

Image Quality Evaluation of CsI:Tl and Gd₂O₂S Detectors in the Indirect-Conversion DR System

Changgi Kong,^{1,2} Namgil Choi,¹ Myoyoung Jung,¹ Jongnam Song,¹ Wook Kim,¹ Jaebok Han^{1,*}

¹Department of Radiological Science, Dongshin University

²Department of Radiology, Cheom dan Hospital

Received: January 20, 2017. Revised: February 18, 2017. Accepted: February 28, 2017

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the features of CsI:Tl and Gd₂O₂S detectors with an indirect conversion method using phantom in the DR (digital radiography) system by obtaining images of thick chest phantom, medium thickness thigh phantom, and thin hand phantom and by analyzing the SNR and CNR.

As a result of measuring the SNR and CNR according to the thickness change of the subject, the SNR and CNR were higher in CsI:Tl detector than in Gd₂O₂S detector when the medium thickness thigh phantom and thin hand phantom were scanned. However, when the thick chest phantom was used, for the SNR at 80~125 kVp and the CNR at 80~110 kVp in the Gd₂O₂S detector, the values were higher than those of CsI:Tl detector. The SNR and CNR both increased as the tube voltage increased. The SNR and CNR of CsI:Tl detector in the medium thickness thigh phantom increased at 40~50 kVp and decreased as the tube voltage increased. The SNR and CNR of Gd₂O₂S detector increased at 40~60 kVp and decreased as the tube voltage increased. The SNR and CNR of CsI:Tl detector in the thin hand phantom decreased at the low tube voltage and increased as the tube voltage increased, but they decreased again at 100~110 kVp, while the SNR and CNR of Gd₂O₂S detector were found to decrease as the tube voltage increased. The MTF of CsI:Tl detector was 6.02~90.90% higher than that of Gd₂O₂S detector at 0.5~3 lp/mm. The DQE of CsI:Tl detector was 66.67~233.33% higher than that of Gd₂O₂S detector.

In conclusion, although the values of CsI:Tl detector were higher than those of Gd₂O₂S detector in the comparison of MTF and DQE, the cheaper Gd₂O₂S detector had higher SNR and CNR than the expensive CsI:Tl detector at a certain tube voltage range in the thick chest phantom. At chest X-ray, if the Gd₂O₂S detector is used rather than the CsI:Tl detector, chest images with excellent quality can be obtained, which will be useful for examination. Moreover, price/performance should be considered when determining the detector type from the viewpoint of the user.

Keywords: Indirect Conversion Method, Digital X-ray, Signal-to-Noise Ratio, Contrast-to-Noise Ratio

I. INTRODUCTION

현대 의료 기술이 크게 발달되어 종합병원 및 대학 병원에서 X선 촬영 장비를 기존의 아날로그 장비에서 디지털 X선 촬영 시스템으로 대부분 교체되어 사용하고 있다. 디지털 X선 촬영 시스템(digital radiography sy-

stem)은 기존 아날로그 장비의 X선 장비들에 비해 우수한 영상을 제공하며, 컴퓨터 영상처리 기능으로 진단 능력을 향상시켰으며, X선 촬영 영상을 컴퓨터 네트워크를 통해 쉽게 전송시켜 한 번의 촬영으로 다양하고 정확한 정보를 얻을 수 있다.^[1] DR은 인체를 투과한 X선이 광자 검출기에 흡수되어 상호 반응의 과정을 결

쳐 전기신호로 변환시킨 후, 위치 정보와 함께 읽어 들여 디지털 과정과 영상처리 알고리즘을 통해 최종적으로 영상이 형성 된다.^[2] 이러한 방법으로 획득된 DR 장비의 화질 평가와 장치의 성능을 객관적 분석하기 위한 기준으로는 변조전달함수(MTF; modulation transfer function), 잡음파워스펙트럼(NPS; noise power spectrum), 검출양자효율(DQE; detective quantum efficiency), 신호 대 잡음비(SNR; signal to noise ratio), 대조도 대 잡음비(CNR; contrast to noise ratio) 등이 주요 인자로 알려져 있다.^[3]

DR에서 사용되는 검출기는 X선을 검출하여 영상화하는 방법으로 동작방식에 따라 두 가지 방식으로 구분된다. 입사되는 X선을 별도의 변환과정 없이 바로 전기적 신호로 변환하는 직접변환방식(direct conversion method)과 중간매체를 통해 X선을 빛으로 변화한 후 전기적인 신호로 다시 변환하는 간접변환방식(indirect conversion method)이 있다.^[4]

간접변환방식에서 사용하는 섬광체의 종류는 다양한 물질을 사용하고 있는데, 주로 종합병원 및 대형병원에서 사용하는 고가의 CsI:Tl 검출기와 중소형병원에서 사용하는 저가의 Gd₂O₂S 검출기로 나누어 볼 수 있다. 두 종류의 검출기는 가격 대비 성능면에서 다소의 차이를 보이고 있다고는 하지만 에너지의 변화에 대한 피사체의 두께의 차이 등에 따른 보고는 없다고 할 수 있다.

