



· 论 著 ·

# 数字乳腺断层融合X线摄影术前评估乳腺癌肿块大小的效能对比研究

汤伟<sup>1</sup>, 杨孟<sup>1</sup>, 高毅<sup>2</sup>, 王奇峰<sup>3</sup>, 沈茜刚<sup>1</sup>, 顾雅佳<sup>1</sup>, 彭卫军<sup>1</sup>

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诊断科, 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: 全数字化乳腺摄影 (full-field digital mammography, FFDM) 的大规模使用可显著降低乳腺癌的死亡率, 但对于致密型乳腺患者, 其诊断灵敏度和特异度明显减低。本研究旨在对比数字乳腺断层融合X线摄影 (digital breast tomosynthesis, DBT) 与常规影像学检查术前评估乳腺癌肿块大小的效能。方法: 回顾性分析2015年3月—2015年12月在复旦大学附属肿瘤医院就诊并经病理学检查证实为乳腺癌的136例患者, 所有患者均行超声、FFDM、DBT和磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 检查。选取每种检查均可测量最大径的肿块纳入本研究。由3名高年资放射诊断科医师分别测量可见肿块最大径, 利用方差分析比较DBT、超声、FFDM及MRI与术后大体标本测量值之间的差异; 利用Pearson相关系数分析各种检查与大体标本测量值之间的相关性, 并应用配对 $t$ 检验评价DBT术前评估肿块大小的能力。结果: 136例患者共发现140枚肿块, 排除26例患者选择先辅助化疗后再行手术, 最后纳入研究的为114枚肿块。DBT及MRI测得肿瘤最大径与病理测量值之间差异无统计学意义 ( $P$ 均 $>0.05$ ); FFDM和超声与病理测量值相比差异有统计学意义 (与FFDM相比:  $t=3.30$ ,  $P=0.0134$ ; 与超声相比:  $t=2.58$ ,  $P=0.0215$ )。DBT ( $r=0.81$ )、MRI测量值 ( $r=0.84$ ) 与病理测量值的相关性显著高于超声 ( $r=0.68$ ) 和FFDM组 ( $r=0.69$ )。结论: DBT术前评估乳腺癌肿块大小的能力显著优于超声和FFDM, 与MRI相似; DBT作为乳腺X线摄影新技术, 在乳腺癌术前分期中有良好的应用前景。

**[关键词]** 乳腺肿块; 全数字化乳腺摄影; 磁共振成像; 数字乳腺断层融合X线摄影; 超声成像

DOI: 10.19401/j.cnki.1007-3639.2018.11.003

中图分类号: R445.4 文献标志码: A 文章编号: 1007-3639(2018)11-0813-06

**Accuracy of tumour size assessment in the preoperative staging of breast lesions: a comparative study between digital breast tomosynthesis and conventional imaging methods** TANG Wei<sup>1</sup>, YANG Meng<sup>1</sup>, GAO Yi<sup>2</sup>, WANG Qifeng<sup>3</sup>, SHEN Xigang<sup>1</sup>, GU Yajia<sup>1</sup>, PENG Weijun<sup>1</sup> (1. Department of Diagnostic Radiology, Fudan University Shanghai Cancer Center, Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2. Department of Diagnostic Sonography, 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:** The large-scale use of full-field digital mammography (FFDM) can significantly reduce the mortality rate of breast cancer. However, the sensitivity and specificity of diagnosis were significantly reduced in patients with dense breast. This study aimed to compare the efficacy of digital breast tomosynthesis (DBT) with conventional imaging methods in assessing the tumor size before surgery. **Methods:** One hundred and thirty-six patients diagnosed as having breast cancer by pathology were enrolled in this study. All patients underwent FFDM, DBT and breast magnetic resonance imaging (MRI)

基金项目: 科技部国家重点研发计划数字诊疗装备研发 (2017YFC0109403);  
2017上海卫生和计划生育委员会青年基金项目 (20174Y0242); 复旦大学附属肿瘤医院影像专项基金 (YX-1702)。  
通信作者: 彭卫军 E-mail: cjr.pengweijun@vip.163.com

