

# Digital Radiography(DR)에서 검출기의 X선 조건에 따른 흡수선량 및 영상화질 변화에 관한 연구

## Study on the Change of Absorbed Dose and Image Quality according to X-ray Condition of Detector in Digital Radiography(DR)

황준호\*, 정재호\*\*, 김현수\*\*\*, 이경배\*

경희대학교병원 영상의학과\*, 경희대학교병원 PACS팀/신구대학교 방사선과\*\*, 신구대학교 방사선과\*\*\*

Jun-Ho Hwang(kleenex0004@naver.com)\*, Jae-Ho Jeong(radjh@hanmail.net)\*\*,  
Hyun-Soo Kim(hskim@shingu.ac.kr)\*\*\*, Kyung-Bae Lee(yilly7@hanmail.net)\*

### 요약

본 연구는 진단용 검출기가 결함이 발생하는 경우 환자의 방사선 피폭과 영상의 화질에 영향을 줄 수 있다는 점에 착안하여 실험을 진행하였고 선량분석을 통해 검출기 성능을 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비로 평가하였다. 선량계, 조직등가팬텀을 이용해 흡수선량과 신호 대 잡음비, 대조도 대 잡음비를 측정하였다. 실험방법은 팬텀 후면에 부착하여 나온 선량 값과 검출기 뒤에 부착한 선량 값이 일치하는지를 비교하였고 두개부 흉부 복부의 조건을 각각 75 kVp 25 mAs, 110 kVp에 8 mAs, 80 kVp에 20mAs로 설정하고 검사하였다. 그 결과 검출기의 뒤쪽에 부착한 선량값은 0.004 mGy, 0.006 mGy, 0.003 mGy로 나타났고, 팬텀 후면은 0.006 mGy, 0.016 mGy, 0.017 mGy로 차이가 있었다. 두 값을 일치시키기 위해서 조건이 증가하였고 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비는 88.32, 88.10, 4.09, 1.63, 87.94, 79.97에서 93.87, 93.75, 4.91, 4.03, 92.02, 84.92로 증가하였다. 본 연구를 통해 검출기가 노후화 되는 경우 기기의 수명단축과 환자의 선량증가의 원인이 되었으며 또한 영상화질의 개선효과도 미비하다는 것을 알 수 있었다.

■ 중심어 : | DR(Digital Radiography) | 검출기 | 흡수선량 | 신호 대 잡음비 | 대조도 대 잡음비 |

### Abstract

This study focused on the issue that when a diagnostic detector is found to have a defect, a patient would be exposed to radiation and image quality would be degraded. Though dose analysis, an experiment was conducted to evaluate detector performance as Signal to Noise Ratio (SNR) and Contrast to Noise Ratio (CNR). Absorbed dose, SNR and CNR were measured using a dosimeter and a tissue equivalent phantom. The experiment was conducted to compare whether the dose value shown after being attached to the back side of the phantom matches the dose value attached behind the detector, where in the conditions of skull, chest and abdomen were set at 75 kVp, 25 mAs, 110 kVp, 8 mAs, and 80 kVp, 20 mAs, respectively. As a result, there was a difference in that the dose values attached to the back side of the detector were 0.004 mGy, 0.006 mGy, 0.003 mGy, whereas those of the back side of the phantom were 0.006 mGy, 0.016 mGy, 0.017 mGy. In order to match both values, the condition was increased and SNR and CNR also increased from 88.32, 88.10, 4.09, 1.63, 87.94, 79.97 to 93.87, 93.75, 4.91, 4.03, 92.02, 84.92. Though this study, we found that when a detector is found to have a aging, it shortens the life of equipment and increases the dose of a patient, also the improvement effect of image quality is inadequate.

■ keyword : | DR(Digital Radiography) | Detector | Absorbed Dose | Signal to Noise Ratio(SNR) | Contrast to Noise Ratio(CNR) |

## I. 서론

방사선 검사의 정당화 확보는 환자의 피폭에도 불구하고, 검사의 필요성을 기반으로 정당성을 인정받는다. 그렇기 때문에 의료영상을 획득 시 최소한의 피폭으로 최대한의 진단적 가치를 얻어내는 것을 목적으로 하여 검사를 진행하게 된다. 디지털 방사선 시스템이 정착된 이후로 다이내믹 레인지가 기존의 검사보다 넓게 확대되었으며 이는 엑스선, CT, 중재적 방사선 시술 등 다양한 영상의학검사에 적용되어 인체의 영상정보를 획득하는데 이용되고 있다. 이로 인해 환자의 의료피폭이 증가하고 있고, 그 중 일반 엑스선 검사는 다른 영상의학적 검사에 비해 비교적 낮은 선량으로 영상을 얻는다는 관점 때문에 환자의 피폭에 대한 중요성이 경시되는 경향이 있다[1].

