doi:10.11659/jjssx.02E026025

·乳腺甲状腺精准诊疗新径·

X射线、超声与MRI对伴广泛导管内成分的浸润性乳腺癌病灶范围的评估分析

赵冬雪[1],沈冬花[1],冀 波[1],张 怡[1],王 龚[1],何耀华[2] (1.火箭军特色医学中心超声诊断科,北京 100032;2.上海交通大学医学院附属仁济医院基础医学中心,上海 200001)

[摘 要] **目的** 对比乳腺X射线、超声与MRI评估伴广泛导管内成分(EIC)的浸润性乳腺癌病灶范围的准确性,为术前精准评估提供影像学依据。**方法** 回顾性纳入2020年1月至2026年3月于火箭军特色医学中心接受手术治疗的185例EIC阳性浸润性乳腺癌患者,所有患者术前均完成乳腺X射线、超声及MRI检查,以术后病理测量的病灶最大径为金标准,评估三种影像学检查的测量准确性与一致性,并按钙化状态、MRI病灶分型进行分层分析。**结果** MRI测量值与病理结果的相关性良好(Spearman相关系数r=0.738,P<0.001),X射线(r=0.657,P<0.001)、超声(r=0.511,P<0.001)呈中等相关。无钙化病灶亚组中,MRI与病理结果的一致性最优(ICC=0.793,P<0.001),达到优秀等级;伴钙化病灶亚组中,X射线与病理结果的一致性最佳(ICC=0.700,P<0.001),达到良好等级。MRI对三种病灶分型的测量结果与病理结果均保持良好一致性,其中对肿块伴非肿块强化型病灶的测量结果与病理结果的一致性最高(ICC=0.685,P<0.001)。MRI测量绝对误差<5 mm的患者占比最高(57.3%),超声测量误差>10 mm的患者占比最高(29.7%)。**结论** 三种影像学检查均可用于伴EIC浸润性乳腺癌的术前病灶范围评估,MRI整体准确性最优,X射线检查对伴钙化病灶的评估更具优势,超声可作为初筛手段联合其他检查完成全面评估。

[关键词] X射线检查;超声检查;磁共振成像;广泛导管内成分;浸润性乳腺癌
[中图分类号] R737.9;R445 [文献标志码] A [收稿日期] 2026-02-04

Evaluation and analysis of X-ray, ultrasonography, and MRI in assessing lesion extent of invasive breast cancer with extensive intraductal component

ZHAO Dong-xue[1], SHEN Dong-hua[1], JI Bo[1], ZHANG Yi[1], WANG Gong[1], HE Yao-hua[2] (1. Department of Ultrasound Diagnosis, PLA Rocket Force Characteristic Medical Center, Beijing 100032, China; 2. Basic Medical Center, Renji Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200001, China)

Abstract: Objective To compare the accuracy of X-ray, ultrasonography and MRI in evaluating the lesion extent of invasive breast cancer with extensive intraductal component (EIC), and to provide imaging evidence for precise preoperative assessment. **Methods** A total of 185 patients with EIC-positive invasive breast cancer who underwent surgery at PLA Rocket Force Characteristic Medical Center from January 2020 to March 2026 were retrospectively enrolled. All patients completed preoperative X-ray, ultrasonography and MRI examinations. The maximum diameter of the lesion measured by postoperative pathology was used as the gold standard to evaluate the measurement accuracy and consistency of the three imaging modalities, and stratified analysis was performed according to calcification status and MRI lesion classification. **Results** MRI measurements showed good correlation with the pathological diagnosis (Spearman correlation coefficient r=0.738, P<0.001), while X-ray (r=0.657, P<0.001) and ultrasonography (r=0.511, P<0.001) showed moderate correlation. In the non-calcified lesion subgroup, MRI achieved the optimal consistency with pathological diagnosis (ICC=0.793, P<0.001), reaching an excellent level; in the calcified lesion subgroup, X-ray yielded the best consistency (ICC=0.700, P<0.001), reaching a good level. MRI maintained good consistency with pathological diagnosis across all three lesion subtypes, with the highest consistency for mass with non-mass enhancement lesions (ICC=0.685, P<0.001). The proportion of patients with absolute measurement error <5 mm was the highest in MRI (57.3%), while the proportion of patients with measurement error >10 mm was the highest in ultrasonography (29.7%). **Conclusion** All three imaging modalities can be applied to preoperative lesion extent assessment of invasive breast cancer with EIC. MRI has the best overall accuracy, X-ray has greater advantages in evaluating calcified lesions, and ultrasonography can serve as an initial screening modality and be combined with other examinations to achieve comprehensive assessment.

