



· 论 著 ·

数字乳腺断层摄影技术中大、小角度曝光的辐射剂量比较

沈茜刚, 彭卫军, 顾雅佳, 鲍文宪, 郑晓静, 吴 坚, 姜婷婷, 肖 勤

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: 数字乳腺断层摄影技术(digital breast tomosynthesis, DBT)是近几年推出的一项用于乳腺X线摄影检查的技术, 可较好地显示乳腺病灶, 对乳腺病变的检出和诊断具有重要意义。目前人们多集中于大或小角度曝光的辐射剂量研究, 而有关大、小角度曝光辐射剂量有何差异的研究报道较少。对DBT中采用大、小角度曝光的辐射剂量进行分析和比较, 以了解DBT检查时运用不同曝光角度在辐射剂量方面的差异。**方法:** 2016年7月—2016年9月, 收集临床可触及乳腺肿块在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, 100例入组DBT-HR模式行常规全数字化乳腺X线摄影(full field digital mammography, FFDM)和DBT的大角度摄影、109例入组DBT-ST模式行常规FFDM和DBT的小角度摄影。分别比较两种曝光角度的辐射剂量差异, 并对不同乳腺腺体类型、不同年龄阶段和不同摄影体位的辐射剂量差异进行比较。**结果:** DBT检查时采用HR模式的平均腺体剂量(average gland dose, AGD)均值2.76 mGy较ST模式的AGD均值1.37 mGy高出50.36%, 差异有统计学意义($P<0.05$)。DBT检查下对不同乳腺腺体类型比较时, HR模式的AGD值差异无统计学意义($P>0.05$); ST模式的AGD值差异有统计学意义($P<0.05$); 对两种模式进行组间比较时, HR模式b、c、d三种腺体类型的AGD值分别增加了50.16%、51.20%和45.19%, 并可见c型腺体的AGD增幅最大, d型腺体的AGD增幅最少, 差异有统计学意义($P<0.05$)。对不同年龄阶段患者比较时, 两种模式的AGD值差异均有统计学意义($P<0.05$); 对两种模式的AGD值进行组间比较时, HR模式5组年龄段的AGD值分别增加了52.17%、50.53%、45.56%、51.54%和49.04%, 并可见 ≤ 40 岁年龄段患者的AGD值增幅最大, 51~60岁年龄段患者的AGD值增幅最少, 差异有统计学意义($P<0.05$)。对头尾(cranio-caudal, CC)位和内外侧斜(medial-lateral oblique, MLO)位不同压迫厚度的断层辐射剂量比较时, 两种模式的AGD差异值均有统计学意义($P<0.05$); 对两种模式的AGD值进行组间比较时, HR模式5组不同压迫厚度的AGD值在CC位分别增加了37.07%、47.94%、53.09%、50.06%和49.79%; 在MLO位分别增加了35.15%、46.24%、53.26%、49.14%和48.04%; 且2种体位均显示压迫厚度40~49 mm组的AGD值增幅最大, 压迫厚度 ≤ 29 mm组的AGD值增幅最少, 差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:** DBT检查时采用大或小角度曝光的辐射剂量是有差异的, 且不同乳腺腺体类型、不同年龄阶段患者、不同摄影体位的辐射剂量均有差异, 但仍在规定的辐射剂量值范围内, 所以DBT检查是一项安全、可靠的技术, 临床可根据实际需要开展应用。

[关键词] 数字乳腺断层摄影技术; 乳腺X线摄影; 辐射剂量; 腺体类型

DOI: 10.19401/j.cnki.1007-3639.2019.07.003

中图分类号: R730.44 文献标志码: A 文章编号: 1007-3639(2019)07-0494-07

Comparison of radiation dose between large and small angle exposures in digital breast tomosynthesis SHEN Xigang, PENG Weijun, GU Yajia, BAO Wenxian, ZHENG Xiaojing, WU Jian, JIANG Tingting, XIAO Qin (Department of Radiology, 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:** Digital breast tomosynthesis (DBT) is a technology introduced in recent years for mammography, which can better display gland lesions and is of great significance for the detection and diagnosis of breast lesions. At present, most of the reports focus on studies on radiation dose of large or small angle exposures, and there are few reports

