

论 著

双能量CT多定量参数对乳腺癌的诊断价值及与腋窝淋巴结转移风险的关系*

仇莉 朱倩 刘路路
王云升 咸嫫 徐峰*
江苏省人民医院宿迁医院影像科
(江苏 宿迁 223800)

【摘要】目的 探究双能量CT多定量参数对乳腺癌的诊断价值，并分析各指标变化与患者腋窝淋巴结转移的关系及风险评估价值。**方法** 收集2022年1月至2024年10月87例在本院接受手术治疗后有病理诊断的乳腺肿块患者的临床资料，均接受了双能量CT检查，统计多定量参数。分析双能量CT检查对乳腺癌及其腋窝淋巴结转移的诊断评估价值。**结果** 乳腺癌68只、非乳腺癌57只(乳腺结节39只、乳腺增生18只)、健康乳房49只。乳腺癌组动脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 及静脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 高于良性病变组($P<0.05$)。双能量CT多定量参数联合诊断乳腺癌的AUC值大于各参数单独诊断($P<0.05$)。转移组动脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 及静脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 高于非转移组($P<0.05$)。双能量CT多定量参数联合诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的AUC值大于各参数单独诊断($P<0.05$)。动脉期NIC、 λ_{HU} 及静脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 升高与乳腺癌腋窝淋巴结转移有关($P<0.05$)。**结论** 双能量CT多定量参数联合检测对乳腺癌有诊断，并可用于评估腋窝淋巴结转移风险。

【关键词】 双能量CT；乳腺癌；诊断价值；腋窝淋巴结转移；评估价值

【中图分类号】 R737.9

【文献标识码】 A

【基金项目】 宿迁市社会发展指令性课题(S202014)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.023

Diagnostic Value of Dual-energy CT Multiple Quantitative Parameters on Breast Cancer and Relationship with Risk of Axillary Lymph Node Metastasis*

QIU Li, ZHU Qian, LIU Lu-lu, WANG Yun-sheng, XIAN Xian, XU Feng*

Department of Imaging, Jiangsu Province Hospital Suqian Hospital, Suqian 223800, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic value of dual-energy CT multiple quantitative parameters on breast cancer, and analyze the relationship between changes of various indicators and axillary lymph node metastasis and the value of risk assessment. **Methods** The clinical data of 87 patients with breast mass diagnosed by pathological diagnosis after surgical treatment in the hospital were collected from January 2022 to October 2024. All patients received dual-energy CT examination, and multiple quantitative parameters were counted, and the diagnostic evaluation value of dual-energy CT on breast cancer and its axillary lymph node metastasis was analyzed. **Results** There were 68 breasts with cancer, 57 breasts without cancer (39 breasts with nodules, 18 breasts with hyperplasia) and 49 healthy breasts. The arterial phase NIC, λ_{HU} and nZ_{eff} and venous phase NIC, λ_{HU} , nZ_{eff} in breast cancer group were higher than those in benign lesion group ($P<0.05$). The AUC of combination of dual-energy CT multiple quantitative parameters in the diagnosis of breast cancer was greater than that of each parameter alone ($P<0.05$). NIC, λ_{HU} and nZ_{eff} in arterial phase and NIC, λ_{HU} and nZ_{eff} in venous phase were higher in metastasis group than those in non-metastasis group ($P<0.05$). The AUC of dual-energy CT multiple quantitative parameters was greater than that of each parameter alone in the diagnosis of axillary lymph node metastasis in breast cancer ($P<0.05$). The increases of NIC and λ_{HU} in arterial phase and NIC, λ_{HU} and nZ_{eff} in venous phase were related to axillary lymph node metastasis in breast cancer ($P<0.05$). **Conclusion** The combined detection of dual-energy CT multiple quantitative parameters can diagnose breast cancer and can be used to evaluate the risk of axillary lymph node metastasis.

