

江苏省乳腺 X 射线摄影医疗照射剂量调查

杜翔, 王进

摘要: [目的] 通过调查和测量计算江苏省乳腺 X 射线摄影受检者乳房压缩厚度 (compressed breast thickness, CBT) 和腺体平均剂量 (average glandular dose, AGD), 了解江苏省乳腺 X 射线摄影的 AGD 分布情况及影响因素。[方法] 抽样调查来自江苏省 5 城市 17 个医疗机构中 17 台次 340 个乳腺 X 射线摄影的曝光参数, 使用 X 线质量控制检测仪测量其入射体表空气比释动能 (entrance surface air kerma, ESAK)。使用国际通用方法计算 AGD, 并分析其与 CBT 等因素的关系。[结果] 在抽取的 340 个乳腺 X 射线摄影参数中, AGD 均数为 1.66 mGy。CBT 服从正态分布, 均数和标准差分别为 4.22 cm 和 1.12 cm。两种不同体位 (侧斜位、头尾位) 的 CBT 差异有统计学意义 ($t=-3.481$, $P<0.05$), 两种体位的 AGD 水平差异无统计学意义 ($t=-0.791$, $P>0.05$)。[结论] CBT 可能通过不同机制影响 AGD 水平, 可为建立适合我国乳腺 X 射线摄影受检者剂量指导水平提供依据。

关键词: 医疗照射; 乳腺 X 射线摄影; 腺体平均剂量; 乳房压缩厚度; 诊断参考水平

Average Glandular Dose in X-ray Mammography in Jiangsu Province, China DU Xiang, WANG Jin (Jiangsu Provincial Center for Disease Prevention and Control, Jiangsu 210009, China). Address correspondence to WANG Jin, E-mail: Jin.Wang@163.com • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To estimate the distribution of average glandular dose (AGD) in X-ray mammography in Jiangsu Province by the measurement of AGD and compressed breast thickness (CBT). [Methods] A survey on 340 mammography exposures recorded in 17 mammography machines from 17 medical facilities in 5 cities of Jiangsu Province was conducted, and the exposure parameters were retrieved. Entrance skin air kerma (ESAK) was measured according to the exposure records, and AGD was calculated using the Dance's formula. AGD-CBT relationship was then analyzed. [Results] The mean value of AGD in the collected 340 mammography parameters was 1.656 mGy, and the mean value and the standard deviation of CBT were 4.22 cm and 1.12 cm, respectively. No significant difference in the AGD data was found between the craniocaudal and mediolateral oblique groups ($t=-0.791$, $P>0.05$), but significant difference existed in the CBT data ($t=-3.481$, $P<0.05$). [Conclusion] Varied mechanisms may be involved in the changes of AGD level caused by CBT. A further study can provide evidence for establishing a guideline of AGD in mammography receiver in China.

Key Words: medical radiation; mammography; average glandular dose; compressed breast thickness; diagnostic dose levels

医疗照射是人工电离辐射的最大来源, 而放射诊断所致剂量贡献最大^[1]。乳腺癌是严重危害女性健康的疾病之一, 已成为女性最高发的恶性肿瘤。目前对妇女乳腺疾病的筛查仍以乳房 X 射线摄影检查为主, 而乳腺是对电离辐射比较敏感的组织, 因此, 对于乳腺 X 射线摄影的剂量分布调查, 受到各国和地区及有关组织的普遍关注。尽管国外的一些机构已经作了一些相关研究^[2-4], 并提出了一些相关的剂量测量方法^[5-6], 但关于我国妇女乳腺 X 射线摄影检查的腺体平均剂量 (average

glandular dose, AGD) 的研究报道相对较少。本项研究拟对江苏省部分乳腺 X 射线摄影受检者的 AGD 分布情况进行调查, 为制定适合我国国情的乳腺摄影指导水平提供理论和数据依据。

1 材料与方法

1.1 样本抽取

采用多阶段整群抽样法。首先根据经济状况随机抽取江苏省 5 个市区 (南京、徐州、苏州、镇江和盐城), 再根据一、二、三级医院并综合考虑不同类型摄影设备 (普通 X 射线机、计算机摄影设备 CR/数字摄影设备 DR) 的数量按比例随机选取 17 家医院共 17 台乳腺 X 射线摄影机的 340 个乳腺 X 射线的曝光参数作为研究对象。

1.2 调查内容

分别调查每台次乳腺 X 射线摄影机 10 次头尾位投照

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2014.0029

[基金项目] 卫生行业科研专项 (编号: 201002009); 江苏省“十二·五”科教兴卫工程 (编号: ZX201109)