통계적으로 국내 의료 방사선 사용빈도의 경우도 2007년 1억6천만건, 2008년 1억8천만건, 2009년 1억9천만건, 2010년 2억1천만건으로 증가하고 있으며 방사선 피폭량도 2007년부터 차례로 0.93 mSv, 1.06 mSv, 1.28 mSv, 1.4 mSv로 증가하고 있다. 이 중 2011년 방사선 검사 2억2천만건 중 일반 엑스선 검사는 1억7천만건으로 78%를 차지한다고 보고되고 있기 때문에 일반 엑스선 검사로 인한 방사선 피폭은 무시할 수 없는 부분이다[2][3].

검사횟수의 증가로 장비가 노후화되고 장비의 성능이 저하되면 동일 조건을 내기 위해 촬영조건을 증가시켜줘야 하며, 이는 피폭선량 또한 증가하게 된다는 것을 의미한다. 그렇다고 피폭을 줄이고자 촬영 조건을 감소시키면 잡음의 증가로 인해 화질이 저하되기 때문에 장비의 정도관리와 안전관리는 필수적인 사항으로 여겨지고 있다[4][5]. 보건복지부령에 따르면 일반촬영 장비는 관전압 시험, 관전류 시험, 엑스선조사야 시험, 타이머 시험 등의 항목을 정하여 정도관리를 시행하여 성능을 평가받게 된다[6]. 위의 사항들로 선량평가와 정도관리를 시행하더라도 장비가 노후화 되는 것은 현실이며, 성능이 저하된 장비를 계속적으로 사용한다면 환자의 방사선 피폭 증가시키는 요인이 된다[7-9].

특히 엑스선을 받아 영상을 검출하는 검출기의 경우

도 장비와 마찬가지로 결함이 발생하는 경우 환자의 방사선 피폭과 영상의 화질에 악영향을 줄 수 있다[10]. 따라서 본 연구에서는 노후화 된 엑스선 장비의 검출기 성능을 실험하여, 선량반응 중 실제 흡수선량과 검출기에서 나타내는 흡수선량을 비교평가하고 그에 따른 영상 화질에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 조사대상 및 실험기기

2017년 4월 1일부터 30일까지 A병원에서 사용 중인 Siemens 사의 Fluorospot Compact Manual로 모델명 YSIO-2D의 방사선 발생장치를 사용하였고, 검출기는 Varian 사의 Wall 검출기를 사용하였다. 두개부, 흉부, 복부에 30번 씩 방사선을 조사하여 흡수선량과 검출기의 선량 그리고 각각의 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)와 대조도 대 잡음비(Contrast to Noise Ratio, CNR)를 측정하였다. 방사선량측정은 다기능 QA 측정기(RTI Electronic, Sweden)인 반도체 선량계 Piranha 657의 External detector로 측정하였다. 오차범위는  $\pm 5\%$  이내이며 각각 관전압에 대한 보정계수를 가지고 있다[11]. 팬텀은 인체등가물질로 구성된 Rando Phantom (alderson research laboratories, USA)을 사용하여 선량을 측정하였다[그림 1].



