Journal of Radiation Industry 13(3) : 281~286(2019)

유방촬영의 CR과 DR 영상 비교 연구

김 성 길

한려대학교 방사선학과

A Comparative Study of CR and DR for Mammography Images

Sung-Gil Kim

Department of Radiological Science, Hanlyo University, 94-13, Hallyeodae-gil, Gwangyang-eup, Gwangyang-si, Jeollanam-do 57764, Republic of Korea

Abstract - Recent breast diseases incidence and mammography is trend thar are increasing proportionally. At this, To understand distinctiveness about breast X-ray equipment to obtain image thinks should be implemented by priority. In this study, It is implement based on Signal to noise ratio (SNR) and Contrast to noise ratio (CNR) quantitative evaluation to obtain de CR and DR breast photographing equipment, quantitative evaluation about visual evaluation of phantom image and breast photographing image of breast photographing image evaluation standard. As a result, the SNR and CNR values got appear highly statistically significant ($P<0.01$), it was found that DR mammography equipment will obtain high quality image. At this, Author think that can obtain high quality image by using DR mammography equipment to high quarlity of image , would be helpful accurate diagnosis and treatment.

Key words : Mammography, CR, DR, SNR, CNR

서 론

최근 우리나라 여성들의 유방은 식생활 및 환경적인 변화로 인해 점차 변화 하고 있으며, 석회화나 암과 같은 유방에 관련된 질병 또한 늘어나고 있는 실정이다. 이러한 추세에 맞게 우리나라에서 실시되고 있는 것 중 하나인 유방촬영술(mommography)을 시행하고 있다. 유방촬영술은 검사가 비교적 간단하고 비용이 저렴한 것에 비해 석회화 병변을 진단하는 가장 효과적인 방법으로 알려지면서 이를 통해 유방질환의 조기발견에 도움을 주려 노력하고 있다(Haus 1982; Yang *et al*. 2007). 유방영상진단에 도움을 주는 유방엑스선 장치는 기존의 필름-스크린 방식을 거쳐 CR (Computed radiography) 시스템과 DR (Digital radiography) 시스템의 개발로 인해 높은 수준으로 성장하였다(Doi 2006). 필름-스크린 방식은 오랜 시간 동안 사용되어져 왔지만 PACS (Picture archiving communication system)의 발달로 인해 최근에는 디지털영상시스템인 CR과 DR이 많이 사용되어지고 있다. CR은 객관적인 화질평가가 체계적으로 이루어지지 않고 있지만 지속적인 발전으로 작은 병변도 표현이 가능하게 되었으나 DR이 가지고 있는 넓은 관용도와, 노이즈가 적고, 대조도를 조절할 수 있다는 점을 따라갈 수는 없다. 이러한 점을 바탕으로 보아 CR과 DR에 따라 영상의 질이 다르게 나타날 수 있음을 알 수 있다(moon 2004; Hong *et al*. 2006).

이에 본 연구에서는 유방촬영에 이용되고 있는 CR과 DR에서 각각 영상의 질을 비교 분석 평가해 보고자 한다.

* Corresponding author: Sung-Gil Kim, Tel. +82-61-760-1137, Fax. +82-61-760-1105, E-mail. stardr@hanmail.net

연구대상 및 방법

1. 연구대상

팬텀 영상 실험을 위해 ACR Phantom (Middleton, W153562, USA)을 사용하였고(Fig. 1), 광주 전남 지역에서 유방촬영을 목적으로 C병원(DR Method), H병원(CR Method)에 내원한 질환이 없는 환자 각각 20명을 대상으로 조사하였다. 조사된 환자의 연령은 DR에서 32~75세로 평균 50세이었고, CR에서는 33~83세로 평균 52.5세이었다.

