



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.07.019
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2023.07.019
China Journal of General Surgery, 2023, 32(7):1122-1128.

· 简要论著 ·

光谱CT多参数定量分析对乳腺肿块良恶性的鉴别价值

程庆红¹, 邹玉红¹, 何家伟¹, 陶磊¹, 昂琳², 赵敏², 盛茂¹

(安徽省合肥市第二人民医院/安徽医科大学附属合肥医院 1. 影像中心 2. 病理科, 安徽 合肥 230011)

摘要

背景与目的: 乳腺肿瘤是妇女常见疾病之一, 准确判断乳腺肿瘤的良恶性是精准治疗的前提, 本文旨在探讨双层探测器光谱CT多参数定量分析鉴别乳腺肿块良恶性的价值。

方法: 回顾性分析经病理证实, 且行光谱CT双期增强扫描的25例乳腺肿块患者(31个病灶)资料, 比较良、恶性组双期40 keV虚拟单能量图(VMI_{40 keV})CT值及强化增值(Δ CT)、碘浓度(IC)及标准化碘浓度(NIC)、光谱曲线斜率(K)、有效原子序数(Z_{eff})的差异。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析比较各参数鉴别乳腺肿块良恶性的诊断效能。

结果: 乳腺恶性肿瘤动脉期VMI_{40 keV} Δ CT及双期VMI_{40 keV} CT值、IC、NIC、K、 Z_{eff} 均大于良性肿瘤, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。动脉期各参数的曲线下面积(AUC)均高于静脉期, 其中动脉期VMI_{40 keV} Δ CT的AUC最大, AUC为0.899(95% CI=0.737~0.978), 阈值为35.75 HU时, 其鉴别乳腺肿块良恶性的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为100.0%、81.8%、75.0%、100.0%。

结论: 双层探测器光谱CT多参数定量分析可有效鉴别乳腺肿块的良恶性, 动脉期诊断效能高于静脉期, 其中VMI_{40 keV} Δ CT的诊断能力最佳。

关键词

乳腺肿瘤/诊断; 光谱CT; 定量参数

中图分类号: R737.9

乳腺肿瘤是危害女性健康的常见病之一, 乳腺癌和纤维腺瘤、腺病等均可表现为无痛性肿块, 准确判断肿块良恶性是精准治疗的前提。超声、钼靶是临床最常用的检查方法^[1-2], 但各有局限性, 且特异度不高; MRI是目前诊断乳腺病变敏感度和特异度最高的检查方法^[3-4], 但耗时长、费用高且禁忌证较多。能谱CT能提供反映组织血供及区分物质成分的多种定量参数, 在乳腺疾病的诊断和评估中呈现出一定优势^[5-7]。光谱CT作为第三代能谱CT, 在病灶检出能力、降低辐射剂量、成像质量和诊断准确性等方面均有改进^[8-12]。目前光谱CT在心血管疾病、甲状腺结节、肺癌、直肠癌和胃

癌等疾病中应用较多^[13-16], 在乳腺癌转移的诊断和筛查也有报道^[17-18], 但多参数联合应用于乳腺肿块良恶性鉴别报道甚少。本文探讨双层探测器光谱CT定量参数在乳腺肿块良恶性鉴别中的价值, 以期寻求一种适用范围广的无创检查方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料

搜集2021年2月—12月在安徽省合肥市第二人民医院/安徽医科大学附属合肥医院行光谱CT动、静脉期增强扫描的乳腺疾病患者, 纳入标准: 年龄>18岁、肿块型乳腺病变且有术后病理结果的女性患者; 排除标准: 碘对比剂过敏者; 严重心、肝、肾功能不全者; 扫描前已行新辅助化疗、乳腺穿刺活检或手术的患者。最终纳入25例患者, 年龄26~73岁, 平均(47.08±11.47)岁。25例患者共31个病灶, 良性16例(22个病灶, 良性组), 其中12例为单发, 4例为多发; 仅1例良性叶状肿

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(82002821)。

收稿日期: 2022-10-21; **修订日期:** 2023-06-08。

作者简介: 程庆红, 安徽省合肥市第二人民医院/安徽医科大学附属合肥医院副主任医师, 主要从事头颈及乳腺影像诊断方面的研究。

通信作者: 盛茂, Email: maoshen.424@163.com

瘤,且为单发,其余均为纤维腺瘤;恶性9例(9个病灶,恶性组),其中导管原位癌和淋巴瘤各1例、浸润性导管癌7例。该研究经安徽省合肥市第二人民医院伦理委员会审批同意,所有患者均签署知情同意书。

1.2 检查方法

使用64排双层探测器光谱CT(IQon, Philips Healthcare, 荷兰)行胸部双期增强扫描,患者取仰卧位。扫描范围:从胸廓入口至肺底。扫描参数:管电压120 kVp,启动管电流自动控制技术,重建层厚、层间隔均为1 mm,螺距0.801,旋转时间0.75 s,视野250 mm,矩阵512×512;迭代算法等级选择idose4。对比剂:采用碘克沙醇(320 mgI/mL),注射总量80 mL,注射速度3 mL/s。使用经验值法在注射对比剂后30、60 s分别行动脉期、静脉期增强扫描。

