

# Evaluation of Breast Dose in Mammography for Breast Implant Patient using a Monte Carlo Simulation

Ji-Soo Kim,<sup>1</sup> Yong-In Cho,<sup>2</sup> Jung-Hoon Kim<sup>3,\*</sup>

<sup>1,3</sup>Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

<sup>2</sup>Department of Diagnostic Radiology, Dongnam Institute of Radiological & Medical Science

Received: April 21, 2020. Revised: June 20, 2020. Accepted: June 30, 2020

## ABSTRACT

Mammography has the advantage of being economical, simple and effective in detecting microcalcification, but breast is a highly sensitive organ and is accompanied by the risk of an over-exposure. While accurate dose assessments are important to prevent this, current breast dose assessments are limited to breast implant patients. This purpose of this study was to identify dose variations due to tube voltages by forming a mock-up with breast implants for an accurate dosimetric assessment on breast implant patients. As a result, doses from the presence of breast implants were smaller than those from the absence of the mammal. As the result of the change of the voltage to 26, 28, 30, and 32 kV, the increased tube voltage included larger dose regardless of the presence of Breast implant. Therefore, it is believed that diagnosis recommendations for breast implants will be possible if further studies on internal and external bioretical imaging and quality assessment are carried out as the basis for this study

Keywords: Mammography, Breast implant, Dose assessment, Monte carlo simulation

## I. INTRODUCTION

현대인의 모유 수유 감소, 서구화된 식습관과 유선조직 50% 이상으로 구성된 치밀형 유방이라는 동양인 특성으로 인해 우리나라 여성의 유방암 발생률은 해마다 증가하고 있다.<sup>[1]</sup> 최근 국가암등록 통계에 따르면, 유방암 발생률은 꾸준히 증가하고 있는 추세이며, 여성의 암 중 갑상선암 보다 더 높은 발생 빈도를 나타내고 있다<sup>[2]</sup> 이로 인해 유방암을 조기에 진단하기 위한 선별 검사로서 유방촬영의 중요도도 높아지고 있다.<sup>[3]</sup>

유방 촬영은 X선을 이용하여 유방 내 조직 간의 흡수 차이로 유방의 해부학적 구조를 영상화할 수 있는 검사이다. 일반적인 검사 방법은 상하 촬영 (Cranial-Caudal view, CC view), 내외사방향 촬영

(Mediolateral Oblique view, MLO view)이 있으며, 좌, 우 각각 2회씩 총 4회 촬영한다.<sup>[4]</sup> 유방촬영술은 경제적이고 실용적이며 미세석회와 같은 작은 병변 묘출에 우수하다. 그러나 압박으로 인한 통증이 동반되고 유방조직의 방사선 노출로 인한 암 발생 확률이 높아진다는 연구도 제시되고 있다.<sup>[2]</sup> 이로 인한 과피폭을 방지하기 위해 유방촬영 시 유선선량에 대한 정확한 평가가 필요하다.<sup>[5]</sup>

국내에서는 미용 목적과 유방암으로 인한 재건의 목적으로 유방성형술이 증가하는 추세이다.<sup>[4]</sup> 유방성형술 환자의 경우, 삽입된 보형물이 유방실질과의 겹침으로 인한 진단의 어려움이 있어 기존 유방촬영을 포함한 보형물 분리(Implant Displacement, ID) 촬영을 시행한다.<sup>[4]</sup> 따라서 일반 여성에 비교하여 2번의 추가 촬영이 필요하며, 이로 인해 2배 이상의 높은 피폭선량에 노출된다. 그러나 현재

\* Corresponding Author: Jung-Hoon Kim

E-mail: donald@cup.ac.kr

Tel: +82-51-510-0583

유방촬영 시 진단 참고 수준에 대한 권고는 일반 여성에게 한정되어 있다.

이에 본 연구에서는 모의실험을 통해 기존의 유방 팬텀에 보형물을 삽입한 변형 팬텀을 개발하여 유방성형술 환자의 유방 선량을 평가하고, 적절한 검사 조건 적용을 통해 선량 저감화를 위한 기초자료로서 제공하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 실험 재료

#### 1.1 몬테칼로 모의모사(Monte Carlo Simulation)

본 연구에서는 무작위적 표본 추출을 통한 통계적 방사선 수송 및 해석이 가능하며, 저 에너지 모델링에 적합한 몬테칼로 모의모사를 사용하였다. 현재 의학물리 분야에 사용되는 몬테칼로 코드는 MCNP, EGS, BEAM, GEANT4 등이 있다.<sup>[7]</sup> 그 중 입자 수송 측면에 있어 장점을 가지고 있는 로스앨러모스(Los Alamos National Laboratory)에서 개발된 MCNPX(ver 2.5.0, USA)를 사용하여<sup>[8]</sup> 모의실험을 수행하였다.

