



· 论 著 ·

CESM量化特征联合形态学对BI-RADS 3~5类乳腺单发肿块的诊断价值

徐维敏, 郑博文, 潘德润, 文婵娟, 汪思娜, 曾 辉, 何子龙, 秦耿耿, 陈卫国

南方医科大学南方医院放射科, 广东 广州 510515

[摘要] 目的: 探讨对比增强能谱乳腺摄影 (contrast enhancement spectral mammography, CEM) 量化特征联合形态学对乳腺单发肿块的诊断价值。方法: 回顾并分析2018年1月—2020年12月行CEM检查的乳腺影像报告和数据库 (Breast Imaging Reporting and Data System, BI-RADS) 3~5类乳腺单发肿块。所有患者均行头尾 (craniocaudal, CC) 位 (早期, T1)、内外斜 (mediolateral oblique, MLO) 位 (晚期, T2) 摄影, 随后测量减影图病灶的强化灰度值 (lesion grey value, LGV)。并根据LGV在两个时相的变化量评估病灶的动态强化特点。同时分析病灶CEM低能图及减影图形态学特征。最后以病理学检查结果为金标准, 评价CEM (低能图及减影图)、LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化、CEM+LGV_{T1}+LGV_{T2}、CEM+动态强化、CEM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化对乳腺单发肿块的诊断效能。结果: 160例患者全为女性, 共检出160个肿块, 恶性病灶118个, 良性肿块42个。CEM、LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化、CEM+LGV_{T1}+LGV_{T2}、CEM+动态强化及CEM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化的曲线下面积 (area under curve, AUC) 分别为0.917、0.748、0.922、0.919及0.927。单独CEM诊断的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及准确度均高于LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化 (分别为91.5% vs 75.4%、83.3% vs 64.2%、93.9% vs 85.5%、77.7% vs 48.2%和89.3% vs 72.5%)。而CEM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及准确度分别为96.6%、80.9%、93.4%、89.4%、92.5%。结论: CEM (低能图+减影图) 形态学、病灶的LGV及动态强化特征综合判断可提高BI-RADS 3~5类乳腺单发肿块的诊断效能, 在一定程度上降低良性肿块的活检率。

[关键词] 乳腺癌; 对比增强能谱乳腺摄影; 量化; 乳腺; 肿块

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2022.02.007

中图分类号: R737.9; R445.4 文献标志码: A 文章编号: 2096-6210(2022)02-02-0146-08

Diagnostic value of quantitative features of CEM combined with morphology for single breast masses in BI-RADS category 3 to 5 XU Weimin, ZHENG Bowen, PAN Derun, WEN Chanjuan, WANG Sina, ZENG Hui, HE Zilong, QIN Genggeng, CHEN Weiguo (Department of Radiology, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, Guangdong Province, China)

Correspondence to: CHEN Weiguo E-mail: chenweiguo1964@21cn.com

[Abstract] **Objective:** To find out the benefits of adding morphology and quantitative analysis onto contrast enhancement spectral mammography (CEM) in diagnosis of single breast masses. **Methods:** All patients found with Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS) category 3-5 breast mass-like lesions by CEM from January 2018 to December 2020 were retrospective analyzed. All cases were performed craniocaudal (CC) view (early phase, T1) and mediolateral oblique (MLO) view (later phase, T2). The quantitative enhanced lesion gray value (LGV) was measured within each phase's recombined image. Based on their changes, the kinetic enhancement pattern was assessed among the two phases. And the diagnostic performance was subsequently measured. **Results:** A total of 160 breast masses were found in 160 female patients, and 118 masses were malignant and 42 masses were benign. The areas under curves (AUC) of CEM, LGV_{T1}+LGV_{T2}+kinetic enhancement, CEM+LGV_{T1}+LGV_{T2}, CEM+kinetic enhancement, and CEM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+kinetic enhancement was 0.917, 0.748, 0.922, 0.919 and 0.927, respectively. By evaluating

基金项目: 国家自然科学基金项目 (82171929); 广东省自然科学基金项目 (2019A1515011168); 广东省医学科研基金项目 (A2021391, B2020095, B2021043); 南方医科大学南方医院临床研究专项 (2020CR009)

通信作者: 陈卫国 E-mail: chenweiguo1964@21cn.com

the diagnostic value, sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and accuracy from morphological categorization were all higher than those of the LGV combined with kinetic enhancement (91.5% vs 75.4%, 83.3% vs 64.2%, 93.9% vs 85.5%, 77.7% vs 48.2%, and 89.3% vs 72.5%). While, the sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and accuracy of the CESM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+kinetic enhancement were 96.6%, 80.9%, 93.4%, 89.4% and 92.5%, respectively.

