luminal B, and HER2 overexpression [0.878 (0.813~0.942), 0.855 (0.783~0.927), and 0.922 (0.862~0.982)]. AUC of ADC combined with K^{trans} and K_{ep} was the greatest for differential diagnosis of triple-negative [0.941 (0.884~0.998)]. ADC in positive group was lower than that in negative group, K^{trans} and K_{ep} were higher than those in negative group ($P < 0.05$), but there was no significant difference in V_e between the two groups ($P > 0.05$). AUC of ADC combined with K^{trans} and K_{ep} was the greatest for predicting axillary lymph node metastasis [0.934 (0.875~0.992)]. **Conclusion** DCE-MRI combined with DWI has high value in quantitative diagnosis of molecular subtypes and axillary lymph node metastasis in patients with invasive breast cancer.

Keywords: Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging; Diffusion-Weighted Imaging; Invasive Breast Cancer; Molecular Subtype; Axillary Lymph Node Metastasis

乳腺癌是女性高发癌症,是导致女性癌症患者死亡的首要因素^[1]。此病具有高度异质性,包括Luminal A型、Luminal B型、HER2过表达型和三阴性型4种临床亚型,不同分子亚型临床特点、治疗及预后各有不同^[2]。治疗过程中,腋窝淋巴结状态是影响患者预后的重要因素^[3]。因此,准确判断乳腺癌分子亚型及腋窝淋巴结状态有助于制定精准质量方案,改善患者预后。目前,分子亚型及腋窝淋巴结状态的评估均需要采集病理组织活检,但此法具有局限性,可能因取材不充分而无法获取完整的肿瘤异质性信息,影响后续治疗。影像学技术在乳腺癌的评估中具有重要价值,既能显现病变整体特征,还能实现动态观察;其中磁共振成像(MRI)在乳腺癌评估中有显著优势,其对软组织分辨率高,无辐射风险,而且成像序列丰富能够功能成像^[4]。近年来,成像技术对乳腺癌的定量分析成为研究热点,可鉴别乳腺病变性质及乳腺癌组织学分级,还可预测疗效及预后等^[5-7]。基于此,本研究拟收集浸润性乳腺癌患者病历资料进行回顾性分析,观察动态增强磁共振成像(DCE-MRI)和扩散加权成像(DWI)定量参数对其分子亚型及腋窝淋巴结转移的评估价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年1月至2023年12月经病理检查证实为浸润性乳腺癌患者(110例)的临床资料进行回顾性分析。纳入患者均为女性,年龄27~74岁,平均(60.52±9.45)岁。

纳入标准:经病理检查证实为浸润性乳腺癌^[8];接受DCE-MRI和DWI检查,图像质量满意;年龄18~80岁;首次发病;临床资料完善。排除标准:合并其他恶性肿瘤;既往乳腺手术、放疗等治疗史;存在MRI检查禁忌证;MRI检查与病理检查间隔时间超过1周;伴有严重心肝肾功能异常;存在精神疾病或认知功能障碍,拒绝配合检查;处

【第一作者】阿迪力·阿布来提,男,副主任医师,主要研究方向:中枢神经系统疾病及人工智能相关的研究。E-mail: adil0721@163.com

【通讯作者】邱 娅,女,副主任医师,主要研究方向:人工智能及乳腺疾病。E-mail: adil0721@163.com

于妊娠或哺乳期。

1.2 检查方法 叮嘱患者在经期结束后7~14 d入院检查,采用1.5 T磁共振扫描仪(德国Siemens公司),扫描序列包括T2WI、T1WI、DWI和DCE,具体扫描参数见表1。其中DWI扫描中b值取

0、1000 s/mm²,完成后行DCE扫描,图像共50期,前2期蒙片扫描后,采用高压注射注入0.1 mmol/kg 16Gd-DTPA-BMA对比剂(美国GE healthcare公司),速率为3.5 mL/s,再用20 mL生理盐水冲洗静脉通道,动态增强总采集时间为5 min25 s。

表1 MRI扫描序列参数

序列	TR(ms)	TE(ms)	FOV(mm ²)	层厚(mm)	层间距(mm)	矩阵	激励次数	脂肪抑制
T2WI压脂	3920	68	350×350	5	0	512×512	1	是
T1WI	6.86	2.39	360×360	2	0.1	512×512	1	是
DWI	2769.59	61.7	350×350	4	2	256×256	3	是
DCE	4.87	2.4	380×380	3	1.5	256×256	2	

