

A Study on Radiation Beam Quality Set-up of Mammography Equipment and Average Glandular Dose

Yoon-Hee Park¹, Ji-Koon Park^{2,3,*}

¹Interdisciplinary Program in Biomedical Engineering, College of Medicine, Chungbuk National University

²Department of Radiological Science, International University of Korea

³Radiation Convergence Technology Research Center

Received: May 30, 2022. Revised: June 24, 2022. Accepted: June 30, 2022.

ABSTRACT

Mammography using X-rays is currently the most used for early diagnosis of breast cancer. As the frequency of use of X-ray devices increases, interest in radiation hazards caused by mammography is increasing. Therefore, in this study, in order to measure the exposure dose of the mammary gland in X-ray mammography that requires high contrast and high resolution, the international Atomic Energy Agency (IAEA) stipulates the international standards presented by IEC 62220-1-2: 2015. Based on the beam quality criteria of the recommendation, we tried to present a guideline for evaluating the average mammary gland dose. As a result, the average streamline dose value of the 4.5 cm PMMA phantom was 2.3 mGy at the maximum within the 30 kV range, and was evaluated to be 1.19 mGy based on 28 kV.

Keywords: Mammography, Average glandular dose, IEC 62220-1-2

I. INTRODUCTION

1895년 뢰트겐이 X선을 발견한 이후 현대 임상 의학에서는 질병의 정확한 진단을 위해 방사선 장비의 사용이 필수화 되고 있다. 최근 통계청 자료에 의하면 유방암의 경우 2019년 2만 5천명 이상으로 여성의 암 발병률 중 가장 높은 것으로 나타났으며 이러한 암 발병률의 증가함에 따라 X선 유방촬영에 사용되는 장치 또한 2017년 3,207대에서 2019년 3,431대로 점점 증가하고 있는 추세이다^[1]. 유방암의 조기진단 시 가장 기본적인 검사는 X선 유방촬영을 시행하게 되며, 이외에 추가적인 검사로 유방 초음파 검사 및 유방 MRI, 유방 CT 검사를 시행하게 된다. X선 유방촬영 검사는 연부 조직에 대한 높은 대조도와 해상력을 필요로 하는 검사이므로 수검자의 방사선에 대한 피폭 선량이 많아질 수 있다. 유방 조직에서의 피폭선량은 주로 유

선에 집중되게 되는데, 유선은 방사선에 대해 감수성이 높은 조직으로 X선 촬영 시 암 발병에 확실적인 영향을 줄 수 있다. 이러한 위험성으로 인하여 X선에 대한 관심이 고조되고 있으며, 국내 식약처 고시에서는 유방 촬영 시 평균 유선 선량(Average Glandular Dose, AGD)을 지방조직 50 %와 유선조직 50 %의 유방 실질 양상을 갖는 유방 두께 4.2 cm에서 3 mGy 이하로 유지하도록 규정하고 있다^[2]. 국제방사선방어위원회(ICRP)는 미국, 영국 등 각 국가에서 X선 유방 촬영 검사 등에서 환자선량을 측정하여 평가한 유선 선량에 대하여 진단에 참고할 수 있는 환자 선량 권고량(Diagnostic Reference Level)을 마련하여 발표하였고 각 국가가 적용할 수 있도록 권고한 바 있다^[3,4]. 이렇듯 국내에서도 환자 선량 저감화를 위해 환자 선량 및 표준 촬영 기법에 대한 가이드라인을 제시하고 있으며 이를 통해 환자의 X선에 대한 피폭 선량을 최소화 하는 노력을 기울

* Corresponding Author: Ji-Koon Park

E-mail: radiopjk@naver.com

Tel: +82-55-751-8303

이고 있다. 하지만 ICRP에서 제시하는 평균 유선 선량의 선량 구속치는 국내 평균 유선선량 기준에 비해 1 mGy가 낮은 2 mGy를 기준으로 하고 있으므로 환자의 피폭 선량을 낮출 수 있는 노력이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 국내 식약청에서 제시하는 가이드라인을 참고로 하여 Digital X선 유방 촬영 장치의 유방 조직의 두께별 평균 유선 선량 및 X선 장치 내의 Filter 변화에 따른 유선 조직 피폭 선량 정도를 측정하였다. 이에 앞서 유방 촬영 장치의 정확성을 위해 International Electrotechnical Commission (IEC) 62220-1-2: 2015 Digital X-ray Imaging Device에서 제시하는 RQA-M2 Radiation Beam Quality 규정에 따라 Beam Quality set up을 수행하였다^{5,6}. 본 연구에서는 평균 유선 선량 측정 시 방법의 표준화를 위해 International Atomic Energy Agency (IAEA) 에서 규정한 검사 방법 및 기준에 대한 가이드라인을 제시 하고자 한다⁷.

