JOURNAL OF RADIATION INDUSTRY

Original article

16(4) : 401-406 (2022)
https://doi.org/10.23042/radin.2022.16.4.401

유방촬영에서의 ACR 유방 팬텀을 통한 SAEC 모드의 유용성 연구

엄현자[1], 최지원[1,2,*]

[1]전주대학교 보건복지대학원 방사선학과, [2]전주대학교 방사선학과

Usefulness of SAEC Mode Using the ACR Breast Phantom in Mammography

Hyon Ja Uhm[1] and Jiwon Choi[1,2,*]

[1]Department of Radiological Science, Graduate School of Public Health and Social Welfare, Jeonju University, 303, Cheonjam-ro, Wansan-gu, Jeollabuk-do 55069, Republic of Korea
[2]Department of Radiological Science, Jeonju University, 303, Cheonjam-ro, Wansan-gu, Jeollabuk-do 55069, Republic of Korea

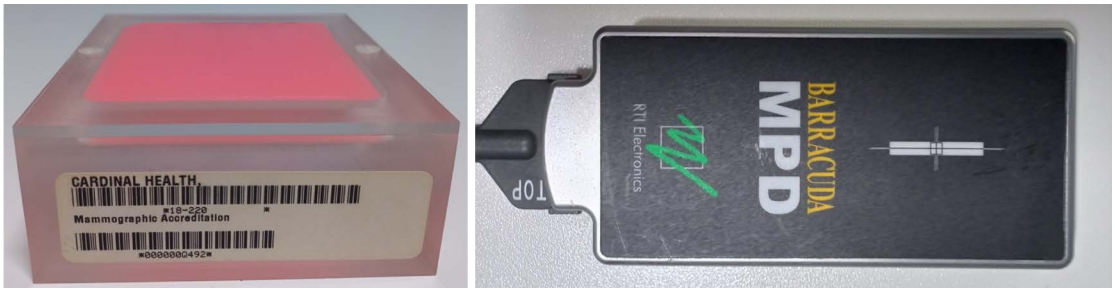
Abstract The purpose was to evaluate overall performance according to automatic exposure control (AEC) and semi AEC (SAEC) mode in mammography. The mammography images using the American College of Radiology (ACR) phantom were acquired at the 27 kVp AEC mode, and 27, 28, 29 kVp SAEC mode, respectively. The similarity analysis such as peak signal to noise ratio (PSNR) was performed between reference image as 27 kVp AEC mode and comparison image as 27, 28, 29 kVp SAEC mode. The contrast to noise ratio (CNR) was used drawn by region of interest to acquired images. In addition, the radiation dose rate was implemented at the front, right, and left side from ACR phantom. According to the similarity analysis, there was no significant difference between the images with AEC and SAEC mode. Besides, the images SAEC mode for CNR was superior 1.1 times than AEC mode. According to radiation dose rate for SAEC mode was decreased 1.2 times compared with AEC mode. We confirmed that the SAEC mode was useful when scanning the mammography.

Key words: Automatic exposure control, Breast cancer, Mammography, Semi automatic exposure control, American College of Radiology phantom