CsI:Tl 검출기는 주상 결정 구조로 형성되어 lateral light spreading과 scattering을 낮추기 때문에 높은 해상도와 X선 광자와 상호작용이 늘어 사용 가능한 가시광선도 증가되므로 공간분해능은 물론 검출 효율까지 높일 수 있어 환자의 피폭 경감에도 좋은 효과를 보이는 반면, Gd₂O₂S 검출기는 높은 원자번호에 의한 고에너지에 대한 높은 흡수율과 우수한 발광효율을 가지므로 현재 널리 이용되고 있으나 light output이 높지 않아 X선 dose를 일정 수준 이상 가해야 하며, 무질서한 결정 구조를 갖는 특성으로 인하여 낮은 해상도를 보인다.

이에 본 논문에서는 DR 장비에서 사용하는 검출기 형태에 따른 화질 및 특성을 파악하기 위하여 CsI:Tl 검출기와 Gd₂O₂S 검출기를 중심으로 에너지를 변화하여 피사체의 두께가 두꺼운 흉부 팬텀과 중간 두께의 대퇴부 팬텀 그리고 피사체의 두께가 얇은 손 팬텀의

영상을 획득하고 SNR과 CNR을 분석하여 검출기의 특성을 알아보려고 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 장비

본 실험은 DR 장비에서 사용하는 간접방식 검출기에서 서로 다른 특성을 가지고 있는 CsI:Tl 검출기와 Gd₂O₂S 검출기 이용하였다. CsI:Tl 검출기의 실험장비는 H 재활병원에서 보유한 장비로 FXRD-1717SA (Dong Kang Medical System, Korea)모델을 이용하였다. 카세트는 17"×17" cassette with grid, active array 3072 × 3072 pixels, pixel pitch는 140 μm, 해상력은 3.5 lp/mm 이다.

Gd₂O₂S 검출기의 실험장비는 C 병원에서 보유한 F XRD-1417SB (Dong Kang Medical System, Korea)모델을 이용하였다. 카세트는 14"×17" cassette with grid, active array 2560 × 3072 pixels, pixel pitch는 143 μm, 해상력은 3.5 lp/mm 이다.

2. 실험 방법

첫 번째 실험은 인체 흉부 촬영과 동일한 검사조건으로 FFD는 180 cm로 고정하고 흉부 팬텀을 촬영하여 SNR과 CNR을 산정하였고, 두 번째 실험은 인체 대퇴부 촬영과 동일한 검사 조건으로 FFD는 110 cm로 대퇴부 팬텀을 촬영하여 SNR과 CNR을 산정하였다. 그리고 세 번째 실험은 인체 손 촬영과 동일한 검사 조건으로 FFD는 110 cm로 손 팬텀을 촬영하여 SNR과 CNR을 산정하였다.

첫 번째 실험에서의 실험조건은 흉부 팬텀 촬영의 노출조건을 기준으로 관전류량은 고정하고 관전압을 단계별로 변화하여 검사하였다. 관전압은 70, 80, 90, 100, 110, 120 kVp로 10 kVp씩 증가하였고, 관전류량은 5 mAs로 고정하여 조사하였다.

두 번째 실험에서의 실험조건은 대퇴부 팬텀 촬영의 노출조건을 기준으로 관전류량은 고정하고 관전압을 단계별로 변화하여 검사하였다. 관전압은 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 kVp로 10 kVp씩 증가하였고, 관전류량은 5 mAs 고정하여 조사하였다.

그리고 세 번째 실험에서의 실험조건은 손 팬텀 촬영의 노출조건을 기준으로 관전류량은 고정하고 관전압을 단계별로 변화하여 검사하였다. 관전압은 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 kVp로 10 kVp씩 증가하였고, 관전류량은 5 mAs 고정하여 조사하였다.

3. 분석 방법

PACS에 전송된 의료영상표준(DICOM; digital imaging and communications in medicine) 3.0 파일을 윈도우용 수치 해석 및 프로그래밍 환경을 제공하는 소프트웨어(Image J 1.50i, National Institutes of Health (NIH), USA)를 사용하여 영상을 분석하였다. 영상 신호를 수치적으로 확인한 후 표준편차(SD; standard deviation)와 평균 신호값(MPV; mean pixel value)을 측정하여 분석하였다.

4. 평가 방법

본 연구에서 화질 평가는 SNR과 CNR 지표를 이용하였다. 영상 평가를 위한 지표를 알아보기 위해 Image J 프로그램을 이용하여 신호를 수치적으로 획득하고 시각적 정보를 나타내는 히스토그램(histogram)을 작성하여 확인하였다. 인체모형팬텀에서 물체와 물체 밖의 배경에 대한 화질을 평가 하였다.

SNR과 CNR이 높을수록 noise에 대한 신호와 contrast가 높은 것으로 평가되고 있다. 또한 X선의 광자의 수는 일반적으로 signal을 의미하며 각 pixel에 대한 기록된 X선 광자의 평균수가 N이라면 pixel당 noise는 다음식과 같다.