[作者简介] 杜翔 (1980—), 男, 学士, 主管医师; 研究方向: 放射卫生学; E-mail: xiang_du@126.com

[通信作者] 王进, E-mail: Jin.Wang@163.com

[作者单位] 江苏省疾病预防控制中心, 江苏 210009

(craniocaudal) 和 10 次侧斜位投照 (mediolateral oblique) 曝光信息并记录, 曝光信息包括曝光的管电压 (kV)、管电流负荷 (mAs)、靶类型、源台距 (cm)、体位、半值层 (half value layer, HVL) (mmAl) 和乳房压缩厚度 (compressed breast thickness, CBT) (cm)。

1.3 入射体表空气比释动能的测量和 AGD 的计算

使用瑞典 RTI 公司生产的 Barracuda 型 X 线质量控制检测仪进行入射体表空气比释动能 (entrance surface air kerma, ESAK) 的测量, 探头为配套多功能探头 (MPD)。检测仪器在上海计量测试研究院检定, 检测时检测设备处于检定有效期内。

调节焦点至乳房支撑台距离使其等于现场记录的源台距, 将探头置于胸壁侧向内 4 cm 处, 选用该受检者记录的曝光信息并使用手动模式进行曝光, 测量曝光时的 ESAK, 计算 AGD。AGD 采用 DANCE 等^[5-6]研究的方法进行计算: $AGD = ESAK \cdot g \cdot c \cdot s$ 。

式中, AGD 为腺体平均剂量, 单位是 mGy; ESAK 为入射体表空气比释动能 (不含反散射), 单位是 mGy; g 为乳房组成为 50% 腺体、50% 脂肪时对应的转换因子, 与辐射的半值层、CBT 有关, 单位是 $mGy \cdot mGy^{-1}$, 具体数值见表 1; c 是对不同年龄段不同厚度乳房成分的修正, 按照对应年龄分为 2 组, 一组对应 50~64 岁, 另外一组对应 40~49 岁, 两组数值与 CBT 和 HVL 相关, 但取值略有不同, 具体数值根据 DANCE 等^[6]相关文献。其他年龄段可采用最接近的值; s 因子是对 X 射线不同靶/滤过能谱的修正。

表 1 不同乳房压缩厚度 (CBT)、半值层 (HVL) 范围的 g 因子 ($mGy \cdot mGy^{-1}$)

CBT (cm)	HVL (mmAl)						
	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
2.0	0.390	0.433	0.473	0.509	0.543	0.573	0.587
3.0	0.274	0.309	0.342	0.374	0.406	0.437	0.466
4.0	0.207	0.235	0.261	0.289	0.318	0.346	0.374
4.5	0.183	0.208	0.232	0.258	0.285	0.311	0.339
5.0	0.164	0.187	0.209	0.232	0.258	0.287	0.310
6.0	0.135	0.154	0.172	0.192	0.214	0.236	0.261
7.0	0.114	0.130	0.145	0.163	0.177	0.202	0.224
8.0	0.098	0.112	0.126	0.140	0.154	0.175	0.195
9.0	0.0859	0.0981	0.1106	0.1233	0.1357	0.1543	0.1723
10.0	0.0763	0.0873	0.0986	0.1096	0.1207	0.1375	0.1540
11.0	0.0687	0.0786	0.0887	0.0988	0.1088	0.1240	0.1385

1.4 统计学分析

使用 SPSS 11.0 进行统计分析。对两种不同体位的 CBT 差异分析采用 t 检验方法, AGD 差异分析采用非参数检验方法。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 数据分布

统计分析表明, CBT 数据分布检验的偏度系数 Skewness 为 0.242, 峰度系数 Kurtosis 为 -0.391, 即 CBT 数据分布为近正态分布。CBT 的均值为 4.223 cm, 标准差为 1.118 cm, 中位数为

4.1 cm, 接近于《国际电离辐射防护和辐射源安全基本安全标准》(IBSS) 推荐的 CBT 值。AGD 数据分布检验的偏度系数为 1.247, 峰度系数为 1.470, 即 AGD 数据为偏态分布。AGD 的均值为 1.584 mGy, 标准差为 0.943 mGy, 中位数为 1.395 mGy, 低于 IBSS 规定的有滤线栅投照的剂量指导水平, 见表 2。

表 2 江苏省乳腺 X 射线摄影受检者及测量数据计算结果

项目或测量结果	中位数	P_{25}	P_{75}	均值	标准差	范围
乳房压缩厚度 (cm)	4.1	3.3	5.0	4.22	1.118	1.6~7.5
管电压 (kV)	29	26	30	28.44	2.630	22~35
管电流负荷 (mAs)	58.65	39	83	65.87	39.13	12.1~278
ESAK (mGy)	6.29	4.15	8.8	7.15	4.41	1.12~25.8
AGD (mGy)	1.45	1.12	2.01	1.656	0.803	0.39~5.01