1.3 图像分析及数据测量

扫描结束后,将双期全息光谱图像(spectral base image, SBI)基数据包传入Philips Intellispace Portal 9.0工作站进行后处理,获得动脉期虚拟平扫(virtual non-contrast, VNC)图像、双期40 keV及100 keV虚拟单能量图(virtual monoenergetic image, VMI)、碘密度图、有效原子序数图等。由2名诊断经验丰富的放射科医师对图像进行分析,意见有分歧时协商达成一致,数据取两者测量的平均值;感兴趣区域(region of interest, ROI)放置于病灶最大截面,至少占实性区的2/3,避开囊变、坏死或钙化区。主要分析参数如下:(1)测量VNC图像、双期VMI_{40 keV}及VMI_{100 keV}病灶的CT值,计算双期VMI_{40 keV}的 ΔCT , $\Delta CT_{\text{动脉期}} = CT_{\text{值}_{\text{动脉期}}} - CT_{\text{值}_{\text{VNC}}}$, $\Delta CT_{\text{静脉期}} = CT_{\text{值}_{\text{静脉期}}} - CT_{\text{值}_{\text{动脉期}}}$;(2)测量双期病灶及同层面降主动脉的碘浓度(iodine concentration, IC),计算标准化碘浓度(normalized iodine concentration, NIC), $NIC = IC_{\text{病灶}} / IC_{\text{降主动脉}}$;

(3)绘制双期光谱曲线,计算40~100 keV曲线斜率(K), $K = (CT_{\text{值}_{40 keV}} - CT_{\text{值}_{100 keV}}) / 60$;(4)测量双期有效原子序数(Z-effective, Z_{eff})。

1.4 统计学处理

使用SPSS 25.0统计软件对计量数据进行正态性检验,以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,对良性组、恶性组的双期各参数进行两个独立样本t检验, $P < 0.05$ 认为差异具有统计学意义。对差异有统计学意义的参数进行受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析,利用MedCalc20.0.27软件绘制ROC曲线图,获得曲线下面积(area under curve, AUC)、Youden指数、阈值、敏感度、特异度,并计算AUC最大参数的阳性预测值(positive prediction value, PPV)和阴性预测值(negative prediction value, NPV)。采用Pearson相关性分析动脉、静脉期VMI_{40 keV} CT值与IC、K与 Z_{eff} 的相关性。

2 结果

双期各参数均满足正态分布,动脉期各参数差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$) (表1);静脉期除VMI_{40 keV} ΔCT 外,其余参数差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$) (表2)。对比发现:(1)恶性肿瘤(图1)各参数均高于良性肿瘤(图2),且静脉期高于动脉期(恶性肿瘤VMI_{40 keV} ΔCT 除外);(2)动脉期各参数的AUC(图3A)均高于静脉期(图3B),其中VMI_{40 keV} ΔCT 的诊断能力最佳,阈值为35.75 HU时, $AUC = 0.899$,敏感度、特异度、PPV和NPV分别为100%、81.8%、75%、100%。

Pearson相关性分析结果表明,双期VMI_{40 keV} CT值与IC、K、 Z_{eff} 存在明显的正相关,相关系数 r 分别为0.965/0.979、0.972/0.990、0.934/0.983(均 $P < 0.01$)。

表1 动脉期光谱CT定量参数及诊断效能比较

光谱参数	良性组(n=22)	恶性组(n=9)	t	P	AUC	敏感度	特异度	Youden指数	阈值
VMI _{40 keV} CT	64.87±38.70	104.11±40.67	-2.526	0.017	0.889	1	0.727	0.727	72.3
VMI _{40 keV} ΔCT	26.05±39.56	67.19±44.50	-2.537	0.017	0.899	1	0.818	0.818	35.75
IC	0.31±0.44	0.71±0.50	-2.228	0.034	0.869	0.778	0.864	0.641	0.48
NIC	0.03±0.03	0.07±0.05	-2.661	0.013	0.851	0.889	0.773	0.662	0.04
K	0.34±0.59	0.93±0.68	-2.409	0.023	0.874	0.778	0.864	0.641	0.60
Z_{eff}	7.41±0.29	7.72±0.27	-2.619	0.014	0.879	0.889	0.773	0.662	7.51

表 2 静脉期光谱 CT 定量参数及诊断效能比较

光谱参数	良性组(n=22)	恶性组(n=9)	t	P	AUC	敏感度	特异度	Youden 指数	阈值
VMI _{40 keV} CT	112.92±67.80	171.01±60.68	-2.228	0.034	0.808	0.889	0.727	0.616	115.05
VMI _{40 keV} ΔCT	48.05±43.11	66.9±40.05	-1.127	0.269	—	—	—	—	—
IC	0.81±0.83	1.59±0.89	-2.332	0.027	0.798	0.889	0.682	0.571	0.81
NIC	0.15±0.14	0.33±0.19	-2.875	0.007	0.803	1	0.545	0.545	0.123
K	1.03±1.01	1.89±0.88	-2.208	0.035	0.813	0.889	0.773	0.662	1.23
Z _{eff}	7.76±0.43	8.15±0.38	-2.397	0.023	0.788	0.889	0.682	0.571	7.87