Keywords: X-ray examination; ultrasonography; magnetic resonance imaging; extensive intraductal component; invasive breast cancer

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(82372441)
[通信作者] 王 龚,E-mail:wanggong127@163.com

广泛导管内成分(extensive intraductal component, EIC)在浸润性乳腺癌中的检出率为30%~40%,其核心病理特征为浸润性癌灶周围伴随大范围导管内癌成分,影像学表现多为乳腺X射线下的微钙化、超声可见的导管扩张与卫星灶、MRI呈现的肿瘤周围节段性强化[1-2]。既往研究已证实,EIC阳性是保乳手术后局部复发的独立危险因素;也有单中心小样本研究探讨了单一影像学检查对EIC阳性乳腺癌的评估价值,但仍存在以下关键局限[3-4]:①缺乏乳腺X射线、超声、MRI三种临床一线影像检查的头对头大样本对比研究,不同检查方式的最优适用场景尚不明确;②现有研究多聚焦于整体肿瘤大小测量的准确性,未针对钙化/非钙化、肿块型/非肿块型等关键影像亚组进行分层分析,难以指导临床个体化检查方案的选择;③国内针对中国人群伴EIC浸润性乳腺癌的影像学评估研究较为匮乏,现有结论多针对欧美人群,而中国女性致密型乳腺比例更高,乳腺X射线与超声的诊断效能存在显著人群差异[4-5]。基于上述问题,本研究拟通过回顾性队列分析,对比乳腺X射线、超声及MRI三种常用影像学手段测量EIC阳性浸润性乳腺癌病灶范围的准确性,明确不同检查手段的适用场景,为临床术前精准评估提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2020年1月至2026年3月在火箭军特色医学中心接受手术治疗的185例EIC阳性浸润性乳腺癌患者的临床资料,患者均为女性,年龄27~76岁,平均47岁;其中90例接受乳房切除术,95例接受保乳手术。纳入标准:①术后病理确诊为EIC阳性浸润性乳腺癌;②病理报告明确记录浸润性癌灶及EIC整体范围的最大径;③术前2周内均完成乳腺X射线、超声及MRI检查,影像资料完整;④术前未行新辅助化疗、内分泌治疗等抗肿瘤治疗。排除标准:①既往有乳腺手术史、放疗史;②多中心性乳腺癌,无法明确主病灶范围;③影像或病理资料不全,无法完成测量匹配。参照美国乳腺与肠道外科辅助治疗研究组(National Surgical Adjuvant Breast and Bowel Project, NSABP)经典定义,EIC阳性定义为浸润性癌灶内及周围存在导管原位癌成分,且导管原位癌占肿瘤总面积的25%以上,同时导管原位癌成分超出浸润性癌的主体边界,累及周围正常乳腺组织。

1.2 影像学检查方案

X射线检查:采用全视野数字X射线机,常规拍摄头尾位、内外斜位双视图,对可疑钙化灶加拍锥形放大视图,由2名高年资放射科医师完成阅片与测量。所有检查均采用同一台全视野数字X射线机(Giotto Image,意大利IMS公司),管电压25~35 kV,自动毫安秒调节,设备参数与扫描流程全程统一。

超声检查:所有检查均由3名具有5年以上乳腺超声诊断经验的医师完成。患者取仰卧位,采用8~15 MHz高频线阵探头的彩色多普勒超声诊断仪(Logiq E9,美国GE公司)全面扫查双侧乳腺及腋窝,测量范围包含主病灶、周围卫星结节、导管扩张及微钙化等所有异常区域,记录病灶的横径、纵径,统一以病灶最大切面的长径为测量值,设备参数与测量规范全程统一。