Conclusion: For the BI-RADS 3-5 breast masses, adding the CESM quantitative analysis with the CESM morphology can improve confidence level, and reduce the biopsy rate of benign masses.

[**Key words**] Breast cancer; Contrast-enhanced spectral mammography; Quantization; Breast; Mass

乳腺癌是中国女性的第一好发恶性肿瘤^[1]。对比增强能谱乳腺摄影 (contrast enhancement spectral mammography, CESM) 是乳腺X线摄影的新技术, 诊断效能与乳腺磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 相似^[2-3]。不同于全视野数字乳腺X线摄影 (full-field digital mammography, FFDM)、数字乳腺体层合成 (digital breast tomosynthesis, DBT), CESM基于碘离子的K缘, 运用低能量 (26~32 kVp) 和高能量 (45~49 kVp) 于同一压迫下摄影, 获得低能图和高能图, 并通过后处理得到减影图; CESM能通过病灶对碘离子的摄取, 更明显地突出病灶^[4], 其低能图及减影图形态学是诊断乳腺良恶性病变的基础。国内外学者^[5-7]通过CESM形态学对乳腺病变的研究显示, 部分良恶性病变的表现相似, 导致鉴别诊断存在一定困难。且对于致密类乳腺, 有研究^[5]发现, CESM较常规乳腺X线摄影, 诊断特异度仅为67.9% (CESM vs FFDM为67.9% vs 51.8%)。为了降低CESM形态学主观分析的影响, Deng等^[8]通过对CESM乳腺强化病灶的量化分析, 结果显示根据病灶强化程度的量化值诊断乳腺良恶性病变的灵敏度为75.5%, 特异度为88.6%, 准确度为82.1%。笔者前期通过对乳腺肿块的强化量化值及动态强化特征研究^[9], 发现肿块强化量化值联合动态强化特征诊断乳腺良恶性肿块的灵敏度为63.4%~90.2%, 特异度为54.1%~75.8%, 准确度为66.0%~82.0%。

为了更客观地评价乳腺疾病及更好地提高诊断效能, 我们设想乳腺肿块的CESM量化特征联合其形态学特征, 可能提高乳腺良恶性病变的诊断效能。

1 资料和方法

1.1 研究对象

本研究通过了南方医科大学南方医院伦理委员会的批准 (批准文号NFEC-2017-136), 所有受检者检查前均签署知情同意书。

研究时间为2018年1月—2020年12月。受检者纳入标准: ① 经常规FFDM或超声检查怀疑为乳腺影像报告和数据库系统 (Breast Imaging Reporting and Data System, BI-RADS) 3~5类乳腺单发肿块型病变; ② CESM前无放化疗病史和/或6个月内无乳腺手术史; ③ CSEM检查顺序为患侧头尾 (craniocaudal, CC) 位、患侧内外斜 (mediolateral oblique, MLO) 位、健侧CC位及健侧MLO位。排除标准: ① 妊娠期、准备妊娠或哺乳期妇女; ② 不能配合检查的严重疾病患者; ③ 碘对比剂过敏或肾功能不全; ④ 减影图多个强化病灶; ⑤ 减影图乳腺肿块与背景强化不能区分、影响病灶感兴趣区 (region of interest, ROI) 勾画者; ⑥ 患侧CC位或MLO位病灶未能包全者; ⑦ 最终诊断无病理学检查证实者。

1.2 影像学检查方法

采用美国GE公司的Senographe Essential全数字乳腺机进行CESM检查。对比剂采用非离子型碘对比剂碘海醇 (含碘300 mg/mL), 剂量为1.5 mL/kg。经高压注射器以3 mL/s的流率注入上臂静脉, 注射完成2 min后开始摄影, 每例受检者在7 min内完成全部体位摄片。

具体摄影顺序如下: ① 患侧CC位; ② 患侧MLO位; ③ 健侧乳腺CC位; ④ 健侧MLO位。患侧乳腺具体摄影时间如下: 在注射对比剂后第

2、4 min分别开始CC位、MLO位摄影,并在3、5 min内完成。早期时相定义为T1(注射对比剂结束后第2~3 min拍摄的患侧CC位);晚期时相定义为T2(注射对比剂结束后第4~5 min拍摄的患侧MLO位)。

每个投照位置摄片时,在1次压迫的1.5 s内连续获得1次低能和1次高能曝光。每个摄片体位在工作站上均可获得2张图像,即低能图像和经过特定算法处理的高能减去低能的减影图像。

1.3 图像分析

1.3.1 CESM形态学分析

所有图像采集完成后均自动传送至影像存储与传输系统(picture archiving and communication system, PACS)进行读片和评价。CESM低能图和减影图分别由2名具有8年和9年乳腺影像学诊断经验的医师参考第5版美国放射学会(American College of Radiology, ACR)BI-RADS^[10]双盲分析。

