

<원저>

유방X선촬영 시 피폭선량 감소를 위한 유방촬영용 차폐복의
유용성에 관한 연구구본열¹⁾·김지원²⁾¹⁾영동병원 영상의학과·²⁾충남대학교 의공학과A Study on the Usefulness of Breast Shielding Apron for Reducing Exposure Dose
in MammographyKoo Bon-Yeoul¹⁾·Kim Ji-Won²⁾¹⁾Department of Radiology, Yeongdong Hospital²⁾Department of Biomedical Engineering, Chungnam National University

Abstract Mammography, conducted every two years, causes cancer due to regular exposure to radiation while reducing rate of death caused by breast cancer. The study evaluates the effect of breast shielding apron made to shield off scattered radiation that occurs to the breast when the opposite side breast is mammogrammed. AGD was measured using ACR phantom, composed of 50% mammary glands and 50% fat, and radiation was measured before and after wearing the apron on the breast when the opposite side of the breast is mammogrammed. When CC direction mammography was conducted to a breast, the AGD was 1.84 mGy. When CC direction and MLO direction mammography were done to a breast, the average dose detected from the opposite side breast from four directions(top to bottom and medial to lateral) was 140 μ Gy with maximum dose of 256 μ Gy at medial side. After putting on the apron, the dose, caused by scattered radiation, was not detected from any of the four directions. Using of breast shielding apron is expected to minimize the radiation exposure by blocking scattered radiation to the breast shielded, when mammography is done to the opposite side breast.

Key Words: Mammography, Breast Shielding Apron, AGD, Scattered Radiation, Radiation Shield

중심 단어: 유방X선촬영, 유방촬영용 차폐복, 평균 유선선량, 산란 방사선, 방사선 차폐

I. 서 론

유방암은 여성의 암에 의한 사망률을 높이는 중요한 원인으로 식생활, 비만, 늦은 결혼, 출산, 방사선 노출, 스트레스 등의 다양한 원인으로 인해 유방암의 발생률이 증가하는 추세이다[1-3].

유방암의 조기발견을 위한 건강검진의 일환으로 X선을 이용한 유방촬영과 유방 임상 진찰을 실시하고 있으며 유방촬영의 빈도가 증가하고 있다[4,5]. 이러한 유방 X선 촬영

으로 인한 조기검진은 유방암으로 인한 사망률을 약 25% 감소시킨다고 하였다[4,6-8]. 그러나 유방암 발견을 위해 X선을 이용한 반복적인 유방촬영으로 인해 방사선 감수성이 높은 유방의 유선조직의 발암 가능성 또한 지속적으로 제기되고 있다[10,11]. X선을 이용한 유방촬영의 경우 연부조직, 유선, 섬유소, 지방 등은 대조도 차이가 작기 때문에 정상 조직과 병변을 구분하려면 충분한 대조도를 나타내기 위해 약 25~30 kVp의 에너지가 사용되고 있으며 20 kVp 대의 저에너지 X선을 사용함으로써 광전흡수(Photoelectric

Corresponding author: Ji-Won Kim, Department Biomedical Engineering, Chungnam National University, 266, Munhwa-ro, Jung-gu, Daejeon, Republic of Korea, 35015 / Tel: +82-43-284-1583 / E-mail: nicemidari@naver.com

Received 08 February 2019; Revised 28 February 2019; Accepted 31 March 2019

Copyright ©2019 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

absorption)와 콤프턴 산란(Compton scattering)으로 인해 유방조직에 흡수되는 선량이 증가하여 환자의 피폭선량 또한 증가하게 된다[12]. 또한 저에너지 방사선 피폭으로 인한 생물학적 영향으로 확률적 영향에 관련된 선형 무문턱(Linear-Non-Threshold; LNT)모델을 적용하여 가능한 방사선에 의한 피폭을 최소한으로 유지하는 것이 필요하다 [8,9].

