



· 论 著 ·

数字乳腺断层摄影技术的辐射剂量分析

沈茜刚, 顾雅佳, 郑晓静, 吴 坚, 鲍文宪, 肖 勤, 彭卫军

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] 目的: 探讨数字乳腺断层摄影 (digital breast tomosynthesis, DBT) 与全数字化乳腺X线摄影 (full-field digital mammography, FFDM) 的平均腺体剂量 (average gland dose, AGD) 差异。方法: 收集2016年7—9月临床可触及乳腺肿块于复旦大学附属肿瘤医院进行乳腺X线摄影检查的患者共209例, 其中100例入组DBT-HR模式行FFDM和DBT的大角度曝光, 109例入组DBT-ST模式行FFDM和DBT的小角度曝光, 比较DBT-HR与DBT-ST两种模式的AGD均值差异。结果: DBT-HR模式组头尾位 (cranio-caudal view, CC)、内外侧斜位 (medial lateral oblique view, MLO) 的DBT与FFDM的AGD均值差异有统计学意义。DBT-ST模式组CC、MLO的DBT与FFDM的AGD均值差异无统计学意义。DBT-HR与DBT-ST模式CC、MLO的FFDM的AGD均值差异无统计学意义, DBT的AGD均值差异有统计学意义。结论: 采用DBT-ST模式时, DBT与FFDM的AGD均值差异无统计学意义; 采用DBT-HR模式时, DBT的AGD均值高于FFDM的AGD均值, 但仍在规定的辐射剂量范围内, 因此DBT是一种安全、可靠的检查技术。

[关键词] 数字乳腺; 断层摄影; 乳腺X线摄影; 平均腺体剂量

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2019.01.005

中图分类号: R445.4 文献标志码: A 文章编号: 2096-6210(2019)01-0021-06

An analysis of radiation dose of digital breast tomosynthesis SHEN Xigang, GU Yajia, ZHENG Xiaojing, WU Jian, BAO Wenxian, XIAO Qin, PENG Weijun (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] **Objective:** To discuss the average gland dose (AGD) of digital breast tomosynthesis (DBT) and full-field digital mammography (FFDM). **Methods:** A total of 209 cases with clinically palpable breast masses who received mammography examination in Fudan University Shanghai Cancer Center from Jul. to Sep. 2016 were selected. Among them, 100 cases were enrolled in DBT-HR mode to be exposed to FFDM and high-angle DBT, and 109 cases were enrolled in DBT-ST mode to be exposed to FFDM and small-angle DBT. The difference in AGD between DBT-HR mode and DBT-ST mode was analyzed. **Results:** There was statistically significant difference in AGD in cranio-caudal view (CC) and medial lateral oblique view (MLO) between DBT and FFDM in DBT-HR mode group. But there was no statistically significant difference in AGD of CC and MLO between DBT and FFDM in DBT-ST mode group. AGD of FFDM in CC and MLO was not significantly different between DBT-HR mode and DBT-ST mode, but AGD of DBT was significantly different. **Conclusion:** In DBT-ST mode, there is no difference in AGD of DBT and FFDM. In DBT-HR mode, AGD of DBT is higher than that of FFDM, but still in the prescribed radiation dose range. DBT is a safe and reliable examination technology.

[Key words] Digital breast; Tomosynthesis; Mammography; Average gland dose

数字乳腺断层摄影 (digital breast tomosynthesis, DBT) 是近几年推出的一项新技术^[1-2]。其基于常规乳腺X线摄影, 但与常规全数字化乳腺X线摄影 (full-field digital

mammography, FFDM) 不同, 是在行FFDM检查的同时再进行体层摄影的一种成像技术。以往进行DBT研究使用的乳腺机多为一种机架旋转角度 (大或小角度) 的设备^[3-5], 本研究使用的乳

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

腺机机架旋转角度有两种模式, 即DBT-HR (大角度) 和DBT-ST (小角度) 模式, 本文分析DBT与FFDM的曝光剂量差异, 以及DBT中大与小角度曝光的剂量差异, 旨在进一步加深对DBT辐射剂量的了解。