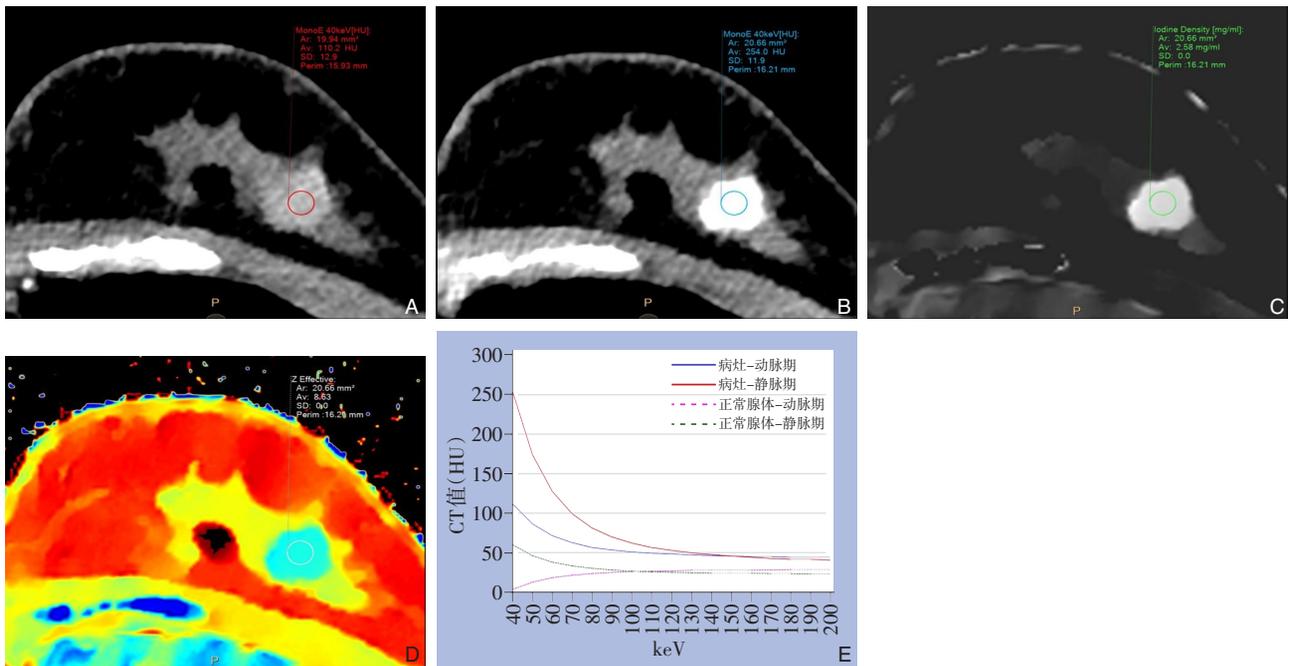


图 1 左乳浸润性癌 (非特殊型, II级) A: 动脉期 VMI_{40 keV} 图 (CT 值为 110.2 HU); B: 静脉期 VMI_{40 keV} 图 (CT 值为 254.0 HU); C: 静脉期碘密度图 (IC 为 2.58 mg/mL); D: 静脉期有效原子序数图 (Z_{eff} 为 8.63); E: 病灶与正常腺体动、静脉期光谱曲线图

