

数字乳腺断层融合X线摄影与常规影像学检查诊断效能的对比研究

汤伟¹, 李瑞敏¹, 高毅², 王奇峰³, 沈茜刚¹, 顾雅佳¹, 彭卫军¹

1. 复旦大学附属肿瘤医院放射诊断科, 复旦大学上海医学院肿瘤学系, 上海 200032;
2. 复旦大学附属肿瘤医院超声科, 复旦大学上海医学院肿瘤学系, 上海 200032;
3. 复旦大学附属肿瘤医院病理科, 复旦大学上海医学院肿瘤学系, 上海 200032

[摘要] 背景与目的: 乳腺癌已成为女性最常见的恶性肿瘤, 乳腺X线摄影新技术的出现对乳腺癌诊断起重要作用; 该研究旨在对比数字乳腺断层融合X线摄影(digital breast tomosynthesis, DBT)与常规影像学检查诊断乳腺良、恶性病变的效能。方法: 收集2015年3月—2015年12月在复旦大学附属肿瘤医院就诊且经临床或超声检查怀疑乳腺病变的227例患者。所有患者均行B超、全屏数字乳腺X线摄影(full-field digital mammography, FFDM)、DBT和MRI检查。高年资影像医师双盲阅片, 参照2013版BI-RADS分类标准, 以病理结果为金标准, 采用受试者工作特征(operating characteristic, ROC)曲线分析各种检查方法的诊断效能, 并利用Z检验比较DBT与其他检查方法的统计学差异。结果: 30例患者因图像不符合诊断要求而排除, 剩余197例患者共发现205个病灶, 其中良性病灶73例, 恶性病灶132例。B超、FFDM、DBT、DBT+FFDM和MRI基于BI-RADS分类诊断乳腺良、恶性病变的ROC曲线的曲线下面积(area under the curve, AUC)分别为0.830 8、0.859 2、0.916 7、0.919 8和0.935 4; 两两比较结果显示, DBT的AUC高于B超和FFDM, 且差异均有统计学意义(比B超相比, $Z=7.36$, $P=0.006 7$; 与FFDM相比, $Z=4.89$, $P=0.027 1$); DBT与MRI、DBT+FFDM的AUC差异无统计学意义(与MRI相比, $Z=0.02$, $P=0.900 2$; 与DBT+FFDM相比, $Z=0.69$, $P=0.404 8$)。结论: DBT较B超、FFDM能显著提高乳腺良、恶性病灶的诊断效能; 并与MRI诊断效能相当。DBT作为乳腺X线摄影新技术, 具有良好的应用前景。

[关键词] 乳腺疾病; 全屏数字乳腺X线摄影; MRI; 数字乳腺断层融合X线摄影; 超声成像

DOI: 10.19401/j.cnki.1007-3639.2017.06.015

中图分类号: R737.9 文献标志码: A 文章编号: 1007-3639(2017)06-0487-09

A comparative study of diagnostic performance between digital breast tomosynthesis and conventional imaging methods

TANG Wei¹, LI Ruimin¹, GAO Yi², WANG Qifeng³, SHEN Qiangang¹, GU Yajia¹, PENG Weijun¹ (1. Department of Diagnostic Radiology, Fudan University Shanghai Cancer Center, Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2. Department of Ultrasonography, Fudan University Shanghai Cancer Center, Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China; 3. Department of Pathology, Fudan University Shanghai Cancer Center, Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China)

Correspondence to: PENG Weijun E-mail: cjr.pengweijun@vip.163.com

[Abstract] **Background and purpose:** Breast cancer is the most common malignancy in women. The new technology of mammography is helpful in breast cancer diagnosis. This study aimed to compare the efficacy of digital breast tomosynthesis (DBT) with conventional imaging methods in the diagnosis of benign and malignant breast lesions. **Methods:** During the period from Mar. 2015 to Dec. 2015, 227 patients with suspected lesions (by palpation or sonography) underwent further imaging exam in our hospital. The sonography, full-field digital mammography (FFDM), DBT and breast MRI were performed on all the patients. A double-blind assessment was carried out according

to BI-RADS (version 2013) by experienced radiologists. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the diagnostic efficiency of all methods, referring to the pathological data as the golden standard; the difference in the efficiency of DBT from the other methods was determined by Z-test. **Results:** Thirty patients were excluded for the unsatisfactory images, and 205 lesions (132 malignant and 73 benign lesions) were detected in the remaining 197 patients. Area under the curve (AUC) of sonography, FFDM, DBT, DBT+FFDM and MRI based on the BI-RADS were 0.830 8, 0.859 2, 0.916 7, 0.919 8, and 0.935 4, respectively. The AUC of DBT was significantly higher than those of sonography ($Z=7.36, P=0.006 7$) and FFDM ($Z=4.89, P=0.027 1$), while there was no significantly difference between DBT and MRI ($Z=0.02, P=0.900 2$) or FFDM+DBT ($Z=0.69, P=0.404 8$). **Conclusion:** DBT could significantly improve the diagnostic performance for breast lesions compared with sonography and FFDM, providing a comparable efficiency to MRI. As a new mammography technology, DBT has good clinical application prospect.

