

# 유방조직등가 팬텀을 이용한 Screen-Film과 Digital Mammography에서의 평균 유선선량

## — Comparison of Average Glandular Dose in Screen-Film and Digital Mammography Using Breast Tissue-Equivalent Phantom —

고려대학교 보건과학대학 방사선학과

신귀순 · 김정민 · 김유현 · 최종학 · 김창균

### — 국문초록 —

유방촬영장치가 screen-film system에서 최근에는 빠른 속도로 digital system으로 교체되고 있는 추세이다. Digital system이 screen-film system에 비해 여러 가지 장점을 가지고 있다. 그 중의 하나가 digital detector가 screen-film보다 X선 흡수효율이 더 높으며, digital system 중에서도 direct digital detector가 indirect digital detector보다 흡수효율이 높다. 이에 입각하면 촬영 시 적은 선량을 주어도 되기 때문에 환자피폭선량이 감소한다. 그러나 임상 방사선사들이 느끼는 바는 달랐다.

따라서 이번 연구에서는 screen-film mammography system, computed mammography system, indirect digital mammography system, direct digital mammography system에서 glandularity가 30%, 50% 및 70%인 세 종류의 유방조직 등가팬텀을 이용하여 평균유선선량(AGD)을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

Screen-film보다 digital detector가 X선 흡수효율이 높지만, glandularity가 30%인 경우의 AGD는 오히려 SFM에서 가장 낮았고, 그다음 CM, IDM, DDM 순으로 증가되었다.

자동노출장치로 설정하였지만 두께나 glandularity에 따라 target/filter의 조합이 바뀌지 않고 Mo/Mo으로 계속 사용된 SFM에서는 AGD가 급격히 증가되었다. 따라서 높은 glandularity를 가진 두꺼운 팬텀을 위한 고에너지 촬영에서는 SFM에서 AGD값이 가장 높았고, 저에너지 촬영에서는 DDM에서 AGD값이 가장 높았다. 그러나 target/filter의 조합이 다양하게 바뀐 CM에서는 두께나 glandularity에 따른 AGD의 곡선이 가장 완만하게 증가하였으며, AGD값이 가장 낮았다.

이와 같이 두께와 glandularity가 증가함에 따라 target/filter의 조합이 Mo/Mo에서 Mo/Rh으로 더 증가하면 Rh/Rh으로 바뀌는 것이 AGD의 증가량이 적어 환자의 피폭선량 측면에서 바람직하다. 따라서 유방촬영에서 환자의 피폭선량을 평가하기 위해서는 검출효율 외에도 여러 가지 촬영 변수가 중요한 역할을 한다.

**중심 단어:** 유방촬영장치의 검출기, 평균유선선량, 유방조직 등가팬텀 두께, 유방조직성분

\* 이 논문은 2007년 1월 18일 접수되어 2007년 2월 24일 채택 됨.  
책임저자 : 신귀순, (136-703) 서울시 성북구 정릉동 산 1번지  
고려대학교 보건과학대학 방사선학과  
TEL : 02-940-2820, FAX : 02-917-9074  
E-mail : shingsoon@empal.com

## I. 서 론

유방암 발병의 증가로 암환자의 유방촬영은 물론 조기 유방암 발견을 위한 screening 검사로 유방촬영의 빈도가 급격히 증가하고 있다. 이와 더불어 과학기술의 발달로 유방촬영이 종전의 screen-film mammography(SFM)에서 computed mammography(CM)를 거쳐 indirect digital mammography(IDM)와 direct digital mammography(DDM)로 바뀌고 있다. 우리나라 병, 의원에서 사용되는 유방촬영장치는 2003~2004년에 SFM system이 90.7%, CM system이 6.2%, DM system이 3.1%로 대부분이 SFM system이었으나<sup>1)</sup>, 2005년 조사에 의하면 SFM system이 63%로 감소하였고, DM system은 28%로 증가하였다<sup>2)</sup>. 아직 SFM system이 많으나 최근에는 IDM system이나 DDM system을 사용하는 병원이 증가하고 있는 추세이다.

이들 유방촬영장치의 종류에 따라 검출방법 및 검출기(detector)의 특성이 다르다.

Screen-film system은 X선을 흡수한 형광 screen에서 발생된 light photons를 film에 포획하여 잠상을 형성한 후 현상과정을 거쳐 영상을 얻는다.

CR(computed radiography) system은 screen-film 대신에 휘진성 형광물질( $BaFX:Eu^{2+}$ , X는 Cl, Br, I 또는 이들의 혼합물)이 도포된 영상판(imaging plate, IP)을 사용하여 영상정보를 축적시키고, 레이저빔으로 주사하여 광신호를 얻어 광전자 증배관(photomultiplier tube)에서 증폭시키고, 전기신호로 변환시켜 영상을 얻는다<sup>3)</sup>.

Screen-film이나 IP를 사용하지 않는 디지털 검출기(digital detector)에는 간접전환방식과 직접전환방식이 있다.

간접전환 디지털 검출기(indirect conversion digital detector)는 X선을 흡수한 형광층( $CsI(Tl)$ )에서 발생된 light photons를 photodiode array로 검출하여 전기신호로 변환시켜 영상을 획득하고, 직접전환 디지털 검출기(direct conversion digital detector)는 광전도체(photoconductor)인 비정질 셀레늄(amorphous selenium)을 사용하여 X선을 흡수하고 직접 전기신호로 변환시켜 영상을 획득한다<sup>4)</sup>.