2. 검사방법

2. 1 Phantom촬영 검사방법

CR (Mammomat 1000 mammography system, Siemens Healthcare, USA)과 DR (Full Field Digital Mammography System, Hologic Selenia, USA) 장비를 이용하여 ACR팬텀의 상부와 하부에 아크릴 팬텀을 이용하여 4 cm, 6 cm 팬텀 두께에 따라 조건을 맞추어 검사를 시행하였다. 팬텀 두께에 따른 촬영조건은 Table 1과 같다.

2. 2 유방촬영 검사방법

각 병원에 내원한 환자들에 대해 CR은 촬영조건표를 참고하여 검사하였고, DR은 자동노출모드(Auto exposure controller mode, AEC mode)를 사용하여 검사하였다(Table 2).

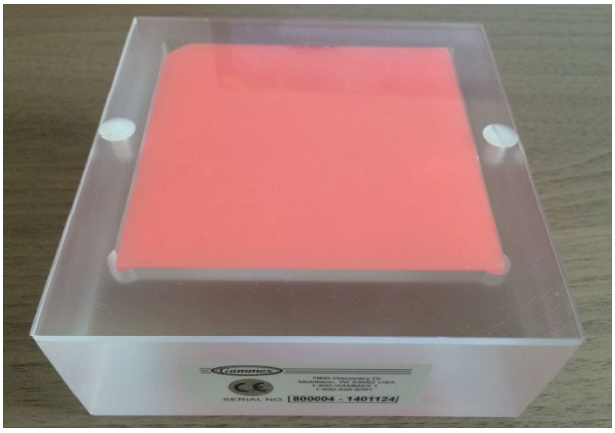


Fig. 1. ACR Phantom.

Table 1. Phantom Experimental evaluation shooting conditions

Thickness	CR		DR	
	kVp	mAs	kVp	mAs
4 cm	28	63 (62.8)	28	65 (64.4)
6 cm	32	80 (79.8)	32	80 (78.9)

3. 영상 평가

3. 1 정량적 평가

CR과 DR장비로 촬영된 영상을 Image J 프로그램(Image J 1.45s, National Institutes of Health, USA)을 이용하여 팬텀 종괴 부분과 실질부분 두 부위에 ROI를 설정한 후 Average 값과 SD 값을 구하였다(Fig. 2). 각 부위에 조사된 Mean과 SD값을 이용하여 SNR과 CNR을 산출하였다.

SNR은 Image J 프로그램을 이용하여 ROI의 신호강도의 평균과 표준편차를 측정한 후, ROI를 제외한 Background의 신호강도 평균과 표준편차를 구하여 다음과 같은 Eq. 1을 사용해 SNR을 측정하였다.

$$SNR = \frac{(Background\ SI_{Avg} - ROI\ SI_{Avg})}{ROI\ SD} \quad \text{(Eq. 1)}$$

CNR은 Image J 프로그램을 이용하여 신호 강도의 평균값과 표준편차를 측정한 후, ROI를 제외한 백그라운드의 신호강도 평균값과 표준편차를 구하여 다음과 같은 Eq. 2을 사용하여 CNR을 측정하였다. ROI의 화소(pixel) 신호 강도의 평균값과 표준편차를 각각 측정하고, 백그라운드의 신호

