

디지털유방영상시스템에서 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 영상평가

Evaluation of Image Quality using Monte Carlo Simulation in Digital Mammography System

김창수*, 강세식*, 김정훈*, 이진수**

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과*, 인제대학교 해운대백병원 영상의학과**

Changsoo Kim(cszzim@cup.ac.kr)*, Se-Sik Kang(sskang@cup.ac.kr)*,

Jung-Hoon Kim(donald@cup.ac.kr)*, Jin-Soo Lee(sonojinsoo@naver.com)**

요약

유방촬영술은 유방암의 조기진단과 기본적인 스크리닝 검사의 진단방법으로서 디지털유방영상시스템의 보급과 유방촬영에 대한 관심이 점점 증가하고 있다. 유방영상의 화질은 타깃물질과 필터의 조합에 의해 결정되며, 이러한 조합은 X선 스펙트럼도 변화되지만 화질과 환자의 피폭선량에도 큰 영향을 주기 때문에 환자의 유선밀도와 두께에 따른 적합한 조합의 선택이 필요하다. 이에 본 연구에서는 디지털유방영상시스템에서 정량적인 영상평가와 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 환자의 피폭선량을 저감시킬 수 있는 타깃과 필터 조합을 제시하고자 한다. 그 결과 MTF, NPS, DQE의 영상평가에서 압박 유방의 두께가 얇은 경우는 Mo/Mo 또는 Mo/Rh 조합, 두꺼운 경우에는 Rh/Rh 또는 W/Rh 조합의 영상이 우수하게 나타났다. 또한 임상에서 얇은 두께의 유방에 잘 사용하지 않는 W/Rh 조합이 공간해상력 평가 결과에서 우수한 것으로 나타났다. 그리고 선량평가에서 압박 유방두께가 얇은 경우 Mo/Mo 또는 Mo/Rh 조합, 압박 유방두께 6 cm 이상의 경우 Rh/Rh 또는 W/Rh 조합에서 피폭선량이 감소하였다. 두 번째 장기선량 평가에서는 검사 유방 외에 반대 유방의 선량이 검사 유방을 기준으로 약 47~73% 정도의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 결론적으로 다양한 유방 두께에 따른 최적의 타깃과 필터 조합을 선택하는 것이 환자 피폭선량 감소에 도움이 될 것이다.

■ 중심어 : | 디지털유방영상시스템 | 몬테카를로 시뮬레이션 | 영상평가 | 선량평가 |

Abstract

For the purpose of early diagnosis of the breast cancer, the attention on the screening mammography has been increasing with supply of digital mammography day by day. Image quality is decided by target materials and filter combinations. Optimized selection by a glandular density and a thickness is needed, because these combinations change x-ray spectrum and effect to image quality. The purpose of this study is to find out optimized target and filter combinations through the evaluation of quantitative image quality and to suggest means which minimize patient dose through MCNPX. In results, spatial frequency resolution evaluation which is quantitative image quality evaluation method, MTF, NPS, DQE shows that we have to select Mo/Mo combinations or Mo/Rh combinations when compressed breast is thin. but in case of that when compressed breast is thick, we have to select Rh/Rh combinations or W/Rh combinations. In a comprehensive evaluation, W/Rh combinations which are not used in thin breasts in practice was superior to all image quality evaluation. This result is somewhat different with clinical examination results. Secondary end point was organ dose evaluation, radiation dose of opposite breast was approximately 47~73% effectiveness when selecting standard breast. In conclusion, the most important point is that we have to select the optimal combinations with considering dose evaluation and various thickness.

■ keyword : | Digital Mammography System | MCNPX | Evaluation of Image Quality | Evaluation of Organ Dose |

* 본 논문은 2013년도 부산가톨릭대학교 교내 학술연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

