

## 数字乳腺三维断层摄影技术平均腺体剂量与图像质量的关系

蔡冬鹭,蔡思清,颜丽笙,许清江,黄淑娟  
福建医科大学附属第二医院放射科,福建 泉州 362000

**【摘要】目的:**探究并分析数字乳腺三维断层摄影技术平均腺体剂量(AGD)与图像质量之间的关系。**方法:**收集在福建医科大学附属第二医院采用乳腺三维断层摄影技术进行检查的236例患者的临床资料,根据患者乳腺厚度的不同,分为4组,每组各59人。采用非参数统计以及相关性分析的方法,对不同厚度乳腺的曝光条件(mAs)和AGD的相关性进行分析。对同一厚度,不同AGD条件下成像的乳腺图片,分析其图像信噪比与AGD之间的关系。**结果:**当乳腺厚度增加时,曝光条件(mAs)与AGD均随之增加,具有明显的相关性( $r=0.977, P<0.05$ )。对于相同厚度的乳腺图片,AGD越高,图像信噪比越高,具有明显的相关性(厚度 $\leq 29$  mm:  $r=0.977, P=0.023$ ; 厚度30~45 mm:  $r=0.994, P=0.006$ ; 厚度46~59 mm:  $r=0.998, P=0.002$ ; 厚度 $\geq 60$  mm:  $r=0.980, P=0.020$ )。**结论:**乳腺的厚度越厚,其曝光条件(mAs)与AGD就越大;对同一厚度的乳腺,AGD越高,成像的图像信噪比越高,图像质量越好。

**【关键词】**乳腺;数字乳腺三维断层摄影技术;平均腺体剂量;图像质量;相关性分析

**【中图分类号】**R811.1

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2019)10-1187-04

### Relationship between average glandular dose in digital breast tomosynthesis and image quality

CAI Donglu, CAI Siqing, YAN Lisheng, XU Qingjiang, HUANG Shujuan

Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital, Fujian Medical University, Quanzhou 362000, China

**Abstract: Objective** To explore and analyze the relationship between average glandular dose (AGD) in digital breast tomosynthesis and image quality. **Methods** The clinical data of 236 patients examined by digital breast tomosynthesis in the Second Affiliated Hospital, Fujian Medical University were collected. According to the thickness of mammary gland, the enrolled patients were divided into 4 groups, with 59 patients in each group. Non-parametric statistics and correlation analysis were used to analyze the correlation between the exposure (mAs) for the mammary gland of different thicknesses and AGD. For the mammary gland of the same thickness, the mammograms obtained under different AGD were used for analyzing the relationship between image signal-to-noise ratio and AGD. **Results** When the thickness of mammary gland increased, the exposure (mAs) and AGD increased, and there was a significant correlation ( $r=0.977, P<0.05$ ). For the mammogram of the mammary gland of the same thickness, the higher the AGD was, the higher the image signal-to-noise ratio was, with obvious correlations (thickness $\leq 29$  mm:  $r=0.977, P=0.023$ ; thickness of 30-45 mm:  $r=0.994, P=0.006$ ; thickness of 46-59 mm:  $r=0.998, P=0.002$ ; thickness $\geq 60$  mm:  $r=0.980, P=0.020$ ). **Conclusion** The thicker the mammary gland is, the greater the exposure (mAs) and AGD are. For the mammary gland of the same thickness, with a higher AGD, the signal-to-noise ratio of image is higher and image quality is better.

**Keywords:** mammary gland; digital breast tomosynthesis; average glandular dose; image quality; correlation analysis

### 前言

近年来,乳腺癌在女性恶性肿瘤疾病中占据前

列,其发病率逐年增长,且呈现年轻化趋势<sup>[1]</sup>。目前公认的预防和发现乳腺癌的有效方式是进行乳腺筛查,其中乳腺X线摄影是乳腺筛查的重要手段<sup>[2]</sup>。X射线对人体有辐射作用,乳腺对射线极其敏感,故其辐射剂量问题很受重视。同时,X射线成像的图像质量好坏对于乳腺筛查的准确率有很大影响。数字乳腺三维断层摄影技术(Digital Breast Tomosynthesis, DBT)通过改变X线球管角度来减少或消除组织重叠的影响,检测出腺体中的实质性部分,进而实现乳腺