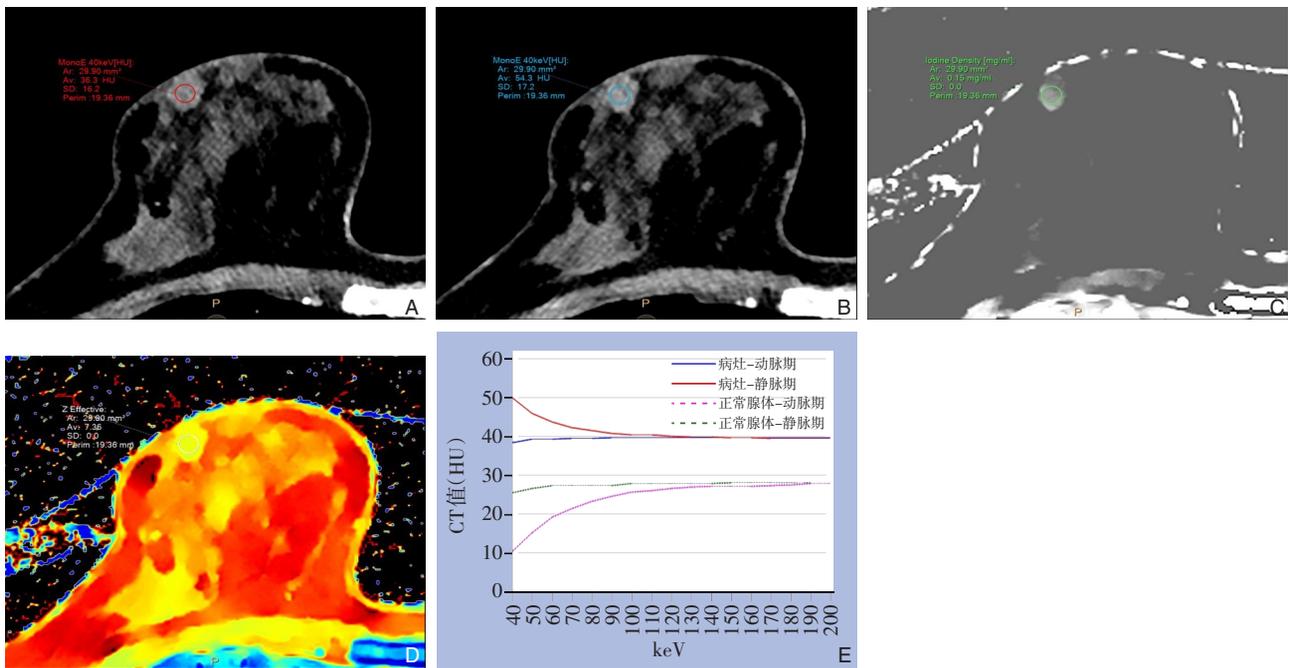


图 2 右乳纤维腺瘤 A: 动脉期 VMI_{40 keV} 图 (CT 值为 36.3 HU); B: 静脉期 VMI_{40 keV} 图 (CT 值为 54.3 HU); C: 静脉期碘密度图 (IC 为 0.15 mg/mL); D: 静脉期有效原子序数图 (Z_{eff} 为 7.36); E: 病灶与正常腺体动、静脉期光谱曲线图

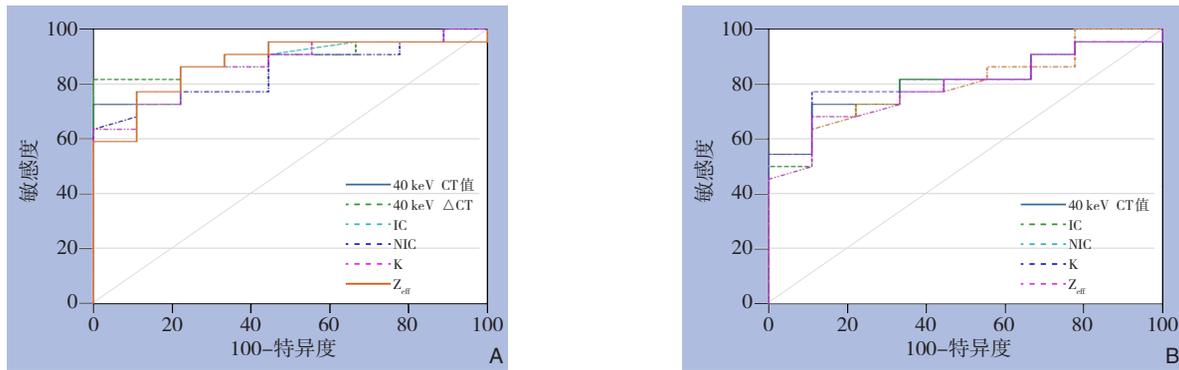


图3 诊断效能分析 A: 动脉期VMI_{40keV} CT值及 Δ CT、IC、NIC、K、Z_{eff}的ROC曲线 (VMI_{40keV} Δ CT的AUC最大, 为0.899); B: 静脉期VMI_{40keV} CT值、IC、NIC、K、Z_{eff}的ROC曲线 (K的AUC最大, 为0.813)

3 讨论

乳腺恶性肿瘤无其他伴随征象或转移时, 与良性肿瘤鉴别相对困难。目前能谱CT多参数定量分析在肿瘤良恶性鉴别及分化程度等方面得到了广泛应用^[19-20], 有文献^[21]报道光谱CT单期增强扫描碘浓度、光谱曲线斜率及有效原子序数可用于乳腺肿块的生物学性质评估。能谱CT虚拟平扫技术已用于乳腺癌的诊断^[22], 其图像质量与真实平扫相当, 且大幅度降低辐射剂量、简化扫描流程。本研究利用虚拟平扫替代真实平扫, 采用双期增强扫描, 对双期VMI_{40keV} CT值、 Δ CT、IC、NIC、K、Z_{eff}等参数在鉴别良、恶性乳腺肿瘤的诊断效能进行对比, 结果显示动脉期各参数诊断效能均高于静脉期, 更适合肿块的定量分析。

双层探测器光谱CT 40~50 keV VMI具有软组织分辨率高和噪声较低的优点^[23], 既往研究^[24]报道双源CT VMI_{40keV}显示乳腺及其病变具有最佳信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)。Al-Baldawi等^[25]对比VMI_{40keV}、VMI_{70keV}和VMI_{100keV}显示的最适能级, 结果显示VMI_{40keV}显示的效果最佳, 且SNR、CNR方面最高。张兰等^[26]探讨双层探测器光谱CT虚拟单能量图像对移植肾动脉显示的最适能级, 结果发现VMI_{40keV}的SNR和CNR最高, 显著高于VMI_{50-200keV}各能级VMI的SNR和CNR, 这说明了双层探测器光谱CT移植肾动脉成像的最适能级为40 keV。因此, 本文选用VMI_{40keV}进行研究。结果显示动脉期VMI_{40keV} CT值及 Δ CT是乳腺肿瘤良恶性鉴别的可靠参数, 其中 Δ CT的诊断效能最高, AUC为0.899, 敏感度、特异度分别为100%、81.8%。恶性肿瘤微血管密度及血管通透性均较高, 血供丰富, 摄碘