접수일자 : 2014년 03월 04일

심사완료일 : 2014년 04월 28일

수정일자 : 2014년 04월 14일

교신저자 : 이진수, e-mail : sonojinsoo@naver.com

I. 서론

유방암은 2011년에 발표된 자료에 의하면 우리나라의 전체 여성암 중에서 발생률 2위를 차지하고 있으며 [1], 식생활의 서구화, 출산율 감소, 모유수유 기피 등 여러 가지의 이유로 유방암 발생률은 최근 빠른 추세로 증가하고 있다[2][3]. 초기에 유방암을 발견할 수 있으면 완치율도 높고 유방에 대한 변형도 최소화 할 수 있다. 유방촬영술은 비촉지로 작은 크기의 암을 발견하는데에 가장 우수하고, 유방암의 조기진단에서 매우 중요한 진단 방법이며[4], 유방 병변의 미세석회화(micro-calcification)의 진단에 있어서 선별(screening)검사로 임상적 유용성이 확인된 상태이다[5]. 최근 우리나라 여성들의 유방은 식생활의 변화로 그 크기 및 두께도 점차 변화하고 있어 이러한 추세에 맞는 적절한 검사를 통해 화질이 좋은 영상을 획득하여야 하지만 유방은 유선조직과 지방조직으로 구성되어 조직간의 흡수차가 작아 대조도가 높은 영상을 얻는 것이 쉽지 않다. 따라서 유방영상시스템의 특수성을 이해하고 다양한 유방의 형태 및 두께에 따른 정확한 검사가 시행되어야 한다[6]. 유방촬영은 유방암에 대하여 진단효율이 높고 검진에 유용한 기초수단으로서 이용되고 있지만 그 사용빈도의 증가에 따라 방사선위해에 대한 관심이 고조되고 있고 유방촬영에서의 발암 위험성은 지속적으로 제기되고 있다. 이에 우리나라에서는 유방촬영장치의 검사기준 및 시험방법이 진단용방사선 발생장치의 안전관리 규칙으로 제정되어 실시되고 있으며, 화질 및 선량평가로서 표준 제정은 전문하여 기준제정이 필요하다.

유방영상시스템에서는 평균유선선량(average glandular dose, AGD) 측정이 화질 평가를 하는 중요한 항목으로 되어있고, ICRP와 식약청에서는 3 mGy이하로 규정하고 있다. 평균유선선량은 검출기의 종류에 따라 차이가 있지만, 동일 검출기일지라도 타깃과 필터의 조합, 에너지 스펙트럼, 압박 유방두께와 유방 조직성분의 비율 등에 따라 다르다[7-10]. 따라서 실제 검사에 필요한 노출 조건을 설정하는데 어려움이 있고, 노출조건을 결정하기 전 단계의 유방 두께를 측정하여 노출변수들

을 자동으로 선택하는 방식이 많이 이용되고 있다[11]. 그리고 실제 유방촬영술에서 연속촬영(series)이 많으며 이에 대한 총 선량 및 주변 장기선량에 대해 쉽게 인지하기 어려운 것이 현실이다.

디지털유방영상시스템의 화질은 타깃물질과 필터의 조합에 의해 결정되며, 현재 상용화는 필터조합(Mo/Mo, Mo/Rh, Rh/Rh, W/Rh 등)에 따라 X선 스펙트럼도 변화되지만 화질과 피폭선량에도 큰 영향을 주기 때문에 유선 밀도 및 두께에 따른 최적의 타깃과 필터 선택이 필요하다.

본 연구의 목적은 디지털유방영상시스템에 있어서 영상의 질 향상과 환자의 피폭선량 감소를 위하여 영상시스템의 각 타깃과 필터 조합에 따라 화질을 평가하여 임상에서 응용의 기초자료를 제공하고자 한다. 또한 타깃과 필터 조합에 따른 평균유선선량 비교와 몬테카를로 시뮬레이션프로그램(Monte Carlo N-Particle, MCNPX)을 이용한 유방선량 및 산란선에 의한 주변 장기선량을 평가하고, 이를 통해 주변 장기선량을 최소화 할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

II. 재료 및 방법

실험은 디지털유방영상시스템(Siemens Mammomat Inspiration, GER)과 ACR 유방팬텀(Fluke Biomedical, RMI 18-220, USA), 아크릴팬텀을 사용하였고 선질은 IEC 61627 RQA-M2 표준으로 일정한 노출조건을 설정하고 각 타깃과 필터재질의 조합에 따라 영상을 획득하였다. 선량평가는 팬텀을 이용한 평균유선선량과 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 장기선량을 측정 및 평가하였으며, 영상평가는 옛지팬텀을 이용한 정량적인 평가를 하였다[12].

1. 선질

선질 조건은 IEC 61267 표준의 관전압 28 kVp, 자동노출제어(auto exposure control, AEC)에서 실험을 실시한다. 피사체의 두께는 아크릴 팬텀 각 3, 4, 6 cm과, 각 타깃과 필터조합(Mo/Mo, Mo/Rh, Rh/Rh, W/Rh)에

따라 실험영상을 획득한다.