通信作者: 彭卫军 E-mail: cjr.pengweijun@vip.163.com

on the differences between large and small angle exposures. The purpose of this study was to analyze and compare the radiation dose of DBT exposed at large and small angles, in order to understand the difference in radiation dose during DBT examination at different exposure angles. **Methods:** Data of 209 patients with clinically palpable breast masses undergoing mammography in our hospital were collected from July 2016 to September 2016. A total of 100 patients were enrolled in DBT-HR mode to take large-angle photography of full field digital mammography (FFDM) and DBT, and 109 patients were enrolled in DBT-ST mode to take small-angle photography of FFDM and DBT. The differences in radiation dose between these two exposure angles were compared, and the differences in radiation dose among different mammary glandular types, ages and positions were also compared. **Results:** The average gland dose (AGD) mean value of 2.76 mGy in HR mode was 50.36% higher than the AGD mean value of 1.37 mGy in ST mode during DBT examination, showing a statistically significant difference ($P<0.05$). When comparing different mammary glandular types during DBT examination, there was no statistically significant difference in AGD values of HR mode ($P>0.05$). And there were statistically significant differences in AGD values of ST mode ($P<0.05$). During the inter-group comparison between HR mode and ST mode, the AGD values of three glandular types (type b, type c and type d) in HR mode increased by 50.16%, 51.20% and 45.19%, respectively. The AGD values of type c gland increased the most, and that of type d gland increased the least, showing a statistically significant difference ($P<0.05$). When comparing patients of different ages during DBT examination, there were statistically significant differences in AGD values of HR mode and ST mode ($P<0.05$). During the inter-group comparison between HR mode and ST mode, the AGD values of these five groups in HR mode increased by 52.17%, 50.53%, 45.56%, 51.54% and 49.04%, respectively. The AGD values of patients aged 40 years or younger increased the most, and the AGD values of the patients aged 51~60 years increased the least ($P<0.05$). When comparing the tomography radiation doses of cranio-caudal (CC) view and medial-lateral oblique (MLO) view under different compression thickness during DBT examination, the AGD values of HR mode and ST mode were significantly different ($P<0.05$). During the inter-group comparison between HR mode and ST mode, the AGD values of these five groups of HR mode under different compression thickness increased by 37.07%, 47.94%, 53.09%, 50.06% and 49.79% on CC view, respectively. On MLO view, they increased by 35.15%, 46.24%, 53.26%, 49.14% and 48.04%, respectively. In addition, both positions showed that the AGD value increased the most when compression thickness ranged from 40 mm to 49 mm, and the AGD value increased the least when compression thickness was below 29 mm ($P<0.05$). **Conclusion:** There are differences in radiation doses between large and small angle exposures during DBT, and there are also differences in radiation doses of different mammary glandular types, patients with different ages and various photography positions, but still within the prescribed scope of radiation dose. Thus, DBT is a safe and reliable technology, and clinical application can be carried out according to actual needs.

[Key words] Digital breast tomosynthesis; Mammography; Radiation dose; Glandular type

目前, 乳腺肿瘤尤其是乳腺癌的发病率呈上升趋势, 且有年轻化倾向, 那么对乳腺病灶的早期发现和检出就显得尤为重要。数字乳腺断层摄影技术 (digital breast tomosynthesis, DBT) 是近几年推出的一项新技术^[1-2], 它是在进行常规全数字化乳腺X线摄影 (full field digital mammography, FFDM) 的同时, 增加乳腺分层摄影的一种成像技术, 在致密型乳腺的检查中效果更为显著, 能有效地检出重叠在乳腺组织内的病灶^[3-4]。既往报道的DBT辐射剂量文献^[5-7]基本都是摄影时仅有一种曝光角度范围, 单一研究大或小角度曝光的辐射剂量, 大角度一般是机架 $\pm 25^\circ$ 旋转曝光, 小角度则是机架 $\pm 7.5^\circ$ 旋转曝光, 未见两者之间辐射剂量对比的研究报道。有文献^[8]指出, DBT成像包括多种参数, 这些参数