다음의 식(1)과 같다.

$$\sigma = \sqrt{N} \quad (1)$$

(σ : standard deviation or noise)

SNR (signal to noise ratio)을 구하는 방법은 다음 식(2)과 같으며 배경 신호강도 평균값에서 관심영역 신호강도 평균값의 차를 구하여 관심영역 전체의 표준편차로 나누어 SNR을 계산하였다.

$$SNR = \frac{Background SI_{Avg} - ROI SI_{Avg}}{ROI SD} \quad (2)$$

CNR (contrast to noise ratio)은 주변잡음에 대한 관심영역의 대조도를 나타내는 값으로 식(3)과 같으며 배경 평균 신호값에서 관심영역 평균 신호값의 차를 구한 다음 배경의 표준편차와 관심영역의 표준편차를 구하여 더한 값으로 나누어 CNR을 계산하였다.

$$CNR = \frac{|Background SI_{Avg} - ROI SI_{Avg}|}{\sqrt{Background SD^2 + ROI SD^2}} \quad (3)$$

배경에 대한 측정 방법으로 물체 밖의 배경이 되는 지점에서 1시, 5시, 7시, 11시의 4개 지점에서 특정 영역을 설정하여 배경에 대한 표준편차와 평균 신호값을 측정하였다.

관심영역(ROI; region of interest)에 대한 측정 방법으로 흉부 팬텀에서는 Fig. 1과 같이 전방갈비뼈와 후방갈비뼈가 중복이 되기 때문에 중복이 되지 않는 지점에서 양쪽 갈비뼈의 2개 지점, 갈비뼈의 중복이 없는 양쪽 폐를 중심으로 2개 지점, 심장에서 1개 지점의 영역을 대상으로 총 5개 지점에서 신호 값을 측정하였고, 대퇴부 팬텀에서는 Fig. 2와 같이 대퇴골두의 1개 지점, 대전자의 1개 지점, 몸통 가운데의 1개 지점, 원위부의 1개 지점, 연부조직의 1개 지점의 영역을 대상으로 총 5개 지점에서 신호 값을 측정하였으며, 손 팬텀에서는 Fig. 3과 같이 엄지의 손바닥뼈 1개 지점, 중지의 첫마디손가락뼈 1개 지점, 새끼 손가락의 손바닥뼈 1개 지점, 머리골의 1개 지점의 영역을 대상으로 총 4개 지점에서 신호 값을 측정하였다.

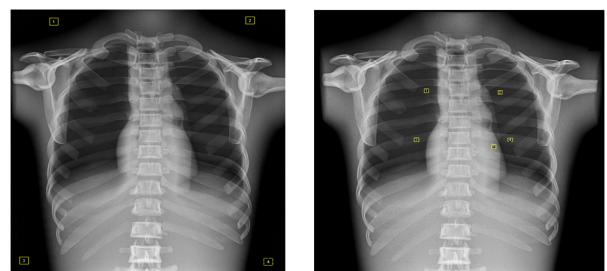


Fig. 1. ROI of chest phantom; (a) background measurement value; (b) foreground measurement value

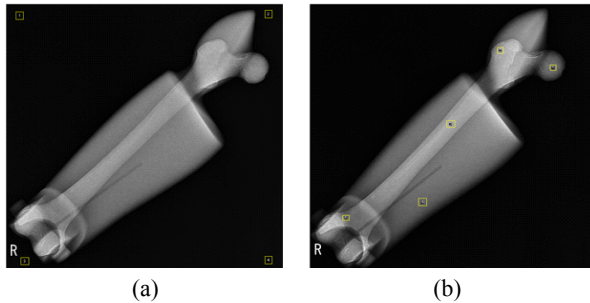


Fig. 2. ROI of femur phantom; (a) background measurement value; (b) foreground measurement value

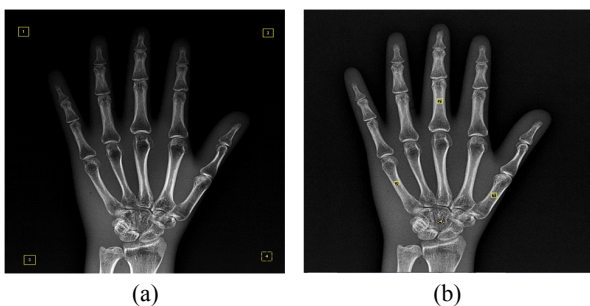


Fig. 3. ROI of hand phantom; (a)background measurement value; (b)foreground measurement value

III. RESULT

1. 흉부 팬텀에서 SNR과 CNR에 대한 결과 값

1.1 흉부 팬텀에서 SNR에 대한 결과 값

CsI:Tl 검출기와 Gd₂O₂S 검출기의 화질을 평가하기 위한 방법으로 흉부 팬텀을 이용하여 관전류는 5 mAs로 고정하고 X선 조사한 후 SNR을 측정하였고, SNR 측정 결과는 Table 1과 같다.

설정한 5가지의 모든 ROI에서 70 kVp, 5 mAs를 제외하고는 80~125 kVp, 5 mAs에서 Gd₂O₂S가 CsI:Tl보다 높은 SNR을 보여주었다.