Keywords: Dual-energy CT; Breast Cancer; Diagnostic Value; Axillary Lymph Node Metastasis; Evaluated Value

乳腺癌是女性最常见的恶性肿瘤，主要因乳腺上皮细胞在多种致癌因子的作用下发生增殖失控导致的，患者早期存在乳房肿块、腋窝淋巴结肿大等症状，晚期可出现腋窝淋巴结转移，甚至远处转移，直接威胁患者生命健康^[1]。近年来，研究显示，我国乳腺癌的发病率及死亡率呈逐年升高趋势，而临床上认为腋窝淋巴结转移的早期检测在该疾病预后评估中有着极为重要的作用，因此，提高其诊断价值极其重要^[2]。CT是以往乳腺癌早期诊断及病情评估的常用手段，可清晰显示病灶及与周围结构的关系，但其对于腋窝淋巴结状态的评估价值还需提高^[3]。双能CT是基于常规CT发展而来的检查技术，通过含碘含碘的对比剂进入血管及病灶，使得病灶显示更加清楚。既往研究指出，DECT通过物质分离得到代表碘分布信息的图像，能够反映病灶的组织特性及其对碘的摄取能力等，较常规CT增强能更加全面地反映病灶等组织的特性^[4]。基于此，本研究旨在探究双能量CT多定量参数对乳腺癌的诊断价值，及对腋窝淋巴结转移风险评估价值，为该疾病病情评估及治疗方案的选择提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料 收集2022年1月至2024年10月87例在本院接受手术治疗后有病理诊断的乳腺肿块患者的临床资料，乳腺癌68只、非乳腺癌57只(乳腺结节39只、乳腺增生18只)、健康乳房49只。本研究经江苏省人民医院宿迁医院医院伦理委员会批准(批准文号: 20210014)。

纳入标准: 符合乳腺癌的诊断标准^[5]，且所有乳腺癌灶均经病理证实；单侧或双侧乳腺癌患者；已接受双能CT检查。排除标准：图像中存在伪影，影响病灶观察；CT检查前已接受放射化疗及手术治疗者；可观察病灶短径过小，无法设置感兴趣区。

1.2 方法 应用Siemens Somatom Definition Flash CT机，行常规平扫及双能量CT增强扫描，扫描范围为肺尖至肺底。常规平扫：120kV，350mA，层厚与层间距均为5mm，能谱扫描80 keV与140 keV瞬时高速切换扫描，260mA，层厚与层间距均为5mm。以碘海醇(350 mg I/mL)为对比剂，剂量为1.5~2.0mL/kg，注射流率3~4mL/s。注药后25 s开始动脉期扫描，动脉期扫描结束后25 s开始静脉期扫描。将图像传至Siemens Syngo后处理工作站，应用能谱分析软件进行图像测量分析。分别在“Liver VNC”和“Rho/Z”模式下测量肿瘤的碘浓度(IC)和有效原子序数(Z_{eff})，并将ROI放置于相同层面的颈动脉内。为减少患者间的差异，通过计算获得标准化碘浓度(NIC)和标准化有效原子序数(nZ_{eff})，公式如下： $NIC=IC_{淋巴结}/IC_{主动脉}$ ， $nZ_{eff}=Z_{eff_{淋巴结}}/Z_{eff_{主动脉}}$ 。在“Monoenergetic Plus”

【第一作者】仇莉，女，副主任医师，主要研究方向：乳腺疾病诊断。E-mail: Qiuli_19872021@163.com

【通讯作者】徐峰，男，主任医师，主要研究方向：乳腺疾病诊断及乳腺穿刺技术。E-mail: 526590466@qq.com

模式下获得肿瘤的能谱衰减曲线，并计算 λ_{HU} ，公式： $\lambda_{HU}=(CT值_{40kev}-CT值_{100kev})/60。$ ”

1.3 观察指标 (1)乳腺癌诊断：比较乳腺癌及良性病变患者的双能量CT指标，分析各指标联合检测对乳腺癌的诊断价值。(2)腋窝淋巴结转移评估：比较淋巴结转移组及未转移组的双能量CT指标，分析双能量CT参数对乳腺癌腋窝淋巴结转移的评估价值。

1.4 统计学处理 研究所得数据均用SPSS 22.0软件处理，计数资料以百分比表示，采用 χ^2 检验比较组间差异；计量资料经正态检验后用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，用t检验比较组间差异；采用ROC曲线分析双能

