



· 论 著 ·

双模式数字乳腺体层合成成像对乳腺疾病的诊断价值

姜婷婷, 汤 伟, 尤 超, 肖 勤, 沈茜刚, 彭卫军, 顾雅佳

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

[摘要] 背景与目的: 全数字化乳腺X线摄影 (full-field digital mammography, FFDM) 可显著降低乳腺癌的死亡率, 但作为一种二维成像方式, 对于致密型乳腺构成分类患者, 其诊断灵敏度和特异度明显较低。探讨数字乳腺体层合成成像 (digital breast tomosynthesis, DBT) 结合FFDM对乳腺病变的鉴别诊断价值以及高分辨率扫描 (high-resolution, HR) 模式 (扫描角度为40°, DBT-HR) 和标准扫描 (standard, ST) 模式 (扫描角度为15°, DBT-ST) 诊断乳腺病变的价值。方法: 前瞻性收集2016年7月—9月经临床或超声检查怀疑有乳腺异常病变, 且经穿刺活检或术后病理学检查证实的175例女性乳腺疾病患者, 行FFDM和DBT检查, 随机进入DBT-HR组和DBT-ST组, 对FFDM图像和DBT结合FFDM图像进行分析。参照2013版《乳腺影像报告和数据系统》(Breast Imaging Reporting and Data System, BI-RADS) 分类标准, 以病理学检查结果为金标准, 采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线分析FFDM和DBT结合FFDM的诊断效能, 根据不同的乳腺构成分类分别分析DBT-HR和DBT-ST的灵敏度和特异度。结果: 175例患者共检出181个病灶, 良性病灶50个, 恶性病灶131个, 所有入组病例的FFDM和FFDM结合DBT的灵敏度为81.92%和91.15%, 特异度为77.45%和87.25%, 两种方法的ROC曲线的曲线下面积 (area under curve, AUC) 差异有统计学意义 (0.88 vs 0.94, Z值=5.37, $P<0.01$)。随机分入DBT-HR组病灶86个而DBT-ST组病灶95个。DBT-HR组FFDM和DBT主要征象表现一致率为83.14%, 仅DBT可见率为3.49%, DBT-ST组FFDM和DBT主要征象表现一致率为92.63%, 仅DBT可见率为0.53%。致密型乳房在结合DBT后灵敏度和特异度提高均较非致密型乳房明显, 尤其是HR组致密型乳房灵敏度 (18.72%) 和ST组的致密型乳房的特异度 (14.28%) 均有所提高。结论: FFDM结合DBT的诊断效能优于FFDM, 且DBT-HR优于DBT-ST, 尤其是对致密型乳房的诊断。

[关键词] 乳腺癌; 数字乳腺体层合成成像; 高分辨率扫描模式; 标准扫描模式

DOI: 10.19401/j.cnki.1007-3639.2021.10.006

中图分类号: R737.9 文献标志码: A 文章编号: 1007-3639(2021)10-0912-08

Diagnostic value of dual mode digital breast tomosynthesis in breast diseases JIANG Tingting, TANG Wei, YOU Chao, XIAO Qin, SHEN Xigang, PENG Weijun, GU Yajia (Department of Radiology, Fudan University Shanghai Cancer Center, Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China)

Correspondence to: GU Yajia E-mail: cjr.guyajia@vip.163.com

[Abstract] **Background and purpose:** The use of full-field digital mammography (FFDM) can significantly reduce the mortality rate of breast cancer. However, it is a two-dimensional imaging method, the sensitivity and specificity of diagnosis are significantly reduced in patients with dense breast. This study compared the detectability of FFDM alone versus FFDM plus digital breast tomosynthesis (DBT), and the detectability of scan angle of 40° (HR-mode) DBT versus scan angle of 15° (ST-mode) DBT for the diagnostic evaluation of breast lesion. **Methods:** The prospective study enrolled 175 women with clinically suspected breast lesion from July 2016 to September 2016 in Fudan University Shanghai Cancer Center. One hundred and seventy-five patients confirmed by biopsy or surgery were included. All the patients underwent full-field digital mammography (FFDM) and DBT examinations, and patients were randomly allocated into DBT-ST group or DBT-HR group. The images of FFDM and FFDM plus DBT were analyzed. According to Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS, version 2013), the receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the diagnostic efficiency of FFDM and FFDM plus DBT, referring to the pathology as the gold standard.