1.3 数据采集分析 将采集图像输入影像工作站,由2名3年以上乳腺诊断经验的医师未知病理结果的情况下,勾画感兴趣区域

(ROI),计算表观弥散系数(ADC)、容量转移常数(K^{trans})、速率常数(K_{ep})和血管外细胞间隙容积比(V_e)。

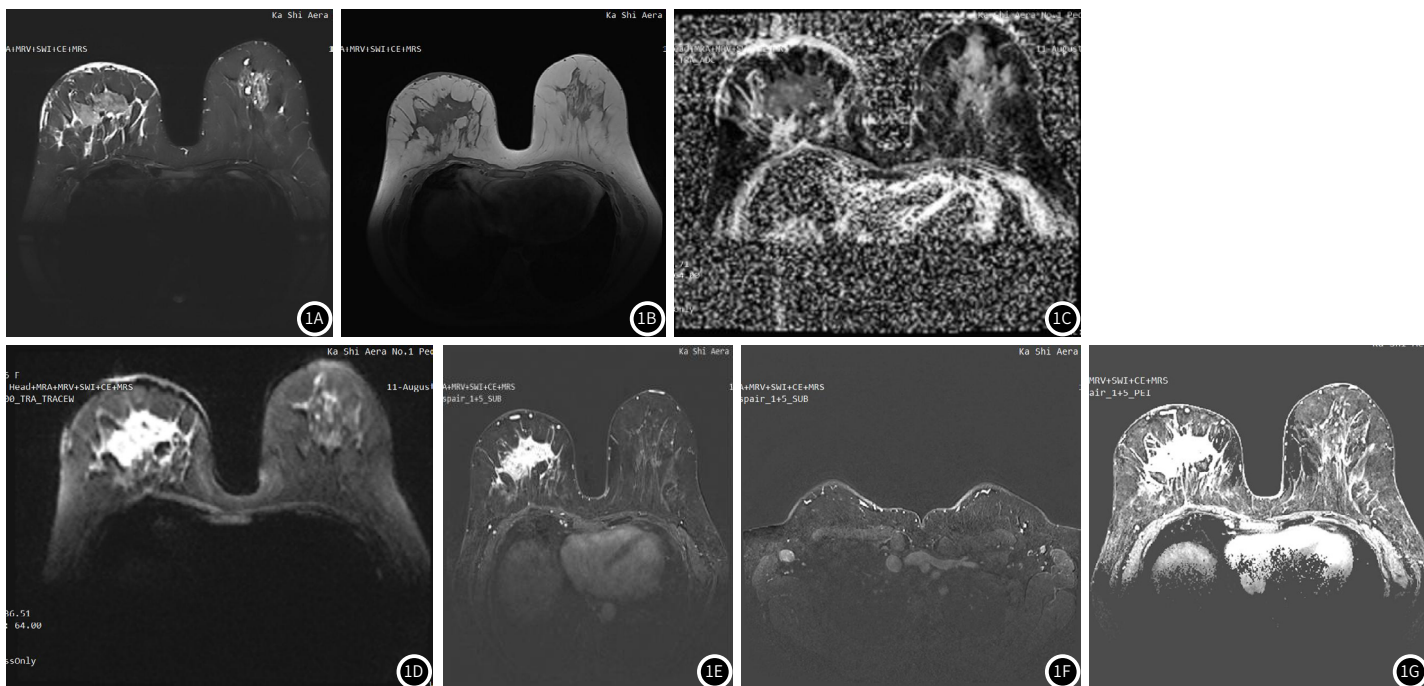


图1 患者MRI扫描图,女性患者,38岁,Luminal A型(右侧)。图1A: T2WI压脂图显示病灶呈不规则等高信号表现,边缘毛刺,右侧乳头内陷,乳晕皮肤增厚;图1B: T1WI图显示病灶呈不规则稍低信号表现;图1C: DWI图显示病灶呈高信号表现;图1D: ADC图显示低值扩散受限表现;图1E: DCE-MRI扫描病灶呈中度不均匀强化;图1F: 右侧腋窝淋巴结转移;图1G: 右侧乳腺导管走行区条片状异常强化灶。

1.4 患者分组 参照St.Gallen国际乳腺癌会议制定标准^[9],根据免疫组化结果分为Luminal A型组、Luminal B型组、HER2过表达型组和三阴性型组,分别有16例、59例、17例和18例;采用常规苏木素-伊红染色法判断腋窝淋巴结是否发生转移,根据腋窝淋巴结转移情况,分为阳性组和阴性组,分别有36例和74例。