1 资料和方法

1.1 研究对象

收集2016年7—9月临床可触及乳腺肿块并于复旦大学附属肿瘤医院进行乳腺X线检查的患者共209例, 其中100例入组DBT-HR模式行FFDM和DBT大角度曝光, 109例入组DBT-ST模式行FFDM和DBT小角度曝光。所有患者均为女性, DBT-HR模式组患者年龄35~76岁, 中位年龄50.63岁; DBT-ST模式组患者年龄36~77岁, 中位年龄52.71岁。所有行DBT和FFDM的患者检查前均询问病史、月经史并签署知情同意书, 除绝经者外均需进行妊娠试验, 排除妊娠者、有乳腺手术史者、已接受治疗的乳腺肿瘤患者、乳房内有植入物者、有精神疾病者和不愿意进行此项检查者。

1.2 检查设备及方法

DBT-HR模式和DBT-ST模式的FFDM和DBT检查均采用日本Fujifilm公司的AMULET Innovality DBT系统。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: 先行头尾位 (carnio-caudal view, CC) 大或小角度曝光的DBT+FFDM, 再行内外侧斜位 (medial lateral oblique view, MLO) 大或小角度曝光的DBT和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 $\pm 20.00^\circ$ 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 $\pm 7.50^\circ$ 的旋转, 每 1.00° 曝光1次, 共15次。采集图像顺序均是先拍摄DBT图像, 再拍摄FFDM图像。所有拍摄后获得的图像均需符合如下标准: ① CC上所有乳腺内侧组织均清晰显示, 同时包含尽可能多的乳腺

外侧组织; ② 乳头呈切线位, 位于影像中心; ③ MLO上胸肌充分显示, 上部宽于下部, 向前方外凸, 延伸至后乳头线; ④ 压迫适当, 使得纤维腺体组织完全分离, 充分显示腺体后脂肪组织; ⑤ 乳房无下垂; ⑥ 无运动伪影; ⑦ 乳房下方无皮肤皱褶。

1.3 数据分析

所有患者的DBT和FFDM图像数据均于Fujifilm乳腺机诊断工作站收集, 分别记录双侧乳房CC、MLO四个体位DBT和FFDM检查时的平均腺体剂量 (average gland dose, AGD) 及乳腺压迫厚度。

1.4 统计学处理

数据均收集于Fujifilm乳腺机后处理工作站。采用Excel 2013软件进行统计分析, 用双样本平均差Z检验比较DBT-HR模式组内FFDM与DBT的CC及MLO标准体位、DBT-ST模式组内FFDM与DBT的CC及MLO标准体位、DBT-HR与DBT-ST之间CC及MLO标准体位的AGD差异, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。分别计算各组数据的四分位数并进行比较, 以分析各组数据变量的趋势。

2 结果

DBT-HR模式组DBT与FFDM在CC、MLO的AGD值比较结果 (表1) 显示, DBT-HR模式组CC的DBT的AGD均值为2.73 mGy, FFDM的AGD均值为1.39 mGy, $Z = -24.722$, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); MLO的DBT的AGD均值为2.80 mGy, FFDM的AGD均值为1.40 mGy, $Z = -24.474$, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。

DBT-ST模式组DBT与FFDM在CC、MLO的AGD值比较结果 (表2) 显示, DBT-ST模式组CC的DBT的AGD均值为1.35 mGy, FFDM的AGD均值为1.36 mGy, $Z = 0.126$, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); MLO的DBT的AGD均值为1.39 mGy, FFDM的AGD均值为1.35 mGy, $Z = -1.133$, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表1 DBT-HR模式组DBT与FFDM在CC、MLO的AGD值比较

检查方式	AGD/mGy				Z值	P值
	中位数 (M)	P25	P75	平均值		
CC					-24.722	<0.001
FFDM	1.36	1.14	1.63	1.39		
DBT-HR	2.66	2.24	3.08	2.73		
MLO					-24.474	<0.001
FFDM	1.40	1.13	1.58	1.40		
DBT-HR	2.81	2.31	3.22	2.80		

表2 DBT-ST模式组DBT与FFDM在CC、MLO的AGD值比较

检查方式	AGD/mGy				Z值	P值
	中位数 (M)	P25	P75	平均值		
CC					0.126	0.450
FFDM	1.34	1.14	1.56	1.36		
DBT-ST	1.32	1.14	1.5	1.35		
MLO					-1.133	0.129
FFDM	1.31	1.11	1.56	1.35		
DBT-ST	1.35	1.15	1.55	1.39		

DBT-HR和DBT-ST模式中FFDM与DBT在CC的AGD值比较结果显示, DBT-HR和DBT-ST模式CC的FFDM的AGD均值分别为1.39、1.36 mGy, $Z=1.248$, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); DBT的AGD均值分别为2.73、1.35 mGy, $Z=26.289$, 差异有统计学意义 ($P<0.05$, 表3)。