基金项目: 上海市2019年度“科技创新行动计划”产学研医合作领域项目子课题 (19DZ1930502); 上海市抗癌协会“翱翔”计划 (SACA-AX-201903); 国家自然科学基金 (NSFC 82071878); 上海2021年度“科技创新行动”计划医学创新研究专项 (21Y11910200)。

通信作者: 顾雅佳 E-mail: cjr.guyajia@vip.163.com

The sensitivities and specificities of DBT-HR and DBT-ST were analyzed according to different breast compositions. **Results:** A total of 181 lesions were detected in 145 patients, including 50 benign lesions and 131 malignant lesions. The sensitivities of FFDM and FFDM plus DBT were 81.92% and 91.15%, and the specificities were 77.45% and 87.25%, respectively. There was significant difference in the area under curve (AUC) between the two methods (0.88 vs 0.94, Z value was 5.37, $P < 0.01$). There were 86 lesions randomly allocated into DBT-HR group and 95 lesions into DBT-ST group. For DBT-HR group, the consistency rate of finding between FFDM and DBT was 83.14%, and the only DBT detected rate was 3.49%. For DBT-ST group, the consistency rate of finding between FFDM and DBT was 92.63%, and the only DBT detected rate was 0.53%. Compared with the non-dense breast after combining the DBT, the improvement in sensitivity and specificity was more obvious in dense breast, especially the improvement in sensitivity of dense breast in DBT-HR (18.72%) and specificity of dense breast in DBT-ST (14.28%). **Conclusion:** The diagnostic efficiency of FFDM plus DBT is superior to that of FFDM, and the DBT-HR better than DBT-ST, especially in dense breast.

[Key words] Breast cancer; Digital breast tomosynthesis; High-resolution-mode; Standard-mode

全数字化乳腺X线摄影 (full-field digital mammography, FFDM) 是目前检测和评估乳腺癌的常规成像方式, 但作为一种二维成像方式, 病变可能会被重叠的纤维腺体组织所掩盖。既往研究^[1]表明, FFDM对乳腺癌的灵敏度为70%~90%, 特异度为60%~80%。而FFDM对非致密型乳腺构成分类中乳腺癌的灵敏度为80%~98%, 致密型乳腺构成分类仅30%~48%^[2-3]。研究^[4]表明, 致密型乳腺构成分类的女性患乳腺癌的风险是非致密型乳腺构成分类女性的2~6倍。因此, 如何提高致密型乳腺构成分类中乳腺癌的诊断效能是亟待解决的问题。

数字乳腺体层合成成像 (digital breast tomosynthesis, DBT) 作为一种新兴的诊断技术, 通过短时间内对乳房不同角度多次曝光获得一系列图像, 然后将所有图像重建为一薄的高分辨率体层图像, 可以显著地减少正常乳房组织与病灶重叠的影响, 提高乳腺癌检出率^[5-6]。许多前瞻性和观察性研究发现, 与FFDM相比DBT可显著提高乳腺癌的检出率^[7-12]。目前不同厂商提供了不同的技术解决方案来实现体层合成成像, 扫描角度为15°~50°^[13]。大多数的DBT是小角度扫描 (扫描角度为15°), 仅有少部分的DBT是大角度扫描 (40°~50°)^[14-16]。几乎所有的研究^[17-18]均表明FFDM联合DBT的诊断效能优于FFDM。但是很少有针对不同角度的DBT的研究, 可能是既往报道中乳腺机多为机架旋转角度 (大或小角度) 的设备, 本研究使用的乳腺机其机架旋转角度有两种模式即大角度 (扫描角度40°) 和小角度模式 (扫描角度15°)。本研究旨在探讨FFDM联合DBT和单独应用FFDM

对乳腺癌的诊断效能, 同时比较DBT高分辨率扫描 (high-resolution, HR) 模式 (扫描角度为40°, DBT-HR) 和DBT标准扫描 (standard, ST) 模式 (扫描角度为15°, DBT-ST) 对不同乳腺构成分类乳腺癌的诊断效能。

1 资料和方法

1.1 研究对象

本研究为前瞻性研究, 已通过复旦大学附属肿瘤医院伦理委员会批准, 所有受检者检查前均签署知情同意书且被告知可随时要求退出本研究。

研究时间为2016年7月—9月, 患者纳入标准: ① 经临床检查或超声检查怀疑有乳腺异常病变; ② 5年内无乳腺手术史; ③ 术前或活检前完成FFDM和DBT检查; ④ 最终诊断经病理学检查证实。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。根据上述标准共210例患者纳入本研究。