会影响乳腺的辐射剂量。所以辐射剂量应该与所用设备的硬件、软件等诸多因素相关, 不同设备之间应考虑设备本身对DBT成像的影响因素, 不能仅根据实际辐射剂量数据直接比较两者差异。本研究采用的设备有大和小两种曝光角度供选择, 在其他设备影响因素相同的条件下, 实现两者之间的辐射剂量比较。本研究旨在对DBT检查中采用大、小角度曝光的断层辐射剂量进行分析和比较, 以了解行DBT检查时采用不同曝光角度在辐射剂量方面的差异。

1 资料和方法

1.1 研究对象

收集2016年7月—2016年9月临床可触及乳腺

肿块在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, 所有患者均为女性。其中100例入组DBT-HR模式行常规FFDM和DBT的大角度摄影, 年龄35~76岁, 中位年龄为50.63岁; 109例入组DBT-ST模式行常规FFDM和DBT的小角度摄影, 年龄36~77岁, 中位年龄为52.71岁。所有行DBT检查的患者在检查前均询问病史、月经史并签署知情同意书, 除绝经者外均需进行妊娠试验, 并将妊娠、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、有精神疾病和不愿意进行此项检查者排除在外。

1.2 检查设备及方法

DBT检查的DBT-HR模式和DBT-ST模式均采用日本FUJI FILM公司的AMULET Innovality数字乳腺断层摄影系统。检查前要求患者完全暴露上半身, 去除体表金属饰品或其他任何异物, 检查顺序: 先拍摄头尾(cranio-caudal, CC)位, 再拍摄内外侧斜(medial-lateral oblique, MLO)位, 行大或小角度的DBT+FFDM, 选择Auto-Filter模式进行曝光。行DBT检查大角度摄影时机架 $\pm 20^\circ$ 旋转, 每 2.67° 曝光1次, 共15次; 小角度摄影时机架 $\pm 7.5^\circ$ 旋转, 每 1° 曝光1次, 共15次。所有摄影获得的图像均需符合下述标准: ① CC位所有乳腺内侧组织均显示, 同时尽可能多的包含外侧组织; ② 乳头呈切线位; ③ MLO位上胸肌充分显示, 上部宽于下部, 向前方外凸, 延伸至乳头后线; ④ 压迫适当, 使得纤维腺体组织完全分离, 充分显示乳后间隙; ⑤ 乳房无下垂; ⑥ 图像无运动伪影; ⑦ 乳腺下方无腹壁皱褶。

表1 乳腺肿瘤患者基本情况

Tab. 1 Basic information of breast tumor patients

Item	Large angle DBT				Small angle DBT			
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max
Total	100.00				109.00	109.00		
Age	50.63	9.48	35	76	52.71	9.25	36	77
Total number of exposures	400.00				436.00	436.00		
Thickness /mm	44.90	11.81	12	84	43.66	10.33	15	81

2.2 DBT检查大、小角度摄影的断层辐射剂量比较

DBT检查大、小角度摄影的断层辐射剂量比

1.3 数据分析

所有患者的DBT和FFDM影像数据均在FUJI FILM乳腺机的诊断工作站上收集, 分别记录行双侧乳腺DBT和FFDM检查时CC位、MLO位的平均腺体剂量(average gland dose, AGD)、压迫厚度并对不同乳腺腺体类型、不同年龄阶段患者和不同摄影体位进行分类。

1.4 统计学处理

描述性分析中计量资料符合正态分布时以 $\bar{x}\pm s$ 表示, 同时计量最大值与最小值。两组或多组计量资料比较时, 首先进行正态性与方差齐性检验, 符合正态分布与方差齐性的情况下, 两组间计量资料比较采用两独立样本 t 检验, 多组间比较采用单因素方差分析; 不符合正态分布与方差齐性的情况下, 两组计量资料比较采用非参数Mann-Whitney U 检验, 多组间计量资料比较不符合应用条件时采用Kruskal-Wallis H 法。所有统计学分析采用R软件, 版本3.2.0。检验水准为双侧, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基本信息情况