Table 1. Measurement value for SNR to the chest phantom

	CsI:Tl	Gd ₂ O ₂ S
70 kVp, 5 mAs	18.2709	13.0124
80 kVp, 5 mAs	19.1866	19.9106
90 kVp, 5 mAs	19.8341	25.4240
100 kVp, 5 mAs	20.7525	25.7781
110 kVp, 5 mAs	22.7162	26.8997
120 kVp, 5 mAs	24.5911	27.4262
125 kVp, 5 mAs	24.5442	27.4719

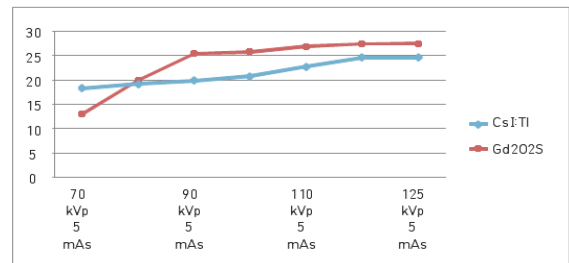


Fig. 4. Measurement value for SNR to the chest phantom.

1.2 흉부 팬텀에서 CNR에 대한 결과 값

CsI:Tl 검출기와 Gd₂O₂S 검출기의 화질을 평가하기 위한 방법으로 흉부 팬텀을 이용하여 관전류는 5 mAs 고정하고 X선 조사한 후 CNR을 측정하였고, CNR 측정 결과는 Table 2과 같다.

설정한 5가지의 모든 ROI에서 70, 120~125 kVp, 5 mAs를 제외하고는 80~110 kVp, 5 mAs에서 Gd₂O₂S가 CsI:Tl보다 높은 CNR을 보여주었다.

Table 2. Measurement value for CNR to the chest phantom

	CsI:Tl	Gd ₂ O ₂ S
70 kVp, 5 mAs	0.1912	0.1094
80 kVp, 5 mAs	0.2304	0.2538
90 kVp, 5 mAs	0.2625	0.4005
100 kVp, 5 mAs	0.2993	0.3645
110 kVp, 5 mAs	0.3694	0.4068
120 kVp, 5 mAs	0.4452	0.4249
125 kVp, 5 mAs	0.4543	0.4384

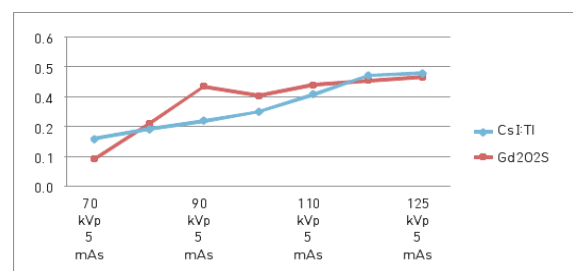


Fig. 5. Measurement value for CNR to the chest phantom.

2. 대퇴부 팬텀에서 SNR과 CNR에 대한 결과 값

2.1 대퇴부 팬텀에서 SNR에 대한 결과 값

CsI:Tl 검출기와 Gd₂O₂S 검출기의 화질을 평가하기 위한 방법으로 대퇴부 팬텀을 이용하여 관전류는 5 mAs 고정하고 X선 조사한 후 SNR을 측정하였고, SNR 측정 결과는 Table 3과 같다.

설정한 5가지의 모든 ROI의 40~120 kVp, 5 mAs에서 CsI:Tl가 Gd₂O₂S보다 높은 SNR을 보여주었다.

Table 3. Measurement value for SNR to the femur phantom

	CsI:Tl	Gd ₂ O ₂ S
40 kVp, 5 mAs	10.6267	5.4452
50 kVp, 5 mAs	16.5473	9.9637
60 kVp, 5 mAs	14.6177	10.9059
70 kVp, 5 mAs	13.2821	10.8881
80 kVp, 5 mAs	13.2214	10.1134
90 kVp, 5 mAs	13.2860	9.5136
100 kVp, 5 mAs	13.3695	8.9325
110 kVp, 5 mAs	11.6530	8.1983
120 kVp, 5 mAs	10.1308	7.7312

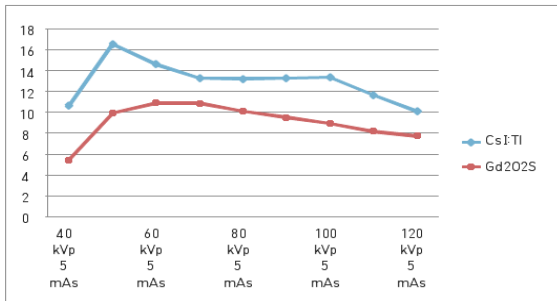


Fig. 6. Measurement value for SNR to the femur phantom.

2.2 대퇴부 팬텀에서 CNR에 대한 결과 값

CsI:Tl 검출기와 Gd₂O₂S 검출기의 화질을 평가하기 위한 방법으로 대퇴부 팬텀을 이용하여 관전류는 5 mAs 고정하고 X선 조사한 후 CNR을 측정하였고, CNR 측정 결과는 Table 4와 같다.

설정한 5가지의 모든 ROI의 40~120 kVp, 5 mAs에서 CsI:Tl가 Gd₂O₂S보다 높은 CNR을 보여주었다.