DBT-HR和DBT-ST模式中FFDM与DBT在MLO的AGD值比较结果显示, DBT-HR和DBT-ST模式MLO的FFDM的AGD均值分别为1.40、1.35 mGy, $Z=1.528$, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); DBT的AGD均值分别为2.80、1.39 mGy, $Z=25.125$, 差异有统计学意义

($P<0.05$, 表4)。

DBT-HR模式组100例受检者CC右乳的压迫厚度为12~69 mm, 平均43 mm, 左乳的压迫厚度为13~70 mm, 平均44 mm; MLO右乳的压迫厚度为17~77 mm, 平均46 mm, 左乳的压迫厚度为14~124 mm, 平均47 mm。DBT-ST模式组109例受检者CC右乳房的压迫厚度为15~65 mm, 平均41 mm, 左乳的压迫厚度为16~70 mm, 平均43 mm; MLO右乳的压迫厚度为23~81 mm, 平均45 mm, 左乳的压迫厚度为18~68 mm, 平均45 mm。

表3 DBT-HR和DBT-ST模式中FFDM与DBT在CC的AGD值比较

检查方式	AGD/mGy				Z值	P值
	中位数 (M)	P25	P75	平均值		
FFDM					1.248	0.106
DBT-HR	1.36	1.14	1.63	1.39		
DBT-ST	1.34	1.14	1.56	1.36		
DBT					26.289	<0.001
DBT-HR	2.66	2.24	3.08	2.73		
DBT-ST	1.32	1.14	1.50	1.35		

表 4 DBT-HR和DBT-ST模式中FFDM与DBT在MLO的AGD值比较

检查方式	AGD/mGy				Z值	P值
	中位数 (M)	P25	P75	平均值		
FFDM					1.528	0.063
DBT-HR	1.40	1.13	1.59	1.40		
DBT-ST	1.31	1.11	1.56	1.35		
DBT					25.125	<0.001
DBT-HR	2.81	2.31	3.22	2.80		
DBT-ST	1.35	1.15	1.55	1.39		

3 讨 论

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采集,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^[6]。通俗来讲,DBT是在常规乳腺X线摄影摆位的情况下,乳房在摄影平台上压迫保持制动,X线管围绕乳房在一个特定的角度内旋转(目前旋转角度范围在 $\pm 7.50^\circ \sim \pm 25.00^\circ$),每旋转一定的角度,乳腺机低剂量曝光1次,X线穿过乳房转换成电信号被直线运动的平板探测器接收产生影像。当X线管完成旋转时,数字探测器就会获得一系列不同投射角度下的低剂量数据,计算机通过最大相似度及期望值最大化算法进行重组,获得与探测器平面平行的乳腺任意深度层面的一系列薄层图像(通常重建层厚为1 mm),使隐藏在高密度腺体中不同位置、不同形态的病变在CC或MLO上清晰地显示出来。DBT可明显提高病变检出的灵敏度与准确率^[7-8],尤其是对于致密型腺体,由于薄层图像解决了腺体组织与病变重叠的问题,使病变的观察变得更直观,诊断更准确^[5, 9]。

DBT-HR模式组DBT与FFDM在CC、MLO的AGD值比较:本研究中DBT-HR模式组CCDBT和FFDM的AGD均值分别为2.73、1.39 mGy,相差1.34 mGy, $Z=-24.722$,差异有统计学意义($P<0.05$); MLO的DBT和FFDM的AGD均值

分别为2.80、1.40 mGy,相差1.40 mGy, $Z=-24.474$,差异有统计学意义($P<0.05$)。由此可知,DBT-HR模式组DBT比FFDM在CC、MLO的AGD均值都可增加近1倍,表明这两种技术的AGD值有差异。与文献^[10]报道的FFDM与DBT在CC的AGD值差异 $Z=-27.005$ 、在MLO的AGD值差异 $Z=-27.514$,结果较相似。也有文献认为DBT的辐射剂量几乎翻了1番^[3]。美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)的乳腺摄影质量标准规范(Mammography Quality Standards Act, MQSA)采用美国放射学会(American College of Radiology, ACR)制定的标准,即乳腺腺体每次曝光剂量限定在3 mGy范围内^[11],本研究结果显示所有入组患者的AGD值均在此范围内,因此DBT是一种安全、可靠的检查技术。