能力较良性肿瘤强, CT增强扫描时动脉期对碘吸收更快^[27], 强化更明显, CT值及 Δ CT均明显高于良性肿瘤。文献^[28]报道IC较CT值更能精确反映组织的血供情况, 本研究显示VMI_{40keV} CT值与IC之间存在显著正相关, 动脉期IC及NIC鉴别乳腺肿瘤良恶性均有较高诊断效能, AUC分别为0.869和0.851。本研究中乳腺恶性肿瘤静脉期平均IC与辛小燕等^[29]研究结果相近(1.59 mg/L vs. 1.69 mg/L)。此外, IC还可用于乳腺癌新辅助化疗的疗效评估^[30], 本研究收集病例时被排除的1例新辅助化疗后乳腺癌患者, 病灶IC低于良性组平均值。

能谱曲线可提供与组织成分相关的定量信息, 有助于预测乳腺肿块病理类型及分级, Wang等^[31]指出乳腺恶性肿瘤能谱曲线K高于良性肿瘤, 恶性程度越高K越大。本研究结果也证实了恶性组K明显高于良性组, 具有较高的诊断效能, 动脉期K的AUC为0.874, 敏感度和特异度分别为77.8%、86.4%; 与Demirler Şimşir等^[21]研究得出的K相近, 但敏感度及特异度稍低, 可能与样本量差异有关。Z_{eff}是区分物质化学组成成分的另一个量化指标, 以彩色图像显示, 本研究中动脉期Z_{eff}在乳腺肿瘤良恶性鉴别中同样表现出较高的应用价值, 与动脉期K存在极强的正相关。此外, K及Z_{eff}还可用于乳腺恶性肿瘤腋窝、锁骨上及纵隔淋巴结转移情况的定量评估, 有助于肿瘤的准确分期。

本研究中静脉期各参数的诊断效能略低于动脉期, 但VMI_{40keV} CT值、IC、NIC及Z_{eff}差异均有统计学意义, 仍可作为乳腺肿瘤良恶性鉴别的定量参数。静脉期良、恶性肿瘤对碘的吸收接近相对饱和状态^[7], 肿块的CT值、IC、NIC、Z_{eff}及其与正常腺体间的差值均明显高于动脉期, 能更清楚

显示乳腺肿块的形态、边界及与邻近组织的关系,有利于病灶的形态学分析。本组有1例纤维腺瘤合并慢性炎症,各参数均与恶性肿瘤接近,仅通过定量分析较难确诊,需结合形态学特征综合判断。因此笔者认为可将动、静脉期定量参数分析与静脉期形态学分析相结合,可进一步提高光谱CT鉴别乳腺肿瘤良恶性的诊断能力。本研究存在以下局限性:(1)样本量偏少,良性病变明显多于恶性病变;(2)未按病理类型分类研究;(3)未与MRI等其他影像检查技术进行对照研究。后期将进一步扩大样本量,结合具体病理类型深入研究。

综上所述,双层探测器光谱CT动、静脉期VMI_{40 keV}、碘密度图、有效原子序数图及光谱曲线等多参数成像可提供较多有助于乳腺肿块良恶性鉴别的信息,是一种具有较高应用价值的检查方法。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:所有作者均直接参与构思和设计实验;程庆红、邹玉红、何家伟、陶磊、赵敏、昂琳实施研究、采集数据及分析解释数据;程庆红起草文章;盛茂对文章的知识性内容作批评性审阅及指导。

参考文献

- [1] 陶鹏,侯岩,赵妮媚.超声弹性成像应变率比值在乳腺肿块鉴别中的应用及其与乳腺癌相关分子标记物的相关性[J].中国普通外科杂志,2022,31(11):1543-1547. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2022.11.017.
- Tao P, Hou Y, Zhao WM. Application of strain rate ratio in ultrasonic elastography in differential diagnosis of breast masses and its correlation with molecular markers related to breast cancer[J]. China Journal of General Surgery, 2022, 31(11): 1543-1547. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2022.11.017.
- [2] 吴文瑛,王晓岩,赵丽,等.超声弹性成像、X线钼靶与超声引导下穿刺活检在BI-RADS4类乳腺肿块鉴别诊断中的价值评估[J].中国普通外科杂志,2019,28(3):377-382. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2019.03.020.
- Wu WY, Wang XY, Zhao L, et al. Value evaluation of ultrasonic elastography, X-ray molybdenum target and ultrasound-guided puncture biopsy in differential diagnosis of BI-RADS4 breast masses[J]. China Journal of General Surgery, 2019, 28(3):377-382. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2019.03.020.
- [3] 陈倩,沈玉英,钱伟亮,等.MR扩散峰度成像对乳腺良恶性病变鉴别诊断的价值[J].实用放射学杂志,2019,35(2):220-223. doi: 10.3969/j.issn.1002-1671.2019.02.012.