II. MATERIAL AND METHODS

1. mAs 설정 및 incident air kerma (K_i) 측정

1.1. 자동노출제어 장치(AEC, Automatic Exposure Control) mode mAs 설정

본 연구에서 유방촬영장치의 표준 모드로 설정을 위해 20 kV ~ 35 kV의 관전압 범위를 갖는 Planmed Filand사의 디지털유방촬영장치 Plamed Nounce를 사용하여 IEC 61223-1-2 : 2015 Digital X-ray Imaging Device에서 제시하는 RQA-M2 Radiation Beam Quality 규정을 적용 하였다. RQA-M2 규정의 경우 측정 시 Target/filter 조합은 Mo/Mo, 부가필터 2 mmAl 조건에서 최초 관전압 28 kV를 기준으로 0.60 mmAl 필터가 반가층이 되도록 규정하고 있다. mAs 값 평가를 위해 교정이 완료된 Ion chamber (XR-sensor, IBA Co., Germany) 계측 장비를 사용하였으며 팬텀은 대조도 및 분해능을 측정하는 표준 유방 팬텀인 Nuclear Associates H-500 Accreditation Phantom을 사용하였다. 본 연구에서 유방용 팬텀 및 실험 set-up을 그림1과 2에 나타내었다. 조사 선량률을 결정하기 위하여 표준 유방 팬텀을 지지대의 흉벽 측에 위치시키고 AEC

mode에서 3회 조사한 후 측정된 mAs 값 평균치 ($P_{I,auto}$)를 산출하였다.



Fig. 1. Nuclear Associates H-500 Accreditation phantom.



Fig. 2. Experimental set-up.

1.2. incident air kerma

이온 챔버에 흡수되는 후방 산란선의 영향을 최소화하기 위하여 AEC mode와 동일한 방법으로 팬텀을 유방 지지대에서 제거한 후 이온 챔버를 지지대면에서 4 cm 띄워 측정하였다. AEC mode에서 측정된 평균 mAs 값과 유사한 mAs 값으로 설정 (P_I)하여 이온 챔버에 조사한 후 흡수된 선량 (M_{mean})을 기록하였다. Manual mode에서 기록된 mAs 값과 흡수선량 (M_{mean})을 사용하여 AEC mode에서의 이온 챔버의 흡수선량 (M_{Auto})을 계산하였다. Eq. (1)과 같다.

$$M_{Auto} = P_{I,Auto} (M_{mean} / P_I) \quad (1)$$

Eq. (1)을 통하여 계산된 M_{Auto} 값으로 Eq. (2)와 같이 incident air kerma (K_i) 값을 구하였다.

$$K_i = M_{Auto} \cdot N_{k,Q} \cdot k_Q \cdot k_{TP} \quad (2)$$

$N_{k,Q}$: Ion Chamber Calibration Factor

k_Q : quality Calibration Factor

k_{TP} : pressure, temperature correction factor

2. 반가층 (HVL, Half Value Layer) 측정

반가층 측정은 IEC 62220-1-2: 2015 의 권고안에서 제시하는 반가층 측정 기준에 따라 수행하였으며, 알루미늄(Al, Aluminium)의 순도는 99.5 %를 사용 하였다. X선 조사야는 이온 챔버를 충분히 포함 할 수 있는 면적만큼 설정하였으며 그 외의 면적은 산란선의 영향을 최소화하기 위해 밖으로 차폐하였다. 측정 시 장비의 압박대는 그대로 유지한 상태에서 시행하며, 조사 조건은 manual mode 상태로 설정하였다. 측정 시 Al 필터가 없는 상태에서 선량을 3번 측정한 후 평균값을 측정하였다.

3. 팬텀의 AGD 계산

팬텀의 AGD를 계산하기 위하여 측정된 incident air kerma를 IAEA dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practice 에서 규정하는 Eq. (3)에 대입하여 평균 유선 선량 값을 구하였다. Table. 1과 2는 다음 Eq. (3)에 대입할 변환 계수이다. Eq. (3)의 s 는 spectral 보정계수로 Target/Filter 조합에 의해 결정되며 45 mm standard PMMA 팬텀의 incident air kerma로부터 50 %의 유선을 갖는 50 mm 두께의 유방의 AGD를 구하기 위한 변환계수이다. 변환계수는 HVL를 이용하여 결정된다^[8,9].