DBT-ST模式组DBT与FFDM在CC、MLO的AGD值比较:本研究中DBT-ST模式组CC的DBT和FFDM的AGD均值分别为1.35、1.36 mGy,仅相差0.01 mGy, $Z=0.126$,差异无统计学意义($P>0.05$); MLO的DBT和FFDM的AGD均值分别为1.39、1.35 mGy,仅相差0.04 mGy, $Z=-1.133$,差异无统计学意义($P>0.05$)。由此可知,DBT-ST模式组DBT与FFDM在CC、MLO的AGD值均值非常接近,表明这两种技术的AGD基本无差别,DBT检查时患者受到的辐射剂量相当于FFDM。有文献^[10]报道,FFDM与DBT在CC的AGD值差异 $Z=-27.005$,在MLO的AGD值差异 $Z=-27.514$,差异有统计学意义。另有文献^[4]报道,FFDM和DBT在CC的AGD值分别为1.366、1.858 mGy,在MLO的AGD值分

别为1.374、1.877 mGy, DBT比FFDM的辐射剂量增加了0~75%, 平均增加了38%。本研究结果与文献报道的辐射剂量有差异, 可能与检查所用乳腺机的机架旋转角度及曝光次数等参数不同有关。Svahn等^[12]也认为, 断层成像包括多种参数, 这些参数会影响乳腺的辐射剂量。因为摄影过程中采集的角度范围和曝光次数是特定基于某个系统设计的, 那么通过这些特定模式采集到的参数是相同的; 不同的DBT模式制造商会设置不同的参数, 这些参数也与所使用的探测器类型及设计有关。此外, Feng等^[13]采用数字乳腺3D断层成像系统发现, 对于压迫层厚为5 cm、腺体密度为50%的乳房, FFDM成像所受平均曝光剂量为1.20 mGy, 而DBT成像需接受1.30 mGy, 比FFDM仅高出8%。对于压迫层厚为6 cm、腺体密度为14.3%的乳房, FFDM成像所受平均曝光剂量为1.16 mGy, 而DBT成像需接受2.12 mGy, 比FFDM高83%。谭欢等^[10]认为, 辐射剂量与乳腺厚度和密度相关, 乳腺越厚、越致密, 所受辐射剂量越大, 两者之间的差值可能增大。本研究中DBT-HR模式组乳腺压迫厚度CC右侧平均43 mm, 左侧平均44 mm; MLO右侧平均46 mm, 左侧平均47 mm。DBT-ST模式组乳房压迫厚度CC右侧平均41 mm, 左侧平均43 mm; MLO右侧平均45 mm, 左侧平均45 mm。两组平均压迫厚度基本无差异。

DBT-HR与DBT-ST两种模式的AGD值比较: 本研究中DBT-HR和DBT-ST两种模式CC的FFDM的AGD均值分别为1.39、1.36 mGy, $Z=1.248$, MLO的FFDM的AGD均值分别为1.40、1.35 mGy, $Z=1.528$, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。CC的DBT的AGD均值分别为2.73、1.35 mGy, $Z=26.289$, MLO的DBT的AGD均值分别为2.80、1.39 mGy, $Z=25.125$, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。表明使用DBT-HR和DBT-ST两种模式进行FFDM检查时AGD值无差异, 但进行DBT检查需乳腺机机架旋转角度(大或小角度)时两种模式的AGD值有差异。汤伟等^[5]报道FFDM检测乳腺癌的灵敏度为79.5%, 特异度为74%, Youden指数为53.5, 阳性预测值

为84.6%, 阴性预测值为66.7%; FFDM结合DBT检测乳腺癌的灵敏度为93.9%, 特异度为82.1%, Youden指数为76, 阳性预测值为90.6%, 阴性预测值为90.9%。也有文献^[14]报道FFDM对乳腺的诊断灵敏度为96.6%, 特异度为86.0%, Youden指数为0.836, 阳性预测值为90.4%, 阴性预测值为94.9%; FFDM结合DBT对乳腺的诊断灵敏度为100%, 特异度为94.4%, Youden指数为0.951, 阳性预测值为96.1%, 阴性预测值为100%。上述研究行DBT检查时使用的乳腺机生产厂商不同, 乳腺机机架旋转角度有所不同, 对诊断效能是否有影响尚待证实。本研究结果表明, 使用DBT-HR和DBT-ST两种模式即机架旋转角度大小不同行DBT检查时AGD值会有所不同, 但对乳腺的诊断灵敏度、特异度、Youden指数、阳性预测值及阴性预测值等有无影响需进一步探讨。