ICRP에서는 평균유선선량(average glandular dose, AGD)을 압박유방두께 4.2 cm(지방 50%, 유선조직 50%)에서 3 mGy 이하로 규정하고 있지만, 유방촬영장치의 종류에 따라 detector의 감도(sensitivity)가 다르므로 평균

유선선량이 다르다. Digital detector는 screen-film system보다 감도가 높아 피폭선량을 감소시킬 수 있으며, 특히 직접전환 디지털 검출기에 사용되는 셀레늄은 높은 X선 흡수효율(유방촬영 영역의 에너지에서 95% 이상)을 가지므로 DDM system에서는 다른 mammography system에서보다 피폭선량이 감소된다<sup>3-5)</sup>.

평균유선선량은 detector의 종류에 따라 차이가 있지만, 동일 detector일지라도 target/filter의 조합, 에너지 스펙트럼(관전압 및 반가층), 압박유방두께와 유방조직성분(유선조직과 지방조직)의 비율 등에 따라 다르다<sup>6-9)</sup>. 단순히 detector의 X선 흡수효율에 따라 이론적으로 digital system에서 선량이 가장 적을 것이라는 일반적인 추론과는 달리 여러 인자들에 의해 그 값이 변할 수 있다. 실제 진단방사선과 임상 종사자들은 촬영조건이 screen-film system보다 CR system에서 증가되고, 동적영역(dynamic range)이 넓은 DR system에서 가장 증가된다고 한다.

따라서 이번 연구에서는 유방촬영 시 환자피폭선량의 기준으로 삼기 위한 정량적인 AGD를 얻기 위해서 SFM, CM, IDM 및 DDM의 네 종류의 유방촬영장치를 사용하여 자동노출조절(automatic exposure control, AEC) mode에서 detector system의 종류에 따른 AGD와 유방조직 등가물질 팬텀을 이용하여 유방조직성분과 두께의 변화에 따른 AGD를 측정하여 비교 분석하였다.

## II. 실험장치 및 방법

### 1. 실험장치 및 기구

#### 1) 유방촬영장치 :

- ① RADIEQ MX-600, Korea(Screen-Film Mammography System)
- ② Senographe DMR+, GE, USA(Computed Mammography System)
- ③ Senographe 2000D, GE, USA(Indirect Digital Mammography System)
- ④ LORALD Selenia, Hologic, USA(Direct Digital Mammography System)

SFM system에서 사용된 screen은 Kodak MIN-R, film은 Fuji UM-MAHC의 조합으로 slow system에 해당한다<sup>10)</sup>.

2) 측정기 :

TRIAD TnT Kit, Cardinal Health  
 Detector ; 15 cc Ion Chamber,  
 Model 96035B  
 Reader ; Model 35050AT Dosimeter

3) 반가층 측정용 Al filter 0.1 mm 5장

4) Phantom : 유방조직 등가물질 3가지 세트

set 1 ; 30% gland/70% adipose  
 (30% Glandularity)

set 2 ; 50% gland/50% adipose  
 (50% Glandularity)

set 3 ; 70% gland/30% adipose  
 (70% Glandularity)

set 별로 10 cm×12.5 cm×7 cm 두께  
 (0.5 cm, 1 cm, 2 cm의 두께가 2장씩)

2. 실험방법

1) Glandularity와 두께의 변화에 따른 촬영조건(target/filter, kVp, mAs)을 알기 위해서 유방촬영장치를 AEC mode로 설정하고 세 종류의 Phantom 각각을 2~7 cm 두께(1 cm 간격)에서 촬영하였다.

2) 유방촬영장치를 수동식 mode로 설정하고 1)의 촬영 조건에서 얻은 target/filter의 조합과 관전압에서 반가층을 측정하였다.

3) Ion chamber와 수상계 윗면까지의 거리를 1)의 팬텀 두께와 같은 간격으로 변화시키면서 필요한 target/filter 조합과 관전압에서 장치의 출력(mR/mAs)을 측정하였다.

4) 각 두께별 출력의 측정값에다 1)에서 얻은 mAs를 곱해서 입사표면조사선량(entrance surface exposure, ESE)을 얻었다 :

$$ESE(mR) = output(mR/mAs) \cdot mAs$$

5) ESE를 입사표면공기커마(entrance surface air kerma, ESAK)로 변환시켰다 :

$$ESAK(mGy) = ESE(mR) \cdot (8.77 \times 10^{-3} mGy/mR)$$

6) ESAK에다 Dance 등<sup>11,12)</sup>에 의한 변환계수를 곱해서 AGD를 구하였다 :

$$AGD(mGy) = ESAK(mGy) \cdot g \cdot c \cdot s$$

여기서 계수 g는 반가층, 압박유방두께 및 유방조직성분 비율에 따른 평균유선선량 변환계수(average glandular dose conversion factor), 계수 c는 유방조직성분 비율에 따른 유선조직 보정계수(correction factor for the glandularity of the breast), 계수 s는 target/filter의 조합에 의한 스펙트럼 보정계수(spectral correction factor)이다.