1.5 统计学方法 用软件SPSS 26.0处理,正态计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,比较采用单因素方差分析、t检验;计数资料以率(%)表示,采用 χ^2 检验。采用组内相关系数(ICC)进行一致性评价;绘制受试者工作特征(ROC)曲线评价DCE-MRI和DWI特征参数对患者分子亚型及腋窝淋巴结转移的诊断价值,曲线下面积(AUC)采用De-long法检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 影像学特征提取的一致性分析 两名医师提取的影像学特征组间ICC为0.854(0.742~0.927),组内ICC为0.891(0.780~0.945),提示一致性良好。

2.2 不同分子亚型患者临床资料比较 不同分子亚型患者年龄、

绝经状态、体重指数及腋窝淋巴结转移资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$,表2)。

2.3 不同分子亚型患者MRI影像学参数比较 三阴性型患者ADC低于其他亚型,K^{trans}高于其他亚型,K_{ep}高于Luminal A型、Luminal B型组;HER2过表达型K^{trans}和K_{ep}高于Luminal A型、Luminal B型组;Luminal B型组K^{trans}和K_{ep}高于Luminal A型组($P<0.05$,表3)。

2.4 DCE-MRI联合DWI对浸润性乳腺癌患者分子亚型的鉴别诊断价值 ROC曲线分析显示,K^{trans}、K_{ep}在Luminal A型、Luminal B型、HER2过表达型的鉴别中均有一定诊断价值,二者联合诊断价值更高($P<0.05$);ADC、K^{trans}、K_{ep}在三阴性型的鉴别中均有一定诊断价值,三者联合诊断价值更高($P<0.05$,图2、表4)。

2.5 不同腋窝淋巴结转移情况患者临床资料比较 不同腋窝淋巴结转移情况患者年龄、绝经状态及体重指数资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$,表5)。

2.6 不同腋窝淋巴结转移情况患者MRI影像学参数比较 阳性组患者ADC低于阴性组,K^{trans}和K_{ep}高于阴性组($P<0.05$),但两组

V_e 值的比较, 差异无统计学意义($P>0.05$, 表6)。

2.7 DCE-MRI联合DWI对浸润性乳腺癌患者腋窝淋巴结转移的预

测价值 ROC曲线分析显示, ADC、 K^{trans} 、 K_{ep} 对患者腋窝淋巴结转移均有一定预测价值, 三者联合价值更高($P<0.05$, 图3、表7)。

表2 不同分子亚型患者临床资料比较

组别	年龄(岁)	绝经状态		体重指数(kg/m ²)	淋巴结转移	
		绝经	未绝经		阳性	阴性
Luminal A型组(n=16)	59.37±8.37	6(37.50)	10(62.50)	23.51±3.19	3(18.75)	13(81.25)
Luminal B型组(n=59)	61.42±10.25	38(64.41)	21(35.59)	23.27±2.86	20(33.90)	39(66.10)
HER2过表达型组(n=17)	58.26±9.61	7(41.18)	10(58.82)	23.84±3.36	7(41.18)	10(58.82)
三阴性型组(n=18)	60.73±8.80	9(50.00)	9(50.00)	22.62±3.04	6(33.33)	12(66.67)
F或 χ^2	5.565	2.011				
P	0.135	0.570				

表3 不同分子亚型患者MRI影像学参数比较

组别	ADC($\times 10^{-3}/\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	$K^{trans}(\text{min}^{-1})$	$K_{ep}(\text{min}^{-1})$	V_e
Luminal A型组(n=16)	1.14±0.20	0.77±0.13	1.10±0.16	0.81±0.15
Luminal B型组(n=59)	1.10±0.17	0.93±0.21 ^a	1.22±0.13 ^a	0.85±0.13
HER2过表达型组(n=17)	1.08±0.18	1.51±0.31 ^{ab}	1.72±0.21 ^{ab}	0.83±0.16
三阴性型组(n=18)	0.85±0.15 ^{abc}	1.89±0.35 ^{abc}	1.77±0.23 ^{ab}	0.82±0.13
F	11.088	94.630	88.734	0.484
P	<0.001	<0.001	<0.001	0.694

注: 与Luminal A型组比较, ^a $P<0.05$; 与Luminal B型组比较, ^b $P<0.05$; 与HER2过表达型组比较, ^c $P<0.05$ 。