- Chen Q, Shen YY, Qian WL, et al. The value of the diffusion kurtosis imaging in differential diagnosis of benign and malignant breast lesions[J]. Journal of Practical Radiology, 2019, 35(2):220-223. doi: 10.3969/j.issn.1002-1671.2019.02.012.
- [4] 吴佩琪,林天武,毛小明.MR影像组学特征在鉴别乳腺癌与乳腺纤维腺瘤中的应用[J].实用放射学杂志,2019,35(12):1934-1939. doi:10.3969/j.issn.1002-1671.2019.12.012.
- Wu PQ, Lin TW, Mao XM. The application of radiomic features based on MR in the differentiation between breast cancer and breast fibroadenoma[J]. Journal of Practical Radiology, 2019, 35(12):1934-1939. doi:10.3969/j.issn.1002-1671.2019.12.012.
- [5] 陈文哲,汪秀玲.能谱CT曲线判断乳腺浸润性导管癌分化程度的初步研究[J].临床放射学杂志,2019,38(12):2295-2298. doi: 10.13437/j.cnki.jcr.2019.12.016.
- Chen WZ, Wang XL. A preliminary study on the application of energy spectrum CT curve in the diagnosis invasive ductal carcinoma[J]. Journal of Clinical Radiology, 2019, 38(12):2295-2298. doi: 10.13437/j.cnki.jcr.2019.12.016.
- [6] Moon JI, Choi BH, Baek HJ, et al. Comprehensive analyses with radiological and biological markers of breast cancer on contrast-enhanced chest CT: a single center experience using dual-layer spectral detector CT[J]. Eur Radiol, 2020, 30(5): 2782-2790. doi: 10.1007/s00330-019-06615-9.
- [7] 杨帆,刘文罡,范园,等.双能CT定量参数预测乳腺浸润性导管癌病理分级的价值[J].放射学实践,2021,36(4):484-488. doi: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.04.013.
- Yang F, Liu WG, Fan Y, et al. The value of dual-energy CT quantitative parameters in predicting the pathological grade of breast invasive ductal carcinoma[J]. Radiologic Practice, 2021, 36(4):484-488. doi: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.04.013.
- [8] Gupta A, Obmann VC, Jordan M, et al. CT artifacts after contrast media injection in chest imaging: evaluation of post-processing algorithms, virtual monoenergetic images and their combination for artifact reduction[J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(1):226-239. doi: 10.21037/qims-20-435.
- [9] Wang GR, Gao QZ, Wang ZW, et al. Reduction of microwave ablation needle related metallic artifacts using virtual monoenergetic images from dual-layer detector spectral CT in a rabbit model with VX2 tumor[J]. Sci Rep, 2021, 11(1):9295. doi: 10.1038/s41598-021-88853-w.
- [10] Reimer RP, Flatten D, Lichtenstein T, et al. Virtual monoenergetic images from spectral detector CT enable radiation dose reduction in unenhanced cranial CT[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2019, 40(10): 1617-1623. doi: 10.3174/ajnr.A6220.
- [11] Hickethier T, Kroeger JR, Lennartz S, et al. Venous-phase chest CT with reduced contrast medium dose: utilization of spectral low keV monoenergetic images improves image quality[J]. Eur J Radiol, 2020, 122:108756. doi: 10.1016/j.ejrad.2019.108756.
- [12] Do TD, Rheinheimer S, Kauczor HU, et al. Image quality