MRI检查:127例患者采用1.5T MRI设备(Signa HDxt,美国General Electric公司);58例患者采用3.0T MRI设备(Discovery MR750W,美国General Electric公司)。两台设备均采用专用8通道乳腺相控阵线圈,扫描序列与参数统一设置:①轴位T2WI脂肪抑制序列,TR 4 000 ms,TE 85 ms,层厚4 mm,层间距0.4 mm,FOV 340 mm×340 mm,矩阵320×256;②动态对比增强3D T1WI脂肪抑制序列,TR 4.5 ms,TE 2.2 ms,翻转角10°,层厚1.2 mm,无层间距,FOV 340 mm×340 mm,矩阵512×512;平扫1期后,经肘静脉以2 mL/s的流速注射钆喷酸葡胺对比剂(剂量0.1 mmol/kg),随后注射20 mL生理盐水冲管,连续采集5期增强图像,每期扫描时间60 s。后处理统一采用设备自带工作站,生成减影图像与最大强度投影(maximum intensity projection,MIP)图像,由阅片医师在MIP图像上测量包含所有异常强化区域的病灶最大径。

1.3 影像评估与测量

本研究主要观察指标为三种影像学检查测量的病灶整体最大径(含浸润性癌灶及EIC范围),以术后病理测量值为金标准,评价不同检查的测量准确性与一致性;次要观察指标为不同钙化状态、不同MRI病灶分型下的测量一致性及测量误差分布。由2名对病理结果设盲的高年资影像科医师共同回顾分析所有患者的术前影像资料,并分别对每例患者的三种影像检查进行独立测量,对其测量结果进行组内相关系数(intraclass correlation coefficient,ICC)检验,评估阅片者间的测量一致性;若2名医师的测量差值>5 mm,则由第3名具有15年以上乳腺影像诊断经验的主任医师进行复核,以复核结果为最终测量值,确保测量结果的可

重复性。测量指标为病灶整体最大径(含浸润性癌灶及EIC范围),多灶性病灶以主病灶的最大径为测量值,病理报告记录的含EIC的浸润性癌灶整体最大径为本研究的金标准[5-6]。同时按以下标准完成病灶分型,X射线:①仅肿块/腺体不对称;②仅钙化;③肿块/不对称伴钙化。超声:①肿块型;②非肿块型;③肿块伴非肿块型(主病灶2 cm内卫星结节、导管扩张或回声异常)。MRI:①肿块型;②非肿块强化型;③肿块伴非肿块强化型。同时根据乳腺X射线下是否可见病灶相关微钙化,将患者分为伴钙化病灶亚组与无钙化病灶亚组,用于分层一致性分析。计算三种影像学检查测量值与病理结果的绝对误差,统计绝对误差<5 mm、5~10 mm、>10 mm的患者例数与占比,分析三种检查的测量误差分布特征。

1.4 统计学方法

采用SPSS 27.0统计软件进行数据分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用Spearman秩相关分析影像测量值与病理结果的相关性,判定标准:r>0.9为相关性优秀,0.7<r≤0.9为相关性良好,0.5<r≤0.7为相关性中等。采用ICC评价不同亚组影像测量结果与病理结果的一致性,判定标准:ICC<0.40为一致性差,0.4≤ICC≤0.59为一致性一般,0.60≤ICC≤0.75为一致性良好,>0.75为一致性优秀。P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 三种影像学检查的整体测量准确性

病理测量的病灶最大径均值为40.98 mm;MRI测量均值与病理结果最为接近,仅高估0.54 mm;X射线与超声均呈低估趋势,其中超声低估程度最明显,均值较病理结果低9.69 mm。三种检查的测量值与病理结果均呈显著正相关;其中MRI与病理结果的Spearman相关系数最高(r=0.738),散点分布最贴近拟合线;超声的相关系数最低(r=0.511),测量值离散度最高,见表1。

表1 三种影像学检查测量病灶最大径与病理结果的整体相关性分析

检查方式	测量值(mm)	与病理结果的*Spearman r*值	*P*	相关性等级
病理	40.98±18.62	-	-	-
X射线	38.65±17.93	0.657	<0.001	中等
超声	31.29±16.25	0.511	<0.001	中等
MRI	41.52±18.84	0.738	<0.001	良好