1. 서 론

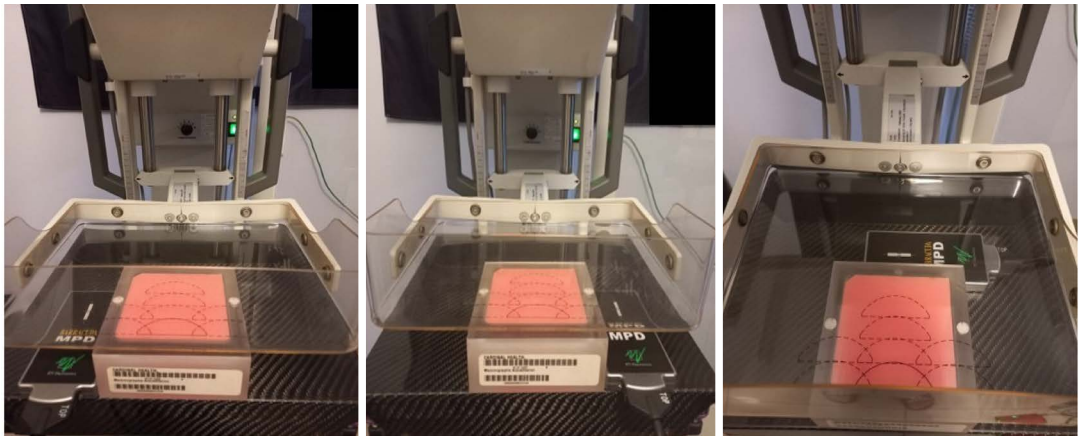
2021년 World Health Organization 보고서에 따르면, 전 세계적으로 유방암을 진단 받은 여성이 2020년 전·후로 비교했을 때 약 3.5배가 증가했다고 보고했다[1]. 그러므로, 유방암이 여성의 사망 원인으로 크게 작용하고 있는 시점에서 유방암의 조기발견에 대한 연구가 많이 수행되고 있다[2,3]. 유방암을 조기에 발견할 수 있는 다양한 방법 중 X-ray 기반의 영상을 획득하는 유방촬영술이 대중적으로 사용되고 있다[4]. Wu 등의 연구결과에 따르면 유방촬영술은 유방의 높은 치밀도로 획득 영상의 대조도가 저하되는 현상이 발생되고, 병변을 검출하는데 한계가 있다고 보고했다[5]. 따라서 우수한 영상의 질을 획득하기 위하여 많은 수의 영상과 다방향에서의 촬영을 수행하고 있으며, 상대적으로 낮은 에너지 영역의 X선을 사용하기 때문에 환자의 방사선 피폭 영향이 크다[6,7]. 뿐만 아니라, 방사선 작업종사자는 환자와 밀착하여 검사를 시행하기 때문에 간접적인 방사선 피폭에 노출될 수 밖에 없다[8].

http://www.ksri.kr/
Copyright © 2022 by
Korean Society of Radiation Industry
***Corresponding author.** Jiwon Choi
Tel. +82-63-220-3260 Fax. +82-63-220-2054 E-mail. jwchoi@jj.ac.kr
Received 18 October 2022 **Revised** 29 October 2022 **Accepted** 3 November 2022



(a) (b)

Fig. 1. The photo of (a) American Colloege of Radiology (ACR) phantom and (b) MPD radiation detector.



(a) (b) (c)

Fig. 2. The photo of overall experimental set up for (a) with dosimetry of left side, (b) with dosimetry of right side, and (c) with dosimetry of front side.

그러므로, 환자와 방사선작업종사자의 피폭의 저감화를 위한 연구를 많은 연구자들이 수행하고 있다[9-11]. 구 등은 피폭선량 감소를 위한 유방촬영용 차폐복을 개발하여 유용성을 증명하는 연구를 수행하였다[9]. 또한, 문 등은 유방촬영술에 있어 패드를 통한 압박은 영상의 질을 향상시키고, 피폭의 저감화가 가능하다고 발표하였으며, 여성들의 촬영에 있어 만족도를 향상시킬 수 있는 맘모패드를 제작하고 유용성을 평가하였다[10]. 김 등은 몬테카를로 시뮬레이션을 통한 유방 성형 환자에서의 장기에 대한 선량을 감소시킬 수 있는 방법으로 몰리브데늄 물질 기반의 타켓과 필터 조합이 유리하다고 보고하였다[11]. 이러한 피폭선량을 감소시킬 수 있는 다양한 방법 중 자동노출제어(Automatic exposure control: AEC) 모드가 유방촬영술에서 사용되고 있다[12,13]. AEC 모드는 이온 챔버 센서 기반과 반도체 센서 기반으로 시스템이 구성되어 있으며, 김 등은 반도체 센서 기반의 시스템이 이온 챔버 센서 기반의 시스템보다 재현성이 우수하지만, 제작 등 높은 가격과 성능 저하에 대한 문제점이 발생하고 있다고 보고했다[14]. 다양한 유방촬영술 연구에서 AEC 모드 기반의 유방 영상을 획득하고 비교 분석을 하였다[15-17]. 특히, 홍 등이 발표한 연구에 따르면 유방촬영 시 압박대 물질 재질에 따른 피폭 선량의 평가를 유방 American of College Radiology (ACR) 팬텀을 이용하였으며, AEC 모드 적용 기반 선량 평가에 대한 연구를 수행 하였지만, 반자동노출제어(Semi automatic exposure control: SAEC) 모드를 적용한 선량 평가에 대한 연구는 미비한 시점이다[17].

