

动态增强磁共振成像对HER-2低表达乳腺癌患者腋窝淋巴结转移的诊断价值

朱雪¹, 李可可¹, 刘莹², 马文娟³, 董宏伟²

1. 徐州医科大学附属医院影像科, 江苏 徐州 221000; 2. 徐州医科大学附属医院放疗科, 江苏 徐州 221000; 3. 青海省人民医院放射科, 青海 西宁 810000

【摘要】目的:探讨动态增强磁共振成像(DCE-MRI)对HER-2低表达乳腺癌患者腋窝淋巴结转移(ALNM)的诊断价值。**方法:**选择在徐州医科大学附属医院接受治疗的297例HER-2低表达乳腺癌患者为研究对象,根据是否存在ALNM分为ALNM组($n=71$)和非ALNM组($n=226$)。所有患者均接受DCE-MRI检查,收集并分析动态增强参数。通过Logistic回归分析确定ALNM的影响因素,运用ROC曲线评估DCE-MRI参数在诊断ALNM中的效能。**结果:**两组患者在病灶分布、TNM分期、脉管侵犯方面比较差异有统计学意义($P<0.05$)。两组患者在短长径之比、血管外细胞外间隙容积分数(V_e)、容积转移常数(K_{trans})、速率常数(K_{ep})、表观扩散系数(ADC)、信号增强比率(SER)方面比较差异有统计学意义($P<0.05$)。多因素回归分析显示,短长径之比、 V_e 、 K_{trans} 、 K_{ep} 、ADC、SER是影响乳腺癌患者ALNM的显著因素。通过对比得出,DCE-MRI参数联合预测的曲线下面积最大,为0.976,灵敏度为91.5%,特异度为92.9%。**结论:**DCE-MRI是判断HER-2低表达乳腺癌患者腋窝淋巴结是否转移的有效工具,可以为临床提供重要的诊断依据。

【关键词】动态增强磁共振成像;乳腺癌;HER-2低表达;腋窝淋巴结转移

【中图分类号】R816.91

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2025)04-0466-05

Diagnostic value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging for axillary lymph node metastasis in breast cancer patients with low HER-2 expression

ZHU Xue¹, LI Keke¹, LIU Ying², MA Wenjuan³, DONG Hongwei²

1. Department of Imaging, the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, China; 2. Department of Radiotherapy, the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, China; 3. Department of Radiology, Qinghai Provincial People's Hospital, Xi'ning 810000, China

Abstract: Objective To evaluate the role of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) in the diagnosis of axillary lymph node metastasis (ALNM) in breast cancer patients with low HER-2 expression. **Methods** A total of 297 breast cancer patients with low HER-2 expression treated at the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University were enrolled and divided into ALNM group ($n=71$) and non-ALNM group ($n=226$) according to whether there was ALNM. All patients underwent DCE-MRI, and DCE-MRI derived parameters were collected and analyzed. Logistic regression analysis was used to identify the risk factors for ALNM, and the efficacy of DCE-MRI in diagnosing ALNM was assessed using receiver operating characteristic curve. **Results** Significant differences were observed between two groups in lesion distribution, TNM staging, vascular invasion, and most DCE-MRI derived parameters including short-to-long axis ratio, V_e , K_{trans} , K_{ep} , ADC and SER (all $P<0.05$). Multivariate regression analysis revealed that the short-to-long axis ratio, V_e , K_{trans} , K_{ep} , ADC and SER were significant risk factors for ALNM in breast cancer patients. Comparative analysis demonstrated that the combination of DCE-MRI derived parameters yielded a maximum area under the curve of 0.976, with a sensitivity of 91.5% and a specificity of 92.9%. **Conclusion** DCE-MRI is an effective tool for determining the presence of ALNM in breast cancer patients with low HER-2 expression, providing significant diagnostic evidence for clinical practice.