의료행위로 인한 피폭은 환자가 진료목적에 의한 수혜자로 정당화되기 때문에 선량한도를 정하지 않았지만 방사선에 의한 피폭을 줄이기 위해 국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection; ICRP)에서는 가능한 낮게(As Low As Reasonable Achievable; ALARA) 최소화하는 것을 권고했고 외부피폭을 줄이기 위한 원칙으로 시간, 거리, 차폐를 제안하였다[13]. 그러나 유방촬영장치의 X선 tube와 유방의 거리는 일정하게 고정되어 있으므로 거리에 대한 효과를 기대할 수 없고, 임상에서 유방촬영 시 일반적으로 사용되는 노출시간은 약 0.4~1 sec로 매우 짧아져서 시간 단축에 의한 효과 또한 매우 제한적이다. 따라서 실제적으로 유방촬영 시 피폭을 줄이기 위해 환자와 선원간 차폐체를 적용하여 피폭을 줄이는 것을 고려할 수 있다.

유방촬영 시 상하방향으로 1회 촬영할 경우 3 mGy(human breast composed of adipose tissue 50% & glandular tissue 50%, Mo target & Mo filter, 4.2 cm compress, CC view) 이하로 제한하는 선량기준이 있지만[4,14] 이것은 한쪽 유방촬영 시 다른 쪽 유방의 간접 피폭은 계산되지 않은 선량이다. 한쪽 유방에 상하방향 1회 촬영과 내외방향 1회 촬영 시 촬영하지 않은 유방은 간접 피폭이 2회 발생하기 때문에 각각의 유방은 직접 피폭되는 2회와 간접 피폭되는 2회가 발생하게 되어 직접 피폭에 의해 계산된 선량보다 실제 피폭이 증가할 것으로 추측할 수 있다.

본 연구는 유방촬영용 X선 발생장치 사용 시 방사선에 의한 피폭 감소를 위해 촬영이 이루어지지 않는 반대편 유방

을 차폐하기 위한 유방촬영용 X선 방호복을 제작하여 그 효과를 평가해 보고자 하였다.

II. 방 법

1. 유방촬영용 차폐복 제작

일반적인 유방촬영 시 사용되는 30 kVp 이하 관전압으로 인해 산란되는 방사선을 차폐 대상으로 하였고 실험을 위해 진단용 X선에 대한 방어 용구의 기준이 되는 0.25 mmPb Apron 소재를 이용하여 유방촬영용 차폐 보호구를 제작하였다. 차폐 보호구를 착용한 상태에서 촬영을 위해 한쪽 유방을 개방할 때 촬영하지 않는 반대 측 유방을 차폐할 수 있도록 정면 중앙을 절개하여 한쪽 씩 개방하는 형태이고 무게는 약 0.9 kg이다. 차폐되는 측은 감수성이 높은 임파선이 위치한 액와부에서 유방 하단의 상복부까지 차폐할 수 있는 구조이며 유방용 차폐 보호구를 착용한 상태에서 한쪽을 개방할 경우 환자의 신체에 고정할 수 있도록 몸체 뒷부분에서 “X” 형태로 교차시켜 velcro를 이용하여 고정할 수 있도록 하였다[Fig. 1].

2. 유용성 평가

유방X선촬영 시 질을 평가하는 항목으로 평균 유선선량(Average Glandular Dose; AGD)을 이용하고 있으며 AGD 측정 시 변환계수를 구하기 위해 반가층(Half Value Layer; HVL)을 측정하였다. 유방촬영 시 환자의 실제 AGD 측정을 위해 유방촬영용 X선 발생장치(모델: HF-47, S/N: 987096, 제조사: Medison Acoma, 제조국: 일본)에 50% 유선, 50% 지방으로 구성된 유방촬영 인증 팬텀(model name: Gammex 156; S/N: 800004-0312129; manufacturer: Gammex;