Table 1. Conversion factor at 4.5 cm thickness of PMMA

HVL (mmAl)	4.5cm PMMA 팬텀 두께		
	c	g (mGy/mGy)	s-factor
0.30	1.10	0.183	Mo/Mo: 1.0 Mo/Rh: 1.017
0.35	1.10	0.208	
0.40	1.09	0.232	
0.45	1.09	0.258	
0.50	1.09	0.285	

Table 2. Conversion Factors g

Breast Thickness (cm)	HVL (mmAl)				
	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
4	0.207	0.235	0.261	0.289	0.318
5	0.164	0.187	0.209	0.232	0.258
6	0.135	0.154	0.172	0.192	0.214

$$AGD = c_{D_{G50, K_i, PMMA}} s K_i \quad (3)$$

$c_{D_{G50, K_i, PMMA}}$: Breast thickness and HVL correction actor

s : spectral correction factor

K_i : Incident air kerma at PMMA 45mm phantom thickness

III. RESULT

1. mAs 설정 및 incident air kerma 측정 결과

본 연구를 시행하기에 앞서 선량을 측정하는 이온 챔버 보정 값은 1.098이며, X선 에너지 28 kV를 기준으로 Target/Filter의 조합은 AEC mode와 Manual mode 모두 Mo/Mo였다. 이를 바탕으로 45 mm PMMA 팬텀의 incident air kerma 측정 결과를 도출하기 위한 기준 전압이 28 kV일 때 관전류량은 AEC mode에서 50 mAs로 나타났다. 하지만 본 연구에 사용된 유방 촬영 장치는 AEC mode에서 방출되는 조사선량과 동일하게 셋팅하는 것이 불가능하여 이와 가장 유사한 조사선량 조건인 60 mAs를 Manual mode의 기준 선량으로 설정한 후 incident air kerma 결과를 도출하였다. 이온 챔버의 보정 값을 고려하여 팬텀에 흡수된 평균 흡수선량 값은 0.65 R이었으므로 이 결과를 바탕으로 Eq. (1)과 (2)를 이용하여 incident air kerma를 도출한 결과 3.9 mGy로 나타났다. 이 때 Eq. (2)의 ion chamber의 교정 상수는 1.04 quality 보정 계수는 28 kV를 기준으로 1.03, 압력 및 온도 보정 계수는 실험 시 기압 102 kPa, 온도 25를 기준으로 측정 되었으므로 보정 값은 1.01로 나타났다.

2. HVL 측정 결과 및 팬텀의 평균 유선 선량 측정 결과

IEC 62220-1-2: 2015의 권고안에서 제시한 평가 방법에 따라 측정한 결과 제 1 HVL은 0.35 mmAl로 나타났으며 선량이 1/5로 줄어드는 Al의 두께는 0.75 mmAl로 측정 되었다. 따라서 Table 1에 의해서 변환 계수 c 와 g , s 의 값은 Al 0.35 mmAl일 때 각각 1.10, 0.208, 1.0이며 Eq. (3)에 대입하여 AGD를 구한 결과 45 mm 유방 팬텀 두께를 기준으로 하여 Beam quality set-up 후 측정된 유선 선량은 1.19 mGy로 측정 되었다.

IV. DISCUSSION

평균 유선선량 평가에서는 반가층 측정 결과에 따라 보정 계수가 결정되므로 IEC 62220-1-2: 2015에서 권고하는 Beam quality set-up이 필요하다. 이때 Beam quality set-up은 반가층 결과 값을 도출하기 위해 유방 촬영 장치의 선질에 대한 평가 결과가 RQA-M2 조건을 만족하는지를 확인하는 것이다. 이러한 국제 규격에 적합하도록 Beam quality를 수행한 후 평균 유선 선량을 도출하는 연구는 반드시 필요하며 타 논문들과 비교하여 평가 결과의 정확도를 높일 수 있는 근거 자료가 될 수 있다.

본 연구 결과 평균 유선 선량 값이 1.19 mGy로 국내 식약처에서 제시하는 기준인 3 mGy와 비교하여 약 2.5배 이하로 분석되었으며 ICRP에서 권고하는 선량 구속치인 2 mGy와 비교한 결과 또한 1.68배 이하로 분석되었다. 그러므로 이러한 결과로 보아 IEC 62220-1-2: 2015의 권고안에서 제시한 평가 지표를 바탕으로 Beam quality set-up 후 평균 유선 선량을 평가한 연구는 충분히 유의미한 결과를 도출하였다.