#### 1.2 유방촬영 장치에 대한 기하학적 조건

모의실험에 앞서 에너지 스펙트럼을 획득하기 위해 임상에서 주로 쓰이는 MAMMOMAT Inspiration (SIMENS, Germany)과 Senographe DS MAMMOGRAPHY SYSTEM (GE Healthcare, USA)를 참조하였으며, Fig. 1와 같이 기하학적 조건을 구성했다. 양극의 각도는 20°, SID는 65 cm, 양극과 필터와의 거리는 15 cm로 설정하였다.

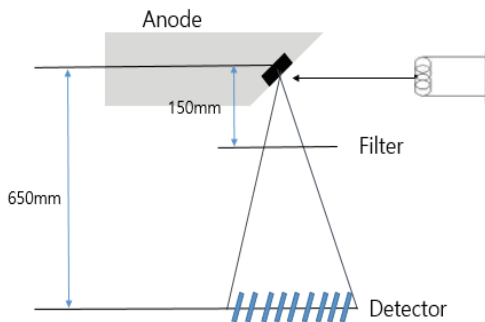


Fig. 1. Geometry of MCNPX Simulation.

#### 1.3 모의 피폭체

모의실험을 위해 변형한 팬텀은 ORNL(Oak Ridge National Laboratory)에서 개발한 후 ICRU 46에서 제안한 조직 구성비로 수정된 UF-Revised MIRD형 인체 팬텀을 사용하였다.<sup>[9]</sup> MIRD형 인체 팬텀의 유방 중심에 가로 6 cm, 세로 6 cm, 높이 6 cm의 원형 보형물을 삽입한 후 폐와 겹치는 부분은 제외해 Fig. 2과 같이 구성하였다. 변형된 팬텀의 보형물의 구성 성분은 Fatme S. et al. 등<sup>[10]</sup>이 제시한 값을 사용하였으며, 구성 성분과 밀도는 Table 1과 같다.

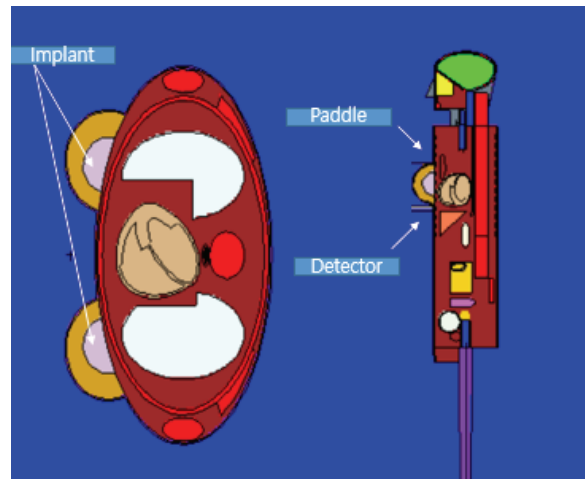


Fig. 2. Breast Insertion of MIRD Phantom.

Table 1. Composition of Breast Implant of phantom.

Composition	Ratio (%)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
C	32.39	6 X 6 X 6	200
H	8.15		
O	21.57		
Si	37.8		

### 2. 실험 방법

#### 2.1 촬영 조건별 X선 스펙트럼 분석

유방 X선 검사 시 선원 정보에 대한 입력을 위해 구성된 기하학적 조건을 기준으로 관전압 26, 28, 30, 32 kV에 대한 에너지 스펙트럼을 획득하였다. X선관의 타겟과 필터 조합은 몰리브데넘(Molybdenum, Z=42) - 로듐(Rhodium, Z=45)을 이용하였으며, 필터

의 두께는 25  $\mu\text{m}$ 으로 설정하였다. Detector 지점에서 선량을 값을 받기 위해 5번 tally로 지정하였다. MCNPX 코드를 통해 획득한 스펙트럼에 대한 경향성 비교를 위해 IPEM에서 개발된 SRS-78 프로그램을 통해 동일한 조건 내 에너지 스펙트럼을 비교하였다.