**【收稿日期】**2019-04-10

**【基金项目】**福建省卫计委医药卫生科技创新项目(2015-cx-28);泉州市科技计划项目(2018N005S)

**【作者简介】**蔡冬鹭,主管技师,研究方向:乳腺影像技术, E-mail: 2529596363@qq.com

**【通信作者】**蔡思清,副教授,主任,研究方向:乳腺影像诊断和骨质疏松诊断, E-mail: 1920455696@qq.com

癌的早期发现和诊断<sup>[3-4]</sup>。三维成像时间较长,辐射剂量相较于二维成像稍高,但是,辐射剂量较少会影响图像质量。因此,本研究针对DBT中辐射剂量与图像质量之间的关系进行分析探讨。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

收集2016年11月至2018年5月在福建医科大学附属第二医院接受乳腺三维断层摄影技术检查的236例患者的临床资料,并对其进行回顾性分析研究。根据患者乳腺厚度的不同,分为4组,分别是 $\leq 29$  mm、30~45 mm、46~59 mm、 $\geq 60$  mm,每组各59人;并把每组分为a类、b类、c类、d类,以研究相同乳腺厚度下不同平均腺体剂量(AGD)与信噪比(SNR)的相关性。年龄38~65岁,平均年龄(47.2 $\pm$ 8.3)岁。患者的纳入标准如下:(1)乳腺触及肿物;(2)彩超检查显示有病变存在;(3)无其他影响检测的禁忌症;(4)患者及其家属知情同意,并签订知情书。两组患者在年龄、病情等方面差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

### 1.2 方法

**1.2.1 仪器设备** 采用美国Hologic公司生产的Selenia® Dimensions®数字乳腺三维断层成像系统。扫描角度为15°,扫描时间 $<4$  s,采集模式为COMBO模式(同一压迫状态下同时完成二维和三维图像采集),重建层厚1 mm,重建时间为2~5 s,像素尺寸为70  $\mu$ m。

**1.2.2 图像采集** 采用自动曝光控制模式<sup>[5]</sup>,所有患者均摄头尾位及内外斜位。每次球管在15°内旋转,每旋转1°,低剂量曝光1次,所获得的图像重建成一系列高分辨率的断层影像,在同一压迫体位下获得全数字化乳腺摄影及DBT图像,即COMBO模式<sup>[6]</sup>。

**1.2.3 图像SNR** 采集到图像后,利用SNR测试软件计算图像的SNR。其中,SNR的计算公式如下<sup>[7]</sup>:

$$\text{SNR} = \frac{\text{mean}(\text{background}) - \text{DC}(\text{offset})}{\text{std}(\text{background})} - \text{DC}(\text{offset}) \quad (1)$$

其中,mean(background)为背景区域的信号强度平均值;std(background)为背景区域的信号强度标准差;DC(offset)为DC的偏移量。

### 1.3 观察指标

比较成像系统自动显示的每侧头尾位及内外斜位获得的乳腺厚度(mm)、曝光条件(mAs)与AGD,并利用SNR测试软件计算相应图像的SNR。

### 1.4 统计学处理

采用SPSS 22.0软件进行统计学处理,曝光条件与AGD等资料采用均数 $\pm$ 标准差表示,并进行相关性

分析检验。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 不同乳腺厚度下曝光条件和AGD相关性分析

本研究中,随着乳腺厚度的增加,曝光条件和AGD值均随之增加(表1)。经相关性分析后,发现曝光条件和AGD的相关性系数为0.977,相关性具有统计学意义( $P<0.01$ )。

表1 不同乳腺厚度的曝光条件和AGD( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.1 Exposure conditions and average glandular dose (AGD) for different breast thicknesses (Mean $\pm$ SD)

乳腺厚度/mm	曝光条件/mAs	AGD/mGy
$\leq 29$	48.73 $\pm$ 9.12	1.21 $\pm$ 0.23
30~45	48.78 $\pm$ 8.59	1.28 $\pm$ 0.19
46~59	60.32 $\pm$ 6.12	1.73 $\pm$ 0.15
$\geq 60$	70.07 $\pm$ 5.46	2.23 $\pm$ 0.18

### 2.2 相同乳腺厚度下AGD与SNR相关性分析

本研究中,对于相同的乳腺厚度,图像SNR的数值随着AGD的增加而提高。两者间的相关性系数分别为0.977、0.994、0.998、0.980,相关性均具有统计学意义( $P<0.05$ )。详见表2。

