

论 著

全数字化乳腺摄影的辐射剂量与乳腺BI-RADS分级和乳腺增生的相关性研究*

梅秀婷 张德川*
重庆市中医院放射科 (重庆 400021)

【摘要】目的 探讨BI-RADS分级和乳腺增生与全数字化乳腺摄影辐射剂量(入射体表剂量和平均腺体剂量)的相关性。方法 回顾性收集252例行全数字化乳腺X线摄影的受检者资料,将受检者年龄按照<30岁、30-39岁、40-49岁、50-59岁、60-69岁、≥70岁进行分组,分析BI-RADS分级和乳腺增生与全数字化乳腺摄影辐射剂量的相关性。结果 受检者不同年龄组间的辐射剂量(AGD和ESD)均有统计学差异($P<0.05$),且<30岁年龄组的ESD均值最高,50-59岁年龄组的AGD均值最高;BI-RADS分级与辐射剂量(AGD和ESE)无统计学意义($P>0.05$),乳腺增生与辐射剂量(AGD和ESE)有统计学意义($P<0.05$)。结论 受检者年龄差异会影响辐射剂量(AGD和ESD),BI-RADS分级不会影响辐射剂量(AGD和ESD),但乳腺增生会影响辐射剂量(AGD和ESD),因此,操作技师应对年龄组别差异和乳腺增生的受检者给予更多的辐射剂量关怀。

【关键词】全视野数字乳腺X线摄影;乳腺增生;乳腺影像报告和数据系统;入射体表剂量;平均腺体剂量
【中图分类号】R339.2+3
【文献标识码】A
【基金项目】1.重庆科卫联合医学科研重点项目(2024ZDXM001);重庆市自然科学基金
2.(cstc2021jcyj-msxm0397、CSTB2023NSCQ-MSX0295);
3.成都中医药大学2022年度“杏林学者”医院专项(YYZX2022136);
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.02.030

Study on the Correlation between Radiation Dose of Fully Field Digital Mammography and Breast BI-RADS Grading and Breast Hyperplasia*

MEI Xiu-ting, ZHANG De-chuan*
Department of Radiology, Chongqing Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chongqing 400021, China

ABSTRACT
Objective To explore the correlation between BI-RADS grading, breast hyperplasia and radiation dose (entrance surface dose (ESD) and average gland dose (AGD)) of full-field digital mammography (FFDM).
Methods The data of 252 patients undergoing full digital mammography were retrospectively collected, and the patients were divided into groups according to the age of <30 years old, 30-39 years old, 40-49 years old, 50-59 years old, 60-69 years old, and ≥70 years old. The correlation between BI-RADS grade and breast hyperplasia and radiation dose of FFDM was analyzed. **Results** There were statistical differences in radiation dose (AGD and ESD) among different age groups ($P<0.05$), and the mean value of ESD was the highest in <30 years old age group, and the mean value of AGD was the highest in 50-59 years old age group. There was no statistical significance between BI-RADS grade and radiation dose (AGD and ESD) ($P>0.05$), but there was statistical significance between breast hyperplasia and radiation dose (AGD and ESD) ($P<0.05$). **Conclusion** Age differences among subjects can affect radiation dose (AGD and ESD), while BI-RADS grading does not affect radiation dose (AGD and ESD). However, breast hyperplasia can affect radiation dose (AGD and ESD). Therefore, operating technicians should pay more attention to radiation dose for subjects in age groups and breast hyperplasia. The age difference of the examinee can affect the radiation dose (AGD and ESD), the BI-RADS grading will not affect the radiation dose (AGD and ESD), but the breast hyperplasia will affect the radiation dose (AGD and ESD). Therefore, the operator should pay more attention to radiation dose care to examinees with age group differences and breast hyperplasia.
Keywords: Full Field Digital Mammography(FFDM); Breast Imaging Reporting and Data System(BI-RADS); Breast Hyperplasia; Entrance Surface Dose(ESD); Average Gland Dose(AGD)