2. 선량

아크릴 팬텀 3, 4, 6 cm에서 타깃과 필터조합(Mo/Mo, Mo/Rh, Rh/Rh, W/Rh)에서 각각 5회씩 촬영하여 유방의 입사조사선량, 평균유선선량 및 입사표면선량을 측정한다. 장기선량은 몬테카를로 시뮬레이션 프로그램(MCNPX Ver.2.5.0, USA)을 이용하였으며, IRRP 89, ICRU 49를 기초로 하여 총 23개의 각각 조직들마다 다른 물성으로 표현하여 수정 제작한 성인용 MIRD형 팬텀과 유방영상시스템의 X선관 구조를 묘사한 geometry를 설계하여 모사한다[Fig. 1]. 그리고 선량평가는 28 keV 에너지, SSD 65 cm, 타깃과 필터까지 거리 15 cm로 실험하며, 필터 두께 변화(25, 30, 50 μm)에 따른 주변장기 선량분포를 분석하고, 장기선량은 출력연산자 6렐리(tally)를 지정하여 초당 흡수선량률을 계산한다. 유방의 흡수선량률은 에너지 스펙트럼 분석에 의한 photon fluence와 식(1)에 의한 결과를 비교한다.

$$\dot{D} = (\phi(\text{potons}/\text{cm}^2))/\text{sec} \times (\text{EMeV}/\text{photon}) \times \mu_m \text{cm}^{-1} \times 1.6(10^{-13} \text{J}/\text{MeV}) \times \frac{1}{(\rho_m \text{kg}/\text{cm}^2) \times 1(\text{J}/\text{kg})/\text{Gy}} \quad (1)$$

\dot{D} : 흡수선량률(Gy 또는 Sv)

μ_m/ρ_m : 물질의 질량흡수계수

ϕ : 광자밀도

E : 에너지(MeV)

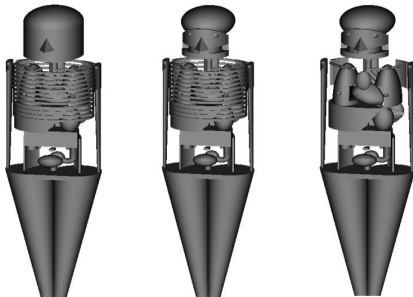


Fig. 1. Geometric Structure of the Phantom

3. 에너지 스펙트럼 분석

X선 에너지 스펙트럼 분석은 MCNPX 모사로서 28 keV 에너지 전자선, 출력 연산자는 5렐리(tally)를 지정하여 초당 흡수선량률을 계산한다. 계산의 통계적 오차 3%이하로서 반복실험 횟수를 1×10^8 으로 설정한다.

4. 공간분해능 평가

공간해상력 평가 실험방법은 IEC 62220-1 표준으로 제작한 순도 99%이상, 두께 1.0 mm, 가로 100 mm, 세로 100 mm의 텅스텐(W) 엣지(Edge)팬텀을 사용하였다. 선질조건은 IEC 61267 RQA-M2의 관전압 28 kVp, SSD 65 cm, AEC에서 실험 영상을 획득한다. 획득한 실험영상의 정량적인 평가는 Matlab(Ver. R2007a, MathWorks, USA)를 이용하며, MCNPX 모사의 에너지 스펙트럼 분석에 의한 photon fluence 값으로 공간해상력의 MTF, NPS, DQE 측정에 대입하여 평가한다.

III. 결과

1. 선량평가

가. 유방 입사조사선량

관전압 28 kVp, AEC, 각 타깃과 필터 조합의 아크릴 팬텀의 두께 변화에 따른 입사조사선량(entrance skin exposure, ESE) 결과는 W/Rh 조합에서 아크릴팬텀 두께변화(3, 4, 6 cm)에 따른 입사조사선량이 0.141 ± 0.002 , 0.142 ± 0.007 , 0.90 ± 0.032 R으로 가장 낮게 나타났으며, 반면에 Mo/Mo 조합은 아크릴팬텀 두께변화에서 0.534 ± 0.001 , 0.536 ± 0.008 , 3.0488 ± 0.020 R으로 가장 높게 나타났다. 따라서 실험 결과는 팬텀의 두께 증가에 따라 입사조사선량이 증가하는 것으로 나타났다[Table 1].