### 2.3 病例影像分析

在本研究中,对于相同厚度的乳腺,随着AGD增加,图像的SNR也随之增加,两者之间具有非常高的相关性,如图1所示。患者,女,年龄36岁,RCC位乳腺压迫厚度为31 mm,Rmlo位乳腺压迫厚度为33 mm,影像诊断结果为BI-RADS 4A。

## 3 讨论

乳腺X线摄影仍是乳腺癌早期发现的最有效的检查方法,但是常规的二维X线摄影,由于乳腺与正常组织的重叠,会导致假阴性和一些不必要的召回<sup>[8]</sup>。DBT是一种新型的成像技术,能够显著提高乳腺癌的早期诊断水平,目前已经在欧美国家临床乳腺疾病的筛查及部分检查中普及<sup>[9-11]</sup>。DBT在一定时间里围绕乳房进行转动,从不同角度得到一系列的低剂量图像,通过三维后处理重建软件,获取高分辨率的断层影像,可减少重叠的影响,提高检出率和降低召回率<sup>[12]</sup>。

一般而言,乳腺X线摄影得到的图像质量与辐射剂量具有密切联系<sup>[13]</sup>。辐射剂量越高,图像质量越好,越能提高乳腺癌的检出率,提高良恶性的鉴别

表2 相同乳腺厚度的AGD(mGy)与SNR(%)相关关系分析(  $\bar{x} \pm s$  )

Tab.2 Correlation analysis between AGD (mGy) and SNR (%) of the same breast thickness (Mean±SD)

乳腺厚度/mm	指标	a类	b类	c类	d类	相关性系数	P值
≤29	AGD	1.02±0.11	1.11±0.09	1.26±0.08	1.35±0.09	0.977	0.023
	SNR	33.26±1.26	39.42±1.28	45.26±1.32	55.73±1.31		
30 ~ 45	AGD	1.21±0.09	1.32±0.08	1.42±0.09	1.53±0.10	0.994	0.006
	SNR	36.29±1.27	43.27±1.24	51.23±1.31	62.34±1.28		
46 ~ 59	AGD	1.51±0.06	1.62±0.07	1.71±0.09	1.82±0.07	0.998	0.002
	SNR	32.45±1.29	36.21±1.25	40.57±1.24	45.21±1.32		
≥60	AGD	2.13±0.08	2.24±0.09	2.32±0.07	2.45±0.05	0.980	0.020
	SNR	31.01±1.23	32.52±1.27	34.13±1.25	35.02±1.28		