## 2.2 상하방향 촬영 시 유방 선량에 대한 평가

양쪽 유방의 상하촬영방법(Cranial-Caudal view)시 유방 선량을 평가하기 위해 UF-revised 팬텀을 변형하였으며, 압박대와 검출기 등을 유방 상, 하에 위치시켜 구성하였으며, 유방성형환자의 유방촬영 특성 상 유방의 압박은 고려되지 않았다. 선원 발생 지점은 유방으로부터 높이 65 cm에 설정하였으며, 획득한 관전압별(26, 28, 30, 32 kV) X선 스펙트럼을 선원향으로 지정하여 모의실험을 수행하였다. 유방 선량값은 장기 선량이므로 유방 중심점을 6번 tally로 지정하여 산출하였고, 결과값의 신뢰성 확보를 위해 반복 횟수(nps)는  $5 \times 10^8$ 회 이상으로 수행하여 불확도를 3% 이하로 줄였다.<sup>[8]</sup>

## III. RESULT

### 1. 유방 촬영 조건에 따른 에너지 스펙트럼 분포

유방 촬영 조건에 따른 에너지 스펙트럼 분포는 Fig. 3와 같으며, MCNPX를 통해 획득한 스펙트럼의 특성 X선 에너지는 26 kV 에서 17.7, 19.5 keV 지점에서 특성 X선이 발생되어 SRS-78 프로그램과 상대오차 1% 이내로 일치하는 결과를 나타내었다.

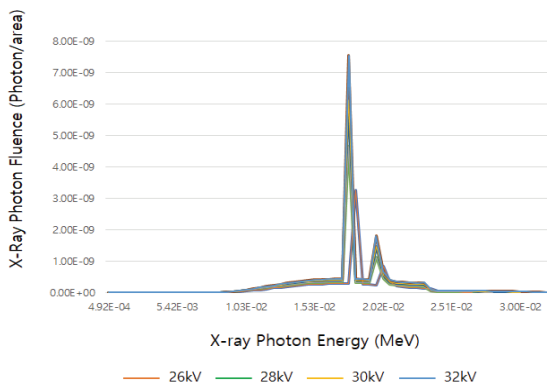


Fig. 3. X ray energy spectrum of in changes with tube voltage in Mo/Rh combination.

또한, 관전압이 증가할수록 발생하는 광자의 전체적인 평균 에너지가 증가 되었다.

### 2 보형물 유·무에 따른 촬영 조건별 선량 변화

좌측 상하방향 촬영에서 관전압을 26, 28, 30, 32 kV로 증가하였을 때 팬텀의 선량 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. 보형물이 없는 팬텀의 경우, 32 kV에서  $6.56\text{E-}18$  Gy/particle로 가장 높은 선량을 나타내었고, 26 kV에서  $6.26\text{E-}18$  Gy/particle로 가장 낮은 선량을 보였다. 보형물 삽입 팬텀은 32 kV에서  $5.36\text{E-}18$  Gy/particle로 가장 높은 선량을 보였으며, 26 kV에서  $5.09\text{E-}18$  Gy/particle로 가장 낮은 선량을 나타내었다.

보형물 유·무에 따른 유방 선량 비교를 통해 좌측 상하방향 검사 시 보형물이 삽입된 팬텀은 보형물이 없는 팬텀에 비해 19.3 ~ 19.7 % 정도 낮은 선량 분포를 나타내었다.

Table 2. Lt. Breast Dose of Non-Implant and Implant. (unit: Gy / particle)

Tube Voltage	Absorbed dose (Gy)	
	Non-Implant	Implant
26 kV	$6.26\text{E-}18$	$5.09\text{E-}18$
28 kV	$6.40\text{E-}18$	$5.23\text{E-}18$
30 kV	$6.50\text{E-}18$	$5.30\text{E-}18$
32 kV	$6.56\text{E-}18$	$5.36\text{E-}18$

우측 상하방향 촬영에서 관전압을 26, 28, 30, 32 kV로 증가하였을 때 팬텀의 선량 측정 결과값은 Table 3에 나타내었다. 보형물이 없는 팬텀의 경우, 32 kV에서  $6.56\text{E-}18$  Gy/particle로 가장 높게 나타났으며, 26 kV에서  $6.26\text{E-}18$  Gy/particle로 가장 낮은 결과를 보였다. 보형물 삽입 팬텀은 32 kV에서  $5.90\text{E-}18$  Gy/particle로 가장 높은 결과를 보였으며, 26 kV에서  $5.49\text{E-}18$  Gy/particle로 가장 낮은 결과를 나타내었다.