나. 평균유선선량 및 입사표면선량

관전압 28 kVp, AEC, 각 타깃과 필터 조합의 아크릴 팬텀 두께 변화에 따른 평균유선선량(average glandular dose, AGD) 및 입사표면선량(entrance

Table 1. Entrance skin exposure in the phantom thickness

(unit: R)

Target/Filter (Thickness)	3 cm (AVG ± SD)	4 cm (AVG ± SD)	6 cm (AVG ± SD)
Mo/Mo	0.534 ± 0.001	0.536 ± 0.008	3.0488 ± 0.020
Mo/Rh	0.381 ± 0.002	0.383 ± 0.001	1.17 ± 0.001
Rh/Rh	0.352 ± 0.002	0.519 ± 0.006	1.483 ± 0.001
W/Rh	0.141 ± 0.002	0.142 ± 0.007	0.90 ± 0.032

* AVG±SD : Average±Standard deviation

surface dose, EDS) 결과로 W/Rh 조합은 아크릴팬텀 두께변화(3, 4, 6 cm)에서 평균유선선량 0.91, 1.27, 2.56 mGy로 가장 낮게 나타났으며, 입사표면선량은 W/Rh 조합이 1.60, 2.80, 8.40 mGy로 가장 낮게 나타났다. 그러나 Mo/Mo 조합의 평균유선선량 1.56, 2.24, 4.51 mGy로 가장 높게 나타났으며, 입사표면선량은 두께 변화 모두에서 4.50, 8.20, 25.34 mGy로 가장 높게 나타났다 [Table 2].

Table 2. AGD & ESD using acryl phantom thickness (unit: mGy)

Thick. Target /Filter	3 cm		4 cm		6 cm	
	AGD	ESD	AGD	ESD	AGD	ESD
Mo/Mo	1.56	4.50	2.24	8.20	4.51	25.34
Mo/Rh	1.35	3.00	1.18	5.30	4.00	17.06
Rh/Rh	0.97	2.95	1.30	4.77	2.69	14.46
W/Rh	0.91	1.60	1.27	2.80	2.56	8.40

다. 에너지 스펙트럼

에너지 스펙트럼 범위는 0~28 keV, 각 타깃과 필터 조합(Mo/Mo, Mo/Rh, Rh/Rh, W/Rh)에서 필터 두께 (25, 30, 50 μm)에 따른 스펙트럼을 분석하였다.

스펙트럼은 Mo/Mo 조합에서 Mo 필터 두께변화(25, 30, 50 μm)에서 0~28 keV 에너지에서 photon flux를 나타낸 결과이다. 25 μm(Mo)두께에서의 에너지스펙트럼은 최대 photon flux 6.06E-09 개/sec, 최대 피크에너지 17.5 keV, 평균에너지 16.5 keV이다. 30 μm(Mo)두께에서 최대 photon flux 5.64E-09 개/sec, 최대 피크에너지 17.5 keV, 평균에너지 16.6 keV이다. 50 μm(Mo)두께에

서 최대 photon flux 4.23E-09개/sec, 최대 피크에너지 17.5 keV, 평균에너지 17.0 keV이다[Fig. 2].

Mo/Rh 조합에서는 Rh 필터 두께(25, 30, 50 μm)에서 0~28 keV 에너지에서 photon flux를 나타낸 결과이다. 25 μm(Rh)두께에서의 에너지스펙트럼은 최대 photon flux 4.26E-09 개/sec, 최대 피크에너지 17.5 keV, 평균 에너지 17.5 keV이다. 30 μm(Rh)두께에서 최대 photon flux 3.70E-09 개/sec, 최대 피크에너지 17.5 keV, 평균 에너지 17.6 keV이다. 50 μm(Rh)두께에서 최대 photon flux 2.09E-09 개/sec, 최대 피크에너지 17.5 keV, 평균 에너지 18.0 keV이다.

Rh/Rh 조합에서는 Rh 필터 두께변화(25, 30, 50 μm)에서 0~28 keV 에너지에서 photon flux를 나타낸 결과이다. 25 μm(Rh)두께에서의 에너지스펙트럼은 최대 photon flux 2.58E-09 개/sec, 최대 피크에너지 20.25 keV, 평균에너지 18.3 keV이다. 30 μm(Rh)두께에서 최대 photon flux 2.34E-09 개/sec, 최대 피크에너지 20.25 keV, 평균에너지 18.5 keV이다. 50 μm(Rh)두께에서 최대 photon flux 1.62E-09 개/sec, 최대 피크에너지 20.25 keV, 평균에너지 18.5 keV이다.