患者基本信息情况结果见表1。所有行DBT检查的患者中采用DBT-HR模式的患者共100例, 进行了400次曝光, 最低年龄35岁, 最高年龄76岁, 压迫厚度12~84 mm; 采用DBT-ST模式的患者共109例, 进行了436次曝光, 最低年龄36岁, 最高年龄77岁, 压迫厚度15~81 mm。

较结果见表2。DBT检查采用HR模式的AGD均值为2.76 mGy, 较ST模式的AGD均值1.37 mGy高出50.36%, 差异有统计学意义($P<0.05$)。

表 2 DBT检查大、小角度摄影的断层辐射剂量比较

Tab. 2 Comparison of radiation dose between large and small angle in DBT

Item	Large angle DBT				Small angle DBT				Difference/%	P value
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max		
Number of exposures	400.00	436.00								
AGD D/mGy	2.76	0.71	1.28	4.68	1.37	0.31	0.84	3.55	50.48	<0.001

2.3 DBT检查大、小角度摄影对不同乳腺腺体类型的断层辐射剂量比较

DBT检查大、小角度摄影对不同乳腺腺体类型的断层辐射剂量比较结果见表3。DBT检查对不同乳腺腺体类型比较时，HR模式的AGD值差异无统计学意义 ($P>0.05$)；ST模式的AGD

值差异有统计学意义 ($P<0.05$)；对HR模式和ST模式进行组间比较时，HR模式b、c、d三种腺体类型的AGD分别增加了50.16%、51.20%和45.19%，并可见c型腺体的AGD值增幅最大，d型腺体的AGD值增幅最少，差异有统计学意义 ($P<0.05$)。

表 3 DBT检查大、小角度摄影对不同乳腺腺体类型的断层辐射剂量比较

Tab. 3 Comparison of radiation dose between large and small angle in different mammary glandular types

Item	Large angle DBT AGD D/mGy						Small angle DBT D/mGy						Difference/%	P1 value	P2 value	P3 value
	Number of patients	Number of exposures	Mean	SD	Min	Max	Number of patients	Number of exposures	Mean	SD	Min	Max				
a	0	0					1	4	0.940	0.059	0.89	1.02		0.012	<0.001	-
b	15	60	2.516	0.659	1.40	4.21	23	92	1.254	0.296	0.87	2.03	50.16			<0.001
c	68	272	2.826	0.718	1.28	4.68	67	268	1.379	0.325	0.84	3.55	51.20			<0.001
d	17	68	2.731	0.662	1.65	4.61	18	72	1.497	0.220	1.16	2.25	45.19			<0.001

P1 value was the AGD difference in each glandular type in DBT-HR mode; P2 value was the AGD difference in each glandular type in DBT-ST mode; P3 value was the AGD difference in each glandular type between DBT-HR and DBT-ST mode. -: No such type

2.4 DBT检查大、小角度摄影对不同年龄阶段患者的断层辐射剂量比较

DBT检查大、小角度摄影对不同年龄阶段患者的断层辐射剂量比较结果见表4。DBT检查对不同年龄阶段患者比较时，HR模式和ST模式的AGD值差异均有统计学意义 ($P<0.05$)；对

HR模式和ST模式的AGD值进行组间比较时，HR模式5组年龄段的AGD值分别增加了52.17%、50.53%、45.56%、51.54%和49.04%，并可见≤40岁年龄段患者的AGD值增幅最大，51~60岁年龄段患者的AGD值增幅最少，差异有统计学意义 ($P<0.05$)。

表 4 DBT检查大、小角度摄影对不同年龄阶段乳腺的断层辐射剂量比较

Tab. 4 Comparison of radiation dose between large and small angle in different age groups