Table 4. Measurement value for CNR to the femur phantom

	CsI:Tl	Gd ₂ O ₂ S
40 kVp, 5 mAs	0.0562	0.0134
50 kVp, 5 mAs	0.1595	0.0492
60 kVp, 5 mAs	0.1285	0.0621
70 kVp, 5 mAs	0.1090	0.0686
80 kVp, 5 mAs	0.1105	0.0647
90 kVp, 5 mAs	0.1104	0.0635
100 kVp, 5 mAs	0.1147	0.0619
110 kVp, 5 mAs	0.0987	0.0598
120 kVp, 5 mAs	0.0807	0.0561

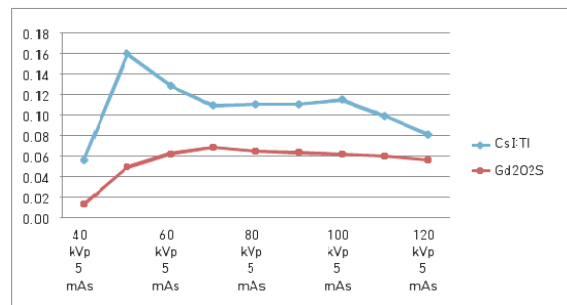


Fig. 7. Measurement value for CNR to the femur phantom.

3. 손 팬텀에서 SNR과 CNR에 대한 결과 값

3.1 손 팬텀에서 SNR에 대한 결과 값

CsI:Tl 검출기와 Gd₂O₂S 검출기의 화질을 평가하기 위한 방법으로 손 팬텀을 이용하여 관전류는 5 mAs 고정하고 X선 조사한 후 SNR을 측정하였고, SNR 측정 결과는 Table 5와 같다.

설정한 4가지의 모든 ROI의 40~110 kVp, 5 mAs에서 CsI:Tl가 Gd₂O₂S 보다 높은 SNR을 보여주었다.

Table 5. Measurement value for SNR to the hand phantom

	CsI:Tl	Gd ₂ O ₂ S
40 kVp, 5 mAs	8.0662	5.1381
50 kVp, 5 mAs	5.7426	4.7132
60 kVp, 5 mAs	5.2880	3.5225
70 kVp, 5 mAs	5.5513	3.8808
80 kVp, 5 mAs	5.7015	3.7317
90 kVp, 5 mAs	5.8634	3.8235
100 kVp, 5 mAs	5.6435	2.7310
110 kVp, 5 mAs	4.3466	2.0272

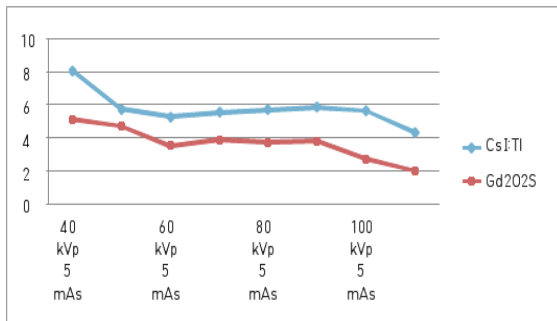


Fig. 8. Measurement value for SNR to the hand phantom.

3.2 손 팬텀에서 CNR에 대한 결과 값

CsI:TI 검출기와 Gd₂O₂S 검출기의 화질을 평가하기 위한 방법으로 손 팬텀을 이용하여 관진류는 5 mAs 고정하고 X선 조사한 후 CNR을 측정하였고, CNR 측정 결과는 Table 6과 같다.

설정된 4가지의 모든 ROI의 40~110 kVp, 5 mAs에서 CsI:TI가 Gd₂O₂S 보다 높은 CNR을 보여주었다.

Table 6. Measurement value for CNR to the hand phantom

	CsI:TI	Gd ₂ O ₂ S
40 kVp, 5 mAs	0.0366	0.0141
50 kVp, 5 mAs	0.0205	0.0134
60 kVp, 5 mAs	0.0203	0.0092
70 kVp, 5 mAs	0.0241	0.0128
80 kVp, 5 mAs	0.0274	0.0093
90 kVp, 5 mAs	0.0307	0.0098
100 kVp, 5 mAs	0.0310	0.0092
110 kVp, 5 mAs	0.0266	0.0080

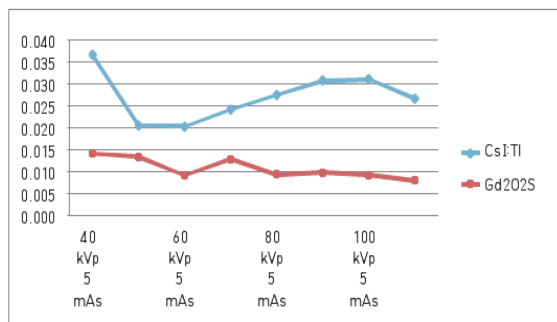


Fig. 9. Measurement value for CNR to the hand phantom.