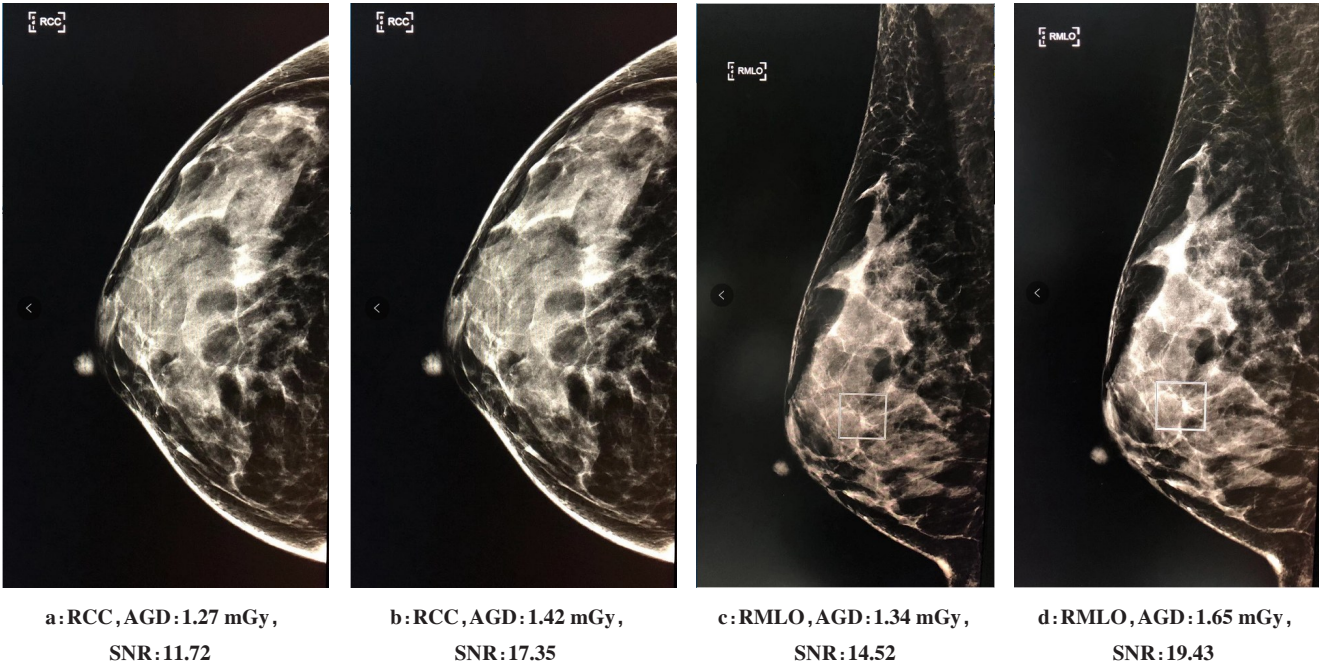


图1 相同乳腺厚度图像SNR随AGD变化图

Fig.1 Image SNR of the same breast thickness varies with AGD

并降低漏诊率。但是,X线摄影所接受的电离辐射易带来潜在射线致癌的风险,因此,辐射剂量与图像质量之间的平衡是临床上亟待解决的重要问题。本研究中,系统均采用自动曝光模式(Automatic Exposure Control, AEC)恰当地控制X线量及感光量,基本可以代表DBT最佳成像状态<sup>[14-15]</sup>。本研究中,系统能够自动根据乳腺厚度的大小,改变曝光条件以及AGD的大小,曝光条件与AGD之间具有非常高的相关性,分析其原因,乳腺厚度越大,X射线的穿透效果就会越弱,因此,只有提高其曝光条件才能取得较好的成像效果;曝光条件的提高,乳腺受到的辐射剂量就会提高,进而提高AGD的数值。

乳腺摄影的最大问题是乳腺组织结构间的密度

差异很小,其中腺体和纤维组织很难肉眼区分。而实质肿块的密度结构也和正常腺体间的密度结构相似,尤其是致密型乳腺,因此乳腺摄影质量对诊断具有重要意义<sup>[16]</sup>。对于图像质量来说,噪声降低图像的细微处分辨率,减少诊断正确性。图像SNR能够反映噪声和图像信号的相对幅度,一般而言,图像SNR的值越大,图像的质量越好。有研究表明,在一定范围内,随着AGD的增加,图像质量也会随之增加,超过一定范围后,图像质量增加不明显<sup>[17-18]</sup>。分析其原因,系统采用自动曝光模式,能够自动地选择恰当的曝光条件和辐射剂量,因此,在此范围内,随着AGD的增加,能够提高X射线的穿透性,进而提高图像质量,即提高SNR。



综上所述,采用自动曝光模式的乳腺三维断层摄影技术成像,乳腺的厚度越厚,其曝光条件与AGD就越大;对同一厚度的乳腺,AGD越高,成像的图像SNR越高,图像质量越好。