1.2 影像学检查方法

采用日本富士胶片公司的Amulet Innovality系统, 此设备使用钨靶作为阳极靶面, 蜂窝状非晶硒 (直接转换) 平板探测器。检查前要求患者完全暴露上半身, 并去除体表金属或其他任何异物, 检查顺序: 先行头尾 (craniocaudal, CC) 位大或小角度曝光的DBT+FFDM, 再行内外斜 (mediolateral oblique, MLO) 位大或小角度曝光的DBT+FFDM, 均选择Auto-Filter模式进行曝光。DBT检查的大或小角度曝光是指摄影时乳腺机机架旋转角度大与小的区别, 即大角度 (DBT-

HR模式)时乳腺机机架进行 $\pm 20^\circ$ 的旋转,每 2.67° 曝光1次,共15次;小角度(DBT-ST模式)时乳腺机机架进行 $\pm 7.5^\circ$ 的旋转,每 1° 曝光1次,共15次,曝光模式为连续曝光。采集图像顺序均是先拍摄DBT图像,再拍摄FFDM图像。扫描视野 $24\text{ cm} \times 30\text{ cm}$,像素尺寸为 $50\text{ }\mu\text{m}$,DBT-HR模式的扫描时间约为9 s而DBT-ST的扫描时间约为4 s。

1.3 图像分析

所有图像采集完成后均自动传送至500万像素的FUJIFILM ECOM乳腺诊断系统进行分析。由2位从事乳腺影像诊断的放射科医师阅片,在阅读本研究病例资料之前,对参与本项研究的阅片者进行培训以熟悉显示界面和评分表,培训所用的15例病例不包含在此项研究中。在不知道每例病例的临床信息、DBT扫描方式(HR模式或ST模式)及病理学检查结果的情况下,每位阅片者先独立阅读每例病例的FFDM图像,4周后再阅读FFDM结合DBT图像并单独记录。为了最大限度地减少阅读顺序、记忆和学习等影响,所有病例均按随机顺序进行阅片。阅片者使用同一模板记录病例编号、乳腺构成分类(a:脂肪型;b:散在纤维腺体;c:不均匀纤维腺体;d:极度致密纤维腺体)、病灶位置、病灶主要征象(肿块、钙化、不对称及结构扭曲)及乳腺影像报告和数据库(Breast Imaging Reporting and Data System, BI-RADS)诊断报告分类。在本研究中,定义乳腺构成分类a类和b类为非致密型乳腺,乳腺构成分类c类和d类为致密型乳腺。根据2013版BI-RADS诊断报告分类规定4A类恶性可能性为2%~10%,认为4A类病变大多数为良性病变,但提示可临床干预(穿刺活检),因此本研究将4B及以上分类定义为恶性,以获得更高的病理学相关性。

1.4 病理学检查

根据临床需求行空芯针穿刺活检、真空辅助抽吸活检或手术切除,对所有标本行常规固定、包埋和切片,行常规H-E染色及免疫组织化学分析。由2名从事乳腺疾病诊断的高年资病理科医师对组织切片进行判读,参照2012版世界卫生组织(World Health Organization, WHO)乳腺肿瘤病理学分类诊断标准,判定病变的组织

类型。

1.5 统计学处理

采用Medcalc 12.7软件进行统计学分析。以病理学检查结果为金标准,根据BI-RADS诊断报告分类(BI-RADS 1、2、3、4A、4B、4C和5)进行受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析,BI-RADS 1、2、3、4A为良性,BI-RADS 4B、4C和5为恶性,并采用Z检验比较不同影像检查方法的曲线下面积(area under curve, AUC)。计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 的形式表示,计数资料采用绝对数(%)表示;根据数据正态性检验结果决定剂量资料选择t检验或秩和检验;对计数资料采用两独立样本的非参数检验(Mann-Whitney U秩和检验), $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用Kappa系数分析FFDM和DBT的一致性。

2 结果

2.1 一般资料

入组210例患者随机选择HR模式或ST模式,1例在随访过程中要求退出,24例FFDM结合DBT未见阳性发现,10例无病理学检查结果,剔除上述35例之后共175例入组此研究,其中6例为双侧病变,共181个病灶,病理学检查结果证实131个病灶为恶性,50个病灶为良性(表1)。