乳腺癌已成为严重危害全球女性健康的恶性肿瘤^[1],亦是我国女性发病率首位的恶性肿瘤^[2],使用全数字化乳腺X线摄影(full field digital mammography, FFDM)早期筛查可有效降低乳腺癌的病死率^[3]。由于乳腺对电离辐射非常敏感,故国际辐射防护委员会将乳腺组织危害的权重系数从60号报告的0.05提高到了103号报告的0.12^[4-5]。乳腺摄影的辐射剂量常用入射体表剂量(entrance surface dose, ESD)和平均腺体剂量(average gland dose, AGD)进行评估,对乳腺X线摄影的诊断中使用乳腺影像报告和数据系统(breast imaging reporting and data system, BI-RADS)^[6]进行诊断分级,而乳腺增生是常见的乳腺疾病,且在女性群体中发病率逐年上涨^[7],因此,通过研究BI-RADS分级和乳腺增生与辐射剂量之间的关系,为降低全数字化乳腺摄影的辐射剂量具有新的临床应用价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性收集2022年5月至2022年10月于重庆市中医院接受FFDM检查的女性受检者252例,年龄26-76岁,平均年龄为48(43, 55)岁。记录受检者接受的辐射剂量(ESD和AGD)处于月经期的受检者均在月经结束后3-7天内行乳腺摄影检查。

纳入标准:行双侧乳腺头尾(craniocaudal, CC)和内外斜(mediolateral oblique, MLO)位的受检者;排除标准:单侧乳腺摄影、放大乳腺摄影、定位穿刺摄影的受检者。

1.2 检查设备及方法 采用美国GE公司Senographe DS全数字化乳腺X线摄影机。检查前充分与受检者沟通检查过程中的注意事项,获得受检者最大程度的配合。检查过程中要求受检者完全暴露上半身,去除体表金属饰品或其他任何在照射野内的异物。对受检者进行双侧乳腺摄影,先摄CC位,再摄MLO位^[8],拍摄过程中参照乳腺诊断学评级标准设计受检者体位,压迫适当后采用自动摄影控制中的Dose(剂量优先)/CNT(对比度优先)/STD(标准)模式或Manual(手动)进行曝光,获取层次丰富、密度对比度良好且一致的图像。

1.3 影像诊断 依据美国放射学会(American College of Radiology, ACR)推荐的BI-RADS第5版^[9],将乳腺诊断结果分成未定类别(0类)和最终类别(1类、2类、3类、4类、5类和6类),参照《乳腺增生症诊治专家共识》^[10],将有下列情形之一者诊断为乳腺增生:(1)具有乳房疼痛、乳房结节或肿块的临床表现;(2)乳腺彩超、乳腺钼靶、乳腺磁共振诊断为乳腺增生或提示双乳结构紊乱;(3)穿刺病理提示乳腺增生。由2名高年资主治医师(晋升主治医师年限≥4年)进行BI-RADS分级诊断,对于分型和诊断意见不一致者,再与高年资医师(副主任医师职称以上)统一意见后进行诊断。

【第一作者】梅秀婷,女,主管技师,主要研究方向:乳腺摄影技术。E-mail: 114288556@qq.com
【通讯作者】张德川,男,正高级工程师/主任技师,主要研究方向:CT血管成像技术、胸部低剂量成像技术。E-mail: cqggzdc@163.com

1.4 统计学处理 采用SPSS 25.0软件。符合正态分布的计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示;不符合正态分布的计量资料采用M(Q1, Q3)表示。计数资料以例(%)表示。分别采用Spearman及Kendall's tau-b相关分析AGD和ESD与各分类变量之间的相关性,不同年龄组间的AGD和ESD的差异性采用Kruskal-Wallis H非参数检验方法分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 临床与影像学资料 共纳入受检者252例,一共摄影1016张乳腺影像,所有图像质量均满足临床诊断。其临床与影像诊断资料见表1。