表4 DCE-MRI联合DWI对浸润性乳腺癌患者分子亚型的鉴别诊断价值分析

参数	临界值	AUC(95%CI)	P	敏感度(%)	特异度(%)
鉴别Luminal A型					
ADC	1.08	0.593(0.447~0.740)	0.234	75.00	46.61
K^{trans}	1.03	0.771(0.651~0.891)	0.001	87.50	69.15
K_{ep}	1.28	0.734(0.624~0.844)	0.003	87.50	57.45
$K^{trans}+K_{ep}$		0.878(0.813~0.942)	<0.001	100.00	72.34
鉴别Luminal B型					
ADC	1.05	0.597(0.490~0.704)	0.080	76.27	41.18
K^{trans}	1.12	0.766(0.675~0.856)	<0.001	77.97	64.70
K_{ep}	1.40	0.700(0.598~0.801)	<0.001	89.83	43.14
$K^{trans}+K_{ep}$		0.855(0.783~0.927)	<0.001	89.83	68.63
鉴别HER2过表达型					
ADC	1.07	0.647(0.497~0.798)	0.055	70.59	58.06
K^{trans}	1.27	0.780(0.655~0.905)	<0.001	76.47	76.34
K_{ep}	1.58	0.775(0.662~0.888)	<0.001	70.59	74.19
$K^{trans}+K_{ep}$		0.922(0.862~0.982)	<0.001	82.35	90.32
鉴别三阴性型					
ADC	0.95	0.731(0.613~0.848)	0.002	72.22	63.04
K^{trans}	1.69	0.792(0.676~0.908)	<0.001	50.00	93.48
K_{ep}	1.55	0.796(0.678~0.913)	<0.001	66.67	85.87
ADC+ $K^{trans}+K_{ep}$		0.941(0.884~0.998)	<0.001	88.89	85.87

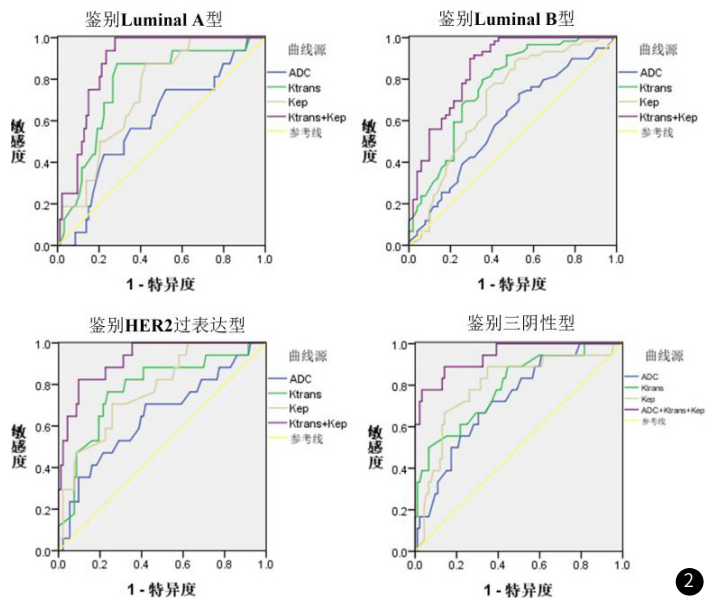


图2 DCE-MRI联合DWI鉴别浸润性乳腺癌患者分子亚型的ROC曲线。

表5 不同腋窝淋巴结转移情况患者临床资料比较

组别	年龄(岁)	绝经状态		体重指数(kg/m ²)
		绝经	未绝经	
阳性组(n=36)	61.32±9.27	21(58.33)	15(41.67)	23.51±3.37
阴性组(n=74)	60.13±10.32	39(52.70)	35(47.30)	23.18±3.05
t或 χ^2	0.586	0.310		0.514
P	0.559	0.578		0.608