- evaluation of dual-layer spectral CT in comparison to single-layer CT in a reduced-dose setting[J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(10): 5709-5719. doi: 10.1007/s00330-020-06894-7.
- [13] 郑小霞, 马娅琼, 熊晟原, 等. 双层探测器光谱CT在肺原发恶性肿瘤、肺慢性炎症及肺结核鉴别诊断中的应用价值[J]. *解放军医学杂志*, 2022, 47(11): 1133-1143. doi: 10.11855/j.issn.0577-7402.2022.11.1133.
- Zheng XX, Ma YQ, Xiong SY, et al. Clinical value of dual-layer spectral detector CT in distinguishing diagnosis of pulmonary primary malignant tumor, chronic inflammation and tuberculosis[J]. *Medical Journal of Chinese People's Liberation Army*, 2022, 47(11): 1133-1143. doi: 10.11855/j.issn.0577-7402.2022.11.1133.
- [14] 张东升, 盛茂, 程庆红, 等. 双层探测器光谱CT定量参数与肺癌及其病理特征的关系[J]. *分子影像学杂志*, 2022, 45(5): 759-762. doi: 10.12122/j.issn.1674-4500.2022.05.25.
- Zhang DS, Sheng M, Cheng QH, et al. Relationship between quantitative parameters of dual-layer detector spectral CT and lung cancer and its pathological characteristics[J]. *Journal of Molecular Imaging*, 2022, 45(5): 759-762. doi: 10.12122/j.issn.1674-4500.2022.05.25.
- [15] 王莉莉, 郑文霞, 贾应梅, 等. 基于双层探测器光谱CT定量参数分析直肠癌生物学特征[J]. *放射学实践*, 2022, 37(12): 1555-1560. doi: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.12.016.
- Wang LL, Zheng WX, Jia YM, et al. Analysis of biological characteristics of rectal cancer based on quantitative parameters obtained by dual-layer detector spectral CT[J]. *Radiologic Practice*, 2022, 37(12): 1555-1560. doi: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.12.016.
- [16] 潘馨梦, 赵卫, 付蓝琦, 等. 双层探测器光谱CT胃癌原发灶有效原子序数及碘浓度预测淋巴结转移[J]. *临床放射学杂志*, 2022, 41(11): 2068-2072. doi: 10.13437/j.cnki.jcr.2022.11.001.
- Pan XM, Zhao W, Fu LQ, et al. Prediction of Lymph Node Metastasis by Dual-Layer Spectral CT with Effective Atomic Number and Iodine Density in Primary Gastric Cancer[J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2022, 41(11): 2068-2072. doi: 10.13437/j.cnki.jcr.2022.11.001.
- [17] Buus TW, Sandahl M, Thorup KS, et al. Breast cancer: comparison of quantitative dual-layer spectral CT and axillary ultrasonography for preoperative diagnosis of metastatic axillary lymph nodes[J]. *Eur Radiol Exp*, 2021, 5(1): 16. doi: 10.1186/s41747-021-00212-6.
- [18] Buus TW, Rasmussen F, Nellemann HM, et al. Comparison of contrast-enhanced CT, dual-layer detector spectral CT, and whole-body MRI in suspected metastatic breast cancer: a prospective diagnostic accuracy study[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(12): 8838-8849. doi: 10.1007/s00330-021-08041-2.
- [19] 罗冰, 徐志锋, 林景兴, 等. CT能谱成像在腮腺恶性肿瘤鉴别诊断中的应用[J]. *实用放射学杂志*, 2022, 38(3): 376-380. doi: 10.3969/j.issn.1002-1671.2022.03.006.
- Luo B, Xu ZF, Lin JX, et al. Application of CT spectrum imaging in the differential diagnosis of benign and malignant tumors in parotid gland[J]. *Journal of Practical Radiology*, 2022, 38(3): 376-380. doi: 10.3969/j.issn.1002-1671.2022.03.006.
- [20] 侯金鹏, 倪晓琼, 徐耀, 等. 能谱CT定量参数在肺腺癌分化程度诊断中的价值[J]. *实用放射学杂志*, 2019, 35(8): 1233-1236. doi: 10.3969/j.issn.1002-1671.2019.08.008.
- Hou JP, Ni XQ, Xu Y, et al. The value of quantitative parameters of spectral CT in diagnosis of differentiation of lung adenocarcinoma[J]. *Journal of Practical Radiology*, 2019, 35(8): 1233-1236. doi: 10.3969/j.issn.1002-1671.2019.08.008.
- [21] Demirler Şimşir B, Krug KB, Burke C, et al. Possibility to discriminate benign from malignant breast lesions detected on dual-layer spectral CT-evaluation[J]. *Eur J Radiol*, 2021, 142: 109832. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109832.
- [22] 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. doi: 10.12056/j.issn.1006-2785.2022.44.6.2021-3021.
- Lin GH, Chen WY, Chen CM, et al. Application of dual-energy CT virtual technique in diagnosis of breast cancer[J]. *Zhejiang Medical Journal*, 2022, 44(6): 607-610. doi: 10.12056/j.issn.1006-2785.2022.44.6.2021-3021.
- [23] 中华放射学杂志双层探测器光谱CT临床应用协作组. 双层探测器光谱CT临床应用中国专家共识(第一版)[J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54(7): 635-643. doi: 10.3760/cma.j.cn112149-20200513-00679.
- Chinese Journal of Radiology, Dual-layer Detector Spectral CT Clinical Application Collaborative Group. China expert consensus on clinical application of dual-layer spectral detector CT[J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2020, 54(7): 635-643. doi: 10.3760/cma.j.cn112149-20200513-00679.
- [24] Wang XX, Liu DH, Jiang SX, et al. Subjective and objective assessment of monoenergetic and polyenergetic images acquired by dual-energy CT in breast cancer[J]. *Korean J Radiol*, 2021, 22(4): 502-512. doi: 10.3348/kjr.2020.0310.
- [25] Al-Baldawi Y, Große Hokamp N, Haneder S, et al. Virtual monoenergetic images and iterative image reconstruction: abdominal vessel imaging in the era of spectral detector CT[J]. *Clin Radiol*, 2020, 75(8): 641.e9-641.e18. doi: 10.1016/j.crad.2020.03.036.
- [26] 张兰, 聂壮, 范文亮, 等. 双层探测器光谱CT移植肾动脉成像最适虚拟单能量的临床研究[J]. *中华放射学杂志*, 2022, 56(3): 298-302. doi: 10.3760/cma.j.cn112149-20210430-00434.
- Zhang L, Nie Z, Fan WL, et al. Preliminary study on the optimal keV of virtual monoenergetic images in transplanted renal artery on a dual-layer spectral detector CT[J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2022, 56(3): 298-302. doi: 10.3760/cma.j.cn112149-20210430-00434.
- [27] 危春容, 吕艳娥, 严映, 等. 双能量CT碘图定量参数鉴别诊断鼻腔鼻窦肿块样息肉与肿瘤[J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(7): 1012-1016. doi: 10.13929/j.issn.1003-3289.2020.07.015.
- Wei CR, Lu YE, Yan Y, et al. Differential diagnosis of mass-like