Age / year	Large angle DBT AGD D/mGy						Small angle DBT AGD D/mGy						Difference/%	P1 value	P2 value	P3 value
	Number of patients	Number of exposures	Mean	SD	Min	Max	Number of patients	Number of exposures	Mean	SD	Min	Max				
≤40	11	44	2.750	0.723	1.71	4.55	6	24	1.315	0.117	1.11	1.47	52.17	<0.001	<0.001	<0.001
41-50	51	204	2.920	0.731	1.29	4.68	39	156	1.445	0.274	0.84	2.45	50.53			<0.001
51-60	18	72	2.543	0.598	1.28	4.21	38	152	1.384	0.314	0.85	2.27	45.56			<0.001
61-70	18	72	2.609	0.644	1.40	4.13	22	88	1.265	0.380	0.87	3.55	51.54			<0.001
≥71	2	8	2.205	0.420	1.80	3.03	4	16	1.124	0.174	0.89	1.42	49.04			<0.001

P1 value was the AGD difference in various age groups in DBT-HR mode; P2 value was the AGD difference in various age groups in DBT-ST mode; P3 value was the AGD difference in various age groups between DBT-HR and DBT-ST mode

2.5 DBT检查大、小角度摄影对CC位不同压迫厚度的断层辐射剂量比较

DBT检查大、小角度摄影对CC位不同压迫厚度的断层辐射剂量比较结果见表5。DBT检查对CC位不同压迫厚度的断层辐射剂量比较时, HR模式和ST模式的AGD值差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 对HR模式和ST模式的AGD值进行组间比较时, HR模式5组不同压迫厚度的AGD值分别增加了37.07%、47.94%、53.09%、50.06%和49.79%, 并可见压迫厚度40~49 mm组的AGD值增幅最大, 压迫厚度 ≤ 29 mm组的AGD值增幅最少, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。

表 5 DBT检查大、小角度摄影对CC位不同压迫厚度的断层辐射剂量比较

Tab. 5 Comparison of radiation dose between large and small angle with different compression thickness on CC view

Thickness l/mm	Large angle DBT AGD D/mGy					Small angle DBT AGD D/mGy					Difference/%	P1 value	P2 value	P3 value
	Number of exposures	Mean	SD	Min	Max	Number of exposures	Mean	SD	Min	Max				
≤ 29	20	1.883	0.277	1.35	2.35	20	1.185	0.201	0.89	1.55	37.07	< 0.001	< 0.001	< 0.001
30-39	49	2.326	0.436	1.53	3.34	67	1.211	0.178	0.85	1.61	47.94			< 0.001
40-49	79	2.730	0.431	1.80	3.89	72	1.281	0.237	0.88	1.95	53.09			< 0.001
50-59	32	3.268	0.661	1.68	4.39	53	1.632	0.273	1.21	2.45	50.06			< 0.001
≥ 60	20	3.675	0.517	2.68	4.61	6	1.845	0.219	1.62	2.21	49.79			< 0.001

P1 value was the AGD difference in various compression thickness in DBT-HR mode on CC view; P2 value was the AGD difference in various compression thickness in DBT-ST mode on CC view; P3 value was the AGD difference in various compression thickness between DBT-HR and DBT-ST mode on CC view

表 6 DBT检查大、小角度摄影对MLO位不同压迫厚度的断层辐射剂量比较

Tab. 6 Comparison of radiation dose between large and small angle with different compression thickness on MLO view

Thickness l/mm	Large angle DBT AGD D/mGy					Small angle DBT AGD D/mGy					Difference/%	P1 value	P2 value	P3 value
	Number of exposures	Mean	SD	Min	Max	Number of exposures	Mean	SD	Min	Max				
≤ 29	17	1.813	0.251	1.29	2.37	14	1.176	0.192	0.87	1.46	35.15	< 0.001	< 0.001	< 0.001
30-39	37	2.203	0.438	1.54	2.97	54	1.184	0.199	0.84	1.82	46.24			< 0.001
40-49	72	2.763	0.435	1.87	3.61	77	1.292	0.216	0.85	1.78	53.26			< 0.001
50-59	43	3.157	0.512	2.09	4.42	56	1.606	0.247	1.11	2.21	49.14			< 0.001
≥ 60	31	3.644	0.739	1.28	4.68	17	1.894	0.486	1.42	3.55	48.04			< 0.001