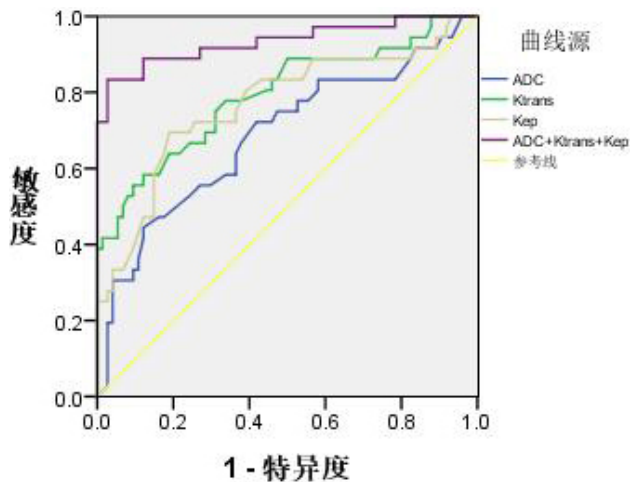


图3 DCE-MRI联合DWI预测浸润性乳腺癌患者腋窝淋巴结转移的ROC曲线。

3

3 讨论

浸润性乳腺癌对血管高度依赖，具有较强的侵袭能力，容易侵犯周围组织器官，局部淋巴结转移风险高，恶性程度相对较高^[10]。DCE-MRI可显示肿瘤组织内血管分布情况，通过对对比剂在正常组织及肿瘤组织中流入及分布差异，计算相关参数提供定量依据^[11]。DWI可检测组织内水分子扩散运动，相较于正常组织，肿瘤组织内细胞间隙缩小，细胞密度增加，ADC降低，在肿瘤诊断中具有较高价值^[12]。浸润性乳腺癌组织内毛细血管丰富，而且不同分子亚型肿瘤细胞，密度、基质及细胞外间隙存在差异，这也是可用DCE-MRI和DWI进行亚型鉴别的病理学基础。本研究结果显示，不同分子亚型患者ADC、 K^{trans} 和 K_{ep} 存在差异，其中三阴性型患者ADC最低， K^{trans} 和 K_{ep} 最高，与既往研究结果相符^[13-14]。可能是三阴性型多呈分叶状，而其他类型肿块多呈不规则状，肿瘤生长更为活跃，表明细胞数量增多，新生血管丰富，故三阴性型ADC值最低。 K^{trans} 和 K_{ep} 主要反映血管通透性，肿瘤恶性程度越高，内皮分化程度越高， K^{trans} 和 K_{ep} 也随之升高^[15]。三阴性型患者呈现高 K^{trans} 和 K_{ep} 特征，可能是此类型患者肿瘤内血管迂曲，新生血管丰富，血管通透性增加。进一步绘制ROC评价DCE-MRI和DWI特征参数对各分子亚型的鉴别价值，结果显示， K^{trans} 和 K_{ep} 在Luminal A型、Luminal B型、HER2过表达型的鉴别中均有一定诊断价值，二者联合诊断价值更高；ADC、 K^{trans} 、 K_{ep} 在三阴性型的鉴别中均有一定诊断价值，三者联合诊断价值更高。提示DCE-MRI联合DWI检查可用于患者分子亚型的鉴别诊断，通过选取不同参数联合提高诊断效能。

MRI是评估早期乳腺癌患者腋窝淋巴结状态的重要无创方式，既往关于MRI在淋巴结状态中定性评估或半定量评估已有报道^[16-17]，但评估效能也不近相同，可能与仪器、扫描参数、样本量等因素有关。本研究中阳性组患者ADC低于阴性组， K^{trans} 和 K_{ep} 高于阴性组，可能是水分子扩散受限越严重，肿瘤血供越丰富，病变组织异质性越高，淋巴结转移可能性越高。ROC曲线分析显示，ADC、 K^{trans} 、 K_{ep} 对患者腋窝淋巴结转移预测AUC为0.686、0.793、0.768，三者联合AUC为0.934，明显高于单一参数，表明DCE-MRI联合DWI对患者腋窝淋巴结转移具有较高的预测价值。

综上所述，基于DCE-MRI、DWI检查获取ADC、 K^{trans} 和 K_{ep} ，对浸润性乳腺癌患者分子亚型及腋窝淋巴结转移具有较高的定量诊断价值，且联合价值更高，可指导乳腺癌的临床治疗决策。但本研究也存在不足之处，样本量偏小，不同分子亚型构成比不均衡，且均源自单一中心，数据代表性有限，下阶段拟开展大样本研究深入分析。

表6 不同腋窝淋巴结转移情况患者MRI影像学参数比较

组别	ADC($\times 10^{-3}/\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	$K^{trans}(\text{min}^{-1})$	$K_{ep}(\text{min}^{-1})$	V_e
阳性组(n=36)	0.90 \pm 0.19	1.68 \pm 0.31	1.58 \pm 0.29	0.83 \pm 0.14
阴性组(n=74)	1.14 \pm 0.22	0.89 \pm 0.19	1.27 \pm 0.18	0.84 \pm 0.16
t	5.604	16.496	6.881	0.320
P	<0.001	<0.001	<0.001	0.750