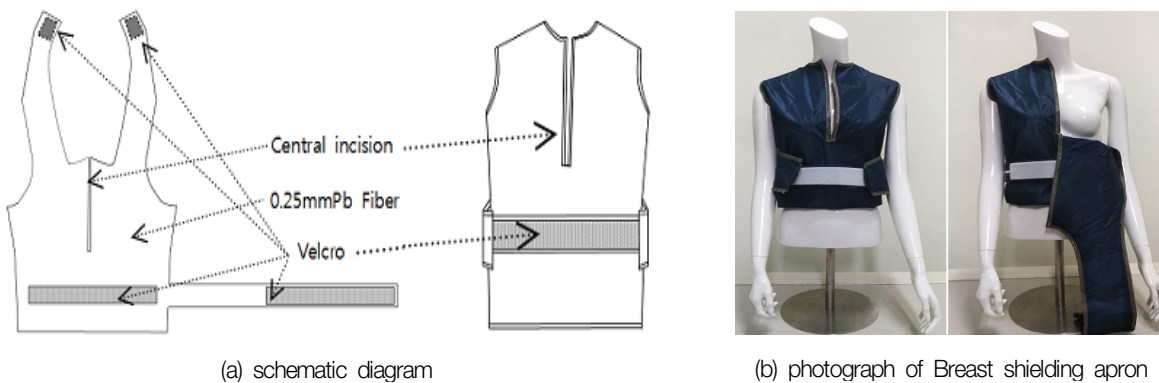


Fig. 1. Breast shielding apron for mammography

country of manufacture; USA)을 사용하였고, 방사선 계측기(model name: Raysafe Xi R/F & MAM detector, S/N: 166981, 교정일: 2018.2, 허용오차: kVp 0.8% / Dose 2.1%, 교정오차: kVp 0.4% / Dose 0.1%, manufacturer: Fluke, country of manufacture: Sweden)를 사용하여 선량을 측정하였다. 방사선 출력(Radiation output)은 27kVp(관전압 변동계수=0.002)를 사용하였고 Mo Target / Mo Filter 설정에서 AEC mode로 촬영된 촬영조건은 83 mAs이며, 유방입사선량(Entrance Skin Dose; ESD) 측정을 위해 유방 촬영대 위에 팬텀과 계측기를 놓고 4회 촬영하여 평균 값을 사용하였다 [Fig. 2]. HVL 측정의 촬영조건은 27 kVp, 50 mAs의 manual로 조사하였다. AGD 측정을 위한 계산식은 다음과 같다[15].

$$D_g = D_gN \times ESD \quad \text{식(1)}$$

여기서 D_g 는 AGD(단위: mGy or mrad)이고 D_gN 은 ESD(단위: R)을 AGD로 변환하는 인자(mGy/R or mrad/R)이며, ESE는 선량측정기를 사용하여 측정한 선량의 값이다.

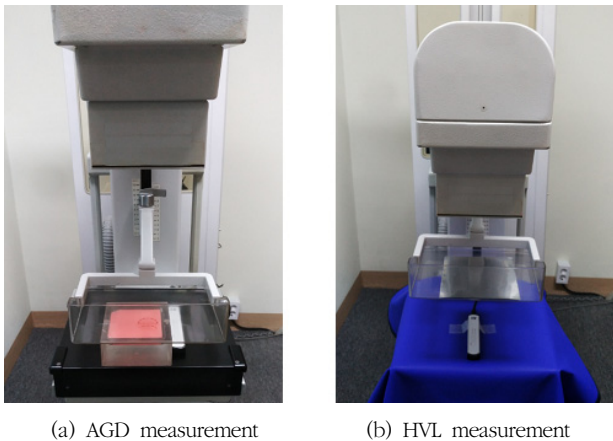


Fig. 2. AGD and HVL measurements

AGD 측정 시 사용된 촬영조건에 가까운 manual 설정값(27 kVp, 80 mAs)으로 한쪽 유방 촬영 시 촬영하지 않는 반대측 유방에 제작된 유방차폐 보호구의 착용 전과 후를 선량측정기(model name: Raysafe Xi Survey meter, S/N: 171378, 교정일: 2018.2, 허용오차: 10%, 교정오차: 3.9%, manufacturer: Fluke, country of manufacture: Sweden)를 사용하였고 산란 방사선 측정 시 방향에 따른 오차를 줄이기 위해 계측기는 마네킹의 정면을 향하도록 하여 흡수선량을 측정하였다[Fig. 3]. 실험을 위해 한국표준 75A 사이즈 여성 마네킹의 촬영측 유방을 제거하였고, 제거한 유방 위치에 ACR 팬텀을 놓고 양측 유방에 1 cm 두께의 Borus 물질을 접착하였다. 상하방향 촬영과 내외방향 촬영 시 촬영 반대측