CESM低能图形态学着重分析:①病变类型(单纯肿块、肿块伴钙化);②肿块密度(含脂肪密度、低密度、等密度及高密度);③肿块形态(圆形/椭圆形、不规则形);④肿块边缘(清晰、遮蔽、模糊、浅分叶、毛刺)。

CESM减影图肿块型强化病灶着重描述:

①肿块形态(圆形/椭圆形、不规则形);②强化特点(均匀、不均匀及环形强化);③强化程度(轻度、中度、明显);④病灶边缘(清楚、模糊、毛刺)。

1.3.2 CESM减影图量化分析

CESM减影图由1名有9年乳腺影像诊断经验的医师运用ITK-SNAP软件(3.8.0版)在CESM的2个摄影时相(患侧CC及MLO位)减影图像上分别沿着肿块(肿块直径 ≥ 5 mm)的边缘手动勾画肿块的ROI(图1)。随后,使用基于Python 3.7的Simple ITK(Version 1.2.0)和Open CV(Version 4.1.2)读取Dicom格式的勾画好的CESM减影图像,将减影图转换成16-bit图像(灰度值范围0~65 536),并计算ROI内病灶强化灰度值(lesion grey value, LGV)。由于无法

分离出与强化病灶重叠的正常腺体组织强化值,因此病灶强化值的结果仅代表ROI内整个病灶范围的强化值。背景ROI由病灶ROI反转后,减去乳腺轮廓内的极度致密的点(乳头、皮肤褶皱等)得到。MLO位的背景ROI还需要进一步减去胸大肌范围。本研究分别测量了患侧乳腺CC、MLO位图像的病灶LGV。另外,我们利用公式(1)来计算病灶的不同时相病灶强化灰度值变化率(lesion grey value difference, LGVD)。

$$\text{LGVD} = \frac{(\text{LGV}_{\text{T2}} - \text{LGV}_{\text{T1}})}{\text{LGV}_{\text{T1}}} \times 100\% \quad (1)$$

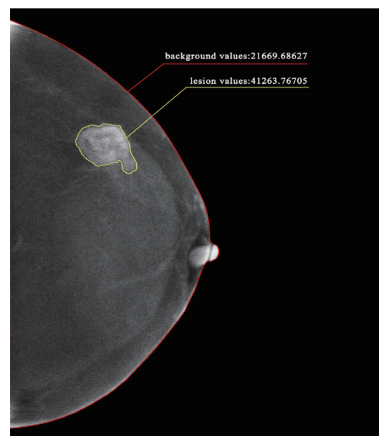


图1 减影图强化病灶的ROI勾画

黄色ROI内强化病灶的LGV标识。

根据两个相邻摄影时相病灶的LGVD,本研究参考ACR BI-RADS MRI强化方式^[10]将CESM动态强化特征分为3种:①上升型,变化率 $> 10\%$;②平台型, $-10\% \leq \text{变化率} \leq 10\%$;③流出型,变化率 $< -10\%$ (图2)。

阅片者首先阅读CESM图像,判断BI-RADS分类,并记录结果。为避免CESM形态学对量化特征诊断结果产生影响,医师对同一受检者的CESM量化值及动态强化特征诊断时间间隔2周;再间隔2周后,综合CESM形态学及量化特征(量化值+动态强化特征)进行诊断。本研究中,2名阅片者意见不一致时,由上一级医师共同商定;将BI-RADS 1~4A类判定为良性,4B~5类判定为恶性。

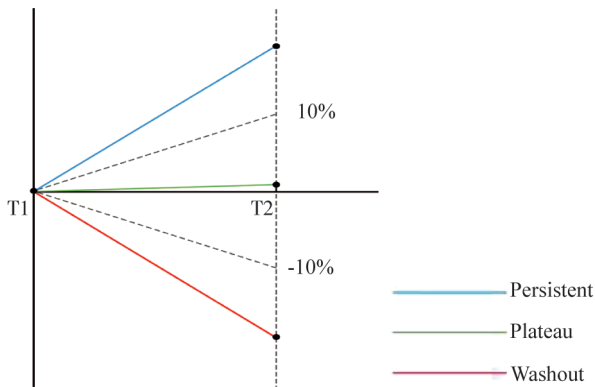


图2 肿块的动态强化特征分型

表1 160例患者基本资料

项目	n (%)		P值
	恶性 (n=118)	良性 (n=42)	
性别			
女性	118 (100.0)	42 (100.0)	
年龄/岁			
范围	28~74	24~65	
平均年龄 $\bar{x} \pm s$	49.24 ± 9.67	43.98 ± 9.13	<0.05
BI-RADS乳腺密度			>0.05
a	3 (2.5)	1 (2.4)	
b	11 (9.3)	4 (9.5)	
c	86 (72.9)	25 (59.5)	
d	18 (15.3)	12 (28.6)	