[注] ESAK: 入射体表空气比释动能 (不含反散射); AGD: 腺体平均剂量。

2.2 拍摄体位对 AGD 和 CBT 的影响

表 3 显示, 两种不同投照体位的 CBT 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 侧斜位投照比头尾位投照约高 10%; 但两种体位的 AGD 差别无统计学意义。

表 3 两种拍摄体位的乳房压缩厚度 (CBT) 和腺体平均剂量 (AGD)

指标	体位	例数	均值	标准差	中位数	P
CBT (cm)	头尾位	170	4.015*	1.082	4.000	0.001
	侧斜位	170	4.431	1.117	4.500	
AGD (mGy)	头尾位	170	1.621	0.774	1.46	0.429
	侧斜位	170	1.690	0.831	1.45	

[注] 双侧 t 检验, *: $P<0.05$ 。

2.3 CBT 与 AGD 的关系

由表 4 可见, AGD 水平随着 CBT 的增加而增加。

表 4 乳房压缩厚度 (CBT) 与腺体平均剂量 (AGD) 分布

CBT (cm)	样本例数 (n)	ESAK (mGy)	年龄 (岁)	AGD (mGy)		
				$\bar{x} \pm s$	最小值	最大值
1.1~	5	3.058 $\pm$ 1.137	33~67	1.342 $\pm$ 0.472	0.83	1.82
2.1~	64	3.857 $\pm$ 1.826	23~81	1.258 $\pm$ 0.518	0.39	2.89
3.1~	96	5.878 $\pm$ 2.819	25~66	1.528 $\pm$ 0.707	0.54	3.82
4.1~	100	7.410 $\pm$ 3.354	23~68	1.657 $\pm$ 0.729	0.55	3.99
5.1~	56	10.921 $\pm$ 5.386	36~76	2.133 $\pm$ 0.999	0.97	5.01
6.1~	19	13.843 $\pm$ 4.952	39~61	2.313 $\pm$ 0.834	0.97	3.72

[注] ESAK: 入射体表空气比释动能 (不含反散射)。

3 讨论

女性乳房的生理特点和乳腺癌的病理学特点决定了乳腺 X 射线摄影用于筛查乳腺癌的重要意义, 降低乳腺 X 射线摄影受检者的腺体剂量具有非常重要的意义。欧美各发达国家早已开展乳腺 X 射线摄影的腺体平均剂量的调查研究。本研究的 340 例乳腺 X 摄影受检者的 CBT 均数为 4.2 cm, 小于前者的水平^[7-11], 和马来西亚^[2]的调查水平接近, 差异主要来源于亚洲女性乳房的生理特点。AGD 均值为 1.66 mGy, 中位数为 1.4 mGy, 接近德国^[8]、西班牙^[7]和马来西亚^[2]的水平, 但高于

美国^[11]、英国^[9, 12]、希腊^[13]和瑞典^[10]的水平, 低于澳大利亚^[14]、塞尔维亚^[15]等国家的 AGD 水平。

由两种拍摄体位的 CBT 和 AGD 数据可知, 对于两种不同的投照体位, CBT 的差异达到 10.4%, 这个差异大于英国^[9]和美国^[16]的差异水平, 却小于马来西亚的相应研究结果^[2], 与不同种族人群的生理差异有关。但 AGD 水平差异却无统计学意义。

以往的研究中, 大部分的研究者都着眼于 CBT 对于 AGD 水平的影响。本研究结果显示, 总体上 AGD 水平随 CBT 的增加而增加, 提示乳腺 X 射线摄影的 AGD 受到 CBT 的影响。但每组内 AGD 数值分散性很大, 造成不同厚度组之间的剂量重叠, 提示 CBT 可能仅为影响 AGD 的因素之一, 或 CBT 可能通过多种机制影响 AGD 水平。

乳腺 X 射线摄影时影响 AGD 的因素来自摄影设备和受检者两个方面。摄影设备方面主要包括摄影属性, 如管电压、HVL、输出量等。对于绝大多数摄影设备采用自动曝光条件, 管电压、曝光量等摄影属性均受到 CBT 的影响。在一定范围内, CBT 的增加可以提高摄影设备预曝光对于乳房组织密度的判定, 提高自动曝光条件下的输出量。此外, 乳房内脂肪组织和腺体组织比例及分布状态、压板的压力大小、乳房摆放位置、自动曝光系统中的传感器正上方乳房结构状态等也会影响 AGD 水平。即使同等厚度的压缩乳房, 由于以上因素的存在其剂量也会不同, 可能是相同 CBT 的乳房 AGD 分布分散的原因。