III. 실험결과

1. 유방촬영장치의 종류에 따른 평균유선선량

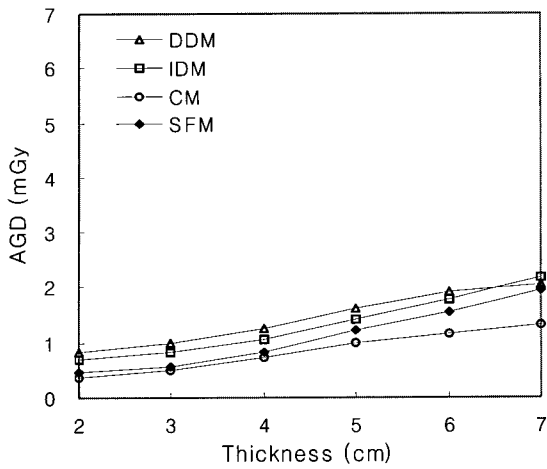
유방조직성분의 비율이 다른 세 종류의 조직등가 팬텀(glandularity 30%, 50%, 70%)을 이용하여 SFM, CM, IDM 및 DDM에서 두께변화에 따른 AGD를 Fig. 1에 나타내었다.

우리나라 여성의 평균압박유방두께는 신 등에 의하면 cranio-caudal view에서 38.5 mm, medio-lateral oblique view에서 43.3 mm이고<sup>13)</sup>, 권 등에 의하면 CC촬영에서 39.50 mm, MLO촬영에서 41.46 mm이다<sup>14)</sup>. 따라서 4 cm 두께에서 AGD를 비교해 보면, glandularity 30% 팬텀을 사용한 경우 CM에서 0.71 mGy, SFM에서 0.83 mGy, IDM에서 1.06 mGy, DDM에서 1.27 mGy로 나타나, CM에서 가장 낮았으며, 다음은 SFM, IDM, DDM의 순으로 증가되었다.

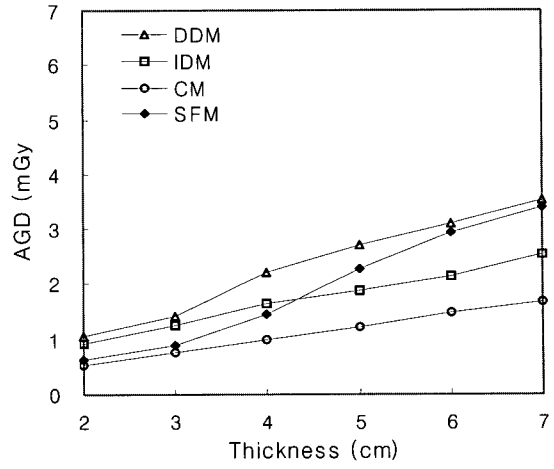
그러나 glandularity 50%, 두께 4 cm인 경우 AGD는 SFM에서 1.46 mGy로 IDM에서 1.64 mGy와 비슷하였으며, 두께 7 cm인 경우는 SFM에서 3.40 mGy로 IDM에서의 2.55 mGy보다 높았다.

또한 glandularity 70%인 경우, 두께 4 cm에서의 AGD는 CM, IDM, SFM, DDM 순으로 점점 증가하였으며, 7 cm에서의 AGD는 SFM에서 6.06 mGy로 가장 많이 증가되었다.

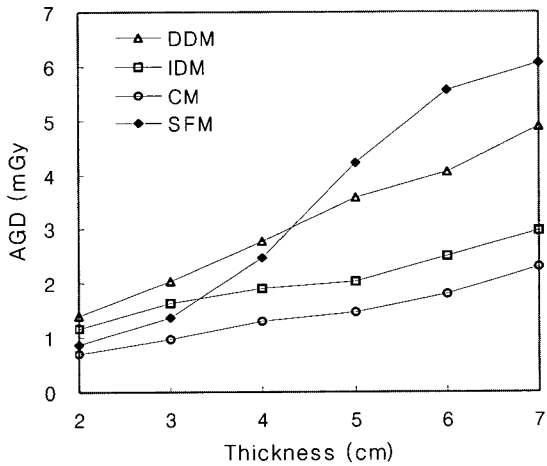
이와 같이 SFM에서는 두께나 glandularity가 증가되면 AGD가 급격히 증가되었으나, 다른 system에서는 비교적 선형적으로 증가되었다.



(a) 30% Glandularity



(b) 50% Glandularity



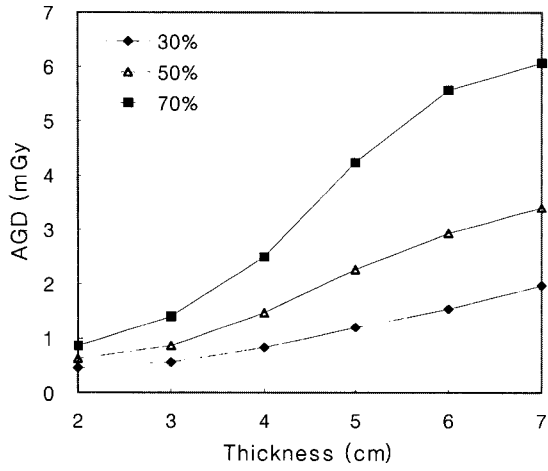
(c) 70% Glandularity

Fig. 1. Average glandular dose against breast tissue-equivalent phantom thickness for screen-film mammography(SFM), computed mammography(CM), indirect digital mammography(IDM) and direct digital mammography (DDM).