表1 临床与影像学资料

项目	数值	项目	数值
纳入研究例数	252	BI-RADS分级	
年龄[M, M(Q1, Q3)]	48(43, 55)	左	0 7 (2.78 %)
辐射剂量分布			1 5 (1.98 %)
AGD[mGy, M(Q1, Q3)]	0.98(0.87, 1.11)		2 168 (66.67 %)
ESD[mGy, M(Q1, Q3)]	4.13(3.39, 4.93)		3 60 (23.81 %)
摄影模式[例 (%)]			4 9 (3.57 %)
Dose	662 (65.67 %)		5 3 (1.19 %)
STD	220 (21.83 %)		6 0 (0 %)
CNT	122 (12.10 %)	右	0 8 (3.17 %)
Manual	4 (0.4 %)		1 1 (0.40 %)
乳腺增生[例 (%)]			2 164 (65.08 %)
左 增生	235 (93.3 %)		3 61 (24.21 %)
无	17 (6.75 %)		4 12 (4.76 %)
右 增生	234 (92.9 %)		5 4 (1.59 %)
无	18 (7.15 %)		6 2 (0.79 %)

2.2 不同年龄段辐射剂量分布 将纳入研究的252例受检者按照年龄段分为6组: A(<30岁); B(30岁-39岁); C(40岁-49岁); D(50岁-59岁); E(60岁-69岁); F(≥ 70 岁), 其年龄段的辐射剂量分布见表2。

表2 年龄分段与辐射剂量分布

年龄分段	例数 (%)	AGD[mGy, M(Q1, Q3)]	ESD[mGy, M(Q1, Q3)]
<30岁	1 (0.40 %)	1.06 (0.83, 1.13)	5.80 (3.19, 6.91)
30岁-39岁	30 (11.90 %)	1 (0.89, 1.09)	4.14 (3.45, 4.92)
40岁-49岁	116 (46.03 %)	0.99 (0.88, 1.11)	4.15 (3.47, 4.96)
50岁-59岁	79 (31.35 %)	1 (0.89, 1.19)	4.23 (3.59, 5.17)
60岁-69岁	16 (6.35 %)	0.85 (0.8, 9.7)	3.37 (2.77, 4.26)
≥ 70 岁	10 (3.97 %)	0.86 (0.79, 0.96)	3.39 (2.94, 3.95)
合计	252 (100 %)	0.98(0.87, 1.11)	4.13(3.39, 4.93)

2.3 不同年龄段的AGD成对比较 将纳入研究的252例受检者按照年龄段分为6组: 1(<30岁); 2(30岁-39岁); 3(40岁-49岁); 4(50岁-59岁); 5(60岁-69岁); 6(≥ 70 岁), 组间成对比较AGD的差异性。见表3。

2.4 不同年龄段的ESD成对比较 将纳入研究的252例受检者按照年龄段分为6组: 1(<30岁); 2(30岁-39岁); 3(40岁-49岁); 4(50岁-59岁); 5(60岁-69岁); 6(≥ 70 岁), 组间成对比较ESD的差异性。见表4。

2.5 辐射剂量与BI-RADS分级和乳腺增生的相关性 BI-RADS分级与ESD和AGD的相关性分别为0.023和0.037, 没有统计学差异 $P>0.05$, 增生与ESD和AGD的相关性分别为0.122和0.141, 有统计学差异 $P<0.05$ 。见表5。

表3 不同年龄分组间的AGD成对比较

Sample 1-	检验统计	标准误差	标准检验统计	显著性	Adj.显著性 ^a
Sample 2					
6-5	23.820	58.670	0.406	0.685	1.000
6-2	194.775	53.144	3.665	0.000247	0.004
6-3	200.791	47.967	4.186	0.000028	0.000426
6-4	230.309	48.851	4.715	0.0000020	0.000036
6-1	295.500	152.645	1.936	0.053	0.793
5-2	170.955	45.055	3.794	0.000148	0.002
5-3	176.971	38.814	4.559	0.000005	0.000077
5-4	206.488	39.900	5.175	2.2778E-7	0.000003
5-1	271.680	150.021	1.811	0.070	1.000
2-3	-6.016	29.811	-0.202	0.840	1.000
2-4	-35.534	31.212	-1.138	0.255	1.000
2-1	100.725	147.948	0.681	0.496	1.000
3-4	-29.518	21.231	-1.390	0.164	1.000
3-1	94.709	146.168	0.648	0.517	1.000
4-1	65.191	146.460	0.445	0.656	1.000