P1 value was the AGD difference in various compression thickness in DBT-HR mode on MLO view; P2 value was the AGD difference in various compression thickness in DBT-ST mode on MLO view; P3 value was the AGD difference in various compression thickness between DBT-HR and DBT-ST mode on MLO view

3 讨 论

DBT检查大、小角度摄影的断层辐射剂量

2.6 DBT检查大、小角度摄影对MLO位不同压迫厚度的断层辐射剂量比较

DBT检查大、小角度摄影对MLO位不同压迫厚度的断层辐射剂量比较结果见表6。DBT检查对MLO位不同压迫厚度的断层辐射剂量比较时, HR模式和ST模式的AGD值结果差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 对HR模式和ST模式的AGD值进行组间比较时, HR模式5组不同压迫厚度的AGD值分别增加了35.15%、46.24%、53.26%、49.14%、48.04%, 并可见压迫厚度40~49 mm组的AGD值增幅最大, 压迫厚度 ≤ 29 mm患者的AGD值增幅最少, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。

比较时, 采用HR模式大角度曝光的AGD均值为2.76 mGy, 较ST模式小角度曝光的AGD均值1.37 mGy高出50.36%, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。说明DBT检查采用大或小角度曝

光的辐射剂量是有差异的。谭欢等^[9]的研究显示, DBT检查在CC位的AGD均值2.31 mGy比FFDM的AGD均值1.16 mGy高出1.15 mGy, $Z=-27.005$; DBT在MLO位的AGD均值2.59 mGy比FFDM的AGD均值1.30 mGy高出1.29 mGy, $Z=-27.514$, 差异有统计学意义 ($P<0.000 1$), DBT检查的辐射剂量较FFDM高出将近50%。也有报道^[5]显示, CC位DBT和FFDM的AGD均值分别为1.858和1.366 mGy ($P<0.000 1$); MLO位DBT和FFDM的AGD均值分别为1.877和1.374 mGy ($P<0.000 1$), 两种检查方法的辐射剂量相差38%。上述文献的研究结果差异有统计学意义, 一方面可能与研究的样本量大小有关, 另一方面可能与DBT检查时采用的曝光角度大小不同有关。至于DBT检查时采用的曝光角度大小是否与病变检出率、特异度、灵敏度、准确度等相关, 有待我们接下来通过更深入的研究予以证实。

DBT检查大、小角度摄影对不同乳腺腺体类型的断层辐射剂量比较时, HR模式的AGD值差异无统计学意义 ($P>0.05$); ST模式的AGD值差异有统计学意义 ($P<0.05$)。本研究结果显示, 不同乳腺腺体类型之间的断层辐射剂量在进行大角度曝光时没有差异, 但在进行小角度曝光时出现差异。对HR模式和ST模式的断层AGD值进行组间比较时, HR模式b、c、d三种腺体类型的AGD值分别增加了50.16%、51.20%和45.19%, 并可见c型腺体的AGD值增幅最大, d型腺体的AGD值增幅最少, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。本研究团队之前曾报道^[10-11]不同乳腺腺体类型之间的辐射剂量是有差异的, 但并非随乳腺腺体密度的增加而增加, 这与本次研究发现c型腺体的AGD值增幅最大, d型腺体的AGD值增幅最少的研究结果相一致。国外的研究结果^[12]也显示, 非致密型乳腺比致密型乳腺的辐射剂量高出1倍多。但也有报道^[13]认为, 乳腺密度是AGD_{DBT}的独立影响因素, AGD_{DBT}与乳腺密度呈正相关。另外, 在本研究的两组病例中a型腺体仅有1例, 而c型腺体在大、小角度中分别有68和67例, 可见乳腺疾病的好发与乳腺腺体的致密程度相关。梁燮等^[14]对520例病例的研究中脂肪型4例, 少量腺体型96例, 多量腺体型38