Keywords: dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging; breast cancer; low HER-2 expression; axillary lymph node metastasis

【收稿日期】2024-12-02

【基金项目】江苏省自然科学基金(BK20211084)

【作者简介】朱雪,中级技师,研究方向:影像技术,E-mail: 15152118510@163.com

前言

HER-2低表达乳腺癌是一种具有独特生物学特性和临床表现的乳腺癌亚型,其在乳腺癌患者中占据相当比例^[1]。腋窝淋巴结转移(Axillary Lymph Node Metastasis, ALNM)是乳腺癌预后评估和治疗决策中的关键因素之一^[2]。准确诊断ALNM对于制定个体化治疗方案、评估治疗效果以及预后判断具有重要意义。然而,传统的腋窝淋巴结评估方法,如临床体检、超声检查和细针穿刺活检在HER-2低表达乳腺癌患者中诊断的准确性和敏感性亟待提高。动态增强磁共振成像(Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging, DCE-MRI)作为一种先进的影像学技术,能够通过观察组织对造影剂的动态强化特性,提供肿瘤的血流动力学和微观结构信息^[3-4]。尤其在乳腺癌的淋巴结转移诊断中,DCE-MRI参数的定量分析有望提高诊断的准确性和早期发现ALNM。目前关于DCE-MRI在HER-2低表达乳腺癌患者ALNM诊断中的系统性研究尚不充分。本研究旨在分析DCE-MRI在该类患者ALNM诊断中的表现及其价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究选取2021年1月至2024年1月间在徐州医科大学附属医院收治的297例HER-2低表达乳腺癌患者为研究对象。纳入标准:①符合乳腺癌诊断标准^[5];②经病理学证实为HER-2低表达乳腺癌患者;③有完整的临床资料和随访记录。排除标准:①合并有严重心脏疾病、肝功能异常、脑血管疾病的患者;②近1周内接受化疗、放疗或其他可能影响病理状态的医疗干预的患者;③合并有其他类型的恶性肿瘤或严重免疫缺陷的患者;④不能配合研究或依从性差的患者。本研究经医院伦理委员会批准(批准号:XYFY2024-JS003-06)。

1.2 方法

1.2.1 临床及病理资料收集 收集患者的年龄,通过病理切片以及影像学检查确定病灶分布、肿瘤位置、TNM分期,以及是否出现脉管侵犯、神经侵犯、远处转移。

1.2.2 DCE-MRI检测 所有参与者使用配备8通道乳腺专用相控阵体表线圈的超导磁共振成像设备(Discovery MR750w 3.0T)进行检查。患者采用俯卧位,使双侧乳房在线圈内自然下垂。首先进行T₁加权成像[T₁WI,回波时间(TE)为10 ms,重复时间(TR)为530 ms]和T₂加权成像(T₂WI,TE为70 ms,TR为3 600 ms用于矢状位或3 000 ms用于轴位)。

接着,执行3D-THRIVE序列的DCE-MRI,扫描共25个时相,每个时相的扫描时间为17.42 s,总计约7.26 min。造影剂钆喷酸葡胺剂量为0.1 mmol/kg,以2 mL/s速度静脉注射,随后用相同速率注入20 mL生理盐水进行冲洗。

1.2.3 图像分析 首先在DCE-MRI图像中,医师在肿瘤强化最显著的区域手动绘制感兴趣区域(ROI),避开坏死、出血和囊变等区域。通过测量肿瘤的短轴和长轴径,计算短长径之比(短轴径除以长轴径),该比值用于评估肿瘤形态特征。利用专用软件并采用药代动力学模型,从DCE-MRI数据中计算以下参数:血管外细胞外间隙容积分数(V_e)表示血管外细胞外间隙在体素中的比例;容积转移常数(K_{trans})表示造影剂从血浆转运到血管外细胞外间隙的速率;速率常数(K_{ep})表示造影剂从血管外细胞外间隙回流到血浆的速率,计算公式为K_{ep}=K_{trans}/V_e。在弥散加权成像(DWI)中,测量ROI内的表观扩散系数(ADC)值,单位为×10⁻³ mm²/s。根据DCE-MRI的时间-信号强度曲线,确定达峰时间(TTP),即从注射造影剂开始到信号强度达到峰值所需的时间,反映病灶的血流动力学特征。信号增强比率(SER)的计算使用增强前(SI_{pre})和增强后(SI_{post})的信号强度,公式为:SER=(SI_{post}-SI_{pre})/SI_{pre}×100%。其中,SI_{post}为增强后病灶在最大强化时刻的信号强度,SI_{pre}为增强前的信号强度。SER反映病灶的增强程度,较高的SER值可能提示恶性病变。