量CT参数对乳腺癌的诊断价值。 $P<0.05$ 即差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 乳腺癌及良性病变患者的双能量CT指标比较 乳腺癌组动脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 及静脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 高于良性病变组($P<0.05$)，见表1、图2。

2.2 双能量CT对乳腺癌的诊断价值分析 双能量CT多定量参数联合诊断乳腺癌的AUC值大于各参数单独诊断($P<0.05$)，见表2、图1。

表1 乳腺癌及良性病变的双能量CT指标比较

组别	n	动脉期			静脉期		
		NIC	λ_{HU}	nZ_{eff}	NIC	λ_{HU}	nZ_{eff}
乳腺癌组	68	0.16±0.03	3.02±0.49	0.72±0.06	0.44±0.07	4.52±0.96	0.87±0.04
良性病变组	57	0.12±0.03	2.49±0.42	0.68±0.09	0.32±0.06	3.51±0.83	0.82±0.07
t		7.425	6.423	2.964	10.181	6.227	4.999
P		<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	<0.001

表2 双能量CT对乳腺癌的诊断价值分析

指标	截点值	AUC	SE	95%CI	
动脉期	NIC	0.14	0.714*	0.046	0.623~0.804
	λ_{HU}	2.73	0.827*	0.038	0.752~0.901
	nZ_{eff}	0.70	0.580*	0.055	0.473~0.687
静脉期	NIC	0.38	0.818*	0.037	0.745~0.890
	λ_{HU}	4.05	0.688*	0.047	0.595~0.781
	nZ_{eff}	0.85	0.714*	0.049	0.617~0.811
	联合		0.957	0.016	0.926~0.988

注：与联合比较，* $P<0.05$ 。

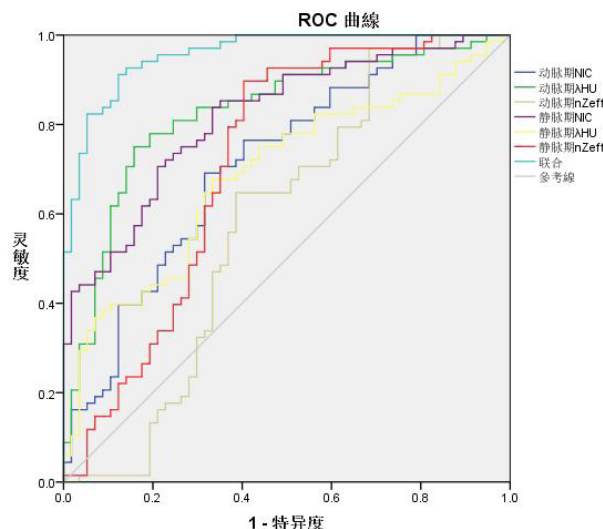


图1 双能量CT诊断乳腺癌的ROC曲线分析。

2.3 转移组及非转移组的双能量CT参数比较 转移组动脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 及静脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 高于非转移组($P<0.05$)，见表3。

2.4 双能量CT参数对乳腺癌腋窝淋巴结转移的诊断价值分析 双能量CT多定量参数联合诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的AUC值大

于各参数单独诊断($P<0.05$)，见表4、图3。

2.5 双能量CT参数与乳腺癌腋窝淋巴结转移的二元logistic回归分析 动脉期NIC、 λ_{HU} 及静脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 升高与乳腺癌腋窝淋巴结转移有关($P<0.05$)，见表5。

表3 转移组及非转移组的双能量CT参数比较

组别	n	动脉期			静脉期		
		NIC	λ_{HU}	nZ_{eff}	NIC	λ_{HU}	nZ_{eff}
转移组	27	0.18±0.03	3.31±0.58	0.75±0.09	0.52±0.10	5.38±0.95	0.90±0.06
非转移组	41	0.15±0.02	2.83±0.51	0.70±0.08	0.39±0.07	3.95±0.69	0.85±0.09
t		4.954	3.595	2.399	6.310	7.189	2.536
P		<0.001	0.001	0.019	<0.001	<0.001	0.014