유방의 nipple 중심으로부터 각각 4 cm 거리의 상·하·내·외측의 4부위에서 각각 피폭되는 선량을 측정하여 4회 촬영한 평균값을 사용하였다.

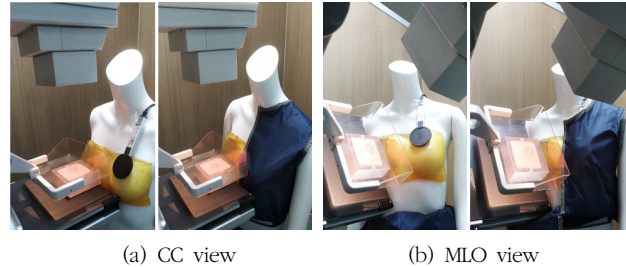


Fig. 3. Absorbed dose measurement before and after breast shielding

III. 결 과

AGD 측정을 위해 관전압 촬영조건 27 kVp에서 산출된 반가층은 부가필터를 사용하지 않았을 때 793 mR, 0.3 mmAl 부가필터 사용 시 454 mR, 0.4 mmAl에서 385 mR, 0.5 mmAl에서 296 mR이었고, 산출된 반가층은 0.38 mmAl이다[Fig. 4]. 27 kVp에서 반가층 0.38 mmAl로 인한 환산인자(Conversion Factor, CF)는 190 mrad/R이다[18], (Table 1). AEC mode로 측정된 ESE는 평균 872 mR이었다. ESE와 DGN을 이용하여 산출된 상하방향 촬영 시 AGD는 1.84 mGy이었다.

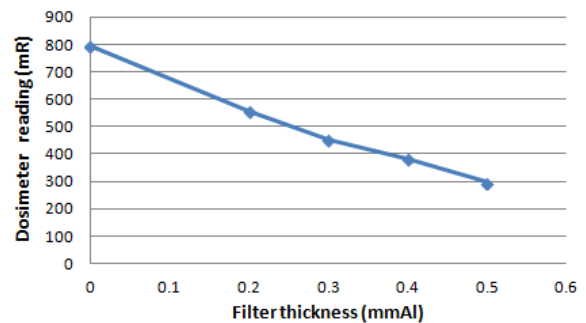


Fig. 4. Attenuation curve for HVL

Table 1. ESD measurement

No	kVp	mAs	Dose (mR)
1	27.72	82	972
2	27.71	82	971
3	27.72	82	974
4	27.72	82	970
Total			971.75±1.70

Table 2. Dose measurement during mammography in CC direction

No	Upper		Medial		Lateral		Lower	
	None	Shield	None	Shield	None	Shield	None	Shield
1	45	-	130	-	39	-	52	-
2	48	-	135	-	37	-	48	-
3	44	-	131	-	41	-	49	-
4	45	-	133	-	41	-	48	-
Total	45.5±1.73	-	132.2±2.21	-	39.5±1.91	-	49.2±1.89	-

Table 3. Dose measurement during mammography in MLO direction

No	Upper		Medial		Lateral		Lower	
	None	Shield	None	Shield	None	Shield	None	Shield
1	53	-	123	-	49	-	68	-
2	55	-	126	-	50	-	66	-
3	55	-	122	-	47	-	65	-
4	56	-	125	-	47	-	66	-
Total	54.7±1.25	-	124±1.82	-	48.2±1.50	-	66.2±1.25	-

상하방향 유방촬영 시 촬영하지 않는 반대 측 유방에서 측정된 산란선에 의한 피폭선량 측정값은 nipple을 중심으로 내측 방향에서 가장 높은 132 μGy , 외측 방향은 가장 낮은 39 μGy , 상측은 45 μGy , 하측은 49 μGy 로 전체 4 방향에서 측정된 선량의 평균은 약 67 μGy 이었다. AGD에 비교하여 내측은 약 7.2%, 4방향 평균은 약 3.6%의 선량이 측정되었다(Table 2).