그러므로 본 연구의 목적은 유방 전용 ACR 팬텀을 이용하여 AEC 와 SAEC 기반 영상을 각각 획득하고, 선량계 위치 방향에 따른 측정 선량을 평가함으로써 SAEC 모드의 유용성을 증명하고자 한다. 증명을 위하여 획득 영상의 contrast to noise ratio (CNR)의 정량적 인자로 AEC와 SAEC 기반의 획득영상을 비교 평가하였으며, AEC

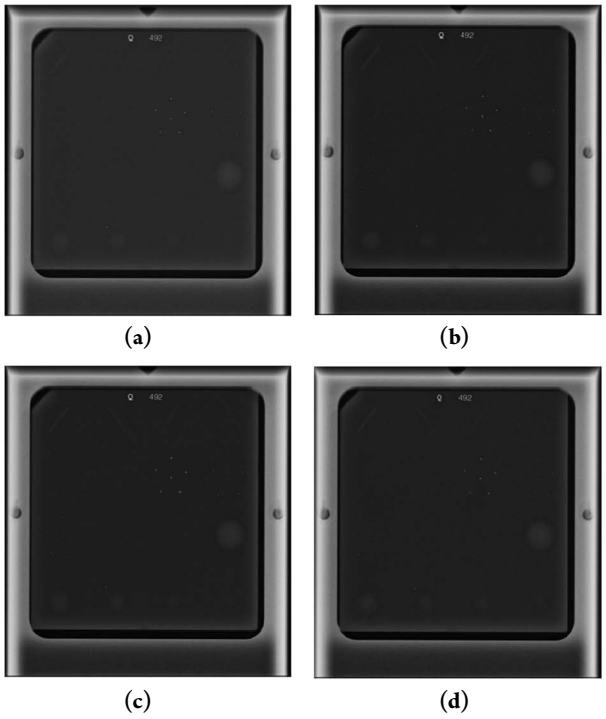


Fig. 3. The acquired images (a) based on the AEC mode with 28 kVp, (b) SAEC mode with 27 kVp (c) SAEC mode with 28 kVp and (d) SAEC mode with 29 kVp.

Table 1. Similarity analysis such as peak signal to noise ratio between reference and compared images in mammography.

Similarity	27 kVp	28 kVp	29 kVp
Peak signal to noise ratio (PSNR)	89.97	91.28	92.12

와 SAEC 모드 기반 획득 영상을 peak signal to noise ratio (PSNR)의 유사도를 이용하여 분석하였다.

2. 대상 및 방법

2.1. 연구 재료 및 방법

본 연구에서 사용된 유방촬영장치는 Alpha ST (GE, Finland)를 사용하였다. 스캐너의 타겟과 필터 물질은 몰리브데늄으로 구성되어 있다. 영상획득을 위하여 유방 전용 ACR 팬텀 (Gardinal Health, USA)을 사용하였다. Fig. 1은 본 연구에서 사용된 ACR 팬텀과 선량 측정에 사용된 선량계 (Barracuda, USA)다.

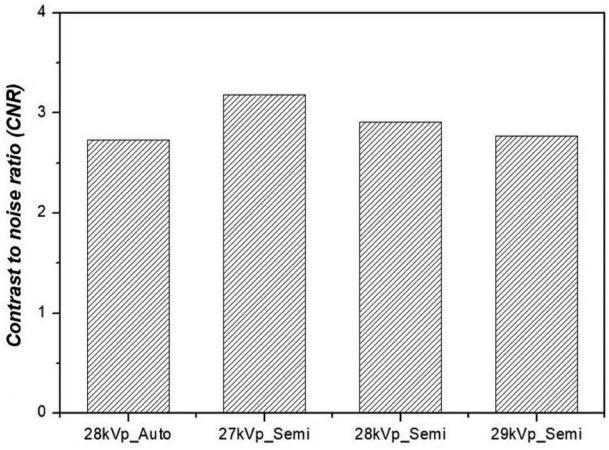


Fig. 4. Contrast to noise ratio results set by region of interest at the biggest mass region and peripheral background according to each scan condition.