- polyps and tumors in nasal cavity and paranasal sinus with quantitative parameters of dual-energy CT iodine map[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2020, 36(7): 1012-1016. doi: 10.13929/j.issn.1003-3289.2020.07.015.
- [28] Deniffel D, Sauter A, Dangelmaier J, et al. Differentiating intrapulmonary metastases from different primary tumors via quantitative dual-energy CT based iodine concentration and conventional CT attenuation[J]. Eur J Radiol, 2019, 111:6-13. doi: 10.1016/j.ejrad.2018.12.015.
- [29] 辛小燕, 荣萍, 张艳秋, 等. 能谱CT在乳腺癌诊断中的应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2021, 31(3):427-430.
Xin XY, Rong P, Zhang YQ, et al. The study of the diagnostic value of energy spectrum CT in breast cancer[J]. Journal of Medical Imaging, 2021, 31(3):427-430.
- [30] Lenga L, Bernatz S, Martin SS, et al. Iodine map radiomics in breast cancer: prediction of metastatic status[J]. Cancers (Basel), 2021, 13(10):2431. doi: 10.3390/cancers13102431.
- [31] Wang XX, Liu DH, Zeng XF, et al. Dual-energy CT quantitative parameters for the differentiation of benign from malignant lesions and the prediction of histopathological and molecular subtypes in breast cancer[J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(5): 1946-1957. doi: 10.21037/qims-20-825.

(本文编辑 熊杨)

本文引用格式:程庆红, 邹玉红, 何家伟, 等. 光谱CT多参数定量分析对乳腺肿块良恶性的鉴别价值[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(7):1122-1128. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.07.019

Cite this article as: Cheng QH, Zou YH, He JW, et al. Value of multi-parameter quantitative analysis of spectral CT for differentiating benign and malignant breast masses[J]. Chin J Gen Surg, 2023, 32(7): 1122-1128. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.07.019

欢迎订阅《中国普通外科杂志》

《中国普通外科杂志》是国内外公开发行的国家级期刊[ISSN 1005-6947 (Print) /ISSN 2096-9252 (Online) /CN 43-1213/R], 面向广大从事临床、教学、科研的普外及相关领域工作者, 以实用性为主, 及时报道普通外科领域的新进展、新观点、新技术、新成果、实用性临床研究及临床经验, 是国内普外学科的权威刊物之一。办刊宗旨是: 传递学术信息, 加强相互交流; 提高学术水平, 促进学科发展; 注重临床研究, 服务临床实践。

本刊由中华人民共和国教育部主管, 中南大学、中南大学湘雅医院主办。名誉主编赵玉沛院士、陈孝平院士, 主编中南大学湘雅医院王志明教授, 顾问由中国科学院及工程院院士汤钊猷、吴咸中、汪忠镐、郑树森、黄洁夫、董家鸿、窦科峰、樊嘉、夏家辉等多位国内外著名普通外科专家担任, 编辑委员会由百余名国内外普通外科资深专家学者和三百余名中青年编委组成。开设栏目有指南与共识、述评、专题研究、基础研究、临床研究、简要论著、临床报道、文献综述、误诊误治与分析、手术经验与技巧、国内外学术动态, 病案报告。本刊已被多个国内外重要检索系统和大型数据库收录, 如: 美国化学文摘(CA)、俄罗斯文摘(AJ)、荷兰《文摘与引文索引》(Scopus)收录、日本科学技术振兴集团(中国)数据库(JSTChina)、中国科学引文数据库(CSCD)、中文核心期刊要目总览(中文核心期刊)、中国科技论文与引文数据库(中国科技论文统计源期刊)、中国核心学术期刊(RCCSE)、中国学术期刊(光盘版)、中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)、中国期刊网全文数据库(CNKI)、中文科技期刊数据库、中文科技资料目录(医药卫生)、中文生物医学期刊文献数据库(CMCC)、万方数据-数字化期刊群、中国学术期刊影响因子年报统计源期刊、中国生物医学文献检索系统(CBM-disc 光盘版、网络版)等。期刊总被引频次、影响因子及综合评分已稳居同类期刊前列。在科技期刊评优评奖活动中多次获奖; 继2017年10月获“第4届中国精品科技期刊”之后, 2020年12月再次入选“第5届中国精品科技期刊”; 入选《世界期刊影响力指数(WJCI)报告》(2019、2020、2021、2022版), 2020年入选中国科协我国高质量科技期刊(临床医学)分级目录。多次获奖后又被评为“2020年度中国高校百佳科技期刊”、“2022年度中国高校科技期刊建设示范案例库百佳科技期刊”, 2021年获湖南省委宣传部、湖南省科技厅“培育世界一流湘版科技期刊建设工程项目(梯队期刊)”资助, 标志着《中国普通外科杂志》学术水平和杂志影响力均处于我国科技期刊的第一方阵。

本刊已全面采用远程投稿、审稿、采编系统, 出版周期短, 时效性强。欢迎订阅、赐稿。

《中国普通外科杂志》为月刊, 国际标准开本(A4幅面), 每期140页, 每月25日出版。内芯采用彩色印刷, 封面美观大方。定价30.0元/册, 全年360元。国内邮发代号: 42-121; 国际代码: M-6436。编辑部可办理邮购。

本刊编辑部全体人员, 向长期以来关心、支持、订阅本刊的广大作者、读者致以诚挚的谢意!

编辑部地址: 湖南省长沙市湘雅路87号(湘雅医院内) 邮政编码: 410008

电话(传真): 0731-84327400 网址: <http://www.zpwz.net>

Email: pw84327400@vip.126.com