내외방향 유방촬영 시 촬영하지 않은 유방에서 측정된 피폭선량 측정값은 내측 방향에서 가장 높은 124 μGy , 외측 방향은 가장 낮은 48 μGy , 상측이 54 μGy 로 전체 4 방향에서 측정된 선량은 평균 약 73 μGy 이다. AGD에 비교하여 내측은 약 6.7% 4 방향 평균은 약 4%의 선량이 측정되었다(Table 3).

상하방향과 내외방향 촬영 모두 촬영 측 유방과 가까운 내측방향에서 측정된 흡수선량이 가장 높게 측정되어 256 μGy 이고 가장 낮은 곳은 외측방향에서 87 μGy 이었고, 4 방향에서 측정된 평균 흡수선량은 140 μGy 이었다. 상하방향보다 내외방향 촬영 시 촬영하지 않은 유방의 4 방향에서 측정된 평균 흡수선량이 약 7 μGy 높게 나타났다.

개발된 유방용 차폐복을 착용하고 nipple을 중심으로 4 방향에서 산란선을 측정하였을 때 상하방향 촬영과 내외방향 촬영 모두 촬영하지 않은 반대 측 유방의 측정된 모든 방향에서 산란선에 의한 흡수선량이 측정되지 않았다.

IV. 고 찰

여성의 나이가 증가하면서 다양한 원인으로 인해 유방암의 발병율이 높아지는 것은 전 세계적인 추세이다[1-3]. 이러한 유방암의 조기발견을 위한 유방 X선 촬영은 유방암으로 인한 사망률을 감소시키지만 반복되는 방사선 노출은 방사선에 의한 확률적 영향을 높이게 된다[4,12,13]. 미국 국립보건원 연구에서 35세부터 평생 유방촬영 검진 시 1,000,000명 중 143명이 유방암 사망자가 발생할 것으로 보고하였고[16] 100,000명의 55~74세 여성을 대상으로 2년마다 양측 유방에 각각 3.7mGy 선량을 받았을 때 86건의 암 발생과 11건의 사망이 발생하였다[16]. 따라서 유방암의 조기발견을 위한 정기적인 유방촬영은 암으로 인한 사망률을 줄이는 동시에 암 발생의 한 원인이 된다[6-11].

방사선의 위해와 관련하여 인체의 다양한 장기와 조직의 상이한 방사선 감수성을 고려하여 ICRP 에서 12개의 조직과 장기 및 잔여조직 가중치의 합은 1이고 그 중 유방의 조직 가중치는 0.05에서 0.12 로 높아졌다[13]. 또한 방사선이 조사되었을 때 가장 민감하게 반응하는 정도를 나타내는 방사선 감수성이 높은 장기 중 하나인 임파선의 일부는 유방주위의 액와부위에 위치하므로 방사선 노출에 의한 피폭을 줄일 필요가 있다.

국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA)에서 제시한 성인 환자의 방사선량 guidance level에