例, 致密型112例。杨蕾等^[13]对271例542幅图像的研究中脂肪型占6.6%, 少量腺体型占28.8%, 多量腺体型占33.6%, 致密型占31.0%。这些研究数据都说明中国女性乳腺疾病的发生可能与乳腺腺体分型相关。

DBT检查大、小角度摄影对不同年龄阶段患者的断层辐射剂量比较时, HR模式和ST模式的AGD值差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。不同年龄阶段的患者无论DBT检查时使用大或小角度曝光, 患者受到的辐射剂量都有差异。对HR模式和ST模式的断层AGD值进行组间比较时, HR模式5组年龄段的AGD值分别增加了52.17%、50.53%、45.56%、51.54%和49.04%, 并可见 ≤ 40 岁年龄段患者的AGD值增幅最大, 51~60岁年龄段患者的AGD值增幅最少, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。研究结果表明, 辐射剂量高低与患者年龄关系密切, 患者越年轻、乳腺腺体越致密, 所受辐射剂量相对较高。同时, 绝经期前后女性的乳腺腺体退化, 所受辐射剂量减少, 但到60岁后辐射剂量又会有小幅增加, 说明患者的AGD值增减与乳腺癌的好发年龄阶段可能有相关性^[15]。

DBT检查大、小角度摄影CC位和MLO位不同压迫厚度的断层AGD值比较时, HR模式和ST模式的AGD值差异均有统计学意义 ($P<0.05$), 说明不论DBT检查采用何种曝光角度、何种摄影体位, 实际的乳腺压迫厚度会影响AGD值高低, 即压迫厚度与辐射剂量相关, 与文献报道的观点一致^[5, 16]。对HR模式和ST模式的断层AGD值进行组间比较时, HR模式5组不同压迫厚度的AGD值, CC位时分别增加了37.07%、47.94%、53.09%、50.06%和49.79%; MLO位时分别增加了35.15%、46.24%、53.26%、49.14%和48.04%。并可见两种曝光角度两个摄影体位均在压迫厚度40~49 mm时的AGD值增幅最大, 在压迫厚度 ≤ 29 mm时的AGD值增幅最少, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。研究表明不同压迫厚度和不同曝光角度对辐射剂量结果均有影响, 在同一检查组中压迫厚度越大其辐射剂量也就越大。有研究^[17]显示, DBT成像时, 压迫厚度50 mm、腺体密度50.0%的乳房, DBT的AGD值1.30 mGy比FFDM的AGD值1.20 mGy高出8%; 而

压迫厚度60 mm、腺体密度14.3%的乳房, DBT的AGD值2.12 mGy比FFDM的AGD值1.16 mGy高出83%。James等^[18]就对比增强能谱乳腺X线摄影(contrast-enhanced spectral mammography, CESH)检查的研究结果显示, 当压迫厚度为45 mm时, 致密型乳腺比非致密型乳腺的AGD值高出25%; 当压迫厚度为60 mm时, 致密型乳腺比非致密型乳腺的AGD值高出42%, 由此可见乳腺压迫厚度对辐射剂量有重要影响。本研究的两组病例显示, 绝大多数患者的压迫厚度在30~59 mm范围内(HR模式CC位有80例、MLO位有76例; ST模式有96例、MLO位有93例), 其中40~49 mm组不仅是AGD值增幅最大也是病例数最多的组, 说明不同压迫厚度进行组间比较时患者的辐射剂量增幅与压迫厚度并不呈正相关, 与Gennaro等^[5]的研究结果一致。

本研究存在一定的局限性: 目前关于DBT检查大或小角度曝光辐射剂量差异方面的报道较少, 经验有限。虽然本研究入组的总病例数不算少, 但根据不同乳腺腺体类型进行比较时4种乳腺腺体类型的例数比例存在差异, 有待积累经验之后做更大样本量的深入分析研究; 此外, 不同年龄阶段患者进行比较时, 存在年龄分布不均的情况(可能与乳腺癌的好发年龄阶段有关); 另外, 对DBT检查大小角度曝光是否会影响病变检出率、特异度、灵敏度、准确率等指标, 有待我们通过更深入的研究去证实。