W/Rh 조합에서는 Rh 필터 두께변화(25, 30, 50 μm)에서 0~28 keV 에너지에서 photon flux를 나타낸 결과이다. 25 μm(Rh)두께에서의 에너지스펙트럼 결과로 최대 photon flux 2.79E-10 개/sec, 최대 피크에너지 17.25 keV, 평균에너지 17.5 keV이다. 30 μm(Rh)두께에서 최대 photon flux 2.50E-10개/sec, 최대 피크에너지 18.0 keV, 평균에너지 17.8 keV이다. 50 μm(Rh)두께에서 최대 photon flux 1.80E-10 개/sec, 최대 피크에너지 18.0 keV, 평균에너지 21.75 keV이다[Fig. 3].

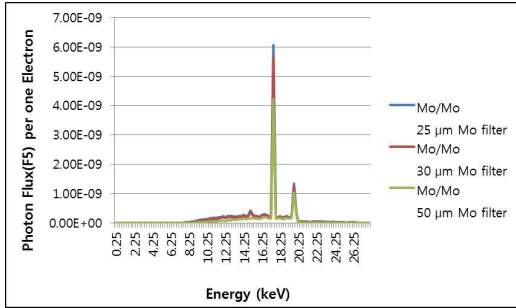


Fig. 2. X-ray spectra of Mo/Mo(Mo filter) in the 28 keV electron

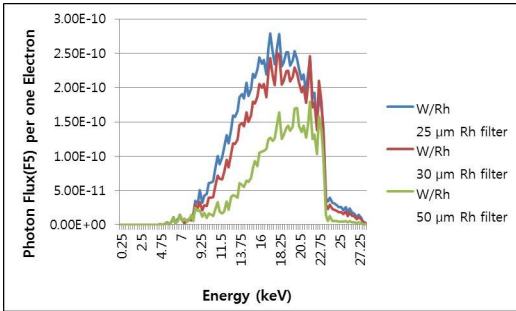


Fig. 3. X-ray spectra of W/Rh(Rh filter) in the 28 keV electron

라. 장기선량

Mo 필터의 두께 변화에 따라 흡수선량의 상대적 장기선량의 결과는 검사 유방을 기준으로 반대 유방의 선량이 약 48~57%, 양쪽 폐는 약 3~10%, 갑상선은 약 0.4~0.9%로 나타났으며, Mo 필터 두께가 증가함에 따라 검사 유방 외에 반대 유방, 양쪽 폐와 갑상선에 미치는 장기의 흡수선량률 영향이 감소하는 결과를 나타냈다[Table 3].

Rh 필터의 두께 변화에 따른 검사 유방을 기준으로 반대 유방의 선량이 약 74~76%, 양쪽 폐는 약 14~31%, 갑상선은 약 2.9~3.4%로 나타났으며, Rh 필터 두께가 증가함에 따라 검사 유방 외에 반대 유방, 양쪽 폐와 갑상선에 미치는 장기 흡수선량률 영향이 거의 없는 것으로 나타났다[Table 4].

Table 3. Organ dose using Mo filter in the system

Organ	Absorbed dose(Gy)	Dose rate(%)
Breast	3.27E-03~3.75E-03	47.71~56.71
Lung	1.72E-04~6.60E-04	2.51~10.46
Thyroid	2.89E-05~5.45E-05	0.42~0.86

Table 4. Organ dose using Rh filter in the system

Organ	Absorbed dose(Gy)	Dose rate(%)
Breast	1.70E-03~1.71E-03	73.89~75.03
Lung	3.04E-04~6.86E-04	13.51~30.52
Thyroid	6.49E-05~7.81E-05	2.88~3.38

마. 유방 흡수선량률

유방 흡수선량률은 에너지스펙트럼 분석의 photon fluence, 평균에너지와 질량흡수계수를 흡수선량률 식에 대입한 결과로 각 타겟과 필터조합으로 평가하였다. Mo/Mo 조합의 Mo 필터 두께가 증가함에 따라 평균에너지는 증가하였고, 유방 흡수선량(absorbed dose)은 필터 두께가 증가함에 따라 감소하는 결과로 나타났다.