서 Mammography는 3 mGy 이하를 권고하였다[4]. AAPM에서 측정된 인증된 팬텀(accreditation phantom) 4.2 cm의 상하방향 1회 평균 유선선량(average glandular dose; AGD)은 1.75mGy이었고[18], 임상에서 촬영한 환자들의 상하방향의 AGD는 대부분 2 mGy 이하로 측정되었다[16,19,20]. 본 연구에서 측정된 상하방향 1회 촬영 시 AGD는 1.84 mGy로 2 mGy 이하로 측정되었고, 한쪽 유방을 상하방향과 내외방향으로 2회 촬영할 경우 한쪽 유방의 직접 촬영에 의한 AGD는 약 3.68 mGy이다. 촬영하지 않은 반대측 유방의 간접 피폭에 의해 측정된 선량은 상하방향과 내외방향 촬영 시 4곳의 측정 평균치의 합 139 μ Gy이었고, 피폭선량이 높았던 내측의 경우는 256 μ Gy이었다. 양측 유방이 받는 간접 피폭선량은 278 μ Gy이고, 내측은 경우는 512 μ Gy이다. 따라서 routine 유방촬영 시 양측 유방에서 받게되는 산란선량은 IAEA[13]에서 제시한 성인 환자의 Chest PA 방사선량의 guidance level이 0.4 mGy 인 것과 비교하면 충분히 높은 선량으로 볼 수 있고, 촬영측과 가까운 내측은 경우 일반인의 연간 선량한도가 1mSv 인 것에 비교하면 절반에 해당하는 불필요한 선량을 받게 된다.

정 등의 연구[21]에 의하면 유방촬영장치의 공간선량률 평가에서 촬영장비를 기준으로 수평방향으로의 선량이 높게 나타났으며, 촬영자의 방사선에 의한 피폭을 줄이기 위해 차폐의 보완이 필요하다고 하였다. 본 연구에서도 촬영측 유방의 수평방향에서 가까운 반대측 유방의 방사선에 의한 피폭이 상하방향과 내외방향 촬영 모두 높게 나타났으며, 유방촬영 시 주변으로 산란되는 방사선으로 인한 가장 큰 피폭의 대상자는 환자 자신으로 볼 수 있고, 촬영측 유방에서 가장 가까이 위치하는 반대측 유방에 방사선 피폭을 줄이기 위해 차폐가 필요하다고 볼 수 있다.

홍 등의 연구[22]에 의하면 유방촬영 시 방사선 감수성이 높은 갑상선의 피폭을 줄이기 위해 Al face block을 사용할 경우 의료영상에 영향없이 60~65%의 갑상선의 피폭선량이 감소한다고 하였다. X선을 이용한 검사 시 의료영상 질의 변화없이 효과적인 차폐체의 사용으로 촬영목적과 관계 없는 환자의 방사선 피폭을 감소시키는 노력은 ICRP의 최적화 원칙에서도 강조되고 있다[8].

본 연구는 유방촬영 시 기존의 촬영방법과 달리 유방촬영용 차폐복을 착용한 상태에서 촬영측 유방의 조사야에 포함되지 않는 신체부위를 차폐하여 유방촬영과 관계없이 산란되는 방사선에 의한 피폭을 효과적으로 차폐하는 것을 확인할 수 있었다.

연구의 제한점으로는 유방의 크기, 유선과 지방 비율, 나이 등의 다양한 변수가 있으므로 실제 환자에 대한 추가적

인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

유방암 검진을 위해 정기적으로 실시하는 유방촬영은 유방암의 조기발견에 중요한 역할을 하는 동시에 의료피폭의 원인이 되고 있다. 본 연구에서 한쪽 유방의 상하방향과 내외방향 X선 촬영 시 반대측 유방에 피폭된 선량은 4 방향에서 평균 140 μ Gy이었고, 가장 높은 내측의 경우 256 μ Gy였다. 유방촬영 시 개발된 유방촬영용 차폐복을 사용 할 경우 모든 방향에서 산란 방사선이 측정되지 않았다. 여성들의 유방암 예방을 위해 유방촬영을 실시할 경우 개발된 유방촬영용 차폐복을 사용하면 산란 방사선을 차폐하여 방사선에 의한 노출을 최소한으로 유지할 수 있다.