2.2 FFDM和FFDM结合DBT的比较

本研究为2位影像医师阅片,共181个病灶,故FFDM组共362个病灶数,FFDM结合DBT组亦为362个病灶数,以病理学检查结果为金标准,根据BI-RADS分析FFDM组的灵敏度为81.92%,特异度为77.45%;FFDM结合DBT组灵敏度为91.15%,特异度为87.25%。FFDM组的AUC为0.88,而FFDM结合DBT组的AUC为0.94,根据Medcalc软件中ROC曲线分析DeLong法,两者差异有统计学意义(Z 值=5.37, $P < 0.01$)。

2.3 HR模式组和ST模式组的比较

患者随机进入DBT-HR模式组或DBT-ST模式组,DBT-HR模式行FFDM和DBT的大角度(40°)曝光,DBT-ST模式行FFDM和DBT的小角度(15°)曝光,本组研究中175例患者,

83例患者进入DBT-HR模式组92例患者进入DBT-ST模式组，HR组和ST组各有3例为双侧病变，故HR组共172个病灶数，ST组共190个病灶数，2组间的患者年龄、乳腺构成分类、乳房压迫厚度及病理学检查结果差异无统计学意义（表1）。ST组的FFDM和DBT的单个体位平均腺体剂量（average gland dose, AGD）无统计学意义（1.34 mGy vs 1.39 mGy, $P=0.26$ ），而HR组的DBT的单个体位AGD约为FFDM的AGD的2倍（2.80 mGy vs 1.40 mGy, $P<0.01$ ）。根据乳腺构成分类分组比较HR组和ST组的诊断效能（表2），无论是HR组还是ST组，致密型乳房在结合DBT后灵敏度和特异度提高均较非致密型乳房明显（图1、2），在非致密型乳房中，HR组和ST组的灵敏度提高均 $<5\%$ ，而特异度差异无统计学意义；在致密型乳房中，2组的灵敏度和特异度均明显提高，尤其是HR组致密型乳房

灵敏度（18.72%）和ST组的致密型乳房的特异度（14.28%）均有所提高。根据BI-RADS分析2组的FFDM和FFDM结合DBT的一致性，HR组的Kappa值为0.61（95% CI: 0.55~0.68）；ST组的Kappa值为0.70（95% CI: 0.64~0.76）。

HR-DBT组有102个病灶在FFDM和DBT检查时均表现为肿块；36个病灶表现为钙化征象，其中8个病灶结合DBT还发现结构扭曲征象，病理学检查结果证实均为恶性；8个病灶FFDM和DBT均表现为不对称；15个病灶FFDM表现为不对称，DBT表现为肿块（图1）；6个病灶FFDM表现为阴性，DBT表现为不对称（4个）或肿块（2个）；另5个病灶FFDM和DBT均无阳性发现，其中3个病灶为恶性（2个为致密型乳房）。HR组的漏诊率为2.91%（5/172），仅DBT可见率为3.49%（6/172）。FFDM和DBT主要征象表现一致率为83.14%（143/172）。

表1 HR组和ST组一般资料比较

Tab. 1 Comparison of general data between HR group and ST group

Item	HR group	ST group	P value
Pathology			
Invasive ductal carcinoma	51	64	0.46
Ductal carcinoma <i>in situ</i>	6	2	
Other types of breast carcinoma	3	3	
Fibroadenoma	9	7	
Adenosis and cyst	11	10	
Intraductal papilloma	3	2	
Inflammatory infiltration	0	3	
Phyllodes tumor	3	2	
Age/year			
<40	5	6	0.98
40-49	28	30	
50-59	26	32	
≥ 60	24	24	
$\bar{x}\pm s$	52.99 \pm 9.39	52.96 \pm 9.80	
Breast composition			
a	3	2	0.46
b	24	22	
c	42	53	
d	17	18	
Breast compression thickness D/mm	46.25 \pm 12.15	45.1 \pm 10.72	0.50
Average gland dose			
DM	1.40 \pm 0.35	1.35 \pm 0.34	0.13
DBT	2.80 \pm 0.73	1.39 \pm 0.33	<0.01

ST-DBT组有123个病灶在FFDM和DBT上均表现为肿块(图2); 26个病灶表现为钙化征象, DBT未发现其他征象; 14个病灶FFDM和DBT均表现为不对称; 13个病灶FFDM表现为不对称, DBT表现为肿块; 1个病灶FFDM和DBT均表现为结构扭曲; 1个病灶FFDM表

现为阴性, DBT表现为肿块(图3); 另12个病灶FFDM和DBT均无阳性发现, 其中4个病灶为恶性(均为致密型乳房)。ST组的漏诊率为6.32%(12/190), 仅DBT可见率为0.53%(1/190), FFDM和DBT主要征象表现一致率为92.63%(176/190)。