ACR 팬텀은 유방촬영술 영상의 질 평가 및 향상을 위하여 대표적으로 사용되고 있는 팬텀으로써, 102.0 × 108.0 × 44.0 mm^3의 크기로 구성되어 있으며 조직등가물질의 PMMA 물질로 제작되었다. ACR 팬텀의 내부구조는 0.56, 1.12, 0.89, 7.75, 0.54, 0.40 mm 6개의 섬유소, 0.54, 0.40, 0.32, 0.24, 0.61 mm 5개의 미세석회화, 2.00, 1.00, 0.75, 0.50, 0.25 mm 5개의 종양으로 모조병소를 모사하였다. Fig. 2는 이번 실험에서 적용된 전체적인 실험 영상이다.

2.2. 평가 방법

2.2.1. 유사도 평가

ACR 팬텀을 활용하여 AEC 기반 획득 영상과 조건 별로 획득한 SAEC 기반 영상과의 유사도 평가를 위하여 PSNR의 정량적 인자를 사용하여 비교 분석하였고, 식은 아래와 같다.

$$PSNR = 10\log\frac{f_{\max}^2}{\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}[f(i,j)-g(i,j)]^2} \quad (1)$$

$f(i,j)$과 $g(i,j)$은 각각 reference 영상과 비교대상의 영상의 픽셀값을 의미한다. N은 각 픽셀크기와, f_{max}는 영상의 최대 픽셀값을 나타낸다. 결과적으로, PSNR 값의 값이 클수록 reference 영상과의 유사도가 높다는 의미다.