1.4 统计学处理

采用SPSS 22.0软件进行统计学分析。采用 χ^2 检验和受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线分析CESM形态学、量化分析、形态学+量化分析的诊断效能, 根据约登指数 $[Y = (\text{灵敏度} + \text{特异度}) - 1]$ 确定特征的最佳阈值, 并计算其诊断的灵敏度、特异度和准确度。使用两独立样本t检验分析不同时相良恶性肿块LGV的差异。基于LGVD的动态强化特征采用 χ^2 检验的方法进行统计学分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本资料

171例患者符合上述标准纳入研究, 其中11例中途要求退出, 最终160例纳入研究 (表1)。患者均为女性, 年龄24~74岁, 平均年龄 (47.86 ± 9.78) 岁。118例为乳腺癌, 包括导管原位癌4例、浸润性导管癌95例及其他类型乳腺癌19例; 42例为良性病变, 包括纤维腺瘤11例、导管内乳头状瘤5例、囊肿合并感染3例、炎症8例、分叶状肿瘤4例、腺病6例及纤维囊性乳腺病5例。乳腺癌患者平均发病年龄 $[(49.24 \pm 9.67)$ 岁] 较良性病变 $[(43.98 \pm 9.13)$ 岁] 大。乳腺良恶性病变均以致密型 (包括c类及d类) 乳腺多见, 良性病变vs乳腺癌为88.1% vs 88.2% (图3、4)。

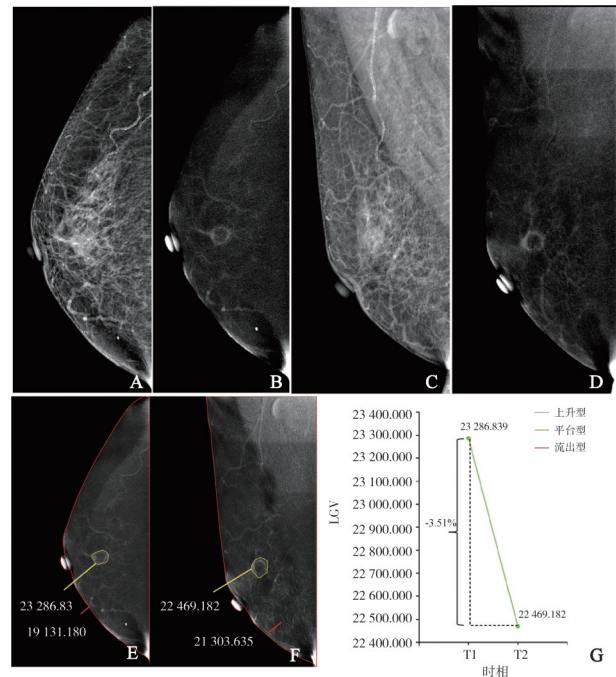


图3 典型病例1 (患者, 女性, 62岁, 乳腺淋巴细胞性乳腺癌) 的CESM形态学及量化值图像

A、C: 右乳CESM CC位及MLO位的低能图, 右乳上方 (约12点钟方向) 中1/3见不规则形等密度肿块, 边缘模糊; B、D: 右乳CESM CC位及MLO位减影图, 肿块不规则形明显强化; E、F: 增强肿块在T1及T2时间点的LGV_{T1}及LGV_{T2}分别为23 286.839、22 469.182; G: 增强肿块在T1及T2时间点的动态强化特征, LGV_{T2}较LGV_{T1}降低了3.5%, 呈平台型改变。

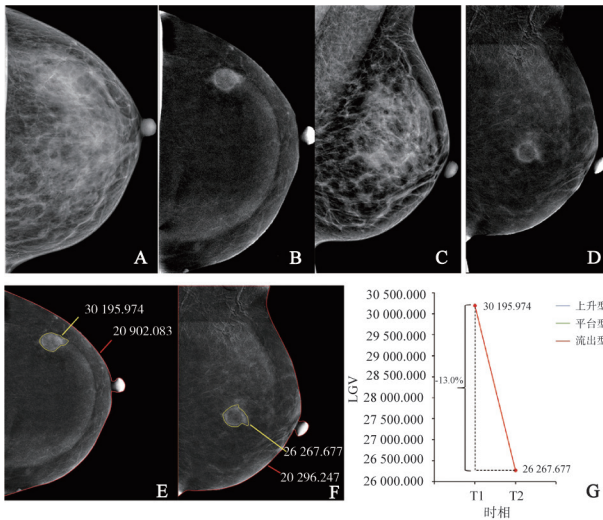


图4 典型病例2(患者, 女性, 48岁, 乳腺浸润性导管癌2级, 非特殊类型)的CESM形态学及量化值图像

A、C: 左乳CESM CC位及MLO位的低能图, 左乳外下象限中1/3见不规则形等密度肿块, 边缘模糊; B、D: 左乳CESM CC位及MLO位减影图, 肿块不规则形环形明显强化; E、F: 增强肿块在T1及T2时间点的LGV_{T1}及LGV_{T2}分别为30 195.974、25 267.677; G: 增强肿块在T1及T2时间点的动态强化特征, LGV_{T2}较LGV_{T1}降低了13.0%, 呈流出型改变。