注: 每行都检验“样本1与样本2的分布相同”这一原假设。显示了渐进显著性(双侧检验)。显著性水平为0.05。a. 已针对多项检验通过 Bonferroni 校正法调整显著性值。

表4 不同年龄分组间ESD的成对比较

Sample 1-	检验统计	标准误差	标准检验统计	显著性	Adj.显著性 ^a
Sample 2					
6-5	28.155	58.678	0.480	0.631	1.000
6-2	182.333	53.152	3.430	0.001	0.009
6-3	202.098	47.974	4.213	0.000025	0.000379
6-4	225.832	48.858	4.622	0.0000040	0.000057
6-1	338.413	152.668	2.217	0.027	0.400
5-2	154.179	45.062	3.421	0.001	0.009
5-3	173.943	38.819	4.481	0.000007	0.000112
5-4	197.677	39.906	4.954	7.2873E-7	0.000011
5-1	310.258	150.043	2.068	0.039	0.580
2-3	-19.765	29.815	-0.663	0.507	1.000
2-4	-43.498	31.217	-1.393	0.163	1.000
2-1	156.079	147.969	1.055	0.292	1.000
3-4	-23.734	21.234	-1.118	0.264	1.000
3-1	136.315	146.189	0.932	0.351	1.000
4-1	112.581	146.482	0.769	0.442	1.000

注: 每行都检验“样本1与样本2的分布相同”这一原假设。显示了渐进显著性(双侧检验)。显著性水平为0.05。a. 已针对多项检验通过 Bonferroni 校正法调整显著性值。

表5 BI-RADS分级和乳腺增生与辐射剂量(ESD和AGD)的相关性

变量	ESD		AGD	
	r	P	r	P
BI-RADS	0.023	>0.05	0.037	>0.05
乳腺增生	0.122	<0.05	0.141	<0.05

3 讨 论

乳腺癌作为一种高发病率的女性恶性肿瘤,严重威胁女性健康。据最新统计数据显示,2020年全球新增226万乳腺癌患者,已成为全球第一大癌症^[11],早发现、早诊断是降低乳腺癌病死率的关键。FFDM作为筛查和诊断乳腺癌的有效方法之一^[12]。乳腺属于X射线敏感器官,过量的X射线吸收和累积会增加发生乳腺癌的风险^[13],因此,在保障图像质量的同时尽可能降低数字乳腺摄影的辐射剂量,降低随机性效应发生的概率具有重要的临床应用价值。

在乳腺摄影时,大部分辐射能量沉积在乳腺的上部,乳腺的下部沉积的能量较少^[14],因此,主要应用AGD值来评估乳腺辐射剂量^[15],且是准确评估乳腺摄影潜在致癌风险首选参数^[16-18]。本研究中,30岁及以下年龄组和50-59年龄组接受的辐射剂量最高,而252例受检者的AGD中位数为0.98mGy,低于英国^[19]、土耳其^[20]和我国的国家标准^[21-22]。

物质密度是影响X射线衰减的主要因素,腺体密度越高,其本身吸收的X射线越多,满足相同摄影要求时所需要的曝光条件更大,进而影响受检者AGD^[23]。随着女性年龄增长,乳腺密度逐渐降低^[24],而50-60年龄段乳腺中的脂肪含量最高^[25],本研究中,30年龄组和50-60年龄组所接受的辐射剂量最高,反映了这一年龄变化趋势。BI-RADS分级诊断标准主要是依据病变形态学特征进行分类,本研究中的252例受检者中,BI-RADS 2、3级占90.48%,其对辐射剂量的影响没有显著差异。