Mo/Rh 조합의 Rh 필터 두께가 증가함에 따라 평균에너지는 증가하였고, 유방 흡수선량은 필터 두께가 증가함에 따라 감소하는 결과로 나타났다.

Table 5. Breast absorbed dose rate in the target/ filter combinations

Filter thickness (Mo)	Average energy	Absorbed dose(Gy)
25 μm	1.65E-02	5.30E-20
30 μm	1.66E-02	4.70E-20
50 μm	1.70E-02	3.01E-20
Filter thickness (Rh)	Average energy	Absorbed dose(Gy)
25 μm	1.75E-02	3.25E-20
30 μm	1.76E-02	2.77E-20
50 μm	1.80E-02	1.51E-20
Filter thickness (Rh)	Average energy	Absorbed dose(Gy)
25 μm	1.83E-02	2.50E-20
30 μm	1.85E-02	2.09E-20
50 μm	1.91E-02	1.15E-20
Filter thickness (Rh)	Average energy	Absorbed dose(Gy)
25 μm	1.75E-02	2.91E-20
30 μm	1.78E-02	2.38E-20
50 μm	1.83E-02	1.28E-20

Rh/Rh 조합의 Rh 필터 두께가 증가함에 따라 평균에 너지는 증가하였고, 유방 흡수선량은 필터 두께가 증가함에 따라 감소하는 결과로 나타났다.

W/Rh 조합의 Rh 필터 두께가 증가함에 따라 평균에 너지는 증가하였고, 유방 흡수선량은 필터 두께가 증가함에 따라 감소하는 결과로 나타났다[Table 5].

3. 공간분해능 평가

가. MTF

Table 6. MTF values (unit: lp/mm)

Target/Filter (Thickness)	3 cm	4 cm	6 cm
Mo/Mo	5.18	5.53	4.73
Mo/Rh	4.57	4.46	5.51
Rh/Rh	4.17	3.89	3.69
W/Rh	5.71	6.12	5.61

공간해상력 평가에서는 50% MTF 공간주파수값으로 Mo/Mo 조합은 팬텀두께 변화(3, 4, 6 cm)에서 결과는 5.18, 5.53, 4.73 lp/mm, Mo/Rh 조합은 두께변화에서 4.57, 4.46, 5.51 lp/mm로 나타났다. 그리고 Rh/Rh 조합은 두께변화에서 4.17, 3.89, 3.69 lp/mm, W/Rh 조합은 두께변화에서 5.71, 6.12, 5.61 lp/mm로 나타났다. 그러므로 실험 결과는 3 cm에서는 Mo/Mo 조합이 가장 높게 나타났으며, 4, 6 cm에서는 W/Rh 조합이 가장 높게 나타났다[Table 6].

나. NPS

공간주파수 1 lp/mm 에서 아크릴팬텀의 두께변화에서 NPS 결과로 Mo/Mo 조합은 팬텀두께 변화(3, 4, 6 cm)에서 2.987E-4, 2.245E-4, 5.883E-4, Mo/Rh 조합은 두께변화에서 3.145E-4, 2.521E-4, 5.912E-4, Rh/Rh 조합은 두께변화에서 7.235E-6, 8.875E-6, 6.251E-6, W/Rh 조합은 두께변화에서 3.125E-4, 2.865E-4, 5.787E-4 결과이다[Table 7]. 그러므로 실험 결과는 3, 4 cm에서 Mo/Mo 조합이 가장 낮게 나타났으며, 6 cm에서는 W/Rh 조합이 가장 낮게 나타났다[Table 7].

Table 7. NPS values (unit: mm²)

Target/filter (Thickness)	3cm	4cm	6cm
Mo/Mo	2.987E-4	2.245E-4	5.883E-4
Mo/Rh	3.145E-4	2.521E-4	5.912E-4
Rh/Rh	7.235E-6	8.875E-6	6.251E-6
W/Rh	3.125E-4	2.865E-4	5.787E-4

다. DQE

공간주파수 1.5 lp/mm에서 DQE 결과는 Mo/Mo 조합은 팬텀두께 변화(3, 4, 6 cm)에서 1.37 %, 2.12 %, 0.52 %로 나타났으며, Mo/Rh 조합은 두께변화에서 1.26 %, 1.73 %, 0.51 %, Rh/Rh 조합은 두께변화에서 24.61 %, 21.23 %, 23.14 %, W/Rh 조합은 두께변화에서 1.20 %, 1.46 %, 5.42 %로 나타났다. 그러므로 실험 결과는 Rh/Rh 조합이 가장 우수한 것으로 나타났으며 3, 4 cm에서는 모두 Mo/Mo 조합이 높게 나타났으며, 6 cm에서는 W/Rh 조합에서 높게 나타났다[Table 8].