examinations between Mar. 2015 and Dec. 2015. The maximum tumour size was measured by 3 experienced radiologists and compared to the gross specimen using Pearson analysis. The results were compared between any two methods using paired *t* test. **Results:** One hundred and forty masses were found in 136 patients, and 26 masses were excluded from the patients who received operation after adjuvant chemotherapy. One hundred and fourteen masses with measurable tumour size were included for further research. There was no significant difference in the maximum tumour size between DBT or MRI group and gross specimen group (both  $P>0.05$ ), while there was remarkable difference between the gross specimen group and FFDM ( $t=3.30$ ,  $P=0.0134$ ), or the sonography ( $t=2.58$ ,  $P=0.0215$ ) group. The coefficients of correlation with pathological data of DBT ( $r=0.81$ ) and MRI ( $r=0.84$ ) were significantly higher than those of sonography ( $r=0.68$ ) and FFDM ( $r=0.69$ ). **Conclusion:** DBT and MRI are superior to FFDM and sonography in the preoperative assessment of breast tumor size. As a new mammography technology, DBT has good clinical application prospect in preoperative staging of breast cancer.

[Key words] Breast tumor; Full-field digital mammography; Magnetic resonance imaging; Digital breast tomosynthesis; Sonography

全数字化乳腺摄影 (full-field digital mammography, FFDM) 的大规模使用可显著降低乳腺癌的死亡率,但对于致密型乳腺患者,其诊断灵敏度和特异度明显减低<sup>[1-3]</sup>。影像学检查除了正确诊断乳腺肿块性质以外,肿块大小的准确评估对患者预后、手术方式的选择及个体化治疗亦有重要意义<sup>[4-5]</sup>。目前,磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 被认为是术前诊断乳腺癌和肿块侵袭范围的最佳影像学手段,但MRI亦存在检查费时、价格较高及假阳性率高等缺点<sup>[6-7]</sup>。数字乳腺断层融合X线摄影 (digital breast tomosynthesis, DBT) 利用不同投射角度投射成像,可减少周围正常腺体组织的重叠,使肿块显示更加清晰,从而提高诊断效能和术前准确评估肿块大小的能力。国外有研究显示, DBT术前评估乳腺肿块大小的准确性高于FFDM和超声<sup>[8-10]</sup>。但欧美女性乳腺腺体构成以脂肪型多见,而中国女性乳腺腺体构成以致密型多见,与欧美女性存在一定差异,本研究旨在对比DBT技术与常规影像学检查术前评估中国女性乳腺癌肿块大小的能力,以期为中国女性乳腺癌患者术前评估提供一个可靠、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,3名高年资放射诊断科医师分析2015年3月—2015年12月在复旦大学附属肿瘤医院就诊并均行超声、FFDM、DBT及MRI检查的156例患者

的所有影像学资料。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知悉本研究内容并同意在知情同意书上签字;④术前或活检前均行超声、FFDM、DBT及MRI检查;⑤所有患者最终结果均经手术或活检病理学证实。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(任何一种影像学检查方法无法准确测量肿块的大小)。

### 1.2 影像学设备及方法

#### 1.2.1 超声检查

所有患者均行乳腺常规二维超声和彩色多普勒超声检查,检查仪器为IU 22(购自荷兰Philips公司),探头频率为5~12 MHz。

#### 1.2.2 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(craniocaudal, CC)和内外斜位(mediolateral 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。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°~25°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。

### 1.2.3 MRI检查

所有患者检查均在本院影像中心美国GE公司3.0 T Signa HDxt MR成像仪上完成。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。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，对比剂采用马根维显（Gd-DTPA，购自德国Bayer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，视野（field of view, FOV）360 mm × 360 mm，矩阵360 × 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）。所有图像采集完成后均自动传送至图像存储与传输系统（picture archiving and communication system, PACS），阅读和评价均在双屏Barco 5M显示器上进行。

### 1.3 图像分析及报告内容

所有患者的FFDM、DBT及MRI图像由3名高年资放射科医师双盲判读，所有影像资料分成3部分，分3次读完，2次阅片间隔至少3周，防止记忆效应。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。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院2013年更新版的BI-RADS指南进行<sup>[11]</sup>。每名医师找出可见肿块、对照测量其最大径并记录在格式化模板上，最后将各自医师测量值求均值。1名超声科高年资医师负责评判保存在系统里的超声图像，分析并测量肿块最大径。所有测量均使用专用的软件包内自带工具，最大径精确到毫米。

### 1.4 病理学分析

对所有术后标本行常规固定、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名病理科从事乳腺疾病诊断的高年资医师找出所有影像所指肿块，选取肿块最大层面，并三维测量肿块，取其最大径作为金标准。

### 1.5 统计学处理

采用SPSS 19.0统计软件对数据进行分析。计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 的形式表示，组间比较采用方差分析；采用配对 $t$ 检验进行组间的两两比较。采用Person简单线性相关分析计算肿块病理学检查实际大小与各种检测方法测量值间的相关性。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