[**Key words**] Breast diseases; Full-field digital mammography; MRI; Digital breast tomosynthesis; Sonography

近年来乳腺癌已跃居女性所有恶性肿瘤的首位^[1]。早发现、早诊断对降低乳腺癌的死亡率和提高患者5年生存率具有重大意义^[2]。影像学检查在乳腺癌早期诊断中发挥重要作用。传统乳腺影像检查技术(全数字化乳腺X线成像、MRI、超声)在乳腺癌诊断中发挥重要作用,但也有缺陷^[3]。近年来,国外学者对数字乳腺断层融合X线摄影(digital breast tomosynthesis, DBT)进行初步研究,该技术利用不同投射角度实现乳腺三维重建成像,相比传统乳腺X线摄影, DBT发现病灶的灵敏度及特异度显著提高,尤其在致密腺体乳腺中更为显著,但需要更大样本量去证实^[4-6]。由于中国女性乳腺腺体构成与国外女性存在一定差异,针对中国女性乳腺DBT大样本量研究尚未深入。本研究旨在对比DBT技术与常规影像学检查诊断乳腺良、恶性病变的效能,为将来DBT大规模应用于乳腺病变检查或正常人群筛查奠定基础,为乳腺病变患者早期诊断提供一个可靠、灵敏及相对简便的新方法。

1 资料和方法

1.1 研究对象

本研究经复旦大学附属肿瘤医院伦理委员会批准后,收集2015年3月—2015年12月在复旦大学附属肿瘤医院就诊且经临床或超声检查怀疑乳腺病变并建议行进一步影像检查的227例患者。所有患者均签署知情同意书,同时行B超、全屏数字乳腺X线摄影(full-field digital

mammography, FFDM)、DBT及MRI检查并经手术或活检证实。高年资影像学医师对所有患者的影像学及临床资料进行回顾性分析。入组标准如下:①临床诊断需要或乳腺筛查异常,建议进一步检查的女性患者;②5年内未接受乳腺手术;③知悉本研究内容并在知情同意书上签字;④术前或活检前均行B超、FFDM、DBT及MRI检查;⑤所有患者最终结果均经手术或活检病理证实。排除标准如下:①孕妇、哺乳期妇女;②不能配合检查的严重疾病患者;③研究者认为其他不适合做乳腺检查的患者;④图像质量不符合诊断要求(FFDM或超声BI-RADS分类为0)的患者。

1.2 研究方法

1.2.1 影像学设备及方法

1.2.1.1 超声检查

所有患者乳腺超声检查均采用常规二维超声和多普勒彩超,检查仪器为IU 22(荷兰飞利浦公司),探头频率为5~12 MHz。

1.2.1.2 乳腺X线摄影

所有患者乳腺X线检查(FFDM、DBT)均在Siemens Mammomat Inspiration数字乳腺X射线机(购自德国Siemens公司)上进行,此设备已通过国家食品药品监督管理局批准可进行临床诊断性试验。所有患者均行头尾位(cranio-caudal, CC)和内外斜位(medio-lateral oblique, MLO)双体位投照。每例患者先获得单一体位FFDM,随即在同一压迫条件下由机器自动完成DBT检查扫描。在DBT成像中,X线球管先以0°

为中心预曝光确定检查时合适的曝光参数。而后在 $-25^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 范围内扫描乳腺，每旋转 2° 自动曝光1次，完成25次原始低剂量图像采集。再经后处理重建得出层厚为1 mm的与平板探测器平面平行的断层图像，断层图像的层数取决于受压乳腺的腺体厚度。