Table 8. DQE values (unit: %)

Target/Filter (Thickness)	3 cm	4 cm	6 cm
Mo/Mo	1.37	2.12	0.52
Mo/Rh	1.26	1.73	0.51
Rh/Rh	24.61	21.23	23.14
W/Rh	1.20	1.46	5.42

IV. 고찰 및 결론

유방촬영에서의 낮은 화질의 방사선 영상은 유방암의 오진을 초래하며, 환자에 대한 피폭선량의 증가를 초래하여 조기 유방암 발견의 이익보다는 위험을 유발시키는 우려가 발생하고 있다. 그리고 최근 자동모드(AOP)와 자동노출제어(AEC)의 사용은 환자 개개인의 특성에 따른 촬영조건에 대한 인식을 부족하게 하여 환자에 따라 피폭선량을 증가시키는 원인이 되기도 한다[13].

유방촬영에서 선질은 타깃물질과 필터의 조합에 의해 결정되며, 조합은 엑스선 스펙트럼도 변화되지만 영

상의 질과 피폭선량에도 영향이 있으므로 유선밀도 및 유방두께에 따른 최적의 타깃물질과 필터의 선택이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 두 가지 실험을 시행하였다. 첫 번째는 정량적인 화질 평가에서 각각의 적합한 타깃물질과 필터 조합을 알아내고, 두 번째는 타깃과 필터 조합의 선량을 평가하였다. 그리고 몬테카를로 시뮬레이션의 결과로 유방엑스선 검사에서 환자가 받는 장기선량의 최적화 및 선량감소로서 활용할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 실험을 수행하였다.

선량평가에서는 첫 번째는 평균유선선량 결과는 W/Rh 조합에서 아크릴 팬텀 두께(3, 4, 6 cm) 변화에서 평균유선선량 0.91, 1.27, 2.56 mGy로 가장 낮게 나타났다. 평균유선선량과 ACR 유방 팬텀영상과의 상관관계가 통계적으로 유의한 것으로 보고되어 있어, 미세석회화 진단은 평균에너지가 높은 W/Rh 조합을 사용하고, 종괴 진단은 Mo/Mo 조합을 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 그리고 압박 유방두께가 얇은 경우는 Mo/Mo 조합 또는 Mo/Rh 조합을 사용하고, 압박 유방두께가 6 cm 이상은 Rh/Rh 조합 또는 W/Rh 조합을 사용하는 것이 유용할 것이다.

두 번째는 주변 장기선량 평가에서는 검사 유방 외에 반대 유방의 선량이 검사를 기준으로 약 47~73% 정도로 많은 선량이 영향을 미치는 것으로 나타났다. Rh 필터는 두께에 따른 주변 장기선량의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 그러므로 본 논문에서 실험 결과는 검사 유방 선량에 대한 수많은 선행연구가 있었지만 주변 장기선량에 대한 선량 평가 연구로 큰 의미가 있을 것으로 판단된다.

세 번째 선량평가는 에너지스펙트럼 분석의 photon fluence, 평균에너지와 질량흡수계수를 식에 의한 결과로서 방사선의 입자적 성질에 의한 평가방법으로 total fluence를 산정해서 선량평가를 수행하였다. 결과적으로 각 타깃과 필터조합(Mo/Mo, Mo/Rh, Rh/Rh, W/Rh)에서 필터 두께가 증가함에 따라 유방이 직접 받는 흡수선량률은 감소하였다. 이는 선량에 대한 고려만 한다면 실제 임상에서 사용되는 필터 두께보다 증가시키는 것이 바람직하지만 유방조직과 지방조직이 구별되고, 미세석회화를 검출할 수 있는 대조도가 높은 영상 즉,

높은 영상의 질을 형성하기 위한 최적의 필터 두께 연구가 병행되어야 될 것이다. 네 번째 화질의 정량적인 평가의 공간해상력의 MTF, NPS, DQE 결과는 압박 유방의 두께가 얇은 경우 Mo/Mo 또는 Mo/Rh 조합을 선택하고, 두꺼운 경우에는 Rh/Rh 또는 W/Rh 조합을 선택하는 것이 높은 화질의 유방 영상을 획득할 수 있을 것이다.