表7 DCE-MRI联合DWI对浸润性乳腺癌患者腋窝淋巴结转移的预测价值分析

参数	临界值	AUC(95%CI)	P	敏感度(%)	特异度(%)
ADC	1.01	0.686(0.575~0.798)	0.002	44.44	87.84
K^{trans}	1.40	0.793(0.697~0.889)	<0.001	55.56	90.54
K_{ep}	1.43	0.768(0.667~0.870)	<0.001	69.44	81.08
ADC+ K^{trans} + K_{ep}		0.934(0.875~0.992)	<0.001	83.33	97.30

参考文献

- Xu Y, Gong M, Wang Y, et al. Global trends and forecasts of breast cancer incidence and deaths[J]. Sci Data, 2023, 10(1): 334.
- Roy M, Fowler AM, Ulaner GA, et al. Molecular classification of breast cancer[J]. PET Clin, 2023, 18(4): 441-458.
- 毕钊, 陈鹏, 邱鹏飞, 等. 乳腺癌新辅助治疗后腋窝淋巴结转移情况分析[J]. 中国癌症杂志, 2023, 33(4): 361-367.
- Wekking D, Porcu M, De Silva P, et al. Breast MRI: clinical indications, recommendations, and future applications in breast cancer Diagnosis[J]. Curr Oncol Rep, 2023, 25(4): 257-267.
- 余雪燕, 周智鹏, 童秋云, 等. 合成MRI鉴别乳腺良恶性及预测乳腺癌淋巴结转移的应用价值[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42(2): 244-251.
- 杨志宏, 曹杰, 罗巧云, 等. 乳腺癌患者3.0T动态增强MRI乳腺背景实质强化程度与其分子亚型及EGFR表达的关系[J]. 检验医学与临床, 2023, 20(23): 3433-3437.
- Shi Z, Huang X, Cheng Z, et al. MRI-based quantification of intratumoral heterogeneity for predicting treatment response to neoadjuvant chemotherapy in breast cancer[J]. Radiology, 2023, 308(1): e222830.
- 孙正魁, 江泽飞. 2022版《中国临床肿瘤学会乳腺癌诊疗指南》更新解读[J]. 中国肿瘤外科杂志, 2022, 14(3): 212-218.
- 王新昭, 左文述, 刘琪, 等. 2013年St Gallen乳腺癌会议国际专家共识荟萃[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2013, 20(23): 1859-1864.
- 林桂涵, 陈炜越, 陈春妙, 等. 双能量CT定量参数联合常规CT特征模型的构建及其在浸润性乳腺癌Ki-67表达水平评估中的应用[J]. 中华医学杂志, 2022, 102(23): 1753-1759.
- 余海波, 王春红, 王珍, 等. 乳腺癌血流动力学DCE-MRI定量参数评价[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(8): 96-98.
- 杜小萌, 李艳玲, 曹胜男, 等. DCE-MRI和DWI影像组学特征预测浸润性乳腺癌病理分级的价值[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41(9): 1641-1644.
- Ba ZC, Zhang HX, Liu AY, et al. Combination of DCE-MRI and NME-DWI via deep neural network for predicting breast cancer molecular subtypes[J]. Clin Breast Cancer, 2024, 24(5): e417-e427.
- 刘磊, 徐慧慧, 王佳, 等. 乳腺MRI检查DWI, DCE-MRI定量参数与乳腺癌分子亚型及Ki-67表达的关系[J]. 河北医科大学学报, 2024, 45(7): 779-784.
- Huang T, Fan B, Qiu Y, et al. Application of DCE-MRI radiomics signature analysis in differentiating molecular subtypes of luminal and non-luminal breast cancer[J]. Front Med (Lausanne), 2023, 10: 1140514.
- Chen Y, Wang L, Dong X, et al. Deep learning radiomics of preoperative breast MRI for prediction of axillary lymph node metastasis in breast cancer[J]. J Digit Imaging, 2023, 36(4): 1323-1331.
- 张成孟, 丁治民, 陈鹏, 等. 基于DCE-MRI瘤内及瘤周影像组学特征的机器学习模型预测乳腺癌腋窝淋巴结转移的价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2023, 29(6): 618-624.

(收稿日期: 2024-11-28)
(校对编辑: 韩敏求)