IV. DISCUSSION

DR은 X선 광자 검출 방식에 따라 직접변환방식과 간접변환방식으로 구분하는데 간접변환방식의 섬광검출기를 주로 사용하고 있다. 간접변환방식의 섬광검출기 중에서 임상에서는 주로 대학병원 및 종합병원 등에서 고가의 CsI:TI 검출기를 사용하고 중소형병원에서는 저가의 Gd₂O₂S 검출기를 사용하고 있는데 두 종류의 검출기는 가격 대비 성능 면에서 다소의 차이를 보이고 있다고 한다. 이러한 특성을 파악하기 위하여 에너지를 변화하여 피사체의 두께가 두꺼운 흉부 팬텀과 중간 두께의 대퇴부 팬텀 그리고 피사체의 두께가 얇은 손 팬텀의 영상을 획득하고 SNR과 CNR을 분석하여 검출기의 특성을 비교·평가 하였다.

SNR은 DR에서 중요한 인자이고 영상화질은 높은 SNR에 비례하여 향상된다. 또한 X선의 저선량에 다양한 변수, 형광체, 그리고 DR 시스템의 전자적 요소에서 발생하는 양자노이즈는 SNR을 감소시킨다. CNR은 주변 잡음에 대한 관심 영역의 대조도를 나타내는 값으로 CNR이 높을수록 대조도가 높은 것으로 평가되고 있다.

측정 결과 두께가 두꺼운 인체 모형의 흉부팬텀을 사용하였을 때 일정 구간에서 SNR과 CNR은 CsI:TI 검출기보다 Gd₂O₂S 검출기에서 높게 측정되었다. 70 kVp, 5 mAs를 제외하고는 80~125 kVp, 5 mAs에서 Gd₂O₂S 검출기가 높은 SNR을 보여주었다.

Gd₂O₂S 검출기에서의 SNR과 CNR은 70~90 kVp, 5 mAs 일 때 급격하게 상승하는 것을 확인 할 수 있었고, Gd₂O₂S 검출기와 CsI:TI 검출기의 80~125 kVp, 5 mAs 일 때 Gd₂O₂S 검출기와 CsI:TI 검출기의 SNR을 비교 했을 때 약 3.77~28.18% 정도로 Gd₂O₂S 검출기의 SNR이 높은 것을 확인 할 수 있었다. CNR은 80~110 kVp, 5 mAs 일 때 약 10.12~52.57% 정도로 Gd₂O₂S 검출기가 높았지만, 120~125 kVp, 5 mAs 일 때는 CsI:TI 검출기의 CNR이 높게 나타났음을 확인 할 수 있었다. Gd₂O₂S 검출기의 100 kVp 일 때 CNR이 갑자기 낮아지는 것은 물체 밖의 배경에 대한 노이즈에 대한 영향으로 판단되어진다. Gd₂O₂S 검출기는 무질서한 결정 구조로 인하여 해상도가 낮다고 알려져 있는데 본 연구에서는 두꺼운 부위에서 에너지 증가 시 Gd

Gd_2O_2S 의 해상도가 높음을 확인 할 수 있었다.^[5] 선량의 증가에 따른 SNR의 변화에 대한 선행 논문의 고찰로 B. K. Cha 등에 의하면 Gd_2O_2S 검출기와 CsI:Tl 검출기가 같은 결정 크기의 일 때 저선량에서 고선량으로 증가 시 Gd_2O_2S 가 CsI:Tl 보다 SNR 값이 높다고 보고되고 있다.^[6] 본 연구에서는 관전류를 고정하고 관전압을 증가하면서 두꺼운 흉부 팬텀을 사용하였을 때 Gd_2O_2S 검출기가 CsI:Tl 검출기보다 SNR이 높음을 확인하였다.

Launders JH 등에 의하면 DR 장치에서 흉부 X선 사진의 최적 kVp는 90~110 kVp로 이야기하고 있다.^[7] 본 연구에서 흉부 팬텀으로 X선 검사 시 Gd_2O_2S 검출기와 CsI:Tl 검출기의 SNR과 CNR을 보면 90~120 kVp, 5 mAs 일 때 최적임을 확인 할 수 있었다.

중간 두께의 대퇴부 팬텀에서 CsI:Tl 검출기의 SNR과 CNR은 40~50 kVp, 5 mAs일 때와 Gd_2O_2S 검출기의 SNR과 CNR이 40~60 kVp, 5 mAs 일 때 증가하다 고관전압으로 갈수록 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. Gd_2O_2S 검출기와 CsI:Tl 검출기의 40~120 kVp, 5 mAs 일 때 CsI:Tl 검출기의 SNR은 Gd_2O_2S 검출기의 SNR에 비교 했을 때 약 21.99~95.16% 정도 높은 것을 확인 할 수 있었고, CNR은 약 43.85~319.40% 정도로 CsI:Tl 검출기가 높은 것을 확인 할 수 있었다. SNR과 CNR은 Gd_2O_2S 검출기보다 CsI:Tl 검출기가 높게 나타났음을 확인하였다.