对照入组标准，本研究纳入156例患者，所有患者均行术前超声引导下穿刺活检，其中20例患者病理学检查提示良性而排除。剩余136例乳腺癌患者共发现140枚肿块，其中4例患者两侧乳腺各发现1枚肿块。对照排除标准，13例患者选择先辅助化疗后再行手术、另外13枚肿块并不能在每种检查方法上测量大小，最后纳入研究的为114枚肿块，其病理学亚型见表1。本组患者均为女性，年龄24~68岁，中位年龄47.8岁。所有患者均签署知情同意书，均行超声、FFDM、DBT及MRI检查并经手术病理学检查证实。

DBT及其他方法测量肿瘤大小（表2）。结果显示，肿瘤大小的测量值在5个组间差异有统计学意义，可以认为5个组间的肿瘤测量值有差异（ $F=2.59$ ,  $P=0.0312$ ）。两两比较的结果显示，各种检查方法测量肿瘤大小值均大于病理学检查结果，DBT及MRI测得肿瘤最大径与病理测量值之间差异无统计学意义（ $P$ 均 $>0.05$ ）；FFDM和超声与病理测量值相比差异有统计学意义（与FFDM相比： $t=-3.30$ ,  $P=0.0134$ ；与超声相比： $t=-2.58$ ,  $P=0.0215$ ；表3）。DBT、超声、FFDM和MRI测量的肿瘤大小与术后病理测量值之间的相关性见表4。结果显示，这4种方法测量的肿瘤大小与术后病理学检查结果均存在显著的相关性（ $P < 0.001$ ），其中MRI与病理结果的相关性最高（ $r=0.84$ ,  $P < 0.001$ ），其次为DBT（ $r=0.81$ ,  $P < 0.001$ ）、FFDM（ $r=0.69$ ,  $P < 0.001$ ）；而超声测量肿瘤大小与病理学检查结果值相关性最低（ $r=0.68$ ,  $P < 0.001$ ，图1、2）。

表 1 乳腺恶性肿块具体病理学类型

**Tab. 1 The specific pathology of breast malignant lesions**

Pathology	n
Invasive ductal carcinoma	82
Ductal carcinoma <i>in situ</i>	12
Invasive ductal carcinoma+ductal carcinoma <i>in situ</i>	10
Adenoid cystic carcinoma	3
Mucinous adenocarcinoma	3
Solid papillary carcinoma	2
Invasive lobular carcinoma	2

表 2 病理及各种影像学检查方法测量肿瘤大小值情况

**Tab. 2 The diameter of lesion measured by pathology and different imaging methods**

Groups	n	Diameter of lesion d/mm $\bar{x} \pm s$
Pathology	114	22.92 ± 8.91
Sonography	114	24.44 ± 8.89
FFDM	114	24.73 ± 8.95
DBT	114	23.90 ± 9.77
MRI	114	23.50 ± 9.84

表 3 DBT及其他方法测量肿瘤大小与病理测量值比较情况

**Tab. 3 Comparison of pathology and different imaging methods for measuring tumor size**

Groups	n	Mean difference	t value	P value
Sonography vs pathology	114	1.52	2.58	0.021 5
FFDM vs pathology	114	1.81	3.30	0.013 4
MRI vs pathology	114	0.58	0.65	0.654 4
DBT vs pathology	114	0.98	1.26	0.123 6

表 4 DBT及其他检查方法测量值与病理结果的相关性情况

**Tab. 4 Tumour size correlation analysis between pathology and different imaging methods**

Groups	n	r value	P value
Sonography	114	0.68	<0.001
FFDM	114	0.69	<0.001
MRI	114	0.84	<0.001
DBT	114	0.81	<0.001

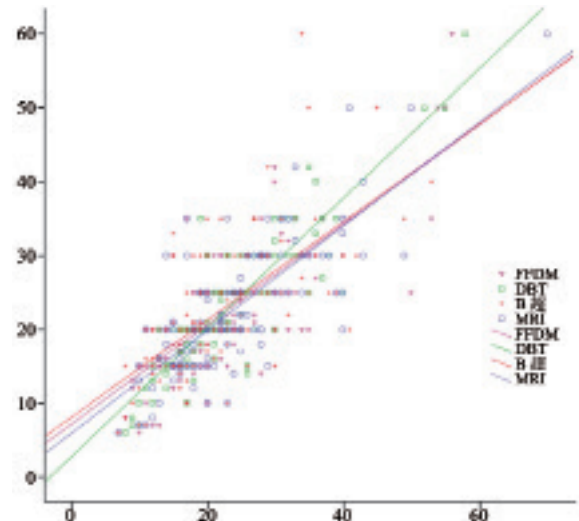


图 1 DBT及其他检查测量值与病理结果比较散点图

Fig. 1 The scatter plot of tumour size measurement between pathology and different imaging methods