REFERENCES

- [1] Jemal A, Siegel R, Ward E, Murray T, Xu J, Thun MJ. Cancer statistics, 2007. *A Cancer Journal for Clinicians*. 2007;57(1):43-66.
- [2] National Cancer Information Center. Breast Cancer Statistics[Internet]. NCIC; 2017 [cited 2018 Aug 10]. Available from: https://www.cancer.gov/lay1/program/S1T211C223/cancer/view.do?cancer_seq=4757&menu_seq=4762
- [3] Kim GS, Gang SH, Lee SJ. Early Results of subcutaneous mastectomy with immediate breast reconstruction as a treatment for early breast cancer. *Korean Surgical Society*. 2005;68(4):264-70.
- [4] International Atomic Energy Agency, Radiological Protection for Medical Exposure to Ionizing Radiation. Safety Standards Series No. RS-G-1.5[Internet]. 2002 [cited 2018 October 2]. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub117_scr.pdf
- [5] Yoon HS. Nationwide Korean breast cancer data of 2002. *Journal of Korean Breast Cancer Society*. 2004;7(2):72-83.
- [6] Miler AB, Baines CJ, To t, Wall C. Canadian national breast screening study:2.breast cancer detection and death rates among women aged 50 to 59 year.

- CMAJ. 1992;147(10):1477-88.
- [7] International Agency for Research on Cancer. IARC handbooks of cancer prevention: Breast cancer screening. IARC publications[Internet]. 2002 [cited 2018 October 11]. Available from:<http://publications.iarc.fr/Advanced-Search?q=Breast+cancer+screening>
- [8] Lauby-Secretan B, Loomis D, Straif K. Breast-cancer screening-viewpoint of the IARC working group. *New England Journal of Medicine*. 2015;372(24):2353-8.
- [9] Kim JS, Kim JM, Jung HK. Set up and operation exposure quality control system of health promotion center. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2016;39(1):13-7.
- [10] Bouzarjomehri F, Mostafaei A, Ghasemi A, Eshramposh MH, Khosravi H. The study of mean glandular dose in mammography in Yazd and the factors affecting it. *Iran J Radiol*. 2006;4:29-35.
- [11] Kim TH. Dosimetric evaluation of average glandular absorption radiation dose in mammography. *Journal of the Korean Radiological Society*. 1996;35(6):999-1003.
- [12] Calton RR, Adler AM. Principles of radiographic image: An Art and a science, 3rd ed. Delmar, CA: Delmar Thomson Learning; 2001.
- [13] International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Elsevier: ICRP Publication 103; Ann ICRP 37(2-4); 2007.
- [14] Korean Institute for Accreditation of Medical Image. Inspection standard Specification[Internet]. 2002 [cited 2018 November 19]. Available from:<http://www.ikiami.or.kr/info/KMI418QD.aspx>
- [15] Wu X, Barnes GT, Tucker DM. Spectral dependence of glandular tissue dose in screen-film mammography. *Radiology*. 1991;179(1):143-8.
- [16] Hurley SF, Kaldor JM. The benefits and risks of mammographic screening for breast cancer. *Epidemiol Rev*. 1992;14:101-30.
- [17] Yaffe MJ, Mainprize JG. Risk of radiation-induced breast cancer from mammographic screening. *Radiology*. 2011;258(1):98-105.
- [18] American Association of Physicists in Medicine. Dose measurement in mammography; what are we measuring?. AAPM[Internet]. [cited 2018 November 19]. Available from:<https://www.aapm.org/meetings/amos2/pdf/34-9718-51051-501.pdf>
- [19] Park HS, Kim HJ, Lee CL, Cho HM, Yu AR. Standardization of the measuring average glandular dose(AGD) and evaluation of the breast composition and thickness for AGD. *Korean Journal of Medical Physics*. 2009;20(1):21-9.
- [20] Jamal N, Ng KH, Mclean D. A study of mean glandular dose during diagnostic mammography in Malaysia and some of the factors affecting it. *The British Journal of Radiology*. 2003;76(904):238-45.
- [21] Jung HM, Jung JE, Hyun HJ, Won DY. The Evaluation of Space Dose Distribution for Digital Mammography Equipment. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2015;9(1):59-63.
- [22] Hong EA, Lee IJ. The usefulness of Al face block fabrication for reducing exposure dose of thyroid glands in mammography. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2013;36(1):11-7.