1

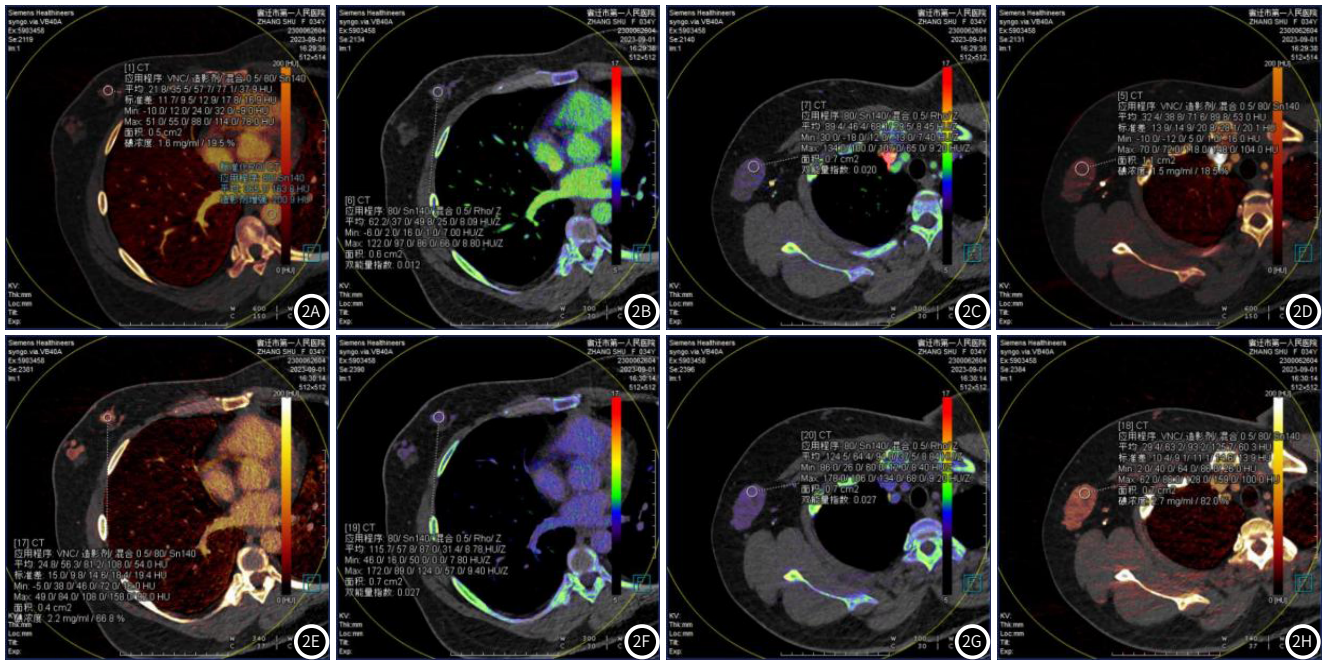


图2 乳腺癌腋窝淋巴结转移的双能CT图像。

图2A~2D为动脉期病灶及淋巴结碘浓度及有效原子序数图。图2A为动脉期病灶碘图，图2B为动脉期病灶有效原子序数图，图2C为动脉期淋巴结碘图，图2D为动脉期淋巴结有效原子序数图；图2E~2H为静脉期病灶及淋巴结碘浓度及有效原子序数图。图2E为静脉期病灶碘图，图2F为静脉期病灶有效原子序数图，图2G为静脉期淋巴结碘图，图2H为静脉期淋巴结有效原子序数图。

表4 双能量CT参数对乳腺癌腋窝淋巴结转移的诊断价值分析

指标	截点值	AUC	SE	95%CI	
动脉期	NIC	0.17	0.784*	0.060	0.667~0.901
	λ_{HU}	3.04	0.874*	0.048	0.779~0.968
	nZ _{eff}	0.72	0.654*	0.069	0.519~0.789
静脉期	NIC	0.46	0.795*	0.057	0.684~0.906
	λ_{HU}	4.21	0.743*	0.065	0.616~0.871
	nZ _{eff}	0.87	0.740*	0.062	0.619~0.861
	联合		0.970	0.018	0.935~1.000