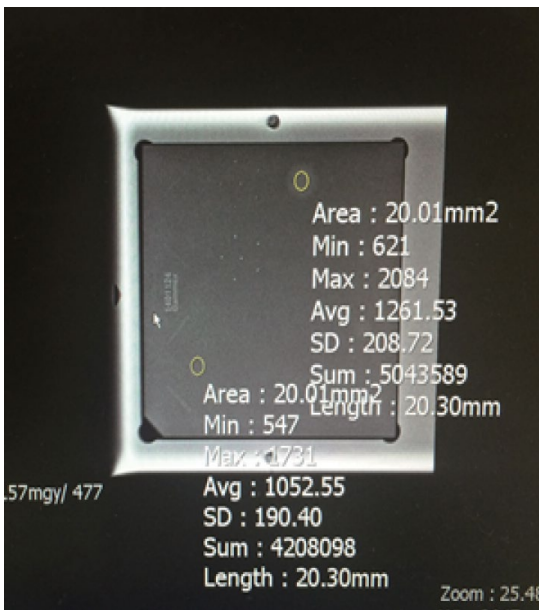
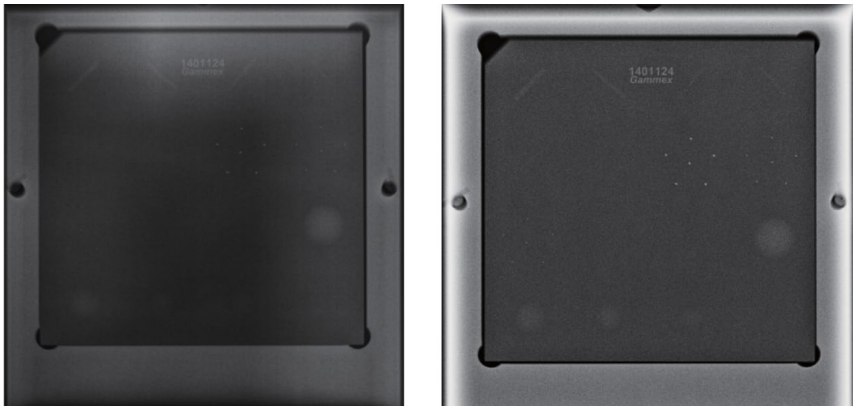


Fig. 2. Measure method of Phantom image (Mean ± SD).

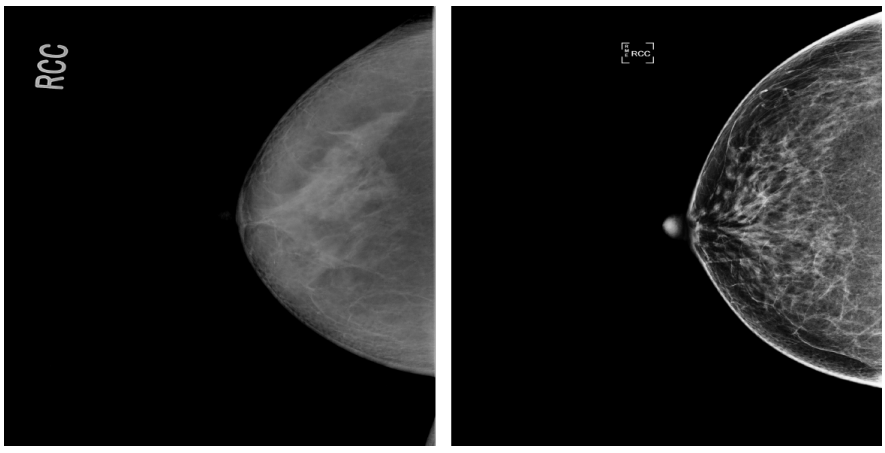
Table 2. Exposure conditions of CR system.

Thickness	kVp	mAs
1~2	23	32
2~3	24	40
3~4	25	40~50
4~5	26	50~60
5~	27	60~70
6 이상	28~29	60~70



A. CR Phantom Image B. DR Phantom Image

Fig. 3. Evaluation of Phantom image (CR and DR).



A. CR Image B. DR Image

Fig. 4. Mammography Image of Patient (CR&DR).

강도 평균값에서 ROI를 제외한 값을 측정한 후 백그라운드의 신호강도 표준편차를 구하여 ROI를 포함한 표준편차를 더한 다음 전체적으로 나누어 준다.

$$CNR = \left| \frac{(Background\ SI_{Avg} - ROI\ SI_{Avg})}{\sqrt{Background\ \ SD^2 + ROI\ SD^2}} \right| \quad \text{(Eq. 2)}$$

3. 2 정성적 평가

Phantom 영상 평가는 Phantom 영상에서 종괴, 석회화 및 섬유소가 육안적으로 확인할 수 있는지에 대해서 평가하였다(Fig. 3).