2.2 乳腺单发肿块CESM低能图及减影图形态特点

由表2可见, 乳腺单发肿块CESM低能图及减影图的特点在良恶性病变中的差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。乳腺良性肿块低能图多表现为单纯肿块 (90.5%), 等密度 (61.9%), 圆形/椭圆形 (57.1%), 边缘模糊 (50.0%); 减影图多表现为圆形/椭圆形 (66.7%), 边缘模糊 (61.9%), 均匀强化 (59.5%)。而乳腺恶性肿块低能图多表现为单纯肿块 (59.35%), 高密度 (55.9%), 不规则形 (77.1%), 边缘毛刺 (45.8%); 减影图多表现为不规则形 (76.3%), 边缘模糊 (78.0%), 明显强化 (82.2%), 不均匀强化 (47.5%)。

2.3 乳腺单发肿块CESM减影图的量化值及动态强化特征

乳腺良恶性肿块的平均LGV在T1和T2时间点的差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 其中T1时间点, 乳腺良恶性肿块的平均LGV分别为26 739.0、32 435.7 (图5); T2时间点, 乳腺良恶性肿块的平均LGV分别为27 555.4、30 833.4 (图6)。

乳腺良恶性肿块于T1和T2时间点之间的动

态强化特征差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。虽然乳腺良恶性肿块的强化特征均以平台型多见 (约占50%), 但是乳腺良性肿块上升型强化特征比例高于恶性肿块 (31.0% vs 13.6%), 乳腺恶性肿块流出型强化特征比例较良性肿块高17.4% (36.4% vs 19.0%) (图7)。

表2 乳腺良恶性肿块的CESM低能图及减影图特点

CESM形态特点	n (%)		P值
	良性病变 (n=42)	乳腺癌 (n=118)	
低能图肿块特点			
病变类型			
单纯肿块	38 (90.5)	70 (59.3)	
肿块伴钙化	4 (9.5)	48 (40.7)	
肿块密度			
含脂肪密度	1 (2.4)	0 (0.0)	0.026
等密度	26 (61.9)	52 (44.1)	
高密度	15 (35.7)	66 (55.9)	
肿块形态			
圆形/椭圆形	24 (57.1)	27 (22.9)	0.000
不规则形	18 (42.9)	91 (77.1)	
肿块边缘			
清晰	4 (9.5)	0 (0.0)	0.000
遮蔽	13 (31.0)	4 (3.4)	
模糊	21 (50.0)	51 (43.2)	
浅分叶	4 (9.5)	9 (7.6)	
毛刺	0 (0.0)	54 (45.8)	
减影图肿块特点			
强化程度			
轻度	14 (33.3)	2 (1.7)	0.000
中度	14 (33.3)	19 (16.1)	
明显	14 (33.3)	97 (82.2)	
肿块形态			
圆形/椭圆形	28 (66.7)	28 (23.7)	0.000
不规则形	14 (33.3)	90 (76.3)	
病灶边缘			
清晰	16 (38.1)	7 (5.9)	0.000
模糊	26 (61.9)	92 (78.0)	
毛刺	0 (0.0)	19 (16.1)	
强化特点			
均匀	25 (59.5)	49 (41.5)	0.000
不均匀	3 (7.1)	56 (47.5)	
环形	14 (33.3)	13 (11.0)	