注：与联合比较，*P<0.05。

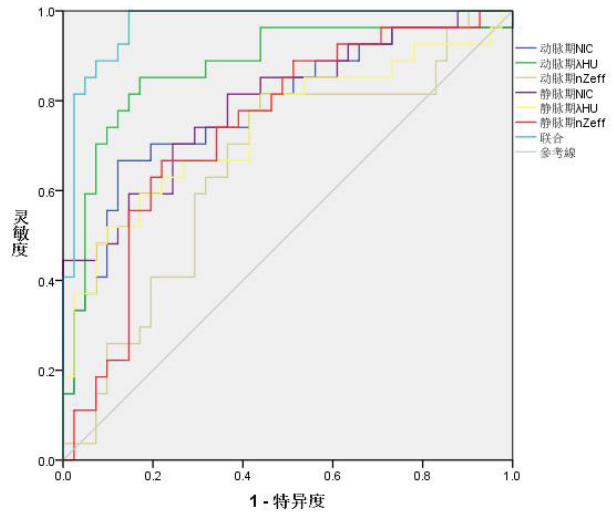


图3 双能量CT参数诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的ROC曲线分析。

表5 双能量CT参数与乳腺癌腋窝淋巴结转移的二元logistic回归分析

指标	β	SE	wald χ^2	OR	95%CI	P值	
动脉期	NIC	0.445	0.202	4.853	1.560	1.050~2.318	0.028
	λ_{HU}	1.747	0.867	4.060	5.737	1.049~31.385	0.045
	nZ _{eff}	0.634	0.509	1.551	1.885	0.695~5.112	0.214
静脉期	NIC	1.385	0.645	4.611	3.995	1.128~14.143	0.032
	λ_{HU}	1.550	0.650	5.686	4.711	1.318~16.844	0.018
	nZ _{eff}	1.060	0.478	4.918	2.886	1.131~7.366	0.027

3 讨论

随着现代诊疗技术的发展,乳腺癌的早期诊断准确率逐年提高。CT是乳腺癌等多种疾病的常用诊断手段,但为提高疾病诊断准确率,检查方法中需平扫、动脉期及静脉期增强扫描等,势必会增加患者承受辐射剂量^[6]。双能CT的物质分离技术是其与传统CT相比的一大优势,在双能CT成像中,任何物质都能通过两种基物质的组合而产生相同的衰减效应^[7]。临床上最常用的基物质对为碘和水,通多碘、水物质分离可以获得碘基图和水基图,水基图中不含碘物质,即所谓的虚拟平扫,因此在常规行CT平扫及增强时可以代替平扫从而减少扫描次数,降低辐射剂量,并且双能CT检查时,碘图能够反映病灶的组织特性及其对碘的摄取能力等,较常规CT增强能更加全面地反映病灶等组织的特性^[8]。为此,本研究分析了双能CT在诊断乳腺癌中的应用,结果显示,双能量CT多定量参数联合诊断乳腺癌的AUC值大于各参数单独诊断,即双能CT对乳腺癌具有较高的诊断价值。与传统CT的混合能量相比,能谱CT可以提供显示特定病灶最佳CNR的单能量图像,使图像有更高的信噪比及对比噪声比,能够大大降低硬化伪影的影响并获得相对准确CT值的图像,优化了小病灶的显示,有助于病变的早期诊断^[9]。本研究还显示,乳腺癌组动脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 及静脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 高于良性病变组,提示乳腺癌存在动脉期及静脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 升高现象,这主要与恶性肿瘤微血管密度和肿瘤新生血管增加更多、以及肿瘤血管对对比剂的通透性增加等有关^[10]。恶性肿瘤内的血管多走行扭曲、粗大且呈放射状,随着恶性程度的提高,肿瘤生长速度也随之越快,血供也更加丰富^[11]。