보형물 유·무에 따른 선량 비교를 통해 우측 상하방향 검사 시 보형물이 삽입된 팬텀은 보형물이 없는 팬텀에 비해 10.3 ~ 19.7 % 정도 낮은 선량 분포를 보였다.

Table 3. Rt..Breast Dose of Non-Implant and Implant (unit: Gy / particle)

Tube Voltage (kV)	Absorbed dose	
	Non-Implant	Implant
26 kV	6.26E-18	5.49E-18
28 kV	6.40E-18	5.78E-18
30 kV	6.50E-18	5.85E-18
32 kV	6.56E-18	5.90E-18

### 3. 유방 촬영 시 반대 측 유방에 대한 선량 변화

좌측 상하방향 검사에서 보형물 유·무에 따른 검사 측과 검사 반대 측 유방 선량의 평가 결과는

Table 4에 나타내었다. 보형물이 없는 팬텀에서의 검사 반대 측(우측) 유방 선량은 검사 측(좌측) 선량의 29.1 ~ 29.7% 정도의 선량 분포를 보였으며, 보형물 삽입 팬텀의 경우, 검사 반대 측(우측) 선량은 검사 측(좌측) 선량의 34.4~34.8% 정도의 선량 수준을 나타내었다.

우측 상하방향 검사에서 보형물 유·무에 따른 검사 측과 검사 반대 측 선량은 Table 5에 나타내었다. 보형물이 없는 팬텀에서의 검사 반대 측(좌측) 유방 선량은 검사 측(우측) 선량의 29.2~30% 정도의 선량 분포를 보였으며, 보형물 삽입 팬텀의 경우, 검사 반대 측(좌측) 선량은 검사 측(우측) 선량의 28~29.5% 정도의 선량 수준을 나타내었다.

Table 4. Ipsilateral and Contralateral dose with the change of kVp in Left Cranio-Caudal View.

(unit: Gy / particle )

Tube Voltage	Lt. Breast(Ipsilateral) Absorbed dose		Rt. Breast(Contralateral) Absorbed dose	
	Non-implant	Implant	Non-implant	Implant
26 kV	6.26E-18	5.09E-18	1.82E-18	1.75E-18
28 kV	6.40E-18	5.23E-18	1.88E-18	1.81E-18
30 kV	6.50E-18	5.30E-18	1.92E-18	1.84E-18
32 kV	6.56E-18	5.36E-18	1.95E-18	1.87E-18

Table 5. Ipsilateral and Contralateral dose with the change of kVp in Right Cranio-Caudal View.

(unit: Gy / particle)

Tube Voltage	Rt. Breast (Ipsilateral) Absorbed dose		Lt. Breast (Contralateral) Absorbed dose	
	Non-implant	Implant	Non-implant	Implant
26 kV	6.26E-18	5.49E-18	1.83E-18	1.52E-18
28 kV	6.40E-18	5.78E-18	1.89E-18	1.67E-18
30 kV	6.50E-18	5.85E-18	1.93E-18	1.71E-18
32 kV	6.56E-18	5.90E-18	1.97E-18	1.74E-18

## IV. DISCUSSION

최근 미용 또는 재건 목적의 유방성형 환자는 매년 증가하고 있으나, 유방암 기초 검사인 유방촬영에서의 유방 선량 평가는 일반 여성에 한정되어 있는 실정이다. 이에 본 연구는 모의실험을 통해 일반 여성의 유방에 보형물을 삽입하여 유방성형환자의 촬영 조건별 선량 변화와 반대 측 유방 선량

에 대해 정량적으로 평가하고자 하였다.

그 결과, 첫 번째로, 보형물 유·무에 따른 유방 선량은 좌측과 우측 모두 보형물이 삽입된 모의 피폭체가 보형물이 없는 모의 피폭체보다 낮은 선량을 나타내었다. 이는 보형물로 인한 광자선의 감쇠로 인해 선량이 낮게 나타난 것으로 생각된다.