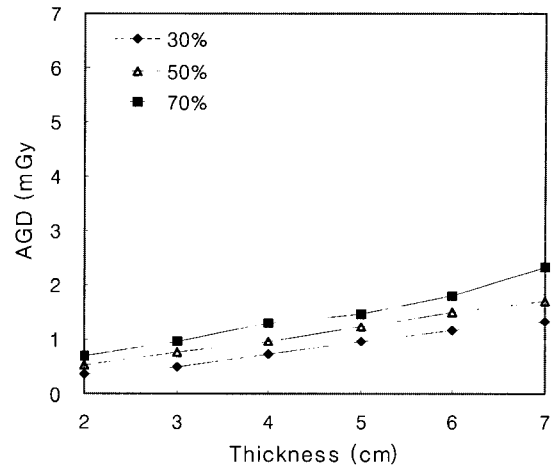
## 2. 두께에 따른 평균유선선량

여러 종류의 유방촬영장치를 이용하여 팬텀 두께변화에 따른 AGD를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2b의 CM (glandularity 70%에서 두께 2 cm일 때 0.70 mGy, 7 cm일 때 2.32 mGy)과 Fig. 2c의 IDM(glandularity 70%에서 두께 2 cm일 때 1.18 mGy, 7 cm일 때 2.97 mGy)에서는 AGD가 두께증가에 따라 서서히 증가하였으나, 그 반면에 Fig. 2a의 SFM(glandularity 70%에서 두께 2 cm일 때 0.87 mGy, 7 cm일 때 6.06 mGy)이나 Fig. 2d의 DDM(glandularity 70%에서 두께 2 cm일 때 1.40 mGy, 7 cm일 때 4.90 mGy)에서는 두께증가에 따른 AGD가 급격하게 증가하였다.

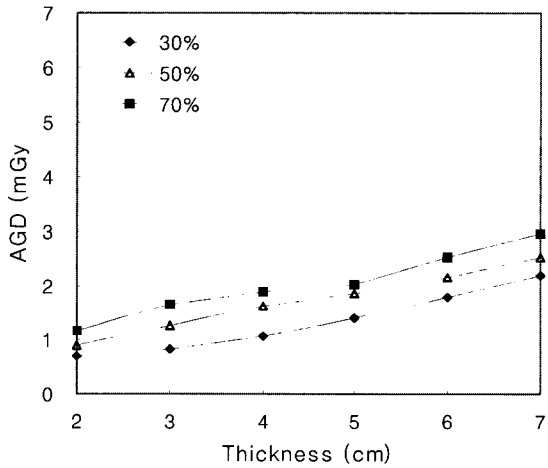
Table 1에는 유방촬영장치별로 glandularity 30%, 50% 및 70%의 팬텀 두께 2~7 cm까지 촬영하여 얻은 값으로서 target/filter 조합, kVp, mAs, 반가층, ESAK, AGD 및 AGD 증가량(mGy/cm)을 표시하였다. SFM에서와 같이 모든 두께에서 target/filter의 조합이 변하지 않은 경우는 두께 1 cm당 AGD 증가량이 비교적 컸지만, CM과 IDM에서와 같이 target/filter 조합이 Mo/Mo에서 Mo/Rh으로, 또 다시 Mo/Rh에서 Rh/Rh으로 바뀐 경우는 1 cm당 AGD 증가량이 상대적으로 적었다.



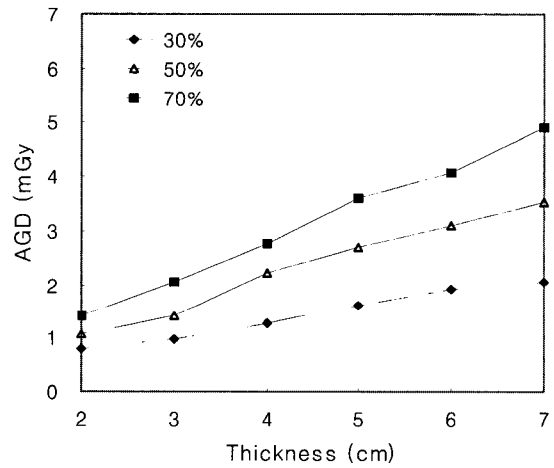
(a) Screen-Film Mammography System



(b) computed Mammography System



(c) Indirect Digital Mammography System



(d) Direct Digital Mammography System

Fig. 2. Average glandular dose against breast tissue-equivalent phantom thickness for breast tissue composition (glandularity 30%, 50% and 70%).

Table 1. Typical characteristics and radiographic parameters for the four mammography units.

(a) Screen-Film Mammography System

Glandularity(%)	30							50							70							
	2	3	4	5	6	7	Mo/Mo	2	3	4	5	6	7	Mo/Mo	2	3	4	5	6	7	Mo/Mo	
phantom thickness (cm)	2	3	4	5	6	7	Mo/Mo	2	3	4	5	6	7	Mo/Mo	2	3	4	5	6	7	Mo/Mo	
Target/Filter	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo
kVp	23	24	25	26	28	30	30	24	24	25	26	28	30	30	23	24	25	26	28	30	28	30
mAs	14.1	20.8	32.8	52.3	56.7	63.3	63.3	19.1	32.9	57.6	98.3	108.0	110.0	110.0	26.2	51.8	97.9	182.0	205.0	205.0	196.0	196.0
HVL (mmAl)	0.223	0.236	0.245	0.251	0.277	0.293	0.293	0.223	0.236	0.245	0.251	0.277	0.293	0.293	0.223	0.236	0.245	0.251	0.277	0.277	0.293	0.293
ESAK (mGy)	1.38	2.44	4.67	8.67	12.21	17.49	17.49	1.87	3.85	8.21	16.29	23.25	30.39	30.39	2.56	6.06	13.55	30.17	44.14	44.14	54.15	54.15
AGD (mGy)	0.47	0.56	0.83	1.21	1.54	1.96	1.96	0.63	0.88	1.46	2.28	2.93	3.40	3.40	0.87	1.39	2.48	4.22	5.56	5.56	6.06	6.06
Increasing AGD per cm (mGy/cm)	—	0.09	0.27	0.38	0.33	0.42	0.42	—	0.25	0.58	0.82	0.65	0.47	0.47	—	0.52	1.09	1.74	1.34	1.34	0.5	0.5