2.2.2. 정량적 분석

획득한 영상을 정량적으로 평가하기 위하여 아래의 식

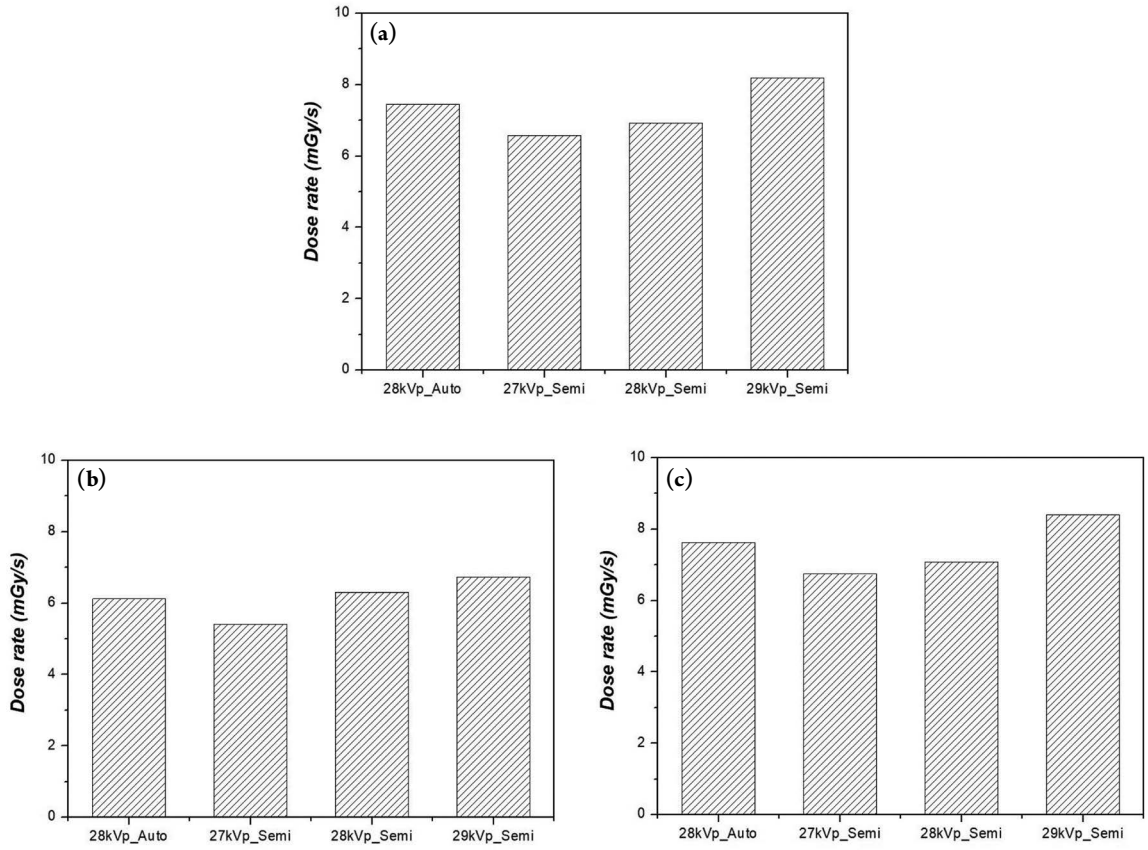


Fig. 5. Result of dose rate using the dosimetry according to location of (a) left side, (b) right side, and (c) front side from ACR phantom.

을 적용하여 CNR의 평가인자를 통해 비교 분석하였다.

$$CNR = \frac{|M_A - M_B|}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}} \quad (2)$$

M_A와 σ_A설정한 관심영역의 픽셀 평균값과 표준편차 값을 각각 의미하고, M_B와 σ_B는 각각 백그라운드 관심영역의 픽셀 평균값과 표준편차 값을 각각 의미한다. CNR은 ACR팬텀에서 모조 병소의 가장 큰 크기의 종양을 기준으로 관심영역을 설정하여 평가하였다.

3. 결 과

AEC와 SAEC 모드 기반 각 조건에 따른 획득된 영상을 Fig. 3에 나타냈다. Table 1은 AEC 모드 기반 획득 영상과 27, 28, 29 kVp의 SAEC 모드 기반 획득 영상과의 유사도 평가에서는 89.97, 91.28, 92.12의 결과를 획득하였다.

Fig. 4는 ACR 팬텀의 2.0 mm의 가장 큰 종양의 모조병소에서의 CNR 결과값을 나타냈다. AEC 모드 기반 획득 영상의 CNR 결과값은 2.73, 27, 28, 29 kVp 조건의 SAEC 모드 기반 획득 영상의 CNR은 각각 3.18, 2.91, 2.77의 결과값을 획득하였다.

Fig. 5는 선량계를 ACR 팬텀의 왼쪽, 오른쪽, 앞쪽에 위치시킴으로써 AEC 모드 획득 영상과 27, 28, 29 kVp의 조건에 따른 SAEC 모드에서의 측정된 선량 분포를 각각 나타냈다. Fig. 5(a)의 측정된 선량률은 7.62, 6.74, 7.08, 8.41 mGy/s, Fig. 5(b)의 측정된 선량률은 7.44, 6.57, 6.92, 8.19 mGy/s, Fig. 5(c)의 측정된 선량률은 6.12, 5.42, 6.03, 6.73 mGy/s다.

4. 고 찰

유방암의 조기 검진 및 발견을 위하여 시행되는 유방촬영술에서 촬영부위인 유방은 방사선에 민감한 장기이므로, 유방암의 조기 발견의 이득보다 영상의 질을 향상 시키기 위하여 시행되는 재촬영 등 다양한 방면에서 흡수되

는 환자 및 방사선 작업종사자의 방사선 피폭 위해가 더 클 수 있다고 조 등이 연구결과를 발표하였다[18]. 그러므로 AEC 장치의 사용이 권고되고 있고 많은 촬영자가 AEC를 이용한 유방촬영을 하고 있지만, Salvagnini 등의 연구에 의하면 AEC를 사용한 유방촬영에서 유방의 두께가 증가할수록 SNR이 감소한다고 보고하였다[19,20]. 그러므로, 본 연구는 유방촬영술에서의 ACR 유방 팬텀을 활용하여 AEC와 다양한 촬영 조건에서의 SAEC 모드 기반 획득 영상을 획득하고 유사도 분석과 함께 흡수된 선량 평가와 정량적으로 영상의 질을 분석하였다.