유방촬영영상 평가는 영상의학과 전문의 2명, 방사선사 2명에 의해 CR과 DR 유방촬영영상을 평가하였고, 측정기준은 대조도(지방조직과 유선 조직의 구분 정도)에 따라 리커드 5점 척도(1점: 매우나쁨~5점: 매우좋음)로 평가하였다(Fig. 4).

4. 통계처리

자료처리는 Excel 프로그램(Microsoft® Office Exel® 2007 MSO (12.0.4 518.1014))을 이용하여, 측정된 값은 모두 평균±표준편차로 나타냈고, CR영상과 DR영상의 Noise와 SNR, CNR 값의 비교을 위해 대응표본 t-검정을 시행하였다. 통계적 유의수준을 $P<0.01$인 경우, 통계적으로 유의한 것으로 보았다.

결 과

1. 정량적 평가

1. 1 Phantom 영상의 SNR과 CNR

CR과 DR의 팬텀 영상에서 측정된 결과로는 4 cm의 경우, 종괴 부분에서는 72.92±3.25, 78.52±12.90이었고, 팬텀 실질부분에서는 23.45±1.71, 10.82±2.19이었다. 6 cm의 경

Table 3. Measurement of Phantom Image (CR and DR)

Classification	Thickness (cm)	kVp	mAs	Tumor density (Mean ± SD)	Phantom density (Mean ± SD)	SNR	CNR
CR	4	28	63 (62.8)	72.92 ± 3.25	23.45 ± 1.71	15.22	22.21
	6	32	80 (79.8)	77.71 ± 9.04	26.91 ± 4.56	5.62	13.78
DR	4	28	65 (64.4)	78.52 ± 12.90	10.82 ± 2.19	5.13	17.19
	6	32	80 (78.9)	85.49 ± 12.32	15.58 ± 2.37	5.18	17.50

Table 4. Measurement of Mammography Image (CR and DR)

	Low density		High density		SNR		CNR	
	CR	DR	CR	DR	CR	DR	CR	DR
Mean ± SD	1774.83 ± 20.95	344.04 ± 112.47	1504.52 ± 22.59	2780.75 ± 348.37	14.03 ± 6.00	25.60 ± 9.87	36.93 ± 20.49	117.83 ± 27.18
P	0.00015		0.0004		0.0018		0.0003	

Table 5. Evalustion of Phantom image (CR and DR)

Classification	CR	DR	CR	DR
	4 cm	4 cm	6 cm	6 cm
1	3.5	4.5	3.5	5
2	3	5	3.5	5
3	3.5	5	4	4.5
4	4	4.5	3	4
5	3.5	4.5	3	4.5
Mean ± SD	3.5 ± 0.35	4.7 ± 0.27	3.4 ± 0.42	4.6 ± 0.42
P	0.0009		0.0038	

우, 종괴 부분에서는 77.71 ± 9.04, 85.49 ± 12.32이었고, 팬텀 실질부분에서는 26.91 ± 4.56, 15.58 ± 2.37이었다 (Table 3). 그리고 SNR값은 4 cm의 경우, 15.22, 5.13이었고, 6 cm의 경우, 5.62, 5.18이었다. CNR값은 4 cm의 경우, 22.21, 17.19이었고, 6 cm의 경우, 13.78, 17.50이었다.

1. 2 유방촬영영상의 SNR과 CNR

유방촬영영상에서의 측정값은 CR에서 1774.83 ± 20.95, 1504.52 ± 22.59이었고 DR에서 344.04 ± 112.47, 2780.75 ± 348.37이었다. CR과 DR영상의 SNR은 14.03 ± 6.00, 25.60 ± 9.87이었고, CR과 DR영상의 CNR은 36.93 ± 20.49, 117.83 ± 27.18이었다 (Table 4). Density와 SNR, CNR값에서 DR영상이 통계적으로 유의하게 높게 나타났다 ($p < 0.01$) (Table 4).