1.2.4 ALNM诊断 ALNM的判定依据包括:一是主要标准,即淋巴门结构消失;二是次要标准,包括淋巴门结构移位、皮质偏心性增厚、短径超过1 cm、皮质轮廓不规则、淋巴结呈圆形以及T₂WI成像中信号减弱^[6]。确诊需满足主要标准或至少两项次要标准。

1.3 统计学方法

采用SPSS27.0统计学软件对数据进行处理与分析,符合正态分布的计量资料用均数±标准差表示,采用t检验;计数资料用例(%)表示,比较采用χ²检验。采用Logistic回归分析DCE-MRI参数对HER-2低表达乳腺癌患者ALNM的危险因素。采用R3.4.3软件基于多因素分析结果绘制受试者工作特征(ROC)曲线,并计算曲线下面积(AUC)评估预测效能。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者临床及病理资料比较

两组患者在年龄、肿瘤位置、神经侵犯、远处转移方面比较无统计学差异(P>0.05),在病灶分布、TNM分期、脉管侵犯方面比较差异有统计学意义(P<0.05)。见表1。

表 1 两组患者临床及病理资料比较 [例(%)]

Table 1 Comparison of clinical and pathological data between two groups [case (%)]

项目	年龄/岁	病灶		肿瘤位置				
		单病灶	多病灶	内上象限	内下象限	外上象限	外下象限	中央
ALNM 组(<i>n</i> =71)	55.23±9.45	33 (46.48)	38 (53.52)	23(32.39)	3(4.23)	36(50.70)	7(9.86)	2(2.82)
非 ALNM 组(<i>n</i> =226)	53.87±8.30	148 (65.93)	78 (34.07)	70(30.97)	19(8.41)	99(43.81)	25(11.06)	13(5.75)
<i>t/χ</i> ² 值	1.164	8.201		2.870				
<i>P</i> 值	0.245	0.004		0.580				

项目	TNM 分期				脉管侵犯		神经侵犯		远处转移	
	T1	T2	T3	T4	阴性	阳性	阴性	阳性	阴性	阳性
ALNM 组(<i>n</i> =71)	27(38.03)	28(39.44)	10(14.08)	6(8.45)	54(76.06)	17(23.94)	62 (87.32)	9 (12.68)	66 (92.96)	5 (7.04)
非 ALNM 组(<i>n</i> =226)	108(47.77)	90(39.82)	24(10.62)	4(1.77)	208(92.03)	18(7.97)	200 (88.50)	26 (11.50)	209 (92.46)	17 (7.54)
<i>t/χ</i> ² 值	8.863				13.270		0.071		0.018	
<i>P</i> 值	0.031				0.000		0.789		0.893	

2.2 两组患者 DCE-MRI 参数比较

两组患者在 TTP 方面比较无统计学差异 (*P*>0.05),在短长径之比、*V_e*、*K_{trans}*、*K_{ep}*、ADC、SER 方面比较差异有统计学意义 (*P*<0.05)。见表 2。

2.3 HER-2 低表达乳腺癌患者 ALNM 的影响因素

将 ALNM 组和非 ALNM 组的临床资料进行单因

素回归分析,再以发生 ALNM 作为因变量,将单因素分析中有统计学意义的自变量纳入多因素分析,包括短长径之比、*V_e*、*K_{trans}*、*K_{ep}*、ADC、SER。多因素回归分析显示,短长径之比、*V_e*、*K_{trans}*、*K_{ep}*、ADC、SER 是影响乳腺癌患者 ALNM 的影响因素。见表 3。