1.2.1.3 MRI检查

所有患者检查均在复旦大学附属肿瘤医院影像中心3台MR仪器上完成。3台仪器分别为美国通用医疗公司3.0T Signa HDxt MR成像仪、1.5T Signa Excite MR成像仪及美国Aurora Dedicated Breast MR成像仪。采用相应机器自带乳腺专用线圈，患者取俯卧位，两侧乳腺自然下垂，均行横断面扫描。乳腺专用磁共振平扫序列包括定位相、脂肪抑制横断位T2WI和T1WI，层厚3.0 mm，层间距0.6 mm。平扫后90 s行增强扫描，对比剂采用Gd-DTPA(马根维显，购自德国拜耳先灵医药股份有限公司)，剂量为0.2 mmol/kg体质量，注射速率2 mL/s。增强扫描序列为脂肪抑制加水抑制T1WI，层厚1.1 mm，无间距扫描，FOV 360 mm \times 360 mm，矩阵360 \times 128。注入对比剂后连续无间隔采集6个时相，每个时相扫描时间为180 s，单期扫描层数为108层。所有数据采集完后重建获得最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)。3.0 T和1.5 T磁共振平扫序列同乳腺专用磁共振，增强扫描序列为脂肪抑制加水抑制动态增强T1WI，层厚1 mm，无间距扫描，视野320 mm \times 320 mm，矩阵256 \times 256。所有图像采集完成后均自动传送至PACS系统，阅读和评价均在双屏Barco 5M显示器上进行。

1.2.2 图像分析及报告内容

所有患者的FFDM、DBT及MRI图像由2名高年资放射科医师双盲判读，所有影像资料分成4部分(FFDM组、DBT组、DBT+FFDM组和MRI组)，分4次读完，两次阅片间隔至少2周，防止记忆效应。阅片医师阅片后将怀疑的病变全部标记在格式化的模板上。若两者意见有分歧，请第3位高年资医师进行判断。对DBT图像进行判读的医师观察图像前均接受过不少于3个

月的专业阅片培训。1名超声科高年资医师负责B超图像分析。乳腺病变的超声、X线及MRI影像学评价分级均参照美国放射学会2013年更新版的BI-RADS指南进行^[7]。

1.2.3 DBT和FFDM乳腺平均腺体吸收剂量比较

分别记录同一压迫条件下乳腺自动曝光一次同一患者乳腺压迫厚度下DBT和FFDM的乳腺平均腺体吸收剂量(average glandular dose, AGD)。

1.2.4 病理学诊断

对所有手术或穿刺标本行常规固定、包埋和切片，进行常规H-E染色及免疫组织化学染色检查。由1名从事乳腺疾病诊断的高年资病理医师对所有病理切片进行诊断，参照2012版WHO乳腺肿瘤病理分类诊断标准，获得病变的组织学类型。

1.2.5 质量控制

排除不符合诊断要求的患者(BI-RADS分类为0或由于患者移动造成图像不清晰干扰诊断的患者)。

1.3 统计学处理

采用SPSS 19.0统计软件对数据进行统计学分析。计数资料用例(%)表示，采用配对 χ^2 检验或Fisher's精确概率法比较各种方法BI-RADS分类差异及灵敏度、特异度和准确度。采用受试者工作特征(operating characteristic, ROC)曲线，计算ROC曲线的曲线下面积(area under the curve, AUC)，并用Z检验对AUC进行比较。对同一压迫状态下DBT和FFDM平均腺体吸收剂量均值进行配对t检验。所有统计学检验均为双侧检验， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 一般临床资料

收集经临床或超声检查怀疑乳腺病变并建议行进一步影像检查的患者227例。所有患者均为女性，年龄23~73岁，平均45.9岁。其中30例患者因图像不符合要求而被排除。剩余197例患

者共发现205个病灶。8例患者两侧乳腺均发现病变, 每侧乳腺1个病变。其中良性病变73个, 恶性病变132个(表1)。

2.2 DBT和FFDM乳腺平均腺体剂量比较

参照美国放射学会乳腺摄影质量标准(mammography quality standards act, MQSA)提出的乳腺平均腺体剂量标准: 压迫厚度为42 mm标准每次曝光平均剂量不超过3.0 mGy。

记录同一压迫条件下同一患者DBT和FFDM分别的平均吸收剂量。结果显示, 所有患者平均乳腺厚度为(48.34±5.6) mm, DBT双体位的平均放射剂量为(2.52±0.64) mGy, 单独FFDM的平均剂量为(1.28±0.24) mGy, 两者均小于MQSA的最大单次照射标准, DBT双体位平均剂量高于FFDM双体位检查, 差异有统计学意义($t=12.84$, $P<0.01$, 表2, 图1)。

表 1 乳腺病变具体良、恶性及具体组织学类型

Tab. 1 The specific pathology of all cases

Benign or malignant	Pathology	<i>n</i>
Malignant lesions (<i>n</i> =132)		
	IDC [*]	102
	DCIS [#]	12
	IDC [*] +DCIS [#]	14
	Adenoid cystic carcinoma	1
	Mucinous adenocarcinoma	1
	Solid papillary carcinoma	1
	Paget's disease	1
Benign lesions (<i>n</i> =73)		
	Breast adenosis	29
	Fibroadenoma	23
	Adenosis with fibroadenoma	10
	Intraductal papilloma	5
	Lobulated tumor	3
	Inflammatory infiltration	3