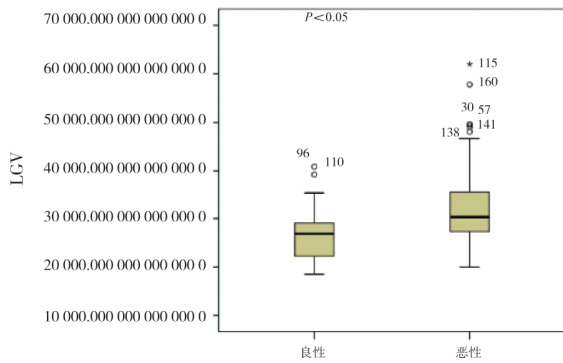


图5 乳腺良恶性肿瘤于T1时间点的LGV

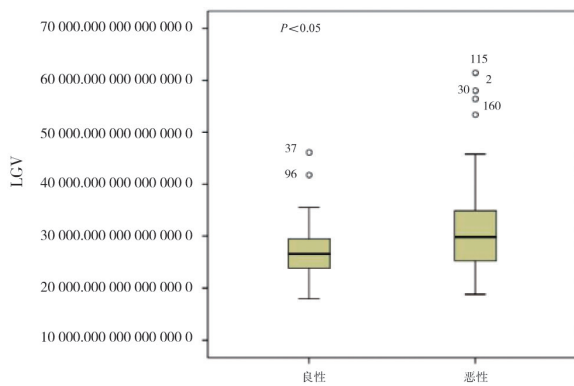


图6 乳腺良恶性肿瘤于T2时间点的LGV

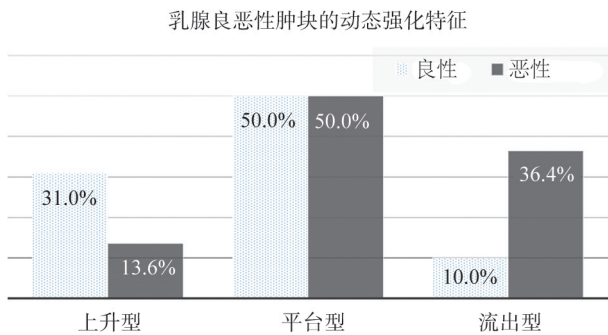


图7 乳腺良恶性单发肿块的动态强化特征

2.4 不同方法对乳腺单发肿块的诊断效能

由表3可见，CESM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化诊断乳腺肿块的曲线下面积（area under curve, AUC）、灵敏度、阳性预测值、阴性预测值及准确度最高，分别为0.927、96.6%、93.4%、89.4%及92.5%。LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化诊断乳腺肿块的效能最低，以阴性预测值为著，仅为48.2%。CESM+LGV_{T1}+LGV_{T2}、CESM、CESM+动态强化这3种方法的灵敏度、阴性预测值及准确度逐渐增高，而AUC、特异度及阳性预测值相近（图8）。

由表4可见，对于CESM低能图表现为边缘模糊的乳腺肿块，LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化、CESM+LGV_{T1}+LGV_{T2}、CESM+动态强化、CESM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化诊断效能逐渐增高。相比于LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化，CESM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化的灵敏度、特异度、阴性预测值及准确度增高为著，分别增高了19.6%、9.5%、32.4%及16.6%。

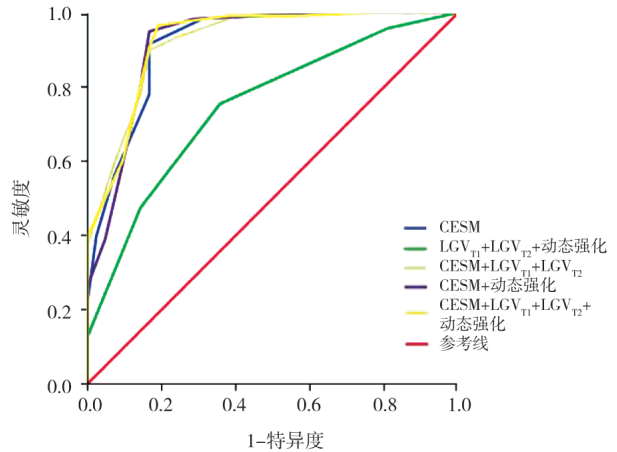


图8 不同方法对乳腺肿块的诊断效能比较

表3 不同方法对乳腺单发肿块的诊断效能

不同方法	诊断效能							
	AUC	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值	假阳性率	假阴性率	准确度
CESM（低能图+减影图）	0.917	0.915	0.833	0.939	0.777	0.166	0.084	0.893
LGV _{T1} +LGV _{T2} +动态强化	0.748	0.754	0.642	0.855	0.482	0.357	0.245	0.725
CESM+LGV _{T1} +LGV _{T2}	0.922	0.889	0.833	0.937	0.729	0.166	0.158	0.875
CESM+动态强化	0.919	0.940	0.833	0.940	0.833	0.166	0.059	0.912
CESM+LGV _{T1} +LGV _{T2} +动态强化	0.927	0.966	0.809	0.934	0.894	0.190	0.033	0.925