表 2 两组患者 DCE-MRI 参数比较

Table 2 Comparison of DCE-MRI derived parameters between two groups

项目	短长径之比	<i>V_e</i>	<i>K_{trans}</i> /min ⁻¹	<i>K_{ep}</i> /min ⁻¹	ADC/×10 ⁻³ mm ² /s	TTP/min	SER/%
ALNM 组(<i>n</i> =71)	0.64±0.18	0.35±0.12	0.58±0.17	1.25±0.42	0.88±0.16	0.61±0.12	183.44±42.90
非 ALNM 组(<i>n</i> =226)	0.75±0.20	0.28±0.09	0.37±0.13	0.84±0.36	0.97±0.18	0.64±0.15	117.39±29.86
<i>t/χ</i> ² 值	4.137	5.253	10.984	8.034	3.770	1.537	12.086
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.125	0.000

表 3 HER-2 低表达乳腺癌患者 ALNM 的影响因素

Table 3 Risk factors for axillary lymph node metastasis in breast cancer patients with low HER-2 expression

因素	B	SE	Wald χ^2	<i>P</i> 值	OR	95% CI	
						下限	上限
短长径之比	-0.793	0.293	7.343	0.007	0.452	0.255	0.803
<i>V_e</i>	1.047	0.285	13.508	0.000	2.849	1.630	4.979
<i>K_{trans}</i>	1.244	0.304	16.708	0.000	3.470	1.911	6.302
<i>K_{ep}</i>	1.222	0.302	16.350	0.000	3.393	1.877	6.135
ADC	-0.576	0.276	4.362	0.037	0.562	0.327	0.965
SER	2.134	0.372	32.846	0.000	8.447	4.072	17.525
常量	-2.882	0.416	48.255	0.000	0.056	—	—

2.4 DCE-MRI 参数对低表达乳腺癌患者 ALNM 的诊断效能

采用 R3.4.3 软件,基于 DCE-MRI 参数对低表达乳腺癌患者 ALNM 诊断效能构建 ROC 曲线,得出各

指标及联合的诊断效能。通过对比得出,DCE-MRI 参数联合预测的 AUC 最大,为 0.976,灵敏度为 91.5%,特异度为 92.9%,约登指数为 0.844。见表 4。

表4 DCE-MRI参数对低表达乳腺癌患者ALNM的诊断效能

Table 4 Diagnostic efficacy of DCE-MRI derived parameters for axillary lymph node metastasis in breast cancer patients with low HER-2 expression

参数	灵敏度/%	95% CI/%		特异度/%	95% CI/%		约登指数	截断值	AUC	95% CI	
		下限	上限		下限	上限				下限	上限
短长径之比	83.1	72.3	91.0	45.1	38.5	51.9	0.282	0.79	0.653	0.583	0.723
V _e	50.7	38.6	62.8	81.4	75.7	86.3	0.321	0.36	0.685	0.608	0.763
K _{trans}	66.2	54.0	77.0	85.8	80.6	90.1	0.520	0.51	0.834	0.776	0.891
K _{ep}	57.7	45.4	69.4	84.5	79.1	89.0	0.422	1.19	0.763	0.698	0.828
ADC	73.2	61.4	83.1	52.7	45.9	59.3	0.259	0.95	0.655	0.583	0.727
SER	80.3	69.1	88.8	87.2	82.1	91.2	0.675	150.39	0.894	0.849	0.939
各项联合	91.5	82.5	96.8	92.9	88.8	95.9	0.844	-	0.976	0.961	0.991

3 讨论

乳腺癌在全球范围内是女性最常见的恶性肿瘤之一,其复杂的发病机制包括基因突变、细胞周期调控失常、激素调节失衡以及细胞间通讯异常等多种因素^[7-8]。特别是HER-2低表达乳腺癌,这一分子亚型的生物学特性和临床表现明显不同于其他乳腺癌亚型,这种差异性在疾病的侵袭性、治疗反应以及患者的总体预后上尤为明显^[9-11]。HER-2低表达乳腺癌在分子病理机制上存在独特性,如可能涉及到不同的信号传导路径激活、肿瘤微环境变化,以及与细胞外基质的相互作用^[12]。戈文舜等^[13]研究表明虽然HER-2低表达乳腺癌的侵袭性可能较弱,但其ALNM仍是影响患者预后的关键因素。ALNM不仅决定肿瘤的分期和治疗策略,还与患者的生存率密切相关^[14-15]。在临床实践中,虽然超声、传统MRI等影像学检查被常规用于评估淋巴结状态,但在准确性和早期诊断方面存在一定局限性。因此,寻找敏感且非侵入性的诊断方法对于改善HER-2低表达乳腺癌患者的预后至关重要。DCE-MRI作为一种功能性影像技术,能够提供肿瘤微循环和血管通透性的定量信息^[16-17]。研究表明DCE-MRI参数如K_{trans}、K_{ep}和V_e可能与肿瘤的侵袭性和转移能力相关^[18]。本研究旨在分析DCE-MRI参数对ALNM诊断的潜在价值,从而为临床提供更精准的诊断依据,优化治疗策略,改善患者预后。