表 2 根据乳腺构成成分分类分组比较HR组和ST组的诊断效能

Tab. 2 The comparison of diagnostic efficacy between HR group and ST group according to the breast composition

Breast composition	HR Group			ST Group		
	FFDM	FFDM+DBT	Difference	FFDM	FFDM+DBT	Difference
Non-dense						
Sensitivity/%	86.36	90.91	4.55	95.24	97.62	2.38
Specificity/%	100.00	100.00	0.00	66.67	66.67	0.00
AUC	0.91	0.94	0.03	0.94	0.97	0.03
Dense						
Sensitivity/%	72.97	91.89	18.72	81.00	88.00	7.00
Specificity/%	84.09	93.18	9.09	66.67	80.95	14.28
AUC	0.86	0.95	0.09	0.80	0.90	0.10
Total						
Sensitivity/%	77.97	91.53	13.56	85.21	90.85	5.64
Specificity/%	87.04	94.44	7.40	66.67	79.17	12.50
AUC	0.88	0.95	0.07	0.85	0.91	0.06

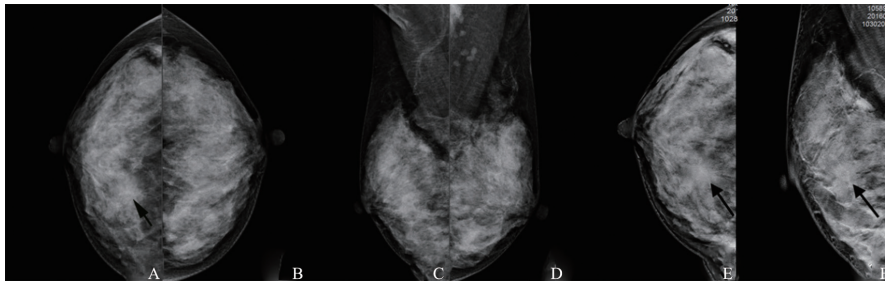


图 1 女性49岁, 致密型乳房, 右乳浸润性导管癌

Fig. 1 A 49-year-old female patient with dense breast, right breast IDC

A-D: Bilateral breast FFDM (CC and MLO positions), asymmetry was seen on right CC view, BI-RADS 3; E, F: Right breast HR-DBT found a high density mass in the inner upper quadrant with spiculated margin, BI-RADS 4C

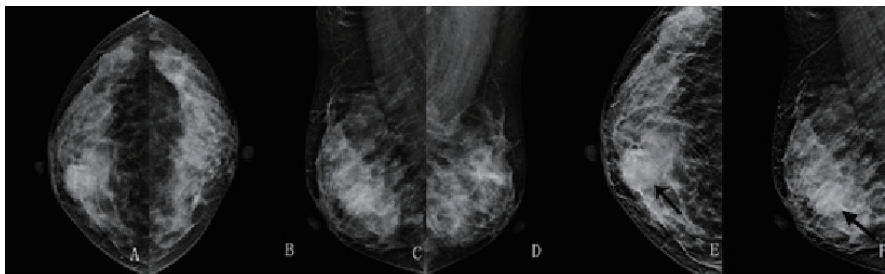


图 2 女性 57 岁, 致密型乳房, 右乳浸润性导管癌

Fig. 2 A 57-year-old female patient with dense breast, right breast IDC

A-D: Bilateral breast FFDM (CC and MLO positions), a high density mass with indistinct margin was found at retroareolar area, BI-RADS 4B; E, F: Right breast ST-DBT found the same mass with obscured margin, BI-RADS 4C

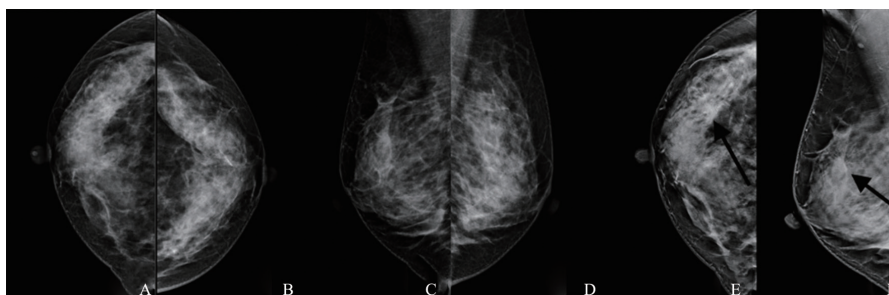


图3 女性37岁，致密型乳房，右乳浸润性导管癌

Fig. 3 A 37-year-old female patient with dense breast, right breast IDC

A-D: Bilateral breast FFDM (CC and MLO positions), no obvious abnormality, BI-RADS 1; E, F: Right breast ST-DBT found an equal density mass in the outer upper quadrant with obscured margin, BI-RADS 4C