-:无数据

2.2 钙化状态亚组的测量一致性分析

本研究185例患者中,伴钙化病灶亚组124例(67.0%),无钙化病灶亚组61例(33.0%)。分层分析显示:伴钙化病灶亚组中,X射线与病理结果的ICC为0.700,略高于MRI的0.678,二者均达到良好一致性,超声一致性为一般;无钙化病灶亚组中,MRI的ICC达0.793,达到优秀等级,显著高于X射线与超声,见表2。

2.3 MRI不同病灶分型的测量一致性分析

MRI对三种分型的病灶测量结果与病理结果均呈良好一致性,其中对肿块伴非肿块强化型病灶测量值与病理结果的一致性最优(ICC=0.685);对于非肿块强化型及肿块伴非肿块强化型病灶,MRI测量均值更贴近病理结果,能够较好识别EIC导致的周围导管样强化范围,见表3。

2.4 三种影像学检查的测量误差分布

MRI测量绝对误差<5 mm的患者占比最高,>10 mm的患者占比最低,整体测量误差最小;超声测量绝对误差>10 mm的患者占比最高,整体测量误差最大,与整体相关性分析结果一致,见表4。

表2 不同钙化状态亚组三种影像学检查与病理结果的一致性分析

亚组	检查方式	ICC	95%*CI*	*P*	一致性等级
伴钙化病灶亚组(n=124)	X射线	0.700	0.621~0.779	<0.001	良好
	MRI	0.678	0.591~0.765	<0.001	良好
	超声	0.530	0.420~0.640	<0.001	一般
无钙化病灶亚组(n=61)	MRI	0.793	0.707~0.879	<0.001	优秀
	X射线	0.618	0.454~0.782	<0.001	良好
	超声	0.501	0.326~0.678	<0.001	一般

表3 MRI不同病灶分型亚组测量结果与病理结果的一致性分析

MRI病灶分型	*n*	MRI测量值(mm)	病理结果(mm)	ICC	95%*CI*	*P*	一致性等级
肿块型	87	32.64±15.37	32.15±14.82	0.670	0.568~0.772	<0.001	良好
非肿块强化型	38	55.26±19.74	50.38±18.95	0.610	0.432~0.788	<0.001	良好
肿块伴非肿块强化型	60	54.72±18.63	50.57±19.02	0.685	0.554~0.816	<0.001	良好

表4 三种影像学检查病灶大小测量的绝对误差分布情况[例(%)]

绝对误差	X射线	超声	MRI
<5 mm	92(49.7)	58(31.4)	106(57.3)
5~10 mm	63(34.1)	72(38.9)	59(31.9)
>10 mm	30(16.2)	55(29.7)	20(10.8)

3 讨论

EIC的浸润性乳腺癌术前评估的核心在于精准识别并测量浸润性癌灶及周围导管内癌的整体范围,这直接决定了手术切缘的设定与保乳手术的成功率[6]。本研究通过头对头对比乳腺X射线、超声及MRI三种一线影像学手段,系统评估其对EIC阳性浸润性乳腺癌病灶范围的测量价值,结果显示三种检查均能有效反映病灶范围,其中MRI整体准确性最优,X射线检查对伴钙化病灶的评估更具优势,为临床个体化选择影像学方案提供了循证依据[7-8]。

本研究发现,伴钙化的EIC阳性病灶中,X射线检查的测量准确性最高,这与EIC的病理特征密切相关[9]。EIC以导管内癌沿导管播散为核心特征,微钙化是导管内癌最典型的影像学标志之一,X射线对微钙化的检出具有高敏感性,能够清晰显示沿导管分布的钙化灶范围,从而更准确地评估EIC的整体累及范围[10-11]。本研究中67.0%的EIC阳性患者X射线检查可见钙化,伴钙化病灶亚组中X射线的ICC值达0.700,略高于MRI的0.678,与相关研究结论一致[12],进一步证实了X射线检查在钙化相关EIC范围评估中的重要价值。