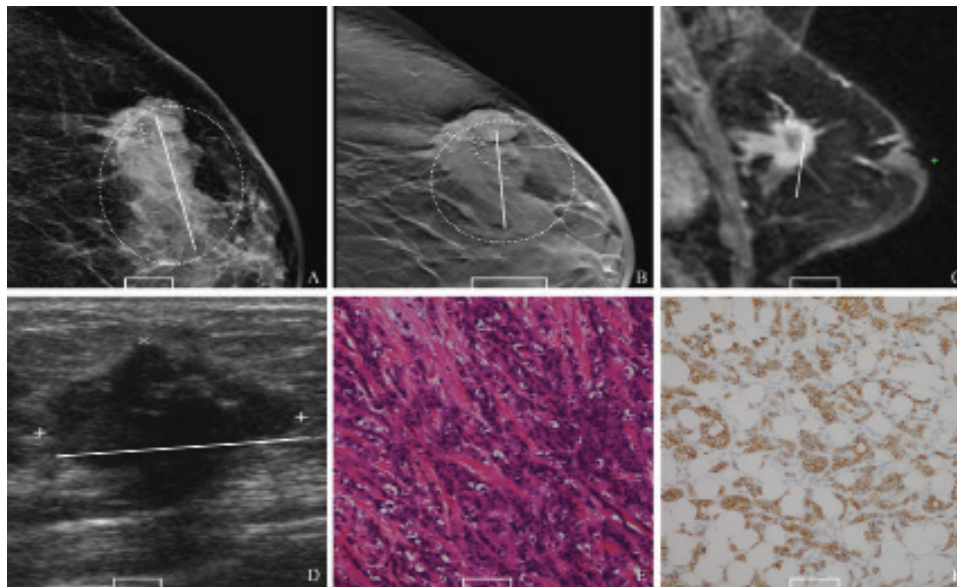


图 2 女性, 58岁, (左乳) 浸润性导管癌伴导管原位癌, 病理测量肿块最大径27.32 mm

Fig. 2 A 58-year-old female patient, diagnosed as having invasive ductal carcinoma and ductal carcinoma *in situ*, pathological measurement of the largest diameter of lesion is 27.32 mm

A: Left breast FFDM (CC position), an obscure mass, irregular margin with obvious pleomorphic calcification, measurement of the largest diameter of lesion is 30.82 mm; B: Left breast DBT (CC position), the shape and spicule sign showed better in DBT than FFDM, the measurement of the largest diameter of lesion is 28.26 mm; C: Sagittal position of MRI, the measurement of the largest diameter of lesion is 27.88 mm; D: Ultrasound images, the measurement of the largest diameter of lesion is 30.66 mm; E, F: H-E staining and immunohistochemical staining (Ecad-1, ×200)

### 3 讨 论

肿块大小的准确评估对乳腺癌术前分期和选择恰当的手术方式非常重要,尤其当准备对患者实施保乳手术时<sup>[12-14]</sup>。对于早期浸润性乳腺癌患者,术前的准确分期使保乳术后再行放疗的治疗方式取代了不少传统的改良根治术,术式的改变使患者保留部分乳房,从而使患者的美观度和舒适度增加。尽管术后病理学检查作为衡量肿瘤分期的金标准,但手术和治疗方案却必须以影像学检查为基础作出选择。常规的影像学检查包括超声、FFDM及MRI。超声简单易行、检查费用较低,在乳腺癌的筛查中意义较大,但对致密型乳腺其灵敏度和特异度常明显降低;并且超声为实时检查,依赖操作者本身经验,所以对肿瘤分期存在一定主观性。乳腺X线摄影具有方便、快捷等优点,软组织分辨率及空间分辨率均较高,对细小钙化敏感,已成为乳腺癌的重要检查方法。尤其FFDM的应用极大地提高了乳腺癌检出的灵敏度。利用FFDM检查,在脂肪型腺体中绝大多数乳腺病灶能够被检出,但在致密型腺体及不均匀致密腺体中,增生腺体常掩盖瘤体,致密型乳腺与瘤体间对比差,仍有50%的乳腺病灶难以清晰显示<sup>[15]</sup>,FFDM术前对乳腺癌(尤其致密型腺体)分期准确率较低。据文献报道<sup>[16-17]</sup>,MRI是目前术前评估乳腺肿瘤性质及大小最准确的检查方法,尤其在评价浸润性小叶癌侵犯程度时。MRI对乳腺癌检出灵敏度高,但特异度较差,常带来较高的假阳性率;另外MRI耗时长、价格昂贵,体内金属置入者及幽门恐惧症患者均无法检查,因此MRI受到一定程度限制。DBT是乳腺X线摄影技术发展的高级应用,该技术的出现能改善传统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,增加了诊断的灵敏度、特异度和准确率<sup>[18-19]</sup>。国外初步研究表明,DBT对于病变的检出、肿块边缘的显示及BI-RADS分级的判定较FFDM和超声有明显优势,在术前评估肿块大小中有独特的价值。本研究正是针对中国女性乳腺腺体构成特点,综合对比研究DBT、超声、FFDM及MRI术前评估肿