3 讨 论

总之，本研究表明FFDM结合DBT对乳腺疾病的诊断效能优于FFDM，而DBT-HR又优于DBT-ST，尤其是在致密型乳房中。

DBT是一项基于平板探测器的高级应用技术，是在传统体层摄影的几何原理基础上结合数字影像处理技术开发的新型体层成像技术，通过一系列不同角度对乳腺进行快速摄影，获取不同投影角度下的小剂量投影数据，重建出与探测器平面平行的乳腺任意深度层面影像，并进一步处理显示三维信息。根据前期的报道，FFDM结合DBT能提高乳腺癌的检出率^[5-6, 11-12, 19-20]。目前，不同厂家的乳腺机均可提供DBT扫描，但在不同系统之间，影响DBT采集的参数也有所不同，此外扫描过程、扫描角度、投影数量和重建算法也不同^[21]。既往研究^[22-26]表明，无论使用任何厂家的系统，与FFDM相比，FFDM结合DBT在诊断乳腺癌方面都具有更高的灵敏度、特异度和AUC。我们的研究也表明FFDM结合DBT的诊断效能优于FFDM，与既往报道一致。因为DBT可减少纤维腺体组织与周围结构的重叠，从而可以更清楚地显示病变的形状和边缘作出更准确的诊断。鉴于各种DBT系统扫描角度为15°~50°，而目前很少有研究对不同DBT系统中特定扫描角度对诊断效能的影响进行直接比较，本研究的目的就在于探讨不同的成像角度是否会影响DBT诊断效能。我们认为直接比较广角DBT（40°）和小角DBT（15°）中的病变表现可

了解这两种扫描模式在乳腺疾病中的诊断效能。DBT扫描会增加乳房的AGD，我们发现ST模式DBT剂量几乎与FFDM的扫描剂量相同（DBT为1.39 mGy，FFDM为1.35 mGy），但是HR模式的DBT剂量接近FFDM扫描剂量的2倍（DBT为2.80 mGy，FFDM为1.40 mGy），根据美国放射学会（American College of Radiology, ACR）的乳腺摄影质量标准法（Mammography Quality Standards Act, MQSA）规定乳腺每次曝光剂量的上限为3.0 mGy，显而易见我们的扫描剂量仍在安全范围内。不可否认的是，与单独FFDM检查相比DBT的检查仍增加了患者的辐射剂量，但FFDM结合DBT后诊断乳腺癌的灵敏度显著提高（81.92% vs 91.15%），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，所以DBT检查仍是值得推广的技术。目前已有技术可利用DBT扫描的薄层图像虚拟重建出虚拟二维图像，而前期研究^[27]表明虚拟的二维图像与常规FFDM的一致性较好。这样患者就只需要1次照射分别得到DBT和虚拟FFDM图像，显著降低辐射剂量，我们也期待这项技术能广泛应用于临床。

众所周知，亚洲女性的乳房纤维腺体较致密，致密的纤维腺体组织会遮蔽病灶使得致密型乳房中乳腺病灶的检出很困难，通常在非致密型乳房中可检出的非钙化性乳腺癌，在致密型乳房中由于遮蔽仅能检出50%^[1-2]。而DBT能有效地减少纤维腺体的遮蔽效应使得致密型乳房中非钙