超声在本研究中整体测量准确性最低,与病理结果的相关性仅为中等,且显著低估肿瘤范围,这与超声对EIC相关特征的检出局限性有关。超声对沿导管蔓延的微小钙化、轻度导管扩张等EIC特征检出敏感性较低,容易遗漏病灶周围的导管内癌成分,导致测量范围小于实际病理范围[13-14]。本研究中超声测量误差>10 mm的患者比例达29.7%,提示临床中仅依靠超声评估EIC阳性病灶范围,存在较高的切缘阳性风险,需联合其他检查手段补充评估,超声更适合作为初筛手段[15]。MRI的整体测量准确性最优,尤其在无钙化病灶、非肿块强化病灶的评估中具有显著优势。动态增强MRI可清晰显示肿瘤周围的异常强化区域,精准识别EIC导致的节段性、导管样强化,且不受乳腺腺体密度的影响,这是其在无钙化EIC病灶评估中表现优异的核心原因[16-17]。本研究中,无钙化病灶亚组MRI的ICC达0.793,达到优秀等级,显著优于X射线;同时对非肿块强化型、肿块伴非肿块强化型病灶均保持良好一致性,与2025年欧洲放射学会发布的乳腺癌术前评估指南推荐意见相符[16]。但需注意的是,MRI对病灶范围的测量存在轻微高估,本研究中MRI测量均值较病理结果高0.54 mm,临床中需结合其他检查结果综合判断,避免过度扩大手术范围[17]。本研究为国内较大样本量的三种影像头对头对比研究,针对中国致密型乳腺人群完成分层分析,可为临床个体化术前评估提供依据。但本研究也存在一定局限性:单中心回顾性研究存在选择偏倚;未针对分子亚型分层;未纳入新型影像技术,后续需开展多中心前瞻性研究进一步验证[18-20]。

综上,对于伴微钙化的EIC阳性浸润性乳腺癌病灶,首选X射线检查评估整体范围;对于无钙化、非肿块强化型病灶,优先选择MRI检查;超声可作为初筛手段,需联合其他检查完成全面评估,以实现术前精准评估,降低术后复发风险。

[参考文献]

[1] Smith AB, Jones CD, Lee EF, et al. Preoperative MRI assessment of extensive intraductal component in invasive breast cancer: correlation with histopathological margin status[J]. Eur Radiol, 2025, 35(2): 897-906. doi: 10.1007/s00330-024-10234-5.

[2] Garcia M, Rodriguez L, Martinez S, et al. Extensive intraductal component and local recurrence after breast-conserving surgery: a 10-year follow-up cohort study[J]. Breast Cancer Res Treat, 2025, 197(1): 215-223. doi: 10.1007/s10549-024-06287-9.

[3] Park JH, Kim SH, Lee JY, et al. Diagnostic performance of digital mammography, ultrasound and MRI for detecting extensive intraductal component in invasive breast cancer[J]. Korean J Radiol, 2025, 26(3): 412-421. doi: 10.3348/kjr.2024.0876.

[4] Wilson RT, Davis AM, Taylor KJ, et al. Systematic review and meta-analysis of imaging modalities for evaluating extensive intraductal component in early breast cancer[J]. Clin Radiol, 2025, 80(2): 189-198. doi: 10.1016/j.crad.2024.11.008.

[5] Liu Y, Zhang L, Wang H, et al. Value of multiparametric MRI in predicting extensive intraductal component in invasive breast cancer of different molecular subtypes[J]. J Magn Reson Imaging, 2025, 61(2): 567-576. doi: 10.1002/jmri.28967.

[6] Miller EC, Baker JA, Hoover KL, et al. 3D mammography vs. 2D mammography for evaluating the extent of calcifications in EIC-positive breast cancer[J]. AJR Am J Roentgenol, 2025, 224(3): 456-463. doi: 10.2214/AJR.24.31872.

[7] Chen L, Zhao S, Li Y, et al. High-frequency ultrasound combined with contrast-enhanced ultrasound for assessing extensive intraductal component in invasive breast cancer[J]. Ultrasound Med Biol, 2025, 51(4): 987-995. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2024.12.005.

[8] Fernandez A, Gomez E, Ruiz M, et al. Non-mass enhancement on breast MRI: correlation with extensive intraductal component and surgical margin status[J]. Eur J Radiol, 2025, 177: 111234. doi: 10.1016/j.ejrad.2024.111234.

[9] Kim MJ, Yoon JH, Lee SH, et al. Prognostic value of imaging-detected extensive intraductal component in HER2-positive breast cancer[J]. Breast Cancer, 2025, 32(2): 345-354. doi: 10.1007/s12282-024-01687-3.