表4 不同方法对CESM低能图边缘模糊乳腺单发肿块的诊断效能

不同方法	诊断效能							
	AUC	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值	假阳性率	假阴性率	准确度
低能图	0.591	0.882	0.285	0.750	0.500	0.714	0.117	0.708
CESM (低能图+减影图)	0.806	0.843	0.761	0.895	0.666	0.238	0.156	0.819
LGV _{T1} +LGV _{T2} +动态强化	0.739	0.745	0.666	0.844	0.518	0.333	0.254	0.722
CESM+LGV _{T1} +LGV _{T2}	0.840	0.803	0.761	0.891	0.615	0.238	0.196	0.791
CESM+动态强化	0.809	0.921	0.761	0.903	0.800	0.238	0.078	0.875
CESM+LGV _{T1} +LGV _{T2} +动态强化	0.842	0.941	0.761	0.905	0.842	0.238	0.058	0.888

3 讨 论

对于BI-RADS 3~5类的乳腺单发肿块, 本研究中低能图乳腺癌肿块具有高密度(55.9%)、不规则形(77.1%)、边缘毛刺(45.8%)的典型表现, 而良性肿块具有等密度(61.9%)及形态规则(57.1%)的特征; 恶性肿块减影图特征同既往研究^[11], 主要表现为明显强化、不均匀强化、边缘模糊或毛刺的肿块样强化。本研究发现联合CESM的低能图及减影图的形态特征能较好地鉴别乳腺肿块的良恶性, 其灵敏度、特异度、准确度分别为91.5%、83.3%及89.3%; 联合CESM低能图及减影图的总诊断效能高于刘迎春等^[12]基于常规乳腺X线摄影BI-RADS分类鉴别乳腺良恶性肿块的研究, 其鉴别乳腺良恶性肿块的AUC、灵敏度和特异度分别为0.82、71.11%和83.05%。虽然本组中低能图仍有部分的良恶性肿块(72/160, 45.0%)均表现为等密度、边缘模糊肿块, 但联合减影图可使诊断特异度提高47.6%。而本研究CESM总的效能低于姜婷婷等^[13]的研究, 其CESM诊断乳腺良恶性病灶的灵敏度、特异度和准确度分别达95.80%、91.18%和94.77%; 分析原因可能是因为本研究仅纳入了BI-RADS 3~5类的乳腺单发肿块。

本研究乳腺良性肿块强化程度多样, 边缘模糊, 与既往研究^[14-15]不同, 特别是边缘模糊/形态不规则的炎症肿块(图3)与乳腺癌肿块(图4)鉴别困难。为了降低主观因素影响,

更好地鉴别表现相似乳腺良恶性肿块, 我们进一步提出了强化肿块的量化研究。本组中良性肿块的平均LGV及动态强化特征差异有统计学意义, 恶性肿块早期和晚期的平均LGV均高于良性肿块, 这与笔者前期的研究^[9]相似。本研究发现良恶性肿块的动态强化特征均主要表现为平台型(均约50%), 但良性肿块具有上升型强化特征(31.0%)的趋势, 恶性肿块具有流出型强化特征(36.4%)的趋势, 这与笔者前期的研究^[9]相似。本研究良恶性肿块的动态强化特征结果类似Huang等^[16]研究, 而不同于Deng^[8]等的研究。Huang^[16]等研究发现, 在2~4 min内, 71%乳腺癌和80%良性病变最常见的对比增强乳腺X线摄影的动力强化模式是平台型; 在2~10 min内, 51%乳腺癌表现为流出型, 而67%良性病变表现为平台型。Deng等^[8]的研究根据乳腺恶性病变流出型动态强化特征(66/98, 67.3%)及良性病变上升型动态强化特征(7/12, 58.3%)能在一定程度上鉴别病变良恶性。两者的差异可能性是因为本研究仅纳入了单发肿块型病变及摄影时间不同。然而单纯依靠强化肿块的LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化特征诊断, 诊断效能欠佳, 其灵敏度仅为75.4%, 而特异度更低, 仅为64.2%, 这是因为单纯的量化分析没有考虑肿块内部的强化特征及肿块强化边缘的细节改变, 且良恶性肿块的典型动态强化特征不显著。

综合强化肿块的形态学联合量化特征鉴别乳腺肿块良恶性, 本研究发现CESE+LGV_{T1}+LGV_{T2}、CESM+动态强化、

CESM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化诊断效能逐渐增高,以CESM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化诊断效能最佳,尤其是其阴性预测值较单独CESM增高了11.7%,比单纯量化分析(LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化)增高了41.2%,这很大程度降低了乳腺良性肿块的活检率。CESM+LGV_{T1}+LGV_{T2}+动态强化能避免良性肿块不必要的活检,可能的原因是乳腺肿块低能图形态、边缘特征和强化肿块的形态及强化程度鉴别良恶性更有代表性。我们的研究结果与Kamal等^[17]研究相似,强化肿块形态不规则、边缘模糊/毛刺及内部不均匀强化高度提示恶性病变,其中肿块形态不规则预测恶性病变的阳性预测值为92.4%。此外,我们分析每个时间点肿块强化程度的LGV在一定程度上减少了主观强化程度的影响,同时综合两个时间点的强化程度变化趋势,能由内及外更全面地剖析良恶性肿块的差异。