*: Invasive ductal carcinoma; #: Ductal carcinoma *in situ*

表 2 DBT及FFDM的AGD比较

Tab. 2 The AGD comparison of DBT and FFDM

Item	DBT	FFDM
Average gland compression thickness <i>l</i> /mm	48.34	48.34
AGD <i>D</i> /mGy	2.52 ± 0.64	1.28 ± 0.24
<i>t</i> value	12.84	
<i>P</i> value	< 0.01	

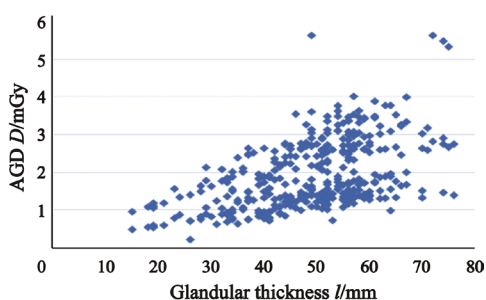


图 1 不同乳腺腺体厚度与AGD对应散点图

Fig. 1 The scatter plot of different thickness of mammary glands corresponding to AGD

2.3 DBT与各种影像检查对乳腺良、恶性病变总体诊断效能的对比研究

2.3.1 DBT、B超、FFDM、DBT+FFDM及MRI诊断结果与病理结果对照

将BI-RADS 4a类及以下病灶作为影像诊断的良性或阴性，BI-RADS 4b及以上作为影像诊断的恶性或阳性；病理诊断中将组织学恶性定义为阳性，良性定义为阴性。以病理结果为金标准，比较不同检查方法的诊断效能。205例患者中，B超诊断为阳性130例，阴性75例；FFDM诊断阳性124例，阴性81例；DBT诊断阳性134例，阴性71例；DBT+FFDM诊断阳性139例，阴性66例；MRI诊断阳性141例，阴性64例(表3)。

表 3 采用不同诊断方法对乳腺病变进行BI-RADS分类结果 (n=205)

Tab. 3 The BI-RADS classifications of different imaging methods (n=205)

Imaging methods	BI-RADS classifications				
	1, 2	3	4a	4b	4c, 5
Ultrasound	14	31	30	27	103
FFDM	14	35	32	50	74
DBT	19	27	25	43	91
DBT+FFDM	21	22	23	35	104
MRI	12	26	26	25	116

2.3.2 5种不同检查方法对乳腺病变诊断效能的比较

比较5种检查方法的灵敏度、特异度、约登指数、阳性预测值(positive predictive value, PPV)和阴性预测值(negative predictive value, NPV), 结果显示, MRI、DBT+FFDM和DBT的灵敏度较高, 分别为95.4%、93.9%和89.4%, 三者特异度也较高, 分别为83.6%、82.1%和78.1。MRI、DBT+FFDM和DBT的约登指数较高, 分别为79.0%、76.0%和67.5%(表4)。以病理结果为金标准, 采用B超、FFDM、DBT、DBT+FFDM和MRI诊断乳腺疾病的ROC曲线见图2, 结果显示, 每种检查方法的AUC均大于0.75, 且差异有统计学意义($P < 0.05$), 提示每种检查方法对乳腺病变的诊断均有意义。此外, 结果还显示, MRI(AUC=0.935 4) > DBT+FFDM (AUC=0.919 8) > DBT (AUC=0.916 7) > FFDM (AUC=0.859 2) > B超(AUC=0.830 8)。两两比较结果显示, MRI、DBT+FFDM和DBT的诊断效能均高于B超和FFDM, 且差异有统计学意义($P < 0.05$); MRI、DBT+FFDM及DBT三者的诊断效能差异无统计学意义($P > 0.05$, 表5, 图3、4)。

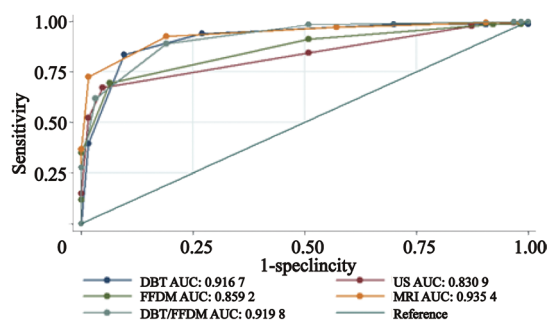


图 2 DBT及其他检查方法基于BI-RADS分类的ROC曲线

Fig. 2 ROC curve of sonography, FFDM, DBT, DBT+FFDM and MRI based on the BI-RADS classifications