두 번째, 관전압에 따른 유방 선량은 촬영 조건

이 증가함에 따라 점차적으로 높아지는 것으로 나타났다. 이는 과거 Kim Do Hyung<sup>[6]</sup>의 연구에서 제시한 바와 같이 26 kV에서 6.583E-08 Gy/s, 32 kV에서 1.587E-07 Gy/s로 관전압 증가에 따라 높은 선량률을 보인 것과 상응한 결과를 나타내었다. 이는 관전압이 커질수록 선질이 경화되어 유방에서의 조사선량률이 커지는 것으로 사료된다. 따라서, 환자 선량 저감 측면을 위해서는 26 kV의 관전압 사용이 더 낮은 선량을 보였으나, 저 관전압 사용으로 인한 영상 화질 저하를 보상하기 위한 자동 노출 조절 장치의 조절로 관전류량이 증가될 수 있음을 간과해서는 안 될 것으로 생각된다. 이에 따라 각 의료기관에서 사용되는 검사 장치의 특성에 맞게 적절한 검사 조건의 선택과 사용이 필요할 것으로 사료된다

세 번째, 유방 상하방향촬영에서 검사 반대 측 선량 평가를 통해 보형물이 있는 팬텀의 반대 측 선량 흡수율은 34%, 보형물이 없는 팬텀은 29%로 보형물 있는 경우, 반대 측 선량에 대한 영향이 높은 것으로 분석되었다. 이는 반대 측 유방에 입사된 산란선이 보형물로 인해 감쇠되었기 때문이라고 생각된다. Lee jin su<sup>[1]</sup>의 연구에 따르면 검사 측과 검사 반대 측 선량의 선량 흡수율이 좌측 검사 시 우측 유방의 선량흡수율 73%, 우측 검사 시 좌측 유방의 선량 흡수율 75%로 본 연구와 다소 상이한 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 실험에 대한 검사 조건 차이 및 실험설계 부분의 차이로 인한 것으로 보이며, 이로 인해 검사 시 발생된 광자와 인접 장기와의 상호작용의 빈도에 따라 그 비율은 달라질 수 있을 것으로 생각된다. 추후 주변 장기와의 상호작용에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. CONCLUSION

유방성형 환자는 보형물로 인해 기본 검사 외에 보형물 분리 촬영이라는 추가 검사가 필요하며, 일반 여성에 비해 높은 피폭선량에 노출된다. 이에 본 연구에서는 모의실험을 통해 유방 X선 검사 시 유방 보형물 삽입 유·무에 따른 선량평가를 수행하였다. 그 결과, 보형물을 삽입한 경우, 일반 환자의 유방선량보다 더 낮은 수치를 나타내었으나, 추가

촬영으로 인해 결론적으로 더 높은 피폭선량에 노출될 수 있다. 이는 여성의 암 발생을 높일 수 있는 위험인자로 작용할 수 있으므로, 지속적인 연구를 통해 유방성형환자의 방사선 방호를 위한 가이드라인의 정립이 필요할 것으로 판단된다.

## Reference

- [1] J. S. Lee, S. J. Ko, "Image Quality and Dose evaluation using Monte Carlo Simulation Digital Mammography System", The Korean Contents Association. Vol. 14, No. 6, pp. 1-8, 2013.
- [2] National Cancer Center "National Cancer Registry Statistics", 2015
- [3] G. H Hong, "Study on Average Glandular Dose Measured using Mammo Phantom(CIRS model 15) on Mammography Equipment", Master's thesis, Korea University, pp. 1-59, 2011.
- [4] Ministry of Food and Drug Safety "Guidelines for patient dose recommendation, in mammography" Radiation Safety Management Series, No. 16, pp 1-26, 2008.
- [5] D. R. Dance, C. L. Skinner, K. C. Young, J. R. Beckett, C. J. Kotre, "Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol", Physics in Medicine & Biology, Vol. 45, No. 11, pp. 3325-3265, 2000.  
<http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/45/11/308>
- [6] D. H. Hong, "Evaluation of Usefulness of Image by Using new Compression Paddle for Mammoplasty Patient During Mammography", Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 38, No. 3, pp. 229-235, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2015.38.3.06>
- [7] Zaker Salehi, Elnaz Balvasi, Mohd Zahri Abdul Aziz, "A Review of the Recent Monte Carlo (MC) Simulation for Dosimetry in Mammographic Applications", Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences, Vol. 14, pp. 76-81, 2018.
- [8] D. Y. Lee, E. T. Park, J. H. Kim, "Characterization of the Neutron for Linear Accelerator Shielding Wall using a Monte Carlo Simulation", Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 39, No.