2. 정성적 평가

2. 1 Phantom 영상 평가 결과

ACR Phantom을 이용한 영상 평가에서는 확인 되는 4 cm Phantom에서 종괴의 수는 CR에서는 3.5 ± 0.35개, DR에서는 4.7 ± 0.27개이었고, 6 cm Phantom에서 종괴의 수는 CR에서는 3.4 ± 0.42개, DR에서는 4.6 ± 0.42개이었다. 종괴의 구분능력에서 CR과 DR영상에서의 확인할 수 있는 종괴의 수가 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.01$) (Table 5).

2. 2 임상 영상 평가 결과

임상 영상 평가는 CR에서는 2.05 ± 0.05점, DR에서는 4.46 ± 0.10점을 부여받아 DR 영상이 CR 영상에 비해 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.01$) (Table 6).

고 찰

최근 유방질환 발병률의 급속한 증가로 유방 질환에 대한 관심이 매우 높아지면서 유방촬영시 정확한 검사를 요구하는 환자 또한 증가하는 추세이다 (Fetterly and Schueler 2003; Koyama *et al*. 2006). 유방 엑스선 촬영의 궁극적인 목적은 유방질환을 조기에 발견하여 적절한 치료를 할 수 있게 하는 것으로 정확하고 선예도가 좋은 영상을 획득하는 것이 중요하다 (Haus 1982; Hong *et al*. 2006). 이에 유방 엑

Table 6. Evaluation Score of Mammography (CR and DR)

	Score (Mean ± SD)					P
	1	2	3	4	Avg.	
CR	2.08 ± 0.52	2.03 ± 0.53	2.05 ± 0.43	2.05 ± 0.51	2.05 ± 0.05	0.000
DR	4.40 ± 0.55	4.48 ± 0.38	4.45 ± 0.32	4.50 ± 0.40	4.46 ± 0.10	

스선 진단장치의 특수성을 이해하고 촬영의 정확도를 높이고자 CR과 DR의 유방촬영장치를 이용한 정량적인 평가와 정성적인 평가를 시행하였다. 방사선 영상 진단 영역의 발전은 잡음에 대한 관심을 촉진시켰다. 영상의 잡음는 영상신호에서의 불확정성 또는 부정확성을 의미하며 크게 영상정보를 구성하는 광자수에 기인한 잡음과 영상신호처리 회로에 의한 잡음으로 구분된다. 따라서 전자는 영상 정보를 구성하는 광자수가 적을 때 그 불확정성의 정도가 증가하는 반면 광자수가 증가하면 영상신호로서의 검출될 확률이 높아져 영상신호에 대한 잡음이 감소한다(Kim *et al*. 2006; Min *et al*. 2007). 이는 화질평가 중 잡음이 영상을 진단하는데 있어 중요한 요소임을 보여준다. Noise의 정량적인 평가 방법으로는 SNR (signal noise ratio;신호 대 잡음비)과 CNR (cont ast to noise ratio; 대조도 잡음비)등이 있다. SNR과 CNR을 바탕으로 CR과 DR 유방촬영장치에서 획득한 영상의 질을 비교 평가 시 SNR과 CNR의 수치가 높은 DR 유방장치에서 획득한 영상이 보다 더 정확한 진단과 치료를 할 수 있는 양질의 영상을 제공한다는 것을 알 수 있었다(Park *et al*. 2010; Kim and Cho 2007). 이는 현재 SNR과 CNR을 바탕으로 영상의 질을 비교하여 정량적인 평가를 함으로써 DR에 대한 유용성을 입증하기도 하였다(Samei and Flynn 1997; Samei and Flynn 2003; Son *et al*. 2013).