表 4 DBT及其他检测方法诊断乳腺良、恶性病变价值情况

Tab. 4 The diagnostic ability of DBT and other imaging methods

Imaging methods	Sensitivity	Specificity	Youden index	Positive predictive value	Negative predictive value
Ultrasound	85.6	76.7	62.3	86.9	74.6
FFDM	79.5	74.0	53.5	84.6	66.7
DBT	89.4	78.1	67.5	88.0	80.3
DBT+FFDM	93.9	82.1	76.0	90.6	90.9
MRI	95.4	83.6	79.0	91.5	95.3

表 5 DBT及其他测量方法的AUC两两比较

Tab. 5 AUC comparison between DBT and other imaging methods

Imaging methods	Z value	P value
DBT vs ultrasound	7.36	0.006 7*
DBT vs FFDM	4.89	0.027 1*
DBT vs DBT+FFDM	0.69	0.404 8
DBT vs MRI	0.02	0.900 2

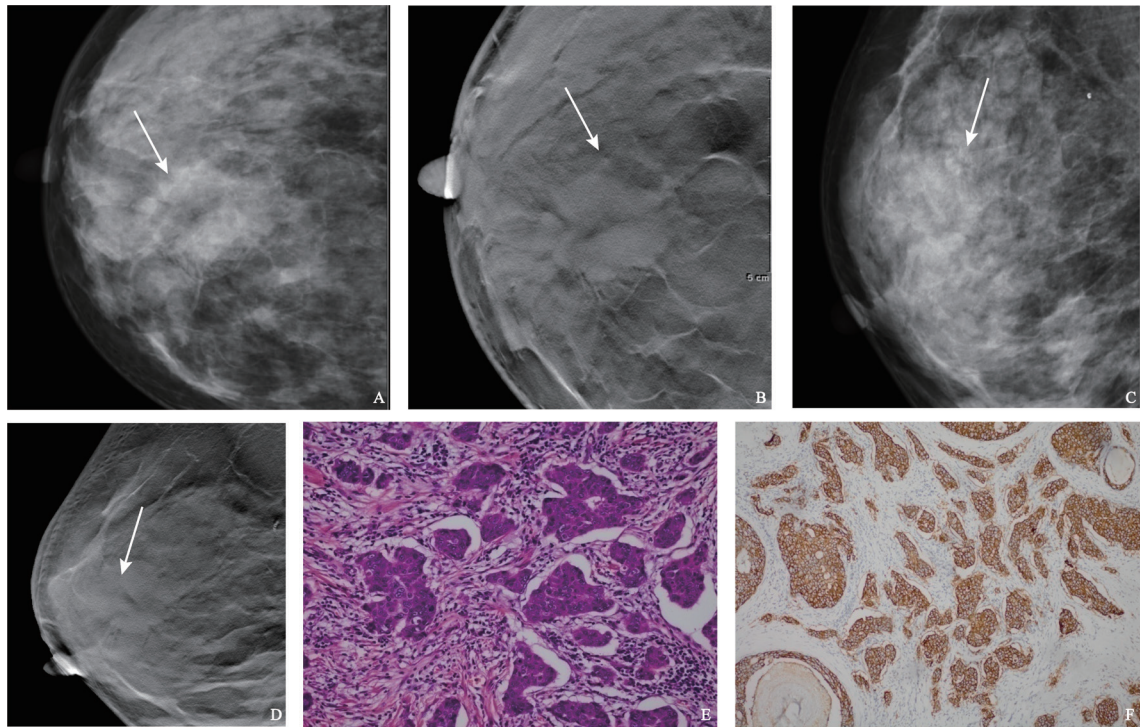
* $P < 0.05$ 

图 3 女性 40 岁, 致密腺体型, 右侧乳房外上象限 IDC II 级

Fig. 3 A female patient with 40 years old, dense breast, (right outer upper quadrant) IDC II

A, C: Right breast FFDM (CC and MLO positions), a not well-define mass (arrow); B, D: Right breast DBT (CC and MLO positions), a well-define mass (arrow), obvious spicule sign, easy to make a malignant diagnosis; E, F: H-E staining and immunohistochemical staining (HER-2, $\times 200$)