乳腺增生症是乳腺的结构性疾病,为乳腺实质和基质的不同程度的增生和亚褶皱是一种非炎症性和非肿瘤性病变^[26],增生的其主要的临床表现^[27]:(1)乳房有不同程度胀痛、刺痛或隐痛与月经、情绪变化有关;或定位明确的非月经周期性疼痛;(2)单侧或双侧乳房触及单个或数个颗粒状结节、条索状结节以及局限性或弥漫性腺体增厚,形状不一,可随月经周期性变化或情绪改变而增大、缩小或变硬、变软。增生使乳腺密度增大,乳腺厚度增大,导致X射线的穿透力越弱,所需曝光条件越高,乳腺的AGD也就越高^[28]。也有报道^[29],患侧乳腺所受的辐射剂量显著高于健侧乳腺,这可能与患侧乳腺中的肿块密度高于正常腺体组织相关,即乳腺密度与乳腺X射线摄影AGD成正比相关^[30-31],本研究未对患侧乳腺和正常侧乳腺的辐射剂量进行相关性分析。因此,乳腺增生导致了乳腺的结构改变,使其对X射线的吸收产生了差异,影响了辐射剂量,使其辐射剂量(AGD和ESD)存在了统计学差异。

本研究的不足之处在于只分析了BI-RADS分级和乳腺增生与辐射剂量之间的关系,没有对BI-RADS分级进行进一步的细化,同时也没有纳入更多的影响因素,如乳房压迫厚度、压迫力度、摄影模式等与辐射剂量之间的相关性,这也是下一步的研究方向。综上,BI-RADS分级与辐射剂量没有相关性,乳腺增生与辐射剂量有密切的相关性,乳腺技师在日常摄影时应更多关注30岁及以下,50-59岁年龄组段的乳腺辐射剂量。

参考文献

[1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics, 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(3): 209-249.

[2] 高琦雯, 倪苗苗, 马尚, 等. 三阴性乳腺癌免疫治疗的研究进展[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(15): 3385-3389.

[3] Rodriguez-Ruiz A, Lång K, Gubern-Merida A, et al. Stand-alone artificial intelligence for breast cancer detection in mammography: comparison with 101 radiologists[J]. J Natl Cancer Inst, 2019, 111(9): 916-922.

[4] 康天良, 刘云福, 牛延涛. 数字乳腺X线摄影中管电压与滤过材料的优化选择研究[J]. 中华放射学杂志, 2018, 52(11): 864-868.

[5] Harrison JD, Marsh JW. Annals of the ICRP[J]. Eur Radiol, 2020, 49(1): 1668-1676.

[6] American Institute of Ultrasound in Medicine, American Society of Breast Surgeons. AIUM practice guideline for the performance of a breast ultrasound examination[J]. J Ultrasound Med, 2009, 28(1): 105-109.

[7] 管庆霞, 杨寒, 刘宇萌, 等. 中药复方联合外用疗法治疗乳腺增生的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2023, 48(11): 2856-2867.

[8] 中华医学会放射学分会. 乳腺X线摄影检查和诊断共识[J]. 中华放射学杂志, 2014, 48(9): 711-717.

[9] Sanders MA, Roland L, Sahoo S. Clinical implications of subcategorizing BI-RADS 4 breast lesions associated with microcalcification: a radiology-pathology correlation study[J]. Breast J, 2010, 16: 28-31.

[10] 中华预防医学会妇女保健分会乳腺保健与乳腺疾病防治学组. 乳腺增生症诊治专家共识[J]. 中国实用外科杂志, 2016, 36(7): 759-762.

[11] 刘佳祥, 王昕, 王文彦, 等. 大数据驱动下乳腺癌精准诊疗的临床指导[J]. 中国临床医生杂志, 2021, 49(11): 1277-1283.

[12] 李巧琳, 谭谭. 超声检查和乳腺X线摄影及数字乳腺断层摄影对乳腺肿块的应用[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(5): 882-885.