从 CBT 与 AGD 分布来看, AGD 水平随着 CBT 的增厚而升高, 这和其他的类似研究结果一致。其原理是乳房 CBT 可以通过自动曝光模式下曝光量增加从而导致 EASK 增加进而导致 AGD 增加, 但从 g 值的取值表中可以看出, 随着 CBT 的增加, g 因子呈现下降趋势, 其实际意义为在较厚 CBT 阶段, CBT 的增厚更多归因于乳房中脂肪成分的增加, 这将导致乳腺摄影过程沉积在乳房中的剂量被脂肪组织所分担的部分增加, 而沉积在腺体中的剂量比例降低, 这将导致计算出的 AGD 水平降低。CBT 通过这两种机制影响 AGD 水平向两种不同方向扩散, 这也是造成前述不同 CBT 厚度组的 AGD 数值分散性较大的原因。实际上本研究中 2 例 CBT 8.0 cm 以上的受检者 AGD 计算结果显示其均值为 1.48 mGy, 出现了较大程度的降低, 但由于例数较少, 进一步证实尚需要更多研究例数的支持。

此外, DANCE 等^[5-6]研究文献中的 g 因子反映的是欧美女性乳房的腺体比例和解剖学特征, 而以此 g 因子来估算我国女性的 AGD, 必然受到我国女性乳房腺体比例和解剖学特征与欧美女性间差异的影响。因此, 研究并制定出针对我国女性乳房腺体比例和解剖学特征的 g 因子, 并以此估算我国乳腺 X 射线摄影的 AGD 是非常必要的。

• 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

[1] United Nations Scientific Committee. Sources and effects of ionizing radiation—United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR 2008 report to the General Assembly, with scientific annexes[M]. New York: United Nations, 2010.

[2] JAMAL N, NG KH, MCLEAN D. A study of mean glandular dose

during diagnostic mammography in Malaysia and some of the factors affecting it[J]. Br J Radiol, 2003, 76(904): 238-245.

[3] ODUKO JM, YOUNG KC, BURCH A. A survey of patient doses from digital mammography systems in the UK in 2007 to 2009[M]//Martí J, Oliver A, Freixenet J, et al. Digital Mammography. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2010: 365-370.

[4] TSAPAKI V, TSALAFOUTAS IA, POGA V, et al. Investigation of breast dose in five screening mammography centres in Greece[J]. J Radiol Prot, 2008, 28(3): 337-346.

[5] DANCE DR, SKINNER CL, YOUNG KC, et al. Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol[J]. Phys Med Biol, 2000, 45(11): 3225-3240.

[6] DANCE DR, YOUNG KC, Van ENGEN RE. Further factors for the estimation of mean glandular dose using the United Kingdom, European and IAEA breast dosimetry protocols[J]. Phys Med Biol, 2009, 54(14): 4361-4372.

[7] MORÁN P, CHEVALIER M, VANÓ E. Comparative study of dose values and image quality in mammography in the area of Madrid[J]. Br J Radiol, 1994, 67(798): 556-563.

[8] KLEIN R, AICHINGER H, DIERKER J, et al. Determination of average glandular dose with modern mammography units for two large groups of patients[J]. Phys Med Biol, 1997, 42(4): 651-671.

[9] YOUNG KC, BURCH A. Radiation doses received in the UK Breast Screening Programme in 1997 and 1998[J]. Br J Radiol, 2000, 73(867): 278-287.

[10] EKLUND S, THILANDER A, LEITZ W, et al. The impact of anatomic variations on absorbed radiation doses in mammography[J]. Radiat Prot Dosimetry, 1993, 49(1-3): 167-170.

[11] GENTRY JR, DEWERD LA. TLD measurements of *in vivo* mammographic exposures and the calculated mean glandular dose across the United States[J]. Med Phys, 1996, 23(6): 899-903.

[12] BURCH A, GOODMAN DA. A pilot survey of radiation doses received in the United Kingdom Breast Screening Programme[J]. Br J Radiol, 1998, 71(845): 517-527.

[13] TSAPAKI V, TSALAFOUTAS IA, POGA V, et al. Investigation of breast dose in five screening mammography centres in Greece[J]. J Radiol Prot, 2008, 28(3): 337-346.

[14] HEGGIE JC. Survey of doses in screening mammography[J]. Australas Phys Eng Sci Med, 1996, 19(4): 207-216.

[15] CIRAJ-BJELAC O, BECIRIC S, ARANDJIC D, et al. Mammography radiation dose: initial results from Serbia based on mean glandular dose assessment for phantoms and patients[J]. Radiat Prot Dosimetry, 2010, 140(1): 75-80.

[16] HELVIE MA, CHAN HP, ADLER DD, et al. Breast thickness in routine mammograms: effect on image quality and radiation dose[J]. AJR Am J Roentgenol, 1994, 163(6): 1371-1374.

(收稿日期: 2013-07-09)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 张晶; 校对: 徐新春)