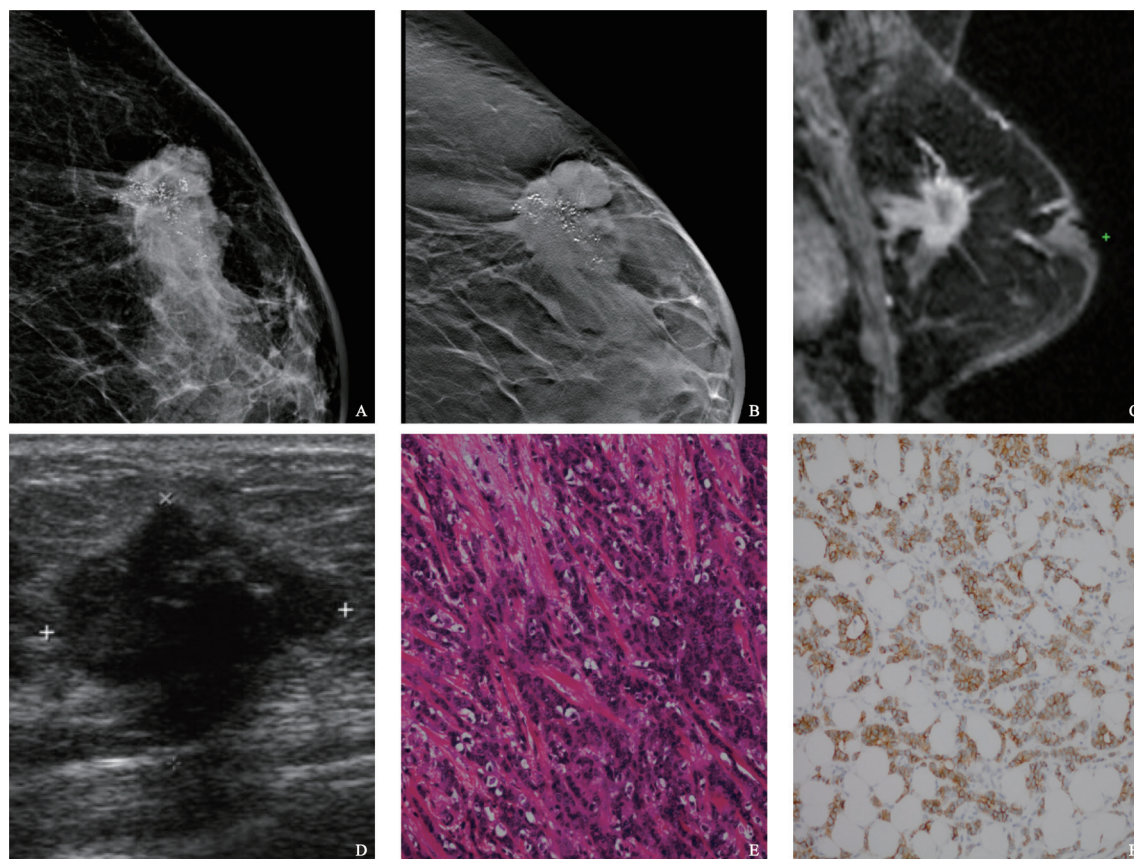


图4 女性患者58岁，散在纤维腺体型，左侧乳房IDC伴DCIS

Fig. 4 A female patient with 58 years old, scattered fiber glands breast (left), diagnosed as IDC and DCIS

A, B: Left breast FFDM and DBT (CC position), a well-define mass, irregular margin with obvious pleomorphic calcification, both had similar calcification manifestations; however, the shape and spicule sign showed better in DBT than FFDM, easier to make a malignant diagnosis in DBT; C, D: Sagittal position of MRI and ultrasound images, with a similar irregular margin and spicule sign with DBT; E, F: H-E staining and immunohistochemical staining (Ecad-1, $\times 200$)

3 讨 论

DBT技术是建立在平板探测器基础上的高级应用，通过一系列不同角度对乳腺进行快速采集，每采集1次获得对应的小剂量投影数据，利用这些数据可重建出与探测器平面平行的任意层面乳腺X线影像^[8-9]。DBT能克服传统X线摄影中正常腺体组织和病变组织重叠、遮掩带来的局限性，增加诊断的灵敏度和特异度。DBT早期国外临床试验显示，断层摄影可更加清晰地显示病灶的边缘、形态，从而提高诊断的准确度，并提高乳腺癌的早期检出率。但国外对于DBT的诊断效能研究各个报道结果并不一致^[10-12]，而且中国女性乳腺腺体构成与国外

不同，该研究旨在综合对比DBT与常规影像学技术(B超、FFDM及MRI)对中国女性乳腺良、恶性病变的诊断效能，初步探讨DBT应用于中国女性乳腺病变诊断的应用价值。

乳腺作为人体重要的性腺器官，对X线较为敏感，如何在不影响图像质量的前提下降低X线剂量非常重要。DBT检查时因其连续摄影，相对于FFDM，患者在接受DBT检查时所受辐射剂量是否急剧升高？Helvie^[13]研究发现，DBT检查时患者所受到的辐射量与FFDM相似或轻微增多，但亦在美国食品药品监督管理局设置的标准内。本组患者DBT双体位的平均放射剂量为 (2.52 ± 0.64) mGy，单独FFDM的平均剂量为 (1.28 ± 0.24) mGy，两者均小于MQSA的最大单次照射标准(3.0 mGy)，该结果与先前一些研