두께가 얇은 손 팬텀에서 CsI:Tl 검출기의 SNR과 CNR은 40~50 kVp, 5 mAs 일 때와 100~110 kVp, 5 mAs 일 때 급격하게 낮아졌지만, 60~100 kVp, 5 mAs 일 때는 SNR과 CNR이 증가됨을 확인 할 수 있었고, Gd_2O_2S 검출기에서는 에너지 증가 시 SNR과 CNR은 감소됨을 확인 하였다. Gd_2O_2S 와 CsI의 60~110 kVp, 5 mAs 일 때 CsI:Tl 검출기의 SNR은 Gd_2O_2S 의 SNR에 비교 했을 때 약 21.84~114.41% 정도 높은 것을 확인 할 수 있었고, CNR은 약 52.99~236.96% 정도로 CsI:Tl 검출기가 높은 것을 확인 할 수 있었다. 얇은 손 팬텀에서 SNR과 CNR은 두꺼운 부위의 흉부 팬텀과 반대로 CsI:Tl 검출기가 높게 나타났음을 확인 하였다. 두께가 얇은 팬텀에서 에너지 증가시 SNR과 CNR 값은 감소하였는데, 이는 두께의 차이에 따른 투과도 변화에 의한 것으로 사료된다.

Jacob Beutel 등에 의하면 CsI:Tl 검출기의 K-edge는 약 34 keV, Gd_2O_2S 의 검출기의 K-edge는 약 51 keV로 Gd_2O_2S 검출기의 K-edge가 높은 것으로 보고하고 있는데, 본 연구로 Gd_2O_2S 검출기의 특성인 고에너지에 대한 높은 흡수율을 확인 할 수 있었다.^[8]

장비회사에서 제공된 제원값으로 CsI:Tl 검출기와 Gd_2O_2S 검출기의 MTF와 DQE를 비교한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Performance for MTF, DQE provided by the company

Test condition : RQA5, 2.5uGy, IEC 62220-1 standard		
	CsI:Tl (FXRAD-1417SA)	Gd_2O_2S (FXRD-1417SB)
MTF	0.5 lp/mm	88
	1 lp/mm	70
	2 lp/mm	38
	3 lp/mm	21
DQE	0.5 lp/mm	55
	1 lp/mm	48
	2 lp/mm	34
	3 lp/mm	20

Detector 장비 회사에서 제공된 MTF와 DQE에 대한 성능을 보면 CsI:Tl 검출기의 MTF와 DQE가 Gd_2O_2S 검출기보다 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

본 연구는 동일 회사에서 제조된 Gd_2O_2S 검출기와 CsI:Tl 검출기를 각기 다른 X선장비와 영상처리 프로그램을 이용하여 연구 하였다. 그러나 조금 더 객관적인 결과를 도출하기 위해서는 하나의 X선 장비와 영상처리 프로그램을 이용한 연구가 필요할 것으로 사료되어지며, DR 장치의 특성에 따라 파라미터 값과 영상처리 프로그램의 차이로 인해 영상 장비마다 동일한 검출기를 사용한다 하더라도 영상처리 알고리즘에 따라서 다른 물리적 특성을 나타낼 수 있다고 한다.^[9]

본 연구는 모두 그리드를 사용하여 팬텀의 한정된 두께로만 진행되었고, 파라미터, 영상처리 프로그램 등의 여러 변수 등을 고려하지 못한 단점을 가지고 있으며, 향후 DR 시스템의 특성을 정확하고, 객관적으로 평가 할 수 있는 대표적인 방법인 NPS, MTF, DQE 측정과 더불어 다양한 부위의 두께의 측정에 대한 검증 을 함으로써 방사선 진단 영역에 적용이 가능할 것으로 사료된다.

V. CONCLUSION

간접변환방식 DR 장비에서 사용하는 검출기 형태에서 CsI:Tl 검출기와 Gd₂O₂S 검출기를 중심으로 에너지를 변화하여 피사체의 두께별로 흉부 팬텀과 대퇴부 팬텀 그리고 손 팬텀의 영상을 획득하고 SNR과 CNR을 측정하여 검출기의 화질 및 특성을 파악한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

피사체 두께 변화에 따른 SNR과 CNR을 측정한 결과 중간 두께의 대퇴부 팬텀과 두께가 얇은 손 팬텀을 촬영 하였을 때 SNR과 CNR은 Gd₂O₂S 검출기보다 CsI:Tl 검출기에서 높게 나타났음을 확인 할 수 있었다. 그러나 두께가 두꺼운 흉부 팬텀을 사용하였을 때는 Gd₂O₂S 검출기의 SNR이 80~125 kVp일때와 CNR이 80~110 kVp일때 CsI:Tl 검출기 보다 값이 높게 나타났고, 저관전압에서 고관전압으로 갈수록 SNR과 CNR은 모두 증가하였다. 결론적으로 각 검출기의 특성 및 장점을 고려하여 두께가 두꺼운 흉부검사에 CsI:Tl 검출기보다 저가인 Gd₂O₂S 검출기를 사용하여 우수한 화질의 영상을 구현함으로써 검사에 유용할 것으로 판단되어지며, 사용자 입장에서 검출기 형태를 결정 할 때 가격 대비 성능을 고려 해볼 사항으로 판단된다.