化性病变更易被检出。本研究中漏诊7个乳腺癌（HR组3个，ST组4个），其中6个为致密型乳房，说明DBT技术对乳腺癌的诊断仍有局限性，分析原因可能为DBT检查在一定程度上仍会受腺体组织的干扰。Endo等^[10]研究得出DBT成像角度的差异是影响HR模式和ST模式DBT队列之间AUC差异的主要因素，我们的研究结果表明在机器参数一致的情况下，HR模式结合DBT后的灵敏度提高优于ST模式（13.56% vs 5.64%），尤其是在致密型乳房中（18.72% vs 7.00%），从系统参数角度来讲大角度的DBT扫描深度分辨率高，可精细地描绘出病变的边缘等结构，从图像本身来说FFDM检查由于腺体组织重叠明显，使得病灶与周围正常纤维腺体分界可见度降低而致部分病变漏诊，而DBT薄层断面扫描可克服腺体组织与病变的重叠效应，有利于病变边缘与特征性征象的显示。我们的研究结果显示HR组乳腺病变漏诊率低于ST组（2.91% vs 6.32%），DBT的额外检出率HR组高于ST组（3.49% vs 0.53%），由此也可见HR-DBT优于ST-DBT，这与Endo等^[10]的研究结果相符。此外，根据BI-RADS进行2组Kappa值分析发现HR组的Kappa值略低于ST-DBT组（0.61 vs 0.70），而根据主要征象分析HR组的FFDM和DBT征象的一致性亦低于ST-DBT组（83.14% vs 92.63%），以上结果说明与ST组相比，HR组中DBT较FFDM的BI-RADS和主要征象变动更为明显，综合两组的诊断效能、漏诊率与DBT额外检出率，可以得出HR-DBT对病变诊断准确性优于ST-DBT。

本研究也存在局限性，首先由于复旦大学附属肿瘤医院为肿瘤专科医院，大多数患者为恶性肿瘤患者，入组的患者经病理学检查证实为良性的病例较少，希望在以后的工作中能纳入更多的良性病例；其次，样本数量较少，未能深入分析不同征象的诊断效能。

总之，FFDM结合DBT的诊断效能优于FFDM，并且DBT-HR的较DBT-ST更佳，尤其对于致密型乳房。但是与DBT-HR相比，DBT-ST的患者剂量暴露较低且扫描时间较短，这表明ST模式适合筛查，而HR模式更适合临床深入诊断。

[参 考 文 献]

- [1] RAFFERTY E A, PARK J M, PHILPOTTS L E, et al. Assessing radiologist performance using combined digital mammography and breast tomosynthesis compared with digital mammography alone: results of a multicenter, multireader trial [J]. *Radiology*, 2013, 266(1): 104–113.
- [2] MERCADO C L. BI-RADS update [J]. *Radiol Clin North Am*, 2014, 52(3): 481–487.
- [3] CONANT E F, BEABER E F, SPRAGUE B L, et al. Breast cancer screening using tomosynthesis in combination with digital mammography compared to digital mammography alone: a cohort study within the PROSPR consortium [J]. *Breast Cancer Res Treat*, 2016, 156(1): 109–116.
- [4] BERNARDI D, MACASKILL P, PELLEGRINI M, et al. Breast cancer screening with tomosynthesis (3D mammography) with acquired or synthetic 2D mammography compared with 2D mammography alone (STORM-2): a population-based prospective study [J]. *Lancet Oncol*, 2016, 17(8): 1105–1113.
- [5] MANDELSON M T, OESTREICHER N, PORTER P L, et al. Breast density as a predictor of mammographic detection: comparison of interval- and screen-detected cancers [J]. *J Natl Cancer Inst*, 2000, 92(13): 1081–1087.
- [6] AUJERO M P, GAVENONIS S C, BENJAMIN R, et al. Clinical performance of synthesized two-dimensional mammography combined with tomosynthesis in a large screening population [J]. *Radiology*, 2017, 283(1): 70–76.
- [7] LEE C I, CEVIK M, ALAGOZ O, et al. Comparative effectiveness of combined digital mammography and tomosynthesis screening for women with dense breasts [J]. *Radiology*, 2015, 274(3): 772–780.
- [8] SKAANE P, BANDOS A I, GULLIEN R, et al. Comparison of digital mammography alone and digital mammography plus tomosynthesis in a population-based screening program [J]. *Radiology*, 2013, 267(1): 47–56.
- [9] DIBBLE E H, LOURENCO A P, BAIRD G L, et al. Comparison of digital mammography and digital breast tomosynthesis in the detection of architectural distortion [J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(1): 3–10.
- [10] ENDO T, MORITA T, OIWA M, et al. Detectability comparison of modes in dual-mode digital breast tomosynthesis [J]. *Breast Cancer*, 2017, 24(3): 442–450.
- [11] 尤超, 顾雅佳, 彭卫军, 等. 采用数字乳腺断层结合合成二维图像对乳腺病变的鉴别诊断价值 [J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(11): 828–833.
YOU C, GU Y J, PENG W J, et al. Value of digital mammography combined with synthetic two-dimensional images in differential diagnosis of breast lesions [J]. *Chin J Radiol*, 2017, 51(11): 828–833.
- [12] 汤伟, 李瑞敏, 高毅, 等. 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 [J]. *中国癌症杂志*, 2017, 27(6): 487–495.
TANG W, LI R M, GAO Y, et al. A comparative study of