究相符合^[14-16],说明DBT技术用于中国女性乳腺检查是安全的;尽管如此,DBT双体位剂量较FFDM明显增高,患者1次检查需要分别拍摄FFDM和DBT图像,这明显增加了患者辐射剂量。针对此问题目前提出的“C-view”技术可利用DBT扫描的薄层图像虚拟重建出虚拟二维图像,这样患者就只需要1次照射分别得到DBT和虚拟FFDM图像,大大降低了辐射剂量。目前一些学者^[17-19]对该技术所得到的虚拟二维图像与常规FFDM图像做了初步对比研究,发现两者一致性较好;“C-view”技术目前在国外尚处于探索阶段,国内尚未开展大规模相关研究,有待未来扩大样本量研究该技术的可行性。另外DBT较FFDM具有更高的诊断准确度,使得患者的复检率降低,从一定程度上来说,1次DBT检查所增加的曝光剂量远远小于传统FFDM检查时因重复摄片而累积的辐射剂量;而且可以减少患者反复检查带来的心理焦虑。

本研究的入组对象均是临床怀疑或B超检查怀疑病变建议进一步检查的患者。国外部分研究以BI-RADS 4类及以上为诊断阳性,而本研究以BI-RADS 4b及以上为诊断阳性,这是因为新版BI-RADS标准规定4a类患者可能恶性比率仅为2%~10%,这表明此部分患者病变大多数为良性,只是提示临床需要进行干预(穿刺活检),因此本研究是将大于等于4b作为恶性诊断的界值,以获得更高的病理相关性。本研究显示,单独运用DBT或DBT联合FFDM诊断能力好于单独运用FFDM和B超,与MRI诊断效能相似。DBT可降低诊断的假阳性率和假阴性率,提高诊断准确度^[20-22]。本研究结果与大部分前期研究结果一致,但Gennaro等^[23]和Svane等^[24]研究发现,单独使用DBT诊断乳腺病变的灵敏度比单独使用FFDM低,这可能与他们研究的患者数较少有关。因此,DBT诊断效能研究仍需要大规模的临床试验进行验证,为DBT正式应用于临床筛查或诊断性检查提供理论基础。

本研究不仅将DBT诊断效能与B超、FFDM比较,同时与MRI进行对照,并得出DBT诊断效能略低于MRI,但差异无统计学意义。MRI

对软组织具有极好的分辨率,且检查全程无辐射,近年来受到越来越多的关注。动态增强MRI基于检测乳腺癌病灶内的新生血管,被认为是目前最好的乳腺影像学检查^[25]。动态增强MRI对乳腺癌高度敏感,但特异度较差,常常带来较高的假阳性率;另外乳腺MRI检查耗时长、价格昂贵,同时体内金属置入者及幽门恐惧症患者均无法检查,因而MRI检查受到一定程度限制。DBT检查时间短、价格便宜,能显著提高致密型乳腺病变的检出效率,本研究证实,在大部分患者中,DBT诊断效能接近MRI。因而在广大基层医疗单位,尤其是尚未开展乳腺MRI的单位,DBT技术可广泛应用,使广大乳腺病变患者早日发现病变,进而早日治疗。

本研究有一定局限性,如选择的研究对象为临床或B超检查怀疑病变患者,而未包括正常人群,因而研究结果可能有一定的偏倚;另外本研究纳入了197例患者,样本量较小,接下来我们将基于前期的经验进一步扩大样本量进行研究。

综上所述,DBT对于乳腺良、恶性病变的诊断效能高于B超和FFDM,与MRI效能相似,尤其对致密腺体型乳腺,DBT优越性较为明显。未来对于诊断性检查,DBT有望代替FFDM。作为一项新技术,DBT目前在国内研究尚少,如何进一步降低检查剂量、虚拟二维图像的判读及DBT用于正常人群筛查等问题,需要进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] FANN J R, THOMAS-RICH A M, KATON W J, et al. Major depression after breast cancer: a review of epidemiology and treatment [J]. *Gen Hosp Psychiatry*, 2008, 30(2): 112-126.
- [2] 王欣,杨剑敏. 乳腺癌的现代诊断方法及其评价 [J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2006, 13(3): 31-35.
- [3] DEL TURCO M R, MANTELLINI P, CIATTO S, et al. Full-field digital versus screen-film mammography: comparative accuracy in concurrent screening cohorts [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 189(4): 860-866.
- [4] ALAKHRAS M, BOURNE R, RICKARD M, et al. Digital tomosynthesis: a new future for breast imaging [J]. *Clin Radiol*, 2013, 68(5): 225-236.