AEC 장치와 27, 28, 29 kVp 조건에서의 SAEC 장치 기반의 영상 획득에 대한 유사도 분석은 AEC 장치와 29 kVp 기반의 SAEC 장치 기반의 획득 영상이 가장 PSNR 값이 높게 평가되었다. 하지만, 조건에 따른 SAEC 기반 영상은 AEC 기반의 영상의 유사도와 크게 차이가 없음을 확인하였다. CNR 분석 결과에 따르면, 27, 28, 29 kVp SAEC 기반의 획득 영상과 AEC 기반의 획득영상과 비교했을 때 1.16, 1.07, 1.01배 차이가 발생했다. 결과적으로, SAEC 기반의 획득영상의 CNR이 AEC 기반의 획득영상보다 영상의 질이 우수함을 확인하였다. 각 위치에 따른 흡수 선량평가는 ACR 팬텀으로부터 측정위치가 우측일 때 1.13, 1.08, 0.91배 차이가 발생했으며, 좌측일 때 1.42, 1.36, 1.15배, 앞에 위치했을 때 1.23, 1.16, 1.00의 차이가 발생했다. 조건에 따른 우측, 좌측, 앞쪽에 대한 평균 선량에 대한 분석은 1.23, 1.16, 1.00배로써 29 kVp SAEC 기반의 조건을 제외한 설정한 조건에서의 선량값이 모두 AEC 기반의 흡수 선량보다 낮게 평가되었다. Hong 등이 수행한 연구결과에 따르면 디지털 유방단층촬영에서 피폭선량을 감소시키기 위해 수동촬영 조건의 적용도 필요하다라고 보고하였다[21]. 본 연구는 우리나라의 유방촬영술에서 SAEC 장치의 적용이 유용성이 있음을 확인하였다. 향후 실제에 적용하기 위하여 추가로 팬텀을 적용한 연구를 환자를 대상으로 선량 감소 차이를 임상에 적용하는 연구와 연구결과에서 제한된 통계적 검정에 대한 AEC와 SAEC의 통계처리 연구가 필요하다.

5. 결 론

본 연구를 통하여 AEC와 SAEC 모드에서의 ACR 팬텀 영상을 획득하였다. AEC 모드에서 팬텀 촬영시 28 kVp의 조건으로 촬영되었고 SAEC mode를 사용하여 27, 28, 29 kVp 조건으로 팬텀을 촬영하였다. 두 방식의 촬영상을 분석한 결과 AEC 모드보다 SAEC 모드의 27 kVp, 28 kVp에서 더 우수한 CNR을 획득할 수 있었으며, 같은 조건에서 더 적은 양의 방사선이 조사되는 것을 알 수 있었다. 유방촬영에서 유방의 두께와 치밀도가 영상을 만드는데 중요한 변수로 작용하는 것을 감안 할 때 AEC 모드를 배제할 수 없지만 AEC 모드보다 SAEC 모드를 사용할 경우 방사선 피폭을 줄이고 영상의 질을 높일 수 있음을 팬텀 실험을 통하여 확인하였다.