[13] Horvat JV, Keating DM, Rodrigues-Duarte H, et al. Calcifications at digital breast tomosynthesis: imaging features and biopsy techniques. Radiographics, 2019, 39(2): 307-318.

[14] 林蓉蓉, 陈晓燕, 黄洪磊, 等. 超声和X线摄影及MRI多定量参数对触诊阴性乳腺癌诊断分析[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(5): 885-888.

[15] 夏春潮, 李真林. 医学影像技术研究进展及展望[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54(2): 89-94.

[16] 薛珂, 徐辉, 岳保荣, 等. 乳腺X射线摄影中受检者辐射剂量评估研究进展[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2023, 43(8): 663-668.

[17] 罗琨, 李彬, 倪慧霞, 等. 数字乳腺X线摄影平均腺体剂量与乳腺分型及压迫厚度的关系[J]. 昆明医科大学学报, 2017, 38(3): 79-82.

[18] 成文东, 蔡裕兴. 数字乳腺X射线摄影平均腺体剂量与乳腺分型及压迫厚度关系研究[J]. 生物医学工程与临床, 2015, 19(4): 385-388.

[19] Loveland J, Young KC, Oduko JM, et al. Radiation doses in the United Kingdom breast screening programmes 2016-2019[J]. Br J Radiol, 2022, 95(1135): 20211400.

[20] Parmaksız A, Ataç GK, Bulur E, et al. Average glandular doses and national diagnostic reference levels in mammography examinations in Turkey [J]. Radiat Prot Dosim, 2020, 190(1): 100-107.

[21] 孙彦玲, 马丽瑶, 卢桂才, 等. 160例乳腺数字X射线摄影受检者辐射剂量水平调查[J]. 宁夏医科大学学报, 2019, 41(9): 922-925.

[22] 王强, 朱波, 杨陆婷, 等. 乳腺数字化摄影检查辐射剂量影响因素分析[J]. 预防医学, 2018, 30(4): 400-401, 404.

[23] Østerås BH, Skaane P, Gullien R, et al. Average glandular dose in paired digital mammography and digital breast tomosynthesis acquisitions in a population based screening program: effects of measuring breast density, air kerma and beam quality[J]. Phys Med Biol, 2018, 63(3): 035006.

[24] 胡从依, 马文娟, 柳杰, 等. 乳腺密度、年龄与乳腺癌发病风险的关系分析[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41(11): 2037-2040.

[25] 李二妮, 周纯武, 李静, 等. 乳腺密度的影响因素及其在乳腺疾病中的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(10): 1570-1572.

[26] Ma W, Jin Z N, Wang X, et al. Clinical practice guideline for diagnosis and treatment of hyperplasia of the mammary glands: Chinese Society of Breast Surgery (CSBrS) practice guideline 2021[J]. Chin Med J (Engl), 2021, 134(6): 1891-1893.

[27] 世界中医药学会联合会乳腺病专业委员会, 刘胜, 王怡, 等. 中西医结合临床诊疗乳腺增生专家共识[J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(3): 1159-1164.

[28] 刘攀, 蒋杏芳, 江桂莲. 乳腺DR摄影中多种曝光模式与影像质量和辐射剂量的相关性评价[J]. 临床和实验医学杂志, 2017, 16(9): 927-929.

[29] 刘惠, 徐红, 翟娇, 等. 钼靶与磁共振诊断乳腺叶状肿瘤的影像价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15(10): 71-73.

[30] 卢艳会, 李俊, 罗春燕, 等. 两种摄影模式下的乳腺X射线摄影的剂量比较[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2023, 43(6): 475-482.

[31] 王青宏, 王晓成, 秦敏, 等. 全视野数字乳腺摄影结合乳腺数字体层合成摄影的辐射剂量与压迫厚度及乳房密度的相关性研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2022, 42(8): 645-650.

(收稿日期: 2024-01-29)

(校对编辑: 韩敏求)