Reference

- [1] M. Yaffe and J. Rowlands, "X-ray detectors for digital radiography", *Physics in Medicine and Biology*, Vol. 42, No. 1, 1997.
- [2] M. Köner, C. H. Weber, S. Wirth, K.-J. Pfeifer, M. F. Reiser, and M. Treitl, "Advances in Digital Radiography: Physical Principles and System Overview1", *Radiographics*, vol. 27, pp. 675-686, 2007.
- [3] G. S. Jo, "Development of the Criteria for the Performance evaluation of Digital X-ray Imager", Ministry of Food and Drug Safety, 2004.
- [4] Y. I. Kim, *Analog & Digital PACS Medical Imaging Informatics*, Daihaks Publishing Co, 2003.
- [5] B. K. Cha, D. H. Lee, B. H. Kim, C. W. Seo, S. C. Jeon, Y. Huh, Y. J. Kim, "High-resolution X-ray imaging based on pixel-structured CsI: Tl scintillating screens for indirect X-ray image sensors", *Journal of the Korean Physical Society*, Vol. 59. No. 6, pp. 36

70-3673, 2011.

- [6] B. K. Cha, J. Y. Kim, Y. J. Kim, S. Yun, G. Cho, b H. K. Kim, C. W. Seo, S. Jeon, Y. Huh, "Design and image-quality performance of high resolution C MOS-based X-ray imaging detectors for digital mam mography", Published by IOP Publishing for SISSA MedialLab, Vol. 7, 2012.
- [7] Launder JH, Cowen AR, Bury RF, Hawkridge P. "Towards image quality, beam energy and effective dose optimisation in digital thoracic radiography", *European Radiology*, Vol. 11, No. 5, pp. 870-875, 2001.
- [8] Jacob Beutel, Richard L. Van Metter, Harold L. Kundel, *Handbook of Medical Imaging: Physics and psychophysics*, SPIE Press, 2000.
- [9] H. W. Jung, J. H. Min, J. M. Kim, M. S. Park, K. Y. Lee, "Performance Characteristic of a CsI(Tl) Flat Panel Detector Radiography System", *Journal of the Korean Society of Radiological Technology*, Vol. 35, No. 2, pp. 109-117, 2012.

간접변환방식 DR장비에서 CsI:Tl과 Gd₂O₂S의 검출기 화질 평가

공창기,^{1,2} 최남길,¹ 정묘영,¹ 송종남,¹ 김 옥,¹ 한재복^{1,*}

¹동신대학교 방사선학과

²첨단종합병원 영상의학과

요 약

본 연구의 목적은 DR (digital radiography) 장비에서 팬텀을 이용하여 간접변환방식의 CsI:Tl 검출기와 Gd₂O₂S 검출기를 중심으로 두께가 두꺼운 흉부 팬텀과 중간 두께의 대퇴부 팬텀, 그리고 피사체의 두께가 얇은 손 팬텀의 영상을 획득하고 SNR과 CNR을 분석하여 검출기의 특성을 알아보려고 하였다.

피사체 두께 변화에 따른 SNR과 CNR을 측정한 결과 중간 두께의 대퇴부 팬텀과 두께가 얇은 손 팬텀을 촬영 하였을 때 SNR과 CNR은 Gd₂O₂S 검출기보다 CsI:Tl 검출기에서 높게 나타났음을 확인 할 수 있었다. 그러나 두께가 두꺼운 흉부 팬텀을 사용하였을 때는 Gd₂O₂S 검출기의 SNR이 80~125 kVp 일 때와 CNR이 80~110 kVp 일 때 CsI:Tl 검출기 보다 값이 높게 나타났고, 저관전압에서 고관전압으로 갈수록 SNR과 CNR은 모두 증가하였다. 중간 두께의 대퇴부 팬텀에서 CsI:Tl 검출기의 SNR과 CNR은 40~50 kVp 일 때 증가하다 고관전압으로 갈수록 감소하는 것을 확인 할 수 있었고, Gd₂O₂S 검출기의 SNR과 CNR은 40~60 kVp 일 때 증가하다 고관전압으로 갈수록 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 두께가 얇은 손 팬텀에서 CsI:Tl 검출기의 SNR과 CNR은 저관전압에서 감소하다가 고관전압으로 갈수록 증가하면서 100~110 kVp에서는 감소하였고, Gd₂O₂S 검출기의 SNR과 CNR은 고관전압으로 갈수록 감소하는 것을 확인하였다. MTF는 0.5~3 lp/mm에서 CsI:Tl 검출기가 Gd₂O₂S 검출기보다 6.02~90.90%로 높음 보여주고 있고, DQE는 0.5~3 lp/mm에서 CsI:Tl 검출기가 Gd₂O₂S 검출기보다 66.67~233.33% 높음 보여주고 있다.

결론적으로 MTF와 DQE의 비교에서는 CsI:Tl 검출기가 Gd₂O₂S 검출기보다 높게 나타났지만, 두꺼운 흉부 팬텀에서 일정 관전압 구간에서는 저가의 Gd₂O₂S 검출기가 고가의 CsI:Tl 검출기보다 SNR과 CNR이 높다는 것을 확인하였다. 흉부 X선 검사 시 CsI:Tl 검출기보다 Gd₂O₂S 검출기를 사용하여 우수한 화질의 흉부 영상을 구현함으로써 검사에 유용할 것으로 판단되어지며, 사용자 입장에서 검출기 형태를 결정 할 때 가격 대비 성능을 고려 해볼 사항으로 판단된다.

중심단어: 간접전환방식, 디지털 X선, 신호 대 잡음비, 대조도 대 잡음비