참고문헌

1. World Health Organization. 2021. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer.
2. Kim SY, Lee SB, Kim YS, Kim Z, Kim HY, Park S, Bae SY, Yoon KH, Lee SK, Jung KW, Han J and Jo YH. 2021. Breast Cancer Statistics in Korea, 2018. *J. Breast Cancer.* **24**(2):123-137.
3. Mazzocchi S, Belli G, Busoni S, Gori C, Menchi I, Salucci P, Taddeucci A and Zatelli G. 2006. AEC set-up optimisation with computed radiography imaging. *Radiat. Pro. Dosim.* **117**:169-173.
4. Lee SM, Choi HY, Baek SY, Seo JS and Lee Js. 2002. Diagnostic Accuracy of Mammography and Ultrasonography in Detection of Early Breast Cancer. *J. Korean Radiol. Soc.* **47**(3):321-328.
5. Wu T, Stewart A, Stanton M, McCauley T, Phillips W and Kopans DB. 2003. Tomographic Mammography using a Limited Number of Low-dose Cone-beam Projection Images. *Med. Phys.* **30**(3):365-380.
6. Leschka S, Stolzmann P, Schmid FT, Scheffel H, Stinn B, Marincek B, Alkadhi H and Wildermuth S. 2008. Low Kilovoltage Cardiac Dual-source CT: Attenuation, Noise, and Radiation Dose. *Eur. Radiol.* **18**(9):1809-1817.
7. Lewin JM, Isaacs PK, Vance V and Larke FJ. 2003. Dual-energy Contrast-enhanced Digital Subtraction Mammography: Feasibility. *Radiology* **229**(1):261-268.
8. Kim TH. 1996. Dosimetric evaluation of average glandular absorption radiation dose in mammography. *J. Korean. Radiol. Soc.* **35**(6):999-1003.
9. Koo BY and Kim JW. 2019. A study on the usefulness of breast shielding apron for reducing expousure dose in mammography. *J. Radiol. Sci. Technol.* **42**(2):99-104.
10. Moon YJ and Kim SH. 2019. Evaluation of new material mammopad. *J. Radiol. Sci. Technol.* **42**(4):265-270.
11. Kim JS, Cho YI and Kim JH. 2020. Assessment of Organ Dose in Mammoplasty Patient by Monte Carlo Simulation during Mammography. *J. Radiol. Sci. Technol.* **43**(5):337-341.
12. Kang SS, Kim KY, Noh SC, Jung BJ and Park JK. 2014. The Study

on Design of Customized Radiation Protective Layer for Medical Radiation Dose Reduction. *J. Radiol. Sci. Technol.* **8**(6):333-338.

13. Kwon SM, Park CH, Park JK, Song WH and Jung JE. 2014. The Effect of Source to Image receptor dis tance (SID) on radiation dose for digital chest radiography. *J. Korean Soc. Radiol.* **8**(4):203-210.
14. Kim KT, Han MJ, Heo YJ, Kim JH, Kang SS, Park JK and Nam SH. 2016. A Study on the Development of High-sensitivity AEC-sensor for Minimization of Dose Creep in Diagnostic Imaging System. *J. Korean Soc. Radiol.* **10**(5):321-325.
15. Idris AE and Lakshminarayanan AV. 2005. Tesic MM. Automatic expousre control for a slot scanning full field digital mammography system. *Med. Phys.* **32**(9):2763-2770.
16. Hong DH. 2019. Reduction of Exposure Dose of Mammography by Comparison of Compression Paddle. *J. Radiol. Sci. Technol.* **42**(6):455-460.
17. Hong DH and Jung HR. 2015. A Study on Compression Paddle Materials to Reduce Radiation Exposure Dose During Mammography; PC and PMMA and Carbon. *J. Radiol. Sci. Technol.* **38**(2):81-87.
18. Cho JH, Lee HY and Im IC. 2016. Monitoring on Dose Index Analyzed in the Mammography. *J. Korean Soc. Radiol.* **10**(7):477-482.
19. Salvagninia E, Bosmansa H, Monninb P, Struelensc L, Verdunb FR and Marshalla W. 2011. The use of detectability indices as a means of Automatic Exposure Control for a digital mammography system. *Proc. of SPIE*. **7961**:79615J.
20. Kim HC, Joh PG, Kim SS, Choi JH and Kim YH. A Survey on Radiation Exposure of Patient in Mammography. *J. Korean Soc. Radiol.* **27**(4):55-60.
21. Hong EA and Lee IJ. 2016. Suggestion of The Manual Exposure Condition Guideline for Reducing Patient Dose in Digital Breast Tomosynthesis. *J. Radiol. Sci. Technol.* **39**(4):483-491.