그러므로 본 논문의 결과에서는 실제적으로 얇은 두께의 유방에 잘 사용하지 않는 W/Rh 조합이 모든 공간분해능 평가 결과에서 우수한 것으로 나타났으며, 임상 상용화 제품과는 다소 차이가 있는 결과이지만 선량 및 선질 평가와 다양한 유방두께를 함께 고려하여 최적의 타깃과 필터조합을 선택하는 것이 무엇보다도 중요하다고 판단된다. 향후 본 연구결과를 바탕으로 최적의 영상을 위한 타깃과 필터조합, 적정 에너지의 선질 영역으로 환자의 연령과 유방실질의 연구가 필요하며, 적합한 선질과 영상평가가 이루어진다면 실제 임상에서 활용할 공통의 응용 자료를 제공할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 김영숙, “일 지역 여대생의 유방자가 검진에 대한 지식, 태도 및 실천의 관계”, 한국콘텐츠학회논문지, 제13권, 제6호, pp.350-360, 2013.
- [2] 보건복지부 한국 중앙 암 등록 사업본부, 한국 중앙 암 등록사업 사례 보고서, 2002.
- [3] 윤나리, 박용순, 동경래, 정운관, “자체제작 유방팬텀을 이용한 질환의 X선 검출능력에 관한 연구”, 공학기술논문지, Vol.3, No.3, pp.305-309, 2010.
- [4] J. G. Elmore, K. Armstrong, and C. D. Lhman, “Screening for breast cancer,” JAMA, Vol.293, No.10, pp.1245-1256, 2005.
- [5] 문우경, *유방초음파진단학*, 일조각, 2006.
- [6] 양한준, 고신관, 주미화, “유방촬영용 X선관 target/filter 조합에 따른 MTF 영상평가에 관한 고찰”, 방사선기술과학, Vol.30, No.2, pp.113-119, 2007.
- [7] D. R. Dance, C. L. Skinner, K. C. Young, J. R.

Beckett, and 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.3225-3240, 2000.

- [8] R. L. Kruger and B. A. Schueler, "A survey of clinical factors and patient dose in mammography," *Medical Physics*, Vol.28, No.7, pp.1449-1454, 2001.
- [9] E. A .Bems, R. E. Hendrick, and G. R. Cutter, "Performance comparison of full-field digital mammography to screen-film mammography in clinical practice," *Medical Physics*, Vol.29, No.5, pp.830-834, 2002.
- [10] N. Jamal, Ng. KH, and D. McLean, "A study of mean glandular dose during diagnostic mammography in Malaysia and some of the factors affecting it," *British Journal of Radiology*, Vol.76, Issue904, pp.238-245, 2003.
- [11] GE Inc, Senographe DS Aquisition System Operator Manual, pp.45-105, 2007.
- [12] 이진수, *디지털유방영상시스템에서 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 화질 및 선량평가*, 부산가톨릭대학교 박사학위논문, 2014.
- [13] 오기근, *유방촬영 시 환자피폭선량 진단 참고준위 확립, 식품의약품안전청, 용역연구사업 연구결과보고서*, 2005.

저 자 소 개

김 창 수(Changsoo Kim)

정회원



- 2003년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 부교수

<관심분야> : 영상 평가, U-Healthcare, Computer Aided Detection(CAD)

강 세 식(Se-Sik Kang)

정회원



- 1991년 2월 : 원광대학교 농학과(농학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과 교수

<관심분야> : 방사선치료학, 방사선기기학

김 정 훈(Jung-Hoon Kim)

정회원



- 2003년 2월 : 경희대학교 원자력공학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 경희대학교 원자력공학과(공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 조교수

<관심분야> : 방사선량 평가, 문항개발 및 분석

이 진 수(Jin-Soo Lee)

정회원



- 2011년 2월 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(이학석사)
- 2014년 2월 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(이학박사)
- 1998년 9월 ~ 현재 : 인제대학교 해운대백병원 영상의학과 재직

<관심분야> : 초음파영상학, 영상평가, CAD