本研究的不足之处:①患者数相对偏少,且仅纳入了BI-RADS 3~5类的乳腺单发肿块。②强化肿块的LGV测量时没有考虑肿块内部强化特征。③缺乏乳腺动态增强MRI的对比。④没有对肿块的具体病理学类型进行分组。

综上所述,对于BI-RADS 3~5类的乳腺单发肿块,综合考虑肿块的CESM低能图、减影图、每个时间点的LGV及动态强化特征,能降低乳腺良性肿块活检率,提高恶性肿块的检出率,CESM量化特征联合形态学鉴别良恶性肿块具有较大的临床应用前景。

[参 考 文 献]

- [1] 孙可欣,郑荣寿,张思维,等. 2015年中国分地区恶性肿瘤发病和死亡分析[J]. 中国肿瘤, 2019, 28(1): 1-11.
- [2] XING D, LV Y B, SUN B L, et al. Diagnostic value of contrast-enhanced spectral mammography in comparison to magnetic resonance imaging in breast lesions [J]. J Comput Assist Tomogr, 2019, 43(2): 245-251.
- [3] FALLENBERG E M, SCHMITZBERGER F F, AMER H, et al. Contrast-enhanced spectral mammography vs mammography and MRI - clinical performance in a multi-reader evaluation [J]. Eur Radiol, 2017, 27(7): 2752-2764.
- [4] LEWIN J M, YAFFE M J. A history of contrast-enhanced mammography [M]. Cham: Springer, 2019: 1-21.
- [5] CHEUNG Y C, LIN Y C, WAN Y L, et al. Diagnostic performance of dual-energy contrast-enhanced subtracted mammography in dense breasts compared to mammography alone: interobserver blind-reading analysis [J]. Eur Radiol, 2014, 24(10): 2394-2403.
- [6] 文婵娟,徐维敏,曾辉,等. 对比增强X线摄影对乳腺可疑病变的诊断价值[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(9): 737-741.
- [7] LI L, ROTH R, GERMAINE P, et al. Contrast-enhanced spectral mammography (CESM) versus breast magnetic resonance imaging (MRI): a retrospective comparison in 66 breast lesions [J]. Diagn Interv Imaging, 2017, 98(2): 113-123.
- [8] DENG C Y, JUAN Y H, CHEUNG Y C, et al. Quantitative analysis of enhanced malignant and benign lesions on contrast-enhanced spectral mammography [J]. Br J Radiol, 2018, 91(1086): 20170605.
- [9] XU W M, ZHENG B W, CHEN W G, et al. Can the delayed phase of quantitative contrast-enhanced mammography improve the diagnostic performance on breast masses? [J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(8): 3684-3697.
- [10] MORRIS E A, COMSTOCK C E, LEE C H, et al. ACR BI-RADS[®] magnetic resonance imaging. In: ACR BI-RADS[®] Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System [M]. Reston: American College of Radiology, 2013.
- [11] 张征委,金彪,顾雅佳. 对比增强能谱乳腺X线摄影的诊断价值分析[J]. 肿瘤影像学, 2020, 29(2): 141-147.
- [12] 刘迎春,陈林,庞芸,等. 基于自动乳腺容积扫描、乳腺X线摄影及MRI的BI-RADS分类鉴别乳腺良恶性肿块[J]. 中国医学影像技术, 2021, 37(3): 386-390.
- [13] 姜婷婷,张盛箭,李瑞敏,等. 对比增强能谱X线摄影对乳腺疾病的诊断价值[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(4): 273-278.
- [14] MOHAMED KAMAL R, HUSSIEN HELAL M, WESSAM R, et al. Contrast-enhanced spectral mammography: impact of the qualitative morphology descriptors on the diagnosis of breast lesions [J]. Eur J Radiol, 2015, 84(6): 1049-1055.
- [15] ŁUCZYŃSKA E, NIEMIEC J, HENDRICK E, et al. Degree of enhancement on contrast enhanced spectral mammography (CESM) and lesion type on mammography (MG): comparison based on histological results [J]. Med Sci Monit, 2016, 22: 3886-3893.
- [16] HUANG J S, PAN H B, YANG T L, et al. Kinetic patterns of benign and malignant breast lesions on contrast enhanced digital mammogram [J]. PLoS One, 2020, 15(9): e0239271.
- [17] KAMAL R M, HELAL M H, MANSOUR S M, et al. Can we apply the MRI BI-RADS lexicon morphology descriptors on contrast-enhanced spectral mammography? [J]. Br J Radiol, 2016, 89(1064): 20160157.

(收稿日期: 2021-11-09 修回日期: 2022-02-27)