(b) Computed Mammography System

Glandularity(%)	30							50							70						
	2	3	4	5	6	7	Mo/Mo	2	3	4	5	6	7	Mo/Rh	2	3	4	5	6	7	Rh/Rh
phantom thickness(cm)	2	3	4	5	6	7	Mo/Mo	2	3	4	5	6	7	Mo/Rh	2	3	4	5	6	7	Rh/Rh
Target/Filter	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Rh	Rh/Rh
kVp	24	25	26	26	27	28	28	25	26	27	28	27	28	28	26	27	28	30	31	31	31
mAs	13.5	21.3	32.8	54.9	64.5	74.3	74.3	17.4	29.2	43.0	57.5	72.6	119.0	119.0	20.4	35.2	53.9	63.4	79.8	119.2	119.2
HVL(mmAl)	0.269	0.276	0.295	0.295	0.301	0.367	0.367	0.276	0.295	0.301	0.313	0.301	0.367	0.367	0.295	0.301	0.313	0.387	0.402	0.402	0.402
ESAK(mGy)	0.94	1.79	3.17	5.48	7.65	7.71	7.71	1.42	2.79	4.68	7.23	10.01	12.36	12.36	1.90	3.79	6.57	7.66	10.62	16.42	16.42
AGD(mGy)	0.37	0.50	0.71	0.98	1.16	1.32	1.32	0.54	0.76	0.98	1.23	1.49	1.68	1.68	0.70	0.98	1.30	1.46	1.80	2.32	2.32
Increasing AGD per cm (mGy/cm)	—	0.13	0.21	0.27	0.18	0.16	0.16	—	0.22	0.22	0.25	0.26	0.19	0.19	—	0.28	0.32	0.16	0.34	0.52	0.52

(c) Indirect Digital Mammography System

Glandularity(%)	30							50							70																				
	2	3	4	5	6	7	Mo/Rh	2	3	4	5	6	7	Rh/Rh	2	3	4	5	6	7	Mo/Mo	2	3	4	5	6	7	Rh/Rh							
phantom thickness(cm)	24	26	27	28	27	29	Mo/Rh	24	26	27	28	27	29	Mo/Rh	24	26	27	28	27	29	Mo/Rh	24	26	27	28	27	29	Mo/Mo	24	26	27	28	27	29	Rh/Rh
Target/Filter	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Rh/Rh								
kVp	24	26	27	28	27	29	29	27	28	27	28	30	31	30	28	28	28	30	30	32	32	32	30	32	32	32	32								
mAs	23.3	27.5	37.2	54.1	88.1	95.9	95.9	39.6	53.5	98.3	85.4	103.4	103.4	85.4	79.3	49.0	79.3	75.16	106.9	155.7	155.7	106.9	106.9	106.9	106.9	155.7									
HVL(mmAl)	0.275	0.292	0.302	0.371	0.364	0.376	0.376	0.303	0.313	0.364	0.383	0.394	0.394	0.383	0.371	0.313	0.371	0.383	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299									
ESAK(mGy)	1.75	2.85	4.42	7.47	8.95	12.54	12.54	4.58	7.15	9.53	12.09	16.69	16.69	12.09	6.34	6.34	8.42	10.32	18.19	27.51	27.51	18.19	18.19	18.19	27.51										
AGD(mGy)	0.69	0.82	1.06	1.41	1.79	2.19	2.19	1.26	1.64	1.88	2.10	2.55	2.55	2.10	1.66	1.66	1.87	2.04	2.52	2.97	2.97	2.04	2.04	2.52	2.97										
Increasing AGD per cm (mGy/cm)	—	0.13	0.24	0.35	0.38	0.40	0.40	0.35	0.38	0.24	0.22	0.45	0.45	0.22	0.48	0.48	0.23	0.15	0.48	0.45	0.45	0.15	0.15	0.48	0.45										