- [5] ROSE S L, TIDWELL A L, BUJNOCH L J, et al. Implementation of breast tomosynthesis in a routine screening practice: an observational study [J] . AJR Am J Roentgenol, 2013, 200(6): 1401-1408.
- [6] SVAHN T M, HOUSSAMI N, SECHOPOULOS I, et al. Review of radiation dose estimates in digital breast tomosynthesis relative to those in two-view full-field digital mammography [J] . Breast, 2015, 24(2): 93-99.
- [7] MERCADO C L. BI-RADS update [J] . Radiol Clin North Am, 2014, 52(3): 481-487.
- [8] SKAANE P. Tomosynthesis in X-ray: proven additional value [J] . Eur J Radiol, 2012, 81 (Suppl 1): 156-157.
- [9] SVAHN T M, CHAKRABORTY D P, IKEDA D, et al. Breast tomosynthesis and digital mammography: a comparison of diagnostic accuracy [J] . Br J Radiol, 2012, 85(1019): 1074-1082.
- [10] HOUSSAMI N, SKAANE P. Overview of the evidence on digital breast tomosynthesis in breast cancer detection [J] . Breast, 2013, 22(2): 101-108.
- [11] CIATTO S, HOUSSAMI N, BERNARDI D, et al. Integration of 3D digital mammography with tomosynthesis for population breast-cancer screening (STORM): a prospective comparison study [J] . Lancet Oncol, 2013, 14(7): 583-589.
- [12] THIBAUT F, DROMAIN C, BREUCQ C, et al. Digital breast tomosynthesis versus mammography and breast ultrasound: a multi-reader performance study [J] . Eur Radiol, 2013, 23(9): 2441-2449.
- [13] HELVIE M A. Digital mammography imaging: breast tomosynthesis and advanced applications [J] . Radiol Clin North Am, 2010, 48(5): 917-929.
- [14] BOUWMAN R W, DIAZ O, VAN ENGEN R E, et al. Phantoms for quality control procedures in digital breast tomosynthesis: dose assessment [J] . Phys Med Biol, 2013, 58(13): 4423-4438.
- [15] FENG S S, SECHOPOULOS I. Clinical digital breast tomosynthesis system: dosimetric characterization [J] . Radiology, 2012, 263(1): 35-42.
- [16] SECHOPOULOS I. A review of breast tomosynthesis. Part I. The image acquisition process [J] . Med Phys, 2013, 40(1): 14301.
- [17] CAVAGNETTO F, TACCINI G, ROSASCO R, et al. 'In vivo' average glandular dose evaluation: one-to-one comparison between digital breast tomosynthesis and full-field digital mammography [J] . Radiat Prot Dosimetry, 2013, 157(1): 53-61.
- [18] 张云燕, 顾雅佳, 彭卫军, 等. 数字乳腺断层合成X线成像结合合成二维图像对乳腺疾病的诊断价值 [J] . 中华放射学杂志, 2016, 50(11): 833-837.
- [19] NELSON J S, WELLS J R, BAKER J A, et al. How does c-view image quality compare with conventional 2D FFDM? [J] . Med Phys, 2016, 43(5): 2538-2547.
- [20] BIDLEK M, KOVÁCS E, FEHÉR K, et al. New trends and novel possibilities in the diagnostic imaging of breast cancer [J] . Magy Onkol, 2015, 59(1): 44-55.
- [21] KIM S A, CHANG J M, CHO N, et al. Characterization of breast lesions: comparison of digital breast tomosynthesis and ultrasonography [J] . Korean J Radiol, 2015, 16(2): 229-238.
- [22] SCHULZ-WENDTLAND R, DANKERL P, DILBAT G, et al. Comparison of sonography versus digital breast tomosynthesis to locate intramammary marker clips [J] . Geburtshilfe Frauenheilkd, 2015, 75(1): 72-76.
- [23] GENNARO G, HENDRICK R E, TOLEDANO A, et al. Combination of one-view digital breast tomosynthesis with one-view digital mammography versus standard two-view digital mammography: per lesion analysis [J] . Eur Radiol, 2013, 23(8): 2087-2094.
- [24] SVANE G, AZAVEDO E, LINDMAN K, et al. Clinical experience of photon counting breast tomosynthesis: comparison with traditional mammography [J] . Acta Radiol, 2011, 52(2): 134-142.
- [25] JOCHELSON M S, DERSHAW D D, SUNG J S, et al. Bilateral contrast-enhanced dual-energy digital mammography: feasibility and comparison with conventional digital mammography and MR imaging in women with known breast carcinoma [J] . Radiology, 2013, 266(3): 743-751.

(收稿日期: 2017-02-07 修回日期: 2017-05-10)