本研究中ALNM组在病灶分布、TNM分期和脉管侵犯方面与非ALNM组存在统计学差异,这可能是由于转移性肿瘤具有更高的侵袭性和增殖能力,促使其更易侵入淋巴系统和血管,从而导致更高级别的TNM分期和更广泛的病灶分布。脉管侵犯作为肿瘤细胞进入循环系统的途径,直接促进淋巴结转移的发生^[19-20]。在DCE-MRI参数方面,ALNM组的短长径之比、V_e、K_{trans}、K_{ep}、ADC和SER均显著不同于非ALNM组。短长径之比的增高反映肿瘤形态更趋

于球形,提示其侵袭性增强^[21]。V_e的升高可能是由于肿瘤组织间隙扩大,伴随基质降解和新生血管生成,提供肿瘤细胞迁移的通路。K_{trans}和K_{ep}的增加表明肿瘤血管通透性和灌注的增强,这与肿瘤新生血管的异常结构和功能有关,促进营养物质和氧气的供应,支持肿瘤的快速生长和转移^[22]。ADC值的降低反映肿瘤细胞密度的增加和细胞外间隙的减少,限制水分子的扩散,提示肿瘤的高侵袭性和高增殖活性^[23-24]。SER的升高则提示肿瘤组织对造影剂的快速摄取和洗脱,体现肿瘤血管生成和血流动力学的异常。综合来看,这些影像学 and 病理学特征的差异可为临床评估HER-2低表达乳腺癌患者的淋巴结转移风险提供重要依据,并为个体化治疗策略的制定提供有力支持。HER-2低表达乳腺癌患者的ALNM与肿瘤的生物学特性和微环境变化密切相关^[25]。多因素分析显示,短长径之比、V_e、K_{trans}、K_{ep}、ADC和SER等参数显著影响ALNM的发生。这可能是由于HER-2低表达的肿瘤细胞在缺乏HER-2信号驱动的情况下,通过其他侵袭和转移途径,如上调表皮生长因子受体或激活PI3K/Akt通路,增强侵袭性。V_e、K_{trans}和K_{ep}的增加反映肿瘤组织新生血管异常和血管通透性增强,促进肿瘤细胞进入循环系统的能力。ADC值降低易于发生转移。SER升高则可能与肿瘤微环境中的酸性代谢产物积累有关,改变局部组织的血流动力学特征^[19]。这些参数的综合应用,通过反映肿瘤的血管生成、细胞增殖和代谢等多重特性,提高ALNM预测的准确性。DCE-MRI参数联合应用在预测HER-2低表达乳腺癌患者ALNM方面具有极高的诊断准确性。高灵敏度和特异性意味着该方法能够可靠地识别有无ALNM,从而为临床提供强有力的决策支持。

综上所述,DCE-MRI参数在诊断HER-2低表达乳腺癌患者ALNM方面展示出显著的应用效能,具有高灵敏度和特异性。然而,该研究局限于单一中

心,样本量虽较大但可能存在选择偏差,未来研究应考虑多中心、更广泛种族和人群的数据以增强结果的普适性。探索DCE-MRI参数与其他生物标记物的联合使用可能进一步提高诊断的准确性,为早期诊断和治疗策略提供更为精准的依据。