DBT的局限性在于检查时曝光次数增加, 球管更易耗损; DBT的成像性质延长了摄影时间, 患者在检查过程中产生运动伪影的概率增加; DBT重建出的图像较多, 医师需观察的图像增多, 耗费时间相对增加; DBT对微小钙化的检出没有明显优势^[9-10, 15]; DBT检查的辐射剂量也有所增加。

综上所述, 虽然DBT检查的AGD值高于FFDM, 但仍是一种安全、可靠的技术, 其操作方法简便, 具有较好的应用前景, 有望在临床上作为乳房筛查及可疑乳腺疾病尤其是致密型乳腺疾病的检查手段之一。

[参 考 文 献]

- [1] SKAANE P, GULLIEN R, BJØRNDAL H, et al. Digital breast tomosynthesis (DBT): initial experience in a clinical setting [J]. *Acta Radiol*, 2012, 53(5): 524-529.
- [2] 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.
- [3] MARISCOTTI G, DURANDO M, HOUSSAMI N, et al. Comparison of synthetic mammography, reconstructed from digital breast tomosynthesis, and digital mammography: evaluation of lesion conspicuity and BI-RADS assessment categories [J]. *Breast Cancer Res Treat*, 2017, 166(3): 765-773.

- [4] GENNARO G, BERNARDI D, HOUSSAMI N, et al. Radiation dose with digital breast tomosynthesis compared to digital mammography: per-view analysis [J] . Eur Radiol, 2018, 28(2): 573-581.
- [5] 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.
- [6] GENNARO G, TOLEDANO A, DI MAGGIO C, et al. Digital breast tomosynthesis versus digital mammography: a clinical performance study [J] . Eur Radiol, 2010, 20(7): 1545-1553.
- [7] 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.
- [8] SVAHN T, ANDERSSON I, CHAKRABORTY D, et al. The diagnostic accuracy of dual-view digital mammography, single-view breast tomosynthesis and a dual-view combination of breast tomosynthesis and digital mammography in a free-response observer performance study [J] . Radiat Prot Dosimetry, 2010, 139(1-3): 113-117.
- [9] 边甜甜, 林青. 数字乳腺断层摄影新技术的临床应用价值及发展前景 [J] . 中华放射学杂志, 2013, 47(8): 761-763.
- [10] 谭欢, 曾勇明, 朱明霞. 数字乳腺融合断层技术在乳腺癌诊断中的应用价值 [J] . 第三军医大学学报, 2015, 37(23): 2334-2337.
- [11] DESTOUET J M, BASSETT L W, YAFFE M J, et al. The ACR's mammography accreditation program: ten years of experience since MQSA [J] . J Am Coll Radiol, 2005, 2(7): 585-594.
- [12] 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.
- [13] FENG S S, SECHOPOULOS I. Clinical digital breast tomosynthesis system: dosimetric characterization [J] . Radiology, 2012, 263(1): 35-42.
- [14] 叶华秀, 蔡裕兴, 徐维敏, 等. 全视野数字化乳腺摄影结合数字乳腺三维断层摄影技术对乳腺疾病的诊断价值 [J] . 现代医院, 2017, 17(5): 764-766.
- [15] GUR D, ZULEY M L, ANELLO M I, et al. Dose reduction in digital breast tomosynthesis (DBT) screening using synthetically reconstructed projection images: an observer performance study [J] . Acad Radiol, 2012, 19(2): 166-171.

(收稿日期: 2018-06-15 修回日期: 2018-08-06)

《抗癌》杂志2019年征订启事

《抗癌》杂志于1988年创刊, 主管单位为上海市科学技术协会, 主办单位为上海市抗癌协会。《抗癌》杂志坚持以读者为导向, 架起读者与医院之间的桥梁, 介绍抗癌防癌的科学知识, 倡导健康的生活方式, 宣传癌症患者战胜病魔的动人事迹, 努力为广大癌症患者和家属服务。杂志刊号: CN31-1664/R ISSN 1008-3065。欢迎广大读者订阅。

杂志为季刊, 每期48页。本刊季末出版, 每期8元, 全年共32元整。征订方式请通过邮局汇款。

通讯地址: 上海市东安路270号6号楼3楼《抗癌》杂志社收。

邮 编: 200032

电 话: 021-64175590转83574

电子邮件: anti-cancer@163.com

上海《抗癌》杂志社