腋窝淋巴结转移是影响乳腺癌患者预后的主要因素,且有研究证实,乳腺癌患者一旦出现腋窝淋巴结转移,其预后对相应变差^[12-13]。本研究发现,转移组动脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 及静脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 高于非转移组,提示动脉期、静脉期的NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 升高或与腋窝淋巴结转移有关。进行进一步分析发现,动脉期NIC、 λ_{HU} 及静脉期NIC、 λ_{HU} 、 nZ_{eff} 升高确与乳腺癌腋窝淋巴结转移存在关联,这主要是因为恶性肿瘤出现腋窝淋巴结转移等侵袭性组织学行为时,癌细胞生长更旺盛,新生血管也更丰富,而导致病灶区碘吸收含量更多。NIC可反映病灶对碘的摄取情况,NIC升高可能是由于转移性淋巴结内血管生成、血容量及血管通透性增加所致^[14-17]。本研究还发现,双能量CT多定量参数联合诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的AUC值大于各参数单独诊断,提示双能量CT对腋窝淋巴结转移具有诊断价值,这与各指标变化与患者出现腋窝淋巴结转移有关。

综上所述,双能量CT多定量参数联合检测对乳腺癌有诊断,并可用于评估腋窝淋巴结转移风险。

参考文献

- [1]Naghavi-Behzad M,Vogsen M,Vester RM,et al.Response monitoring in metastatic breast cancer:a comparison of survival times between FDG-PET/CT and CE-CT[J].Br J Cancer,2022,126(9):1271-1279.
- [2]李晓洁,赵国家,任金河.双模态超声深度学习预测模型诊断乳腺癌的应用[J].中国临床研究,2024,37(3):365-369.
- [3]林桂涵,陈炜越,陈春妙,等.双能量CT虚拟平扫技术在乳腺癌诊断中的应用价值[J].浙江医学,2022,44(6):607-610,624.
- [4]仇莉,赵玉年,朱倩,等.双能量CT定量参数预测乳腺浸润性导管癌病理分级及乳腺癌分子亚型的研究[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(3):100-102.
- [5]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.
- [6]杨帆,潘雪琳,陈洁,等.双能量CT定量参数预测乳腺浸润性导管癌Ki-67表达的可行性探讨[J].四川医学,2021,42(10):1037-1041.
- [7]闫娅男,郑吟诗,李玉舟,等.双能CT能谱成像增强定量参数在颈动脉粥样硬化斑块性质评估中的应用[J].罕少疾病杂志,2022,29(12):36-37.
- [8]陈澜菁,傅建梅,程勇,等.双层探测器光谱CT评估乳腺癌患者免疫组化表达的价值[J].中华放射学杂志,2021,55(12):1270-1276.
- [9]应海峰,林桂涵,陈炜越,等.基于双能量CT的列线图在术前预测乳腺癌人表皮生长因子受体2状态的价值[J].实用放射学杂志,2024,40(3):381-384.
- [10]周宝鹤,林桂涵,陈春妙,等.双能量CT联合超声特征术前诊断乳腺癌淋巴管侵犯的价值[J].浙江医学,2023,45(3):256-260.
- [11]刘礼东,李军烽,钟美佐,等.CRT+IMRT混合调强与IMRT技术在乳腺癌放疗计划的剂量学比较研究[J].重庆医学,2023,52(9):1281-1286.
- [12]Wang X,Pan X,Zhou W,et al.Quantification of hepatic steatosis on dual-energy CT in comparison with MRI mdixon-quant sequence in breast cancer[J].J Comput Assist Tomogr,2024,48(1):64-71.
- [13]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):71-72,85.
- [14]Metin NO,Balcı S,Metin Y,et al.Correlation between quantitative parameters obtained by dual energy spectral CT and prognostic histopathological factors and biomarkers in breast cancer[J].Clin Breast Cancer,2024,24(4):e279-e288.
- [15]Terada K,Kawashima H,Yoneda N,et al.Predicting axillary lymph node metastasis in breast cancer using the similarity of quantitative dual-energy CT parameters between the primary lesion and axillary lymph node[J].Jpn J Radiol,2022,40(12):1272-1281.
- [16]谷红玉,李勇刚,沈瑞,等.双源双能量CT定量评价预测乳腺癌腋窝淋巴结(ALNs)转移[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(5):72-75.
- [17]赵元艳,史纲,谢录玲,等.ADC值联合DCE-MRI定量参数Kep、Ktrans对乳腺癌新辅助化疗疗效的预测价值[J].罕少疾病杂志,2025,32(10):60-62,68.

(收稿日期:2025-01-02)

(校对:姚丽娜 排版:张鸿馨)