块大小的能力。

与大部分前期研究一致<sup>[20-22]</sup>,本研究结果表明,DBT术前评估肿块大小准确性比FFDM和超声好,与MRI准确性相似。与以病理学测量为金标准的相关性分析发现,各种检查方法测量均可较好地反映肿块的大小,其中,MRI与病理相关性最高( $r=0.84$ ),DBT次之( $r=0.81$ ),FFDM( $r=0.69$ )和超声( $r=0.68$ )较差。超声对钙化显示较差,因此对以钙化为主的乳腺癌(如DCIS)显示较差,影响术前肿瘤的分期。本研究结果亦与之前一些研究略有不同,本研究发现,各种检查方法其测量值均略高于病理学测量值,这可能是由于以下原因造成的:①FFDM、超声因致密腺体遮挡,边缘常显示欠清,观测者易将肿块周围正常腺体误以为是肿块的一部分;MRI检查可因背景强化等原因使肿块与周围明显强化乳腺实质分界不清,从而影响肿块最大径的测量。②病理学大小测量的大体标本是经过40%的甲醛溶液固定后的标本,固定后肿块由于脱水等因素存在,肿块会一定程度的缩小。

本研究存在以下局限性,例如选择的研究对象是均证实为乳腺癌的患者,而未包括乳腺良性病变患者和健康人群,因而研究结果可能有一定的选择偏倚,但是这种偏倚在以病理学检查结果为金标准的研究中却无法避免;另外本研究纳入了136例乳腺癌患者(140枚肿块),其中26枚肿块因符合排除标准而剔除,最终本研究只纳入114枚肿块,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,并就不同腺体分型进行分层研究,比较各种检查方法在不同腺体分型中术前分期的效能。此外,对于乳腺癌各种影像学表现类型(肿块、钙化及结构扭曲等)没有进行进一步分层对比研究,DBT综合诊断效能评判需要在以后的研究中对乳腺癌不同表现形式进行进一步分析。最后,病理学检查金标准在测量切除病变最大径时亦可能因为未选取病变的最大切面,从而影响结果的准确性,该局限可以通过后期样本量扩大后与乳腺癌病理大切片比较来解决。

综上所述,DBT对于乳腺癌术前分期的准确

性显著高于超声和FFDM,与MRI相似,尤其对不均匀致密型及致密腺体型乳腺,DBT的优越性较为明显。未来乳腺癌术前分期评估,DBT有望代替FFDM。作为一项乳腺X线摄影新技术,DBT目前在国内研究尚少,如何进一步降低检查剂量、实现虚拟二维图像的精确判读及进行DBT与病理大切片术前分期效能比较等,需要进一步研究。