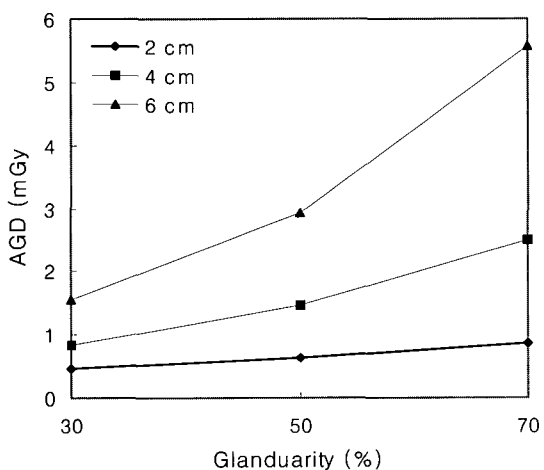
(d) Direct Digital Mammography System

Glandularity(%)	30							50							70												
	2	3	4	5	6	7	Mo/Rh	2	3	4	5	6	7	Mo/Rh	2	3	4	5	6	7	Mo/Mo	2	3	4	5	6	7
phantom thickness(cm)	24	25	27	29	31	32	Mo/Rh	24	25	27	29	31	32	Mo/Rh	24	25	27	29	31	32	Mo/Mo	24	25	27	29	31	32
Target/Filter	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Mo	Mo/Rh
kVp	24	25	27	29	31	32	32	25	27	29	31	32	32	32	25	25	27	29	31	32	27	29	31	31	32	32	
mAs	21.1	30.5	38.4	42.3	44.1	61.3	61.3	47.6	73	79	83.6	129.5	129.5	83.6	74.4	100.5	116.3	123.1	197.6	197.6	116.3	116.3	123.1	123.1	197.6		
HVL(mmAl)	0.253	0.270	0.289	0.307	0.325	0.413	0.413	0.270	0.289	0.307	0.325	0.413	0.413	0.325	0.270	0.289	0.307	0.325	0.325	0.413	0.270	0.289	0.307	0.325	0.413		
ESAK(mGy)	2.17	3.66	6.11	8.61	11.25	10.99	10.99	5.72	11.62	16.07	21.34	23.23	23.23	21.34	8.94	16.00	23.66	30.98	35.44	35.44	23.66	23.66	30.98	30.98	35.44		
AGD(mGy)	0.82	0.98	1.27	1.62	1.91	2.06	2.06	1.41	2.21	2.70	3.09	3.54	3.54	3.09	2.05	2.77	3.59	4.06	4.90	4.90	2.77	3.59	4.06	4.06	4.90		
Increasing AGD per cm (mGy/cm)	—	0.16	0.29	0.35	0.29	0.15	0.15	0.34	0.80	0.49	0.39	0.45	0.45	0.39	0.65	0.72	0.82	0.47	0.84	0.84	0.72	0.82	0.47	0.47	0.84		

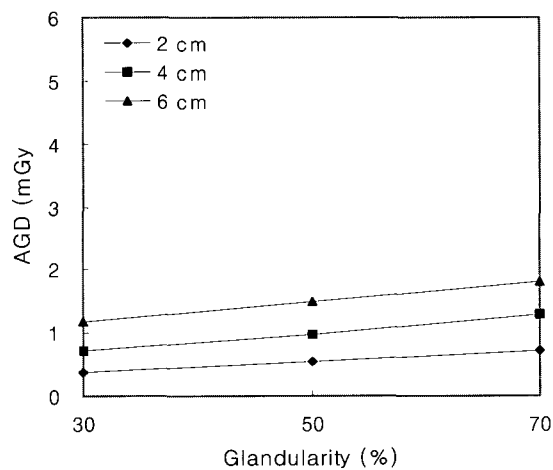
### 3. 유방조직 성분에 따른 평균유선선량

Fig. 3에 나타난 glandularity 변화에 따른 AGD는 두께변화에 따른 AGD의 변화와 비슷한 양상을 보였다. Fig. 3b의 CM과 Fig. 3c의 IDM에서의 AGD는 glandularity의 증가와 더불어 완만하게 증가되었지만, Fig. 3a

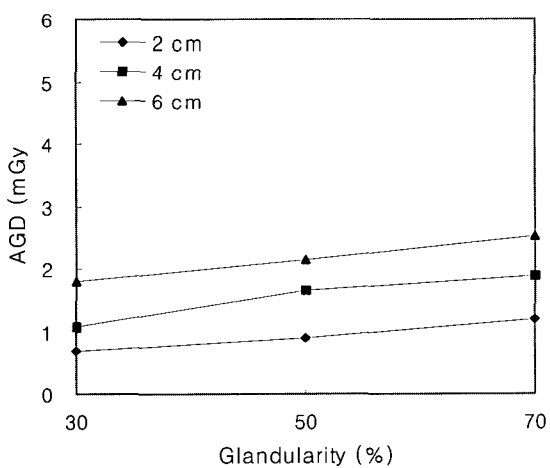
의 SFM에서의 AGD는 6 cm 두께인 경우 glandularity 30%에서 1.54 mGy, 50%에서 2.93 mGy, 70%에서 5.56 mGy로 나타나, glandularity가 증가하면 AGD는 급격하게 증가되었다.



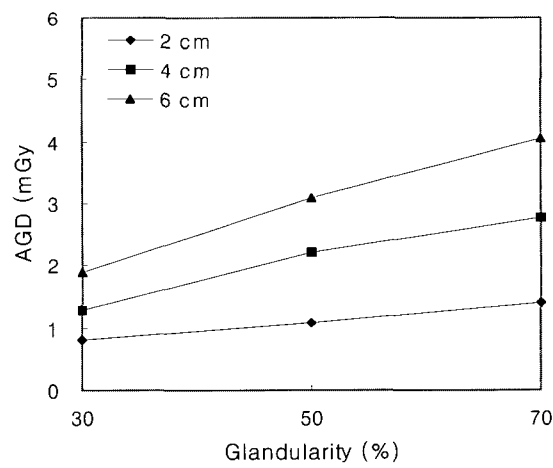
(a) Screen-Film Mammography System



(b) Computed Mammography System



(c) Indirect Digital Mammography System



(d) Direct Digital Mammography System

Fig. 3. Average glandular dose against glandularity for 2, 4 and 6 cm thick breast tissue-equivalent phantom.