V. CONCLUSION

현재 식약처에서 고시하는 유방 촬영 시 평균 유선 선량의 한도 기준인 3 mGy를 국제 방사선 방어 위원회에서 제시하는 선량 구속치인 2 mGy에 적합하도록 선량 한도 값을 낮추어 수검자의 피폭선량을 저감화 할 수 있는 방안을 모색할 필요성이 있을

것으로 사료된다. 또한 본 연구 결과는 실험 조건을 IEC에서 제시하는 기준에 따라 평가를 수행하였으나 평균 유선 선량에 대한 보다 정확한 평가를 위해서는 관전압 변화에 따른 장치의 필터 변화를 고려한 평균 유선 선량 평가가 이루어져야 하므로 추후 이에 상응하는 평가가 필요할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] H. J. Kim, J. E. Lee, J. Y. Lee, H. K. Lee, "Status of Diagnostic X-ray Equipment in Korea, 2018", Weekly Health and Illness, Vol. 12, No. 51, pp. 2389, 2018.
- [2] Ministry of Health and Welfare, Korea Food & Drug Administration, Patient dose recommendations guidelines in mammography, Radiation safety management, Series, Vol. 16, pp. 22, 2008.
- [3] ICRP, Protection of the patient in Diagnostic Radiology, Publication 34, Annals of the ICRP Vol. 9/2, Pergamon Press, Oxford, 1982.
- [4] IAEA Safety Series No. 115, International Basic Safety Standards for Protection against ionizing radiation and for the Safety of Radiation Sources, 1996.
- [5] J. K. Park, Y. J. Heo, "Measurement of the Photon Fluence for the Evaluation of Photon Detection Efficiency of Photon Counting Sensor," Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 10, No. 1, pp. 1-6, 2016. <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2016.10.1.1>
- [6] IEC 61223-1-2, Medical electrical Equipment Characteristics of digital X-ray imaging devices, 2007.
- [7] Supawitoo Sookpeng, "The Application of X-ray Parameter for Calculation of Mean Glandular Dose from Mammography Examination", Naresuan University Journal Vol. 15, No. 3, pp. 167-176, 2007.
- [8] H. S. Park, H. J. Kim, C. L. Lee, H. M. Cho, A. R. Yu, "Standardization of the Method of Measuring Average Glandular Dose (AGD) and Evaluation of the Breast Composition and Thickness for AGD", Korean Journal of Medical Physics, Vol. 20, No. 1, pp. 21-29, 2009.
- [9] J. Pages, R. van Loon, "The European Protocol on Dosimetry in Mammography: Applicability and

Results in Belgium", Vol. 80, No. 1-3, pp. 191-193,
1998.

<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032503>

유방 촬영 장치의 국제 규격 Beam Quality 기준에 따른 평균 선량 평가에 관한 연구

박윤희¹, 박지균^{2,3,*}

¹충북대학교 일반대학원 학과간협동과정 의용생체공학 전공

²한국국제대학교 방사선학과

³방사선융합기술연구소

요 약

유방암의 조기 진단에는 X선을 이용한 유방 촬영이 현재 가장 많이 이용되고 있다. X선 장치의 사용 빈도가 증가함에 따라 유방 X선 촬영에서 기인하는 방사선의 위해에 대한 관심이 고조되고 있는 추세이다. 이에 본 연구에서는 고 대조도 및 고해상력을 요구하는 X선 유방촬영에서 유선의 피폭선량을 측정하기 위하여 International Atomic Energy Agency (IAEA)에서 규정한 검사 기준에 대해 IEC 62220-1-2에서 제시하는 국제 권고안의 beam quality 기준을 바탕으로 평균 유선 선량을 평가하는 가이드라인을 제시 하고자 하였다. 그 결과 4.5 cm PMMA 팬텀의 평균 유선선량 값은 30 kV 범위 이내에서 최대 2.3 mGy였으며, 28 kV를 기준으로 1.19 mGy로 평가되었다.

중심단어: 평균 유선 선량, IEC 62220-1-2, 유방 촬영 장치

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	박윤희	충북대학교 일반대학원 학과간협동과정 의용생체공학 전공	대학원생
(교신저자)	박지균	한국국제대학교 방사선학과, 방사선융합기술연구소	교수