- 1, pp 88-97, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2016.39.1.11>
- [9] S. S. Kang, Y. I. Cho, J. H. Kim, "Organ Dose Assessment of Nuclear Medicine Practitioners Using L-Block Shielding Device for Handling Diagnostic Radioisotopes", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 40, No. 1, pp. 49-55, 2017.  
<http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2017.40.1.08>
- [10] Fateme Sari, Seied Rabi Mahdavi, Robab Anbiaee, Alireze Shirazi, "The effect of Breast Reconstruction Prosthesis on Photon Dose Distribution in Breast Cancer Radiotherapy," *Iranian Journal of Medical Physics*, Vol. 14, No. 4, pp. 251-256, 2017.  
<http://dx.doi.org/10.22038/IJMP.2017.22272.1210>
- [11] S. Y. Jang, W. G. Oh, J. B. Park, G. H. Jin, "The energy spectrum and phantom image quality according to mammography target-filter combinations", *Journal of the Korea Society of Radiology* Vol. 7, No. 1, pp. 51-55, 2018.  
<http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2013.7.1.051>
- [12] B. Kristina, S. Ioannis, B. Ivan, P. Nicolas, "Breast Simulator: A software platform for breast x-ray imaging research", *Journal of Biomedical Graphics and Computing*, Vol. 2, No. 1. pp. 343-350, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.5430/jbgc.v2n1p1>
- [13] Sonia M. Reda, Eman Massoud, Magda S. Hanafy Ibrahim I. Bashter and Esmat A. Amin, "Montecarlo Dose Calculations for Breast Radiotherapy using 60 Co Gamma rays", *Journal of Nuclear and Radiation Physics*, Vol. 1 No. 1 pp. 61-72, 2006.  
<https://www.researchgate.net/publication/281278573>
- [14] D. H. Kim, "Analysis of the image quality by tube voltage of digital mammography", Master's thesis, Catholic University of Busan, pp. 1-51, 2014..
- [15] C. Ann-Katherine, B. Predrag, U. Christer, D. Helen, D.A Andrew, "Development of a physical 3D anthropomorphic breast phantom", *Medical Physics*, Vol. 38, No. 2, pp. 891-896, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1118/1.3533896>
- [16] Helen, D. A Andrew, "Development of physical 3D antropomorphic breast phantom", *Medical Physics*, Vol. 38, No. 2, pp. 891-896, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1118/1.3533896>
- [17] E. Massound, M. H. Nassef, "Dose Reduction during Breast Screening Using Monte Carlo Calculation", *Arab Journal of Nuclear Science and Applications*, Vol. 50, No. 1, pp. 232-238, 2017.  
[http://www.esnsa-eg.com/download/researchFiles/\(22\)%20%20%20%20108-2014.pdf](http://www.esnsa-eg.com/download/researchFiles/(22)%20%20%20%20108-2014.pdf)
- [18] Andy K.W. MA, Ali A. ALGHAMDI, "Development of a Realistic Computational Breast Phantom for Dosimetric Simulations", *Progress in nuclear science and technology*, Vol. 2, pp. 147-152, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.15669/pnst.2.147>

## 몬테칼로 모의모사를 이용한 유방성형술 환자의 유방선량평가

김지수,<sup>1</sup> 조용인,<sup>2</sup> 김정훈<sup>3,\*</sup>

<sup>1,3</sup>부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

<sup>2</sup>동남권원자력의학원 영상의학과

### 요 약

유방촬영은 경제적이고 간편하며 미세석회화 검출에 효과적이라는 장점이 있으나, 유방은 감수성이 높은 장기이므로 확률적 영향에 의한 암 발생 위험을 동반한다. 이를 최소화하기 위해 정확한 유방 선량 평가가 필요하나, 현재 유방선량 평가는 일반여성들에게 한정되어 유방성형술 환자에게는 제한적이다. 본 연구는 유방성형술 환자의 정확한 선량 평가를 위하여 유방 보형물이 삽입된 모의피폭체를 구성하여 관전압에 따른 선량변화를 알아보고자 하였다. 그 결과, 유방 보형물이 있는 경우, 보형물이 없을 때의 선량보다 낮은 결과를 나타내었다. 검사 시 관전압 조건에 따른 선량 분포는 보형물의 유·무와 관계없이 관전압이 높아질수록 선량이 높아지는 양상을 보였다. 추후 본 연구를 통해 유방성형술 환자의 선량 관리 측면의 진단참고 수준 확립을 위한 기초적인 자료로서 활용 가능할 것으로 사료된다.

중심단어: 유방촬영, 유방보형물, 선량평가, 모의실험

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김지수	부산가톨릭대학교 보건과학대학원 방사선학과	대학원생
(공동저자)	조용인	동남권원자력의학원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	김정훈	부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과	교수