결 론

CR과 DR 유방촬영장치를 이용한 팬텀 영상평가에서 선량에 따른 화질(image quality)을 비교 했을 때, DR 장비에서 획득한 영상이 더 좋다는 결과를 얻을 수 있었다. CR과 DR 유방촬영장치를 이용한 임상 영상평가에서는 병변이 없고 이미지가 나쁘지 않은 범위 내에서 상하방향촬영(RCC; Right Cranio-Caudal)을 기준으로 영상 평가가 이루어졌으며 팬텀 영상평가와 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 환자의 유방 두께에 대한 연구는 이루어지지 못했기 때문에 오차가 발생할 수 있다는 제한점이 있다는 것이 사실이다. 정성적인 평가 방법으로는 phantom 영상의 육안 평가와 임상 영상 평가기준에 의해 5점 척도로 평가한 결과 정량적인 방법의 결과와 동일한 양상으로 나타났다. 본 연구에서는 어떠한 환자를 검사하든지 SNR과 CNR이 높은 DR 유방촬영영상의 질이 우수하다는 것을 알 수 있었다. 이에 본 연구는 현재 급속하게 증가하는 유방 질환을 발견하기 위한 유방촬영을 시행할 경우 DR 유방촬영장비를 사용한다면 임상에서 보다 더 정확한 진단과 치료를 할 수 있는 좋은 자료를 제공할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

Doi K. 2006. Diagnostic imaging over the last 50 years: research and development in medical imaging science and tecnology. *Phys. Med. Biol.* **51**(13):R5-27.

Fetterly KA and Schueler BA. 2003. Performance evaluation of a “dual-side read” dedicated mammography computed radiography system. *Med Phys*. **30**(7):1843-1854.

Haus AG. 1982. Physical principles and radiation dose in mammography. *Med. Radiogr. Photogr*. **58**(3):70-80.

Hong DH, Jung HR and Lim CH. 2006. A Comparative Study on Image Quality of Breast Image Tests using ACR Phantom. *J. Radiol. Sci. Technol*. **29**(4):241-247.

Kim HK and Cho MK. 2007. Thorsten Graeve: Investigation of radiation effects on the signal and noise characteristics in digital radiography. *Korean Soc. Med. Biol. Eng*. **28**(6):756-767.

Kim JM, Min JW, Jeong HW, Im EK and Yang HJ. 2006. The Noise Evaluation for Ragius 150 CR System. *J. Radiol. Sci. Technol*. **29**(4):237-240.

Koyama K, Shimamoto K, Ikeda M, Muramoto H, Satake H, Sawaki A, Kato K, Fukushima H and Ishigaki T. 2006. *Nagoya J. Med. Sci*. **68**(3-4):147-153.

Min JW, Kim JM and Jeong HW. 2007. Mixed Noise Reduction Filters for CR Images. *J. Radiol. Sci. Technol*. **30**(1):1-6.

Moon Wk, 2004. The use of computer-aided detection system and digital mammogra-phy in seoul National University Hospital. The second Seoul International Symposium For computer-Aided Diagnosis Proceeding pp. 24-25.

Park HS, Oh YN, Jo HJ, Kim ST, Choi YN and Kim HJ. 2010. Comparison study of image quality of direct and indirect conversion digital mammography system. *Korean J. Med. Phys*. **21**(3) 239-245.

Samei E and Flynn MJ. 1997. Physical measure of image quality in photostimulable phosphor radiographic system. *Proc SPIE* **3032**:328-338.

Samei E and Flynn MJ. 2003. An experimental comparison of detector performance for direct and indirect digital radiography systems. *Med. Phys.* **30**(4):608-622.

Son SY, Choi KW, Min JW, Son JH, Kim KW, Jung JH and Jeong HW. 2013. Evaluation of quantitative on T-spine exhalation technique and T-spine breathing technique of natural breathing. *J. Korea Acad. Indus. Cooper. Soc.* **14**(9): 4429-4436.

Yang HJ, Ko SK and Joo MH. 2007. Evaluation of MTF Image by Target/Filter Combined of X-ray Tube Using Mammography. *J. Radiol. Sci. Technol.* **30**(2):113-119.

Received: 17 July 2019
Revised: 12 August 2019
Revision accepted: 11 September 2019