- diagnostic performance between digital breast tomosynthesis and conventional imaging methods [J] . *China Oncol*, 2017, 27(6): 487-495.
- [13] HAWLEY J R, KANG-CHAPMAN J K, BONNET S E, et al. Diagnostic accuracy of digital breast tomosynthesis in the evaluation of palpable breast abnormalities [J] . *Acad Radiol*, 2018, 25(3): 297-304.
- [14] POZZ A, CORTE A D, LAKIS M A, et al. Digital breast tomosynthesis in addition to conventional 2D mammography reduces recall rates and is cost effective [J] . *Asian Pac J Cancer Prev*, 2016, 17(7): 3521-3526.
- [15] TANG W, HU F X, ZHU H, et al. Digital breast tomosynthesis plus mammography, magnetic resonance imaging plus mammography and mammography alone: a comparison of diagnostic performance in symptomatic women [J] . *Clin Hemorheol Microcirc*, 2017, 66(2): 105-116.
- [16] THIBAUT F, DROMAIN C, BREUCQ C, et al. Digital breast tomosynthesis versus mammography and breast ultrasound: a multireader performance study [J] . *Eur Radiol*, 2013, 23(9): 2441-2449.
- [17] MALDERA A, DE MARCO P, COLOMBO P E, et al. Digital breast tomosynthesis: dose and image quality assessment [J] . *Phys Med*, 2017, 33: 56-67.
- [18] ALAKHRAS M, BOURNE R, RICKARD M, et al. Digital tomosynthesis: a new future for breast imaging? [J] . *Clin Radiol*, 2013, 68(5): e225-e236.
- [19] 尤超, 顾雅佳, 彭卫军, 等. 乳腺断层合成结合全屏数字化乳腺摄影对乳腺疾病的诊断价值 [J] . *中华放射学杂志*, 2015, 49(2): 94-98.
YOU C, GU Y J, PENG W J, et al. Diagnostic value of breast tomosynthesis combined with full screen digital mammography for breast diseases [J] . *Chin J Radiol*, 2015, 49 (2): 94-98.
- [20] 尤超, 顾雅佳, 彭卫军. 数字乳腺断层融合X线成像的应用研究进展 [J] . *肿瘤影像学*, 2013, 22(2): 112-115.
YOU C, GU Y J, PENG W J. Advance in application of digital breast tomosynthesis [J] . *Oncoradiology*, 2013, 22(2): 112-115.
- [21] SHIN K, PHALAK K, HAMAME A, et al. Interpretation of breast MRI utilizing the BI-RADS fifth edition lexicon: how are we doing and where are we headed? [J] . *Curr Probl Diagn Radiol*, 2017, 46(1): 26-34.
- [22] LÅNG K, ANDERSSON I, ROSSO A, et al. Performance of one-view breast tomosynthesis as a stand-alone breast cancer screening modality: results from the Malmö breast tomosynthesis screening trial, a population-based study [J] . *Eur Radiol*, 2016, 26(1): 184-190.
- [23] GENNARO G, BERNARDI D, HOUSSAMI N. Radiation dose with digital breast tomosynthesis compared to digital mammography: per-view analysis [J] . *Eur Radiol*, 2018, 28(2): 573-581.
- [24] BOROUMAND G, TEBERIAN I, PARKER L, et al. Screening mammography and digital breast tomosynthesis: utilization updates [J] . *AJR Am J Roentgenol*, 2018, 210(5): 1092-1096.
- [25] HOOLEY R J, GREENBERG K L, STACKHOUSE R M, et al. Screening US in patients with mammographically dense breasts: initial experience with Connecticut Public Act 09-41 [J] . *Radiology*, 2012, 265(1): 59-69.
- [26] HADJIPANTELI A, ELANGOVAN P, MACKENZIE A, et al. The effect of system geometry and dose on the threshold detectable calcification diameter in 2D-mammography and digital breast tomosynthesis [J] . *Phys Med Biol*, 2017, 62(3): 858-877.
- [27] 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.
ZHANG Y Y, GU Y J, PENG W J, et al. Diagnostic value of digital mammography combined with synthetic two-dimensional images in breast diseases [J] . *Chin J Radiol*, 2016, 50(11): 833-837.

(收稿日期: 2021-05-10 修回日期: 2021-07-10)