【参考文献】

- [1] 余茂武,周素娟,陈芸. HER-2低表达乳腺癌患者的临床病理特征分析[J]. 现代肿瘤医学, 2024, 32(14): 2566-2569.
Yu MW, Zhou SJ, Chen Y. The clinicopathological features of breast cancer patients with low HER-2 expression[J]. Journal of Modern Oncology, 2024, 32(14): 2566-2569.
- [2] 张琳琳,朱德森,闫恒宇,等. 前哨淋巴结阳性早期乳腺癌患者腋窝非前哨淋巴结转移的危险因素分析[J]. 中国现代医学杂志, 2021, 31(5): 15-19.
Zhang LL, Zhu DM, Yan HY, et al. Clinical analysis of risk factors for axillary non-sentinel lymph node metastasis in early breast cancer patients with positive sentinel lymph node[J]. China Journal of Modern Medicine, 2021, 31(5): 15-19.
- [3] 郭浩东,袁晓凡,朱建国,等. 基于动态增强磁共振成像鉴别HER2阳性乳腺癌[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(7): 99-101.
Guo HD, Yuan XF, Zhu JG, et al. Study on identification of HER2 positive breast cancer using dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2024, 22(7): 99-101.
- [4] 刘效方,韩雯雯. 多期动态增强磁共振成像在基于影像组学乳腺癌分子亚型识别中的应用研究[J]. 中华内分泌外科杂志, 2024, 18(2): 196-201.
Liu XF, Han WW. Applicative study of multi-stage DCE-MRI in radiomics-based identification of molecular subtypes of breast cancer[J]. Chinese Journal of Endocrine Surgery, 2024, 18(2): 196-201.
- [5] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会. 中国乳腺癌筛查与早期诊断指南[J]. 中国癌症杂志, 2022, 32(4): 363-372.
The Society of Breast Cancer, China Anti-Cancer Association. Screening and early diagnosis of breast cancer in China: a practice guideline[J]. China Oncology, 2022, 32(4): 363-372.
- [6] Mortellaro VE, Marshall J, Singer L, et al. Magnetic resonance imaging for axillary staging in patients with breast cancer[J]. J Magn Reson Imaging, 2009, 30(2): 309-312.
- [7] Uddin MN, Wang XS. Identification of breast cancer subtypes based on gene expression profiles in breast cancer stroma[J]. Clin Breast Cancer, 2022, 22(6): 521-537.
- [8] Licata L, Cosentini D, De Sanctis R, et al. Multigene signatures for early breast cancer in clinical practice: a report of the Lombardy genomic assays for breast cancer working group[J]. Front Oncol, 2023, 13: 1081885.
- [9] Shi JJ, Zhang LQ, Geng CZ. HER-2 ultra-low breast cancer: exploring the clinicopathological features and prognosis in a retrospective study[J]. Front Oncol, 2023, 13: 1210314.
- [10] Lin LH, Tran I, Yang YY, et al. DNA methylation identifies epigenetic subtypes of triple-negative breast cancers with distinct clinicopathologic and molecular features[J]. Mod Pathol, 2023, 36(11): 100306.
- [11] Xu Y, Chao L, Wang J, et al. Effect of different chemotherapy schemes on early-stage breast cancer patients with low HER-2 expression[J]. Pak J Med Sci, 2023, 39(5): 1355.
- [12] 赵世阳,王征,张浩. 三阴性乳腺癌中HER-2低表达与HER-2不表达的新辅助化疗疗效评估[J]. 医学研究杂志, 2024, 53(4): 86-90.
Zhao SY, Wang Z, Zhang H. Evaluation of neoadjuvant chemotherapy for triple negative breast cancer with HER-2-low expression and HER-2-zero expression[J]. Journal of Medical Research, 2024, 53(4): 86-90.
- [13] 戈文舜,王春雷,李美平. HER-2低表达的非特殊型浸润性乳腺癌的临床病理特征与腋窝淋巴结转移的危险因素分析[J]. 浙江医学, 2024, 46(12): 1280-1285.
Ge WS, Wang CL, Li MP. Clinicopathological features of invasive breast cacinoma of no special type with low expression of HER-2 and risk factors of axillary lymph node metastasis[J]. Zhejiang Medical Journal, 2024, 46(12): 1280-1285.