## IV. 고찰

우리나라 병, 의원에서 사용되는 유방촬영장치는 아직 screen-film mammography system이 많으나, 최근에는 새로 개원하거나 오래된 장치를 교체할 경우 digital mammography system을 구입하고 있는 추세이다. 이에 발맞추어 제조회사들은 digital system의 여러 가지 장점을 부각시키면서 홍보를 하고 있다. 그 중의 하나가 detector의 X선 흡수효율이 높다는 것이다. Smith<sup>4)</sup>의 보고에 의하면 X선 흡수효율이 screen-film system보다 digital system이 더 높고, digital system 중에서도 direct digital detector가 indirect digital detector보다 높다는 것이다. 따라서 X선 흡수효율이 높아 촬영 시 적은 X선량을 주어도 되기 때문에 환자피폭선량이 감소한다고 한다.

그러나 단순히 detector의 X선 흡수효율의 비교로 digital system에서 선량이 가장 적을 것이라는 추론과는 달리 실제 임상 종사자들은 촬영조건이 screen-film radiography system보다 computed radiography system에서 증가되고, digital radiography system에서 가장 증가된다고 한다. 동적영역(dynamic range)이 넓은 digital system에서는 과다노출이 과소노출에 비해 영상처리 후 좋은 영상을 얻을 수 있기 때문에 오히려 촬영조건을 증가시키고 있다.

대부분(97%)<sup>2)</sup>의 병, 의원에서 유방촬영 시 자동노출조절장치(AEC)를 사용하고 있지만, 실제로 여러 유방촬영장치에서 평균유선선량을 측정하여 그 차이를 비교해 본 결과, 저에너지 촬영(glandularity가 낮고, 두께가 얇은 경우)에서는 CM에서 AGD가 가장 낮았고, 다음은 SFM, IDM, DDM 순으로 증가되어 오히려 direct digital system에서 가장 높았다. 그러나 고에너지 촬영(glandularity가 높고, 두께가 두꺼운 경우)에서는 SFM에서 AGD가 가장 높았다.

유방조직 등가팬텀의 두께나 glandularity의 변화에 따른 AGD는 target/filter의 조합이 바뀌지 않은 SFM system을 제외하고 다른 모든 system에서 비교적 선형적으로 완만하게 증가되었다. 특히 다른 system에 비해서 target/filter의 조합이 다양하게 바뀐 CM이나 IDM system에서 AGD의 증가곡선의 경사도가 가장 낮은 형태를 보였다.

glandularity가 높은 팬텀을 이용한 경우 SFM에서 두께의 증가에 따른 평균유선선량의 곡선이 급격하게 증가하였는데, 이는 SFM에서는 target/filter의 조합이 두께

나 glandularity에 관계없이 모두 Mo/Mo이었기 때문에 나타낸 것으로 사료된다. 또한 이번 연구에 사용된 screen-film은 저감도용이었지만, 만일 고감도용을 사용했다면 다른 어느 장치에서보다 피폭선량이 가장 낮게 나타났을 것이다. 그러나 모든 장치에서 측정된 AGD는 4 cm에서 0.98~1.64 mGy로 ICRP에서 권고하는 3 mGy(50% glandularity, 4.2 cm 유방압박 두께에서)보다는 낮았다.

Morán 등<sup>15)</sup>이 고감도 screen-film, 저감도 screen-film과 IDM system에서 비교한 ESAK는 압박유방 두께가 4 cm 이하인 경우는 IDM에서 가장 높았고, 4 cm보다 두꺼운 경우는 저감도 screen-film에서 가장 높았다. 고감도 screen-film에서는 모든 두께에서 ESAK가 가장 적었다. 이번 연구에서 얻은 값도 Morán 등에 의한 보고서와 같은 경향을 보였다.

Dance 등<sup>6)</sup>에 의하면 glandularity의 증가에 따른 AGD의 변화는 유방압박 두께가 조금 두꺼워지는 것과 같은 효과가 나타난다고 했다. 이번 연구에서도 glandularity에 따른 AGD의 변화는 두께에 따른 AGD의 변화와 비슷한 양상을 나타내었다.

이와 같이 압박유방 두께와 glandularity가 증가함에 따라 target/filter의 조합이 Mo/Mo에서 Mo/Rh으로 더 증가하면 Rh/Rh으로 바뀌는 것이 AGD의 증가량이 적어 환자의 피폭선량 측면에서 바람직하다. 따라서 유방촬영 시 환자의 피폭선량은 detector의 X선 흡수효율로만 단순히 비교할 수 없고, 여러 촬영 변수도 함께 고려해야 한다.

## V. 결론

유방촬영장치의 detector의 종류에 따라 특성이 다르므로 이번 연구에서는 환자의 피폭에 관심을 갖고 SFM, CM, IDM, DDM system에서 평균유선선량을 측정하여 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유방조직 등가팬텀의 두께나 glandularity의 변화에 따른 AGD의 곡선은 SFM system에서는 급격하게 증가하였으나, 다른 모든 system에서는 비교적 선형적으로 완만하게 증가되었다.
2. CM system에서 두께나 glandularity에 따른 AGD의 곡선이 가장 완만하게 증가하였으며, AGD가 가장 낮았다.
3. Screen-film보다 digital detector가 X선 흡수효율이 높지만, 저에너지 촬영(glandularity가 낮고, 두께가

얇은 경우)에서의 AGD는 오히려 IDM이나 DDM보다 SFM에서 낮았다.