## 【参考文献】

- [1] 张静,汪登斌,王媛,等. 全野数字乳腺X线摄影降低辐射剂量的初步研究[J]. 放射学实践, 2015, 30(7): 755-758.  
ZHANG J, WANG D B, WANG Y, et al. A preliminary study of exposure dose reduction in full-field digital mammography [J]. Radiologic Practice, 2015, 30(7): 755-758.
- [2] 徐辉,宛然,宋鲁新,等. 乳腺计算机X射线摄影图像质量和剂量最优化研究[J]. 中国医学影像技术, 2013, 29(7): 1197-1201.  
XU H, WAN R, SONG L X, et al. Optimization of image quality and radiation dose in CR mammography[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2013, 29(7): 1197-1201.
- [3] 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.  
YE H X, CAI Y X, XU W M, et al. Diagnostic value of FFDM combined with DBT in breast diseases[J]. Modern Hospital, 2017, 17(5): 764-766.
- [4] 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.
- [5] 朱宏,陈克敏,杨燕敏. 乳腺数字化X线摄影辐射剂量最优化探讨[J]. 诊断学理论与实践, 2016, 15(4): 430-434.  
ZHU H, CHEN K M, YANG Y M. A study to optimize radiation dose of digital mammography [J]. Journal of Diagnostics Concepts & Practice, 2016, 15(4): 430-434.
- [6] 谭欢,曾勇明,朱明霞. 数字乳腺X线摄影曝光模式对乳腺体模图像质量和辐射剂量的影响[J]. 吉林大学学报(医学版), 2015, 41(5): 1036-1040.  
TAN H, ZENG Y M, ZHU M X. Effect of digital mammography exposure modes on image quality and radiation dose of breast phantom [J]. Journal of Jilin University (Medicine Edition), 2015, 41(5): 1036-1040.
- [7] 黄勇,王丹丹,何静,等. 乳腺X线摄影射线剂量对乳腺X线片质量的影响[J]. 临床放射学杂志, 2012, 31(2): 188-191.  
HUANG Y, WANG D D, HE J, et al. Influence of average glandular dose for breast cancer screening and diagnosis in mammography[J]. Journal of Clinical Radiology, 2012, 31(2): 188-191.
- [8] 范文文,宋俊峰,周纯武. 探讨数字乳腺三维断层摄影技术新特点[J]. 中国临床医生杂志, 2015, 43(6): 11-14.  
FAN W W, SONG J F, ZHOU C W. Explore the new features of digital mammography 3D tomography[J]. Chinese Journal for Clinicians, 2015, 43(6): 11-14.
- [9] ROTH R G, MAIDMENT A A, WEINSTEIN S P, et al. Digital breast tomosynthesis: lessons learned from early clinical implementation[J]. Radiographics, 2014, 34(4): E89-E102.
- [10] PARTYKA L, LOURENCO A P, MAINIERO M B. Detection of mammographically occult architectural distortion on digital breast tomosynthesis screening: initial clinical experience[J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 203(1): 216-222.
- [11] FRIEDEWALD S M, RAFFERTY E A, ROSE S L, et al. Breast cancer screening using tomosynthesis in combination with digital mammography[J]. JAMA, 2014, 311(24): 2499-2507.
- [12] 蔡思清,蔡冬鹭,颜建湘,等. 基于数字乳腺三维断层摄影技术的乳腺癌分子亚型特征[J]. 中国医学物理学杂志, 2017, 34(5): 456-461.  
CAI S Q, CAI D L, YAN J X, et al. Characteristics of molecular subtypes of breast cancer in three-dimensional digital breast tomosynthesis [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2017, 34(5): 456-461.
- [13] 张雪雁,魏存峰,王燕芳,等. 乳腺专用CT中管电压和滤片的优化研究[J]. CT理论与应用研究, 2015, 24(3): 327-336.  
ZHANG X Y, WEI C F, WANG Y F, et al. The optimization research of tube voltage and filter in a dedicated breast CT[J]. Computerized Tomography Theory and Applications, 2015, 24(3): 327-336.
- [14] 安文,云利峰. 钨钼双靶剂量优先模式在乳腺低辐射剂量检查中的价值[J]. 转化医学电子杂志, 2015, 2(6): 40-41.  
AN W, YUN L F. The value of molybdenum and bismuth dual-target dose priority mode in low-radiation dose examination of breast[J]. E-Journal of Translational Medicine, 2015, 2(6): 40-41.
- [15] 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.  
SHANG W, LI R M, GAO Y, et al. A comparative study of diagnostic performance between digital breast tomosynthesis and conventional imaging methods[J]. China Oncology, 2017, 27(6): 487-495.
- [16] DIMAKOPOULOU A D, TSALAFOUTAS I A, GEORGIU E K, et al. Image quality and breast dose of 24 screen-film combinations for mammography[J]. Br J Radiol, 2006, 79(938): 123-129.
- [17] 蔡思清,颜建湘,蔡冬鹭,等. 乳腺三维断层摄影与全数字化乳腺摄影在乳腺疾病诊断中的效能对比[J]. 中南大学学报(医学版), 2016, 41(10): 1075-1081.  
CAI S Q, YAN J X, CAI D L, et al. Comparison of the diagnostic efficiency between digital breast tomosynthesis and full-field digital mammography [J]. Journal of Central South University (Medical Science), 2016, 41(10): 1075-1081.
- [18] 杨蕾,周纯武. 数字乳腺三维断层摄影技术联合FFDM与单独FFDM诊断乳腺癌的比较研究[J]. 中国临床医生杂志, 2015, 43(4): 32-35.  
YANG L, ZHOU C W. Comparison of full-field digital mammography (FFDM) and digital breast tomosynthesis plus full-field digital mammography on assessment of breast cancer[J]. Chinese Journal for Clinicians, 2015, 43(4): 32-35.

(编辑:谭斯允)