- [14] Bai XF, Wang YY, Song RX, et al. Ultrasound and clinicopathological characteristics of breast cancer for predicting axillary lymph node metastasis[J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2023, 85(2): 147-162.
- [15] Han ZH, Huang XX, Kang DY, et al. Detection of pathological response of axillary lymph node metastasis after neoadjuvant chemotherapy in breast cancer using multiphoton microscopy[J]. J Biophotonics, 2023, 16(4): e202200274.
- [16] 石长勇,周紫珍,周广林,等. DCE-MRI定量参数联合NCAPH检测诊断早期乳腺癌的价值分析[J]. 实用肿瘤学杂志, 2025, 39(1): 56-60.
Shi CY, Zhou ZZ, Zhou GL, et al. The values of DCE-MRI quantitative parameters combined with NCAPH in the diagnosis of early breast cancer[J]. Journal of Practical Oncology, 2025, 39(1): 56-60.
- [17] 徐静,马光辉,孟凯龙,等. DCE-MRI技术及ADC值对乳腺非肿块样强化病变良恶性的诊断价值[J]. 中国医学物理学杂志, 2023, 40(9): 1132-1134.
Xu J, Ma GH, Meng KL, et al. Diagnostic value of DCE-MRI and ADC value in benign and malignant breast non-mass-like enhancement lesions[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2023, 40(9): 1132-1134.
- [18] 饶德利,邱晓明,朱燕莉. DCE-MRI定量参数在乳腺癌分期及预后评估中的应用观察[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(4): 89-91.
Rao DL, Qiu XM, Zhu YL. Application of DCE-MRI quantitative parameters in evaluating staging and prognosis of breast cancer[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2024, 22(4): 89-91.
- [19] 罗显廷,冯倚敏,周静,等. 基于Kaiser评分的MRI影像特征列线图模型术前预测肿块型乳腺癌脉管侵犯的价值[J]. 中国癌症防治杂志, 2024, 16(3): 332-338.
Luo XT, Feng YM, Zhou J, et al. Value of Kaiser score-based MRI feature nomogram model in preoperative prediction of vascular invasion in mass breast cancer[J]. Chinese Journal of Oncology Prevention and Treatment, 2024, 16(3): 332-338.
- [20] Zhang B, Zhang Z, Gao B, et al. Raman microspectroscopy based TNM staging and grading of breast cancer[J]. Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc, 2023, 285: 121937.
- [21] 蓝海菲,孙培霞,李杨,等. 磁共振早期强化率与短长径之比预测三阴性乳腺癌Ki-67表达水平的诊断价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2024, 30(3): 322-326.
Lan HF, Sun PX, Li Y, et al. Diagnostic value of early enhancement rate and the ratio of breast lumps' short axis over long axis in predicting Ki-67 expression in triple-negative breast cancer[J]. Chinese Computed Medical Imaging, 2024, 30(3): 322-326.
- [22] Xu W, Zheng B, Lu J, et al. Identification of triple-negative breast cancer and androgen receptor expression based on histogram and texture analysis of dynamic contrast-enhanced MRI[J]. BMC Med Imaging, 2023, 23(1): 70.
- [23] Bao KK, Sutanto LL, Tse SS, et al. The association of HER2 low expression with the efficacy of CDK4/6 inhibitor in hormone receptor positive HER2 negative metastatic breast cancer[J]. J Clin Oncol, 2021, 39(S15): 1052.
- [24] Kwon M, Youn I, Ko E S, et al. Correlation of shear-wave elastography stiffness and apparent diffusion coefficient values with tumor characteristics in breast cancer[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 7180.
- [25] 蓝海菲,宋修峰,王竞,等. 磁共振SER与短长径之比在乳腺癌腋窝淋巴结转移中的联合应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2018, 34(6): 888-891.
Lan HF, Song XF, Wang J, et al. Diagnosis value of MR SER combined with long-to-short axis ratio of breast lumps in axillary lymph node metastasis in patients with breast cancer[J]. Journal of Practical Radiology, 2018, 34(6): 888-891.

(编辑:黄开颜)