### [参 考 文 献]

- [ 1 ] THOMASSIN-NAGGARA I, PERROT N, DECHOUX S, et al. Added value of one-view breast tomosynthesis combined with digital mammography according to reader experience [ J ] . Eur J Radiol, 2015, 84(2): 235-241.
- [ 2 ] ELIZALDE A, PINA L, ETXANO J, et al. Additional US or DBT after digital mammography: which one is the best combination [ J ] . Acta Radiol, 2016, 57(1): 13-18.
- [ 3 ] NAM K J, HAN B K, KO E S, et al. Comparison of full-field digital mammography and digital breast tomosynthesis in ultrasonography-detected breast cancers [ J ] . Breast, 2015, 24(5): 649-655.
- [ 4 ] FORNVIK D, ZACKRISSON S, LJUNGBERG O, et al. Breast tomosynthesis: accuracy of tumor measurement compared with digital mammography and ultrasonography [ J ] . Acta Radiol, 2010, 51(3): 240-247.
- [ 5 ] JETHAVA A, ALI S, WAKEFIELD D, et al. Diagnostic accuracy of MRI in predicting breast tumor size: comparative analysis of MRI vs histopathological assessed breast tumor size [ J ] . Conn Med, 2015, 79(5): 261-267.
- [ 6 ] GREENWOOD H I, FREIMANIS R I, CARPENTIER B M, et al. Clinical breast magnetic resonance imaging: technique, indications, and future applications [ J ] . Semin Ultrasound CT MR, 2018, 39(1): 45-59.
- [ 7 ] LEITHNER D, WENGERT G J, HELBICH T H, et al. Clinical role of breast MRI now and going forward. [ J ] . Clin Radiol, 2018, 73(8): 700-714.
- [ 8 ] ALAKHRAS M, BOURNE R, RICKARD M, et al. Digital tomosynthesis: a new future for breast imaging [ J ] . Clin Radiol, 2013, 68(5): 225-236.
- [ 9 ] MALL S, LEWIS S, BRENNAN P, et al. The role of digital breast tomosynthesis in the breast assessment clinic: a review [ J ] . J Med Radiat Sci, 2017, 64(3): 203-211.
- [ 10 ] HOOLEY R J, DURAND M A, PHILPOTTS L E. Advances in digital breast tomosynthesis [ J ] . AJR Am J Roentgenol, 2017, 208(2): 256-266.
- [ 11 ] MERCADO C L. BI-RADS update [ J ] . Radiol Clin North Am, 2014, 52(3): 481-487.
- [ 12 ] MUN H S, KIM H H, SHIN H J, et al. Assessment of extent of breast cancer: comparison between digital breast tomosynthesis and full-field digital mammography [ J ] . Clin Radiol, 2013, 68(12): 1254-1259.
- [ 13 ] ANDREA LUPARIA, GIOVANNA MARISCOTTI, MANUELA DURANDO, et al. Accuracy of tumour size assessment in the preoperative staging of breast cancer: comparison of digital mammography, tomosynthesis, ultrasound and MRI [ J ] . Radiol Med, 2013, 18(7): 1119-1136.
- [ 14 ] SEO N, KIM H H, SHIN H J, et al. Digital breast tomosynthesis versus full-field digital mammography: comparison of the accuracy of lesion measurement and characterization using specimens [ J ] . Acta Radiol, 2014, 55(6): 661-667.
- [ 15 ] GIESS C S, POURJABBAR S, IP I K, et al. Comparing diagnostic performance of digital breast tomosynthesis and full-field digital mammography in a hybrid screening environment [ J ] . AJR Am J Roentgenol, 2017, 9(4): 929-934.
- [ 16 ] OLDRINI G, FEDIDA B, POUJOL J, et al. Abbreviated breast magnetic resonance protocol: value of high-resolution temporal dynamic sequence to improve lesion characterization [ J ] . Eur J Radiol, 2017, 95: 177-185
- [ 17 ] ADRADA B E, CANDELARIA R, RAUCH G M. MRI for the staging and evaluation of response to therapy in breast cancer [ J ] . Top Magn Reson Imaging, 2017, 26(5): 211-218.
- [ 18 ] 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.
- [ 19 ] MARTÍNEZ MIRAVETE P, ETXANO J. Breast tomosynthesis: a new tool for diagnosing breast cancer. [ J ] . Radiologia, 2015, 57(1): 3-8.
- [ 20 ] FÖRNVIK D, ZACKRISSON S, LJUNGBERG O, et al. Breast tomosynthesis: accuracy of tumor measurement compared with digital mammography and ultrasonography [ J ] . Acta Radiol, 2010, 51(3): 240-247.
- [ 21 ] MARISCOTTI G, HOUSSAMI N, DURANDO M, et al. Accuracy of mammography, digital breast tomosynthesis, ultrasound and MR imaging in preoperative assessment of breast cancer. [ J ] . Anticancer Res, 2014, 34(3): 1219-1225.
- [ 22 ] CHUDGAR A V, CONANT E F, WEINSTEIN S P, et al. Assessment of disease extent on contrast-enhanced MRI in breast cancer detected at digital breast tomosynthesis versus digital mammography alone [ J ] . Clin Radiol, 2017, 72(7): 573-579.

(收稿日期: 2018-06-02 修回日期: 2018-07-30)