综上所述, 采用DBT的HR模式或ST模式进行检查时, 患者的辐射剂量会有所不同, 但仍在美国食品药品监督管理局、美国放射学会(American College of Radiology, ACR)乳腺摄影质量标准(Mammography Quality Standards Act, MQSA)提出的乳腺AGD标准即压迫厚度为42 mm标准每次曝光的AGD \leq 3 mGy的范围内^[19], 所以DBT检查无论采用HR模式或ST模式, 都是一种安全、可靠的检查技术。

[参 考 文 献]

- [1] HELVIE M A. Digital mammography imaging: breast tomosynthesis and advanced applications [J]. Radiol Clin North Am, 2010, 48(5): 917-929.
- [2] KOPANS D, GAVENONIS S, HALPERN E, et al. Calcifications in the breast and digital breast tomosynthesis [J]. Breast J,

- 2011, 17(6): 638-644.
- [3] 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.
- [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] GENNARO G, BERNARDI D, HOSSAMI N, et al. Radiation dose with digital breast tomosynthesis compared to digital mammography: per-view analysis [J]. Eur Radiol, 2018, 28(2): 573-581.
- [6] CHUSIN T, MATSUBARA K, TAKEMURA A, et al. Assessment of scatter radiation dose and absorbed doses in eye lens and thyroid gland during digital breast tomosynthesis [J]. J Appl Clin Med Phys, 2019, 20(1): 340-347.
- [7] PHILLIPS J, MIHAI G, HASSONJEE S E, et al. Comparative dose of contrast-enhanced spectral mammography (CESM), digital mammography, and digital breast tomosynthesis [J]. AJR Am J Roentgenol, 2018, 211(4): 839-846.
- [8] SVAHN TM, HOSSAMI 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]. The Breast 2015, 24(2): 93-99.
- [9] 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.
- [10] 沈茜刚, 周良平, 郑晓静, 等. 对比增强能谱乳腺X线摄影的辐射剂量分析 [J]. 中国癌症杂志, 2017, 12(27): 940-945.
- [11] 沈茜刚, 顾雅佳, 郑晓静, 等. 乳腺X线摄影辐射剂量、乳腺密度及体成分三者间的相关性研究 [J]. 中国癌症杂志, 2018, 10(28): 755-761.
- [12] FALLENBERG E M, SCHMITZBERGER F F, AMER H, et al. Contrast-enhanced spectral mammography vs mammography and MRI-clinical performance in a multi-reader evaluation [J]. Eur Radiol, 2017, 27(7): 2752-2764.
- [13] 杨 蕾, 宋俊峰, 李 静, 等. 数字乳腺断层融合X线成像中平均腺体剂量与乳腺密度、压迫厚度的关系 [J]. 放射学实践, 2017, 5(32): 494-497.
- [14] 梁 燮, 秦耿耿, 蔡裕兴, 等. 数字乳腺断层摄影中乳腺分型和厚度与腺体剂量的关系 [J]. 广东医学, 2015, 19(36): 2969-2971.
- [15] 邵志敏, 沈镇宙, 徐兵河. 乳腺肿瘤学(第1版) [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2013, 22.
- [16] 柳 杰, 刘佩芳, 张连连, 等. 数字乳腺X线摄影平均腺体剂量与腺体密度及压迫厚度的关系研究 [J]. 国际医学放射学杂志, 2014, 37(4): 311-313.
- [17] FENG S S, SECHOPOULOS I. Clinical digital breast tomosynthesis system: dosimetric characterization [J]. Radiology, 2012, 263(1): 35-42.
- [18] JAMES J R, PAVLICEK W, HANSON J A, et al. Breast radiation dose with CESM compared with 2D FFDM and 3D tomosynthesis mammography [J]. AJR Am J Roentgenol, 2017, 208(2): 362-372.
- [19] 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 Radio, 2005, 2(7): 585-594.

(收稿日期: 2019-01-31 修回日期: 2019-03-20)