4. AEC mode를 사용 하였음에도 불구하고 두께나 glandularity가 변해도 target/filter의 조합이 바뀌지 않고 Mo/Mo으로 계속 사용된 SFM에서는 AGD가 급격히 증가되어, 고에너지 촬영(glandularity가 높고, 두께가 두꺼운 경우)에서의 AGD는 SFM에서 가장 높았다.

5. 두께와 glandularity가 증가하면 target/filter의 조합이 Mo/Mo보다 Mo/Rh을, 더 증가하면 Rh/Rh을 사용하는 것이 AGD의 증가량이 적어 환자의 피폭선량 측면에서 바람직하다.

따라서 유방촬영에서 환자의 피폭선량을 평가하기 위해서는 검출효율 외에도 여러 가지 촬영 변수가 중요한 역할을 한다.

## 참 고 문 헌

1. 김형철, 조평곤, 김성수, 최종학, 김유현: 유방 X선 촬영 시 피폭선량에 대한 조사연구, 방사선기술과학, 27(4), 55-60, 2004
2. 이인자, 박계연, 김성수: 유방촬영의 실패와 유방촬영실의 공간산란선량에 관한 조사연구, 방사선기술과학, 29(1), 21-28, 2006
3. U. Neitzel: Status and Prospects of Digital Detector Technology for CR and DR, Radiation Protection Dosimetry, 114(1-3), 32-38, 2005
4. A. P. Smith: Fundamentals of Digital Mammography: Physics, Technology and Practical Considerations, [http://www.hologic.com/wh/pdf/R-LM-016\\_Radiology\\_Management.pdf](http://www.hologic.com/wh/pdf/R-LM-016_Radiology_Management.pdf)
5. A. G. Haus, M. J. Yaffe: Screen-Film and Digital Mammography, Image Quality and Radiation Dose Considerations, Breast Imaging, 38(4), 871-898, 2000
6. D. R. Dance, A. T. Klang, M. Sandborg, C. L. Skinner, I. A. Castellano Smith, G. A. Carlsson: Influence of anode/filter material and tube potential on contrast, signal-to-noise ratio and average absorbed dose in mammography: a Monte Carlo study, Br J Radiol, 73, 1056-1067, 2000
7. R. L. Kruger, B. A. Schueler: A survey of clinical factors and patient dose in mammography, Med Phys, 28(7), 1449-1454, 2001
8. E. A. Berns, R. E. Hendrick, G. R. Cutter: Performance comparison of full-field digital mammography to screen-film mammography in clinical practice, Med Phys, 29(5), 830-834, 2002
9. N. Jamal, K-H NG, D. McLean: A study of mean glandular dose during diagnostic mammography in Malaysia and some of the factors affecting it, Br J Radiol, 76, 238-245, 2003
10. 김정민, 김성철, 최종학 외: 방사선영상정보학, p.46, 2005
11. D. R. Dance: Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose, Phys. Med. Biol. 35, 1211-1219, 1990
12. D. R. Dance, C. L. Skinner, K. C. Young, J. R. Beckett, and C. J. Kotre: Additional factors for the estimation of mean glandular dose using UK mammography protocol, Phys. Med. Biol. 45, 3225-3240, 2000
13. 신귀순, 최종학, 김유현, 김정민, 김창균, 양정화: 유방촬영에서 환자 피폭선량, 방사선기술과학, 28(4), 293-299, 2005
14. 권대철, 이은미, 박 범: 유방촬영술에서 압력과 두께 측정, 대한방사선기술학회지, 26(2), 2003
15. M. Chevalier, P. Morán, J. I. Ten, J. M. F. Soto, T. Cepeda, and E. Vañó: Patient dose in digital mammography, Med. Phys. 31(9), 2471-2479, 2004

• Abstract

---

## Comparison of Average Glandular Dose in Screen-Film and Digital Mammography Using Breast Tissue-Equivalent Phantom

Gwi-Soon Shin · Jung-Min Kim · You-Hyun Kim · Jong-Hak Choi · Chang-Kyun Kim

*Dept. of Radiologic Science, College of Health Sciences, Korea University*

In recent years, mammography system is changed rapidly from conventional screen-film system to digital system for application to screening and diagnosis.

Digital mammography system provides several advantages over screen-film mammography system. According to the information provided by the manufacturer, digital mammography system offers radiation dose reduction in comparison with screen-film mammography system, because of digital detector, particularly direct digital detector has higher x-ray absorption efficiency than screen-film combination or imaging plate(IP).

We measured average glandular doses(AGD) in screen-film mammography(SFM) system with slow screen-film combination, computed mammography(CM) system, indirect digital mammography(IDM) system and direct digital mammography(DDM) system using breast tissue-equivalent phantom(glandularity 30%, 50% and 70%).

The results were shown as follows :

AGD values for DDM system were highest than those for other systems. Although automatic exposure control(AEC) mode was selected, the curve of the AGD values against thickness or glandularity increased significantly for the SFM system with the uniform target/filter(Mo/Mo) combination. Therefore, the AGD values for the high energy examinations were highest in the SFM system, and those for the low energy examinations were highest in the DDM system. But the curve of the AGD values against thickness and glandularity increased gently for CM system with the automatic selection of the target/filter combination (from Mo/Mo to Mo/Rh or from Mo/Rh to Rh/Rh), and the AGD values were lowest.

Consequently, the parameters in mammography for each exposure besides detection efficiency play an important role in order to estimate a patient radiation dose.

---

**Key Words :** Mammography detectors, Average glandular dose(AGD), Breast tissue-equivalent phantom thickness, Glandularity