그림 1. Piranha 657 및 Rando Phantom

### 2. 실험방법

#### 2.1 두개부, 흉부, 복부의 선량 측정

선량은 모든 실험을 부위 별 30회씩 실시하여 나온 결과의 평균으로 구하였다. Wall 검출기에서 두개부의

경우 전후방향, 흉부의 경우 후전방향, 복부의 경우 전후방향으로 팬텀을 위치시켰다. 선량측정을 위해 Piranha 657의 External detector를 팬텀 전면 중앙에 부착하여 선량을 측정하였다. 두개부는 Rando Phantom 3번에 Piranha 657 부착하였고, 촬영조건은 식품의약품안전처에서 제시한 최적화 조건을 사용하였다[2]. 75 kVp, 25 mAs로 고정하고 수동노출을 사용하였다. Field Size는 31 × 31 cm로 SID는 100 cm으로 고정하였다. 흉부는 Rando Phantom 17번 전면 중앙에 선량계를 부착하였고 촬영조건은 110 kVp, 8 mAs로 고정하고 수동노출을 사용하였다. Field size는 42 × 42 cm이고 SID는 180 cm이다. 복부는 Rando Phantom 23번 전면 중앙에 선량계를 부착하였고, 촬영조건은 80 kVp, 20 mAs로 고정하고 수동노출을 사용하였다. Field size는 42 × 42 cm이고 SID는 100 cm이다[표 1] [그림 2].

표 1. 두개부, 흉부, 복부의 실험방법 및 촬영조건

촬영부위	노출	Field Size 및 SID (cm)	조건 (kVp, mAs)
두개부	수동노출	31 × 31, 100	75, 25
흉부	수동노출	42 × 42, 180	110, 8
복부	수동노출	42 × 42, 100	80, 20



그림 2. 두개부, 흉부, 복부의 Piranha 657 External detector의 전면 부착

정확한 선량의 평가를 위해 모두 동일한 조건에서 두개부의 경우 Piranha 657의 External detector를 Rando Phantom 후면 중앙인 3번에 부착하였고, 흉부는 Rando Phantom 후면 중앙 17번에, 복부는 Rando Phantom 23번 후면 중앙에 부착하여, External detector로 선량을 측정하였다. 그 다음 선량계의 전면 값과 후면 값의 차를 이용해 선량을 측정하였다[그림 3].



그림 3. 두개부, 흉부, 복부의 Piranha 657 External detector의 후면 부착

### 2.2 두개부, 흉부, 복부의 검출기 선량 측정

Wall 검출기에서 2.1의 방법과 동일하게 전면에서의 선량 값을 얻어냈다. 그 후 검출기에서의 선량반응을 알기 위해 팬텀을 앞에 두고 Piranha 657의 External detector를 Wall 검출기와 검출기 내부 사이에 부착하였고, 검출기 위치는 두개부 3번, 흉부 17번, 복부 23번에 위치시켜 선량을 측정하였다. 그 다음 마찬가지로 전면과 후면 값의 차를 이용해 검출기에서의 선량을 측정하였다[그림 4].



그림 4. Piranha 657 External detector 검출기 부착

### 2.3 선량 평가

검출기의 노후화에 따른 선량의 변화여부를 평가하기 위해, 위 실험 2.1에서 두개부, 복부, 흉부에서의 Rando Phantom을 이용한 선량과 2.2에서 검출기가 나타내는 선량이 같은 값을 지시하는지를 비교하고 같은 값을 나타내지 못하는 경우 실험 2.1에서의 후면 선량과 검출기가 나타내는 선량이 일치할 때 까지 조건을 단계적으로 변화시켜 흡수선량을 측정하였다.

2.4 영상 화질 평가 및 통계분석

화질평가에 이용된 영상은 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)파일을 PACS (Picture Archiving and Communication System)로 전송한 것을 사용하였다. 영상화질은 실험방법에 따라 30 회씩 촬영한 영상을 Image J (Wayne rasband National institutes of health, USA)를 통해 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비의 평균을 구하여 평가하였다. 두개부와 흉부, 복부의 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비는 관심영역(region of interest)을 0.5 × 0.5 cm<sup>2</sup>로 하여 영상의 중앙 우측과 좌측으로 정하였고, 백그라운드 표준편차는 영상좌측 중앙 하단으로 정하였으며, (1)과 (2)를 이용하여 화질을 평가하였다. 이때 pixel size는 139 um 이고, pixel number는 36 × 36 이었다[12][13][그림 5].

$$SNR = \frac{\text{mean value of ROI}}{SD \text{ of } BG} \quad (1)$$

\* mean value of ROI : 관심영역 신호강도 평균

\* SD of BG : 백그라운드 표준편차

$$CNR = \left| \frac{(BG SI_{avg} - ROISI_{avg})}{SD \text{ of } BG} \right| \quad (2)$$

\* BG SI<sub>avg</sub> : 백그라운드 신호강도 평균

\* ROI SI<sub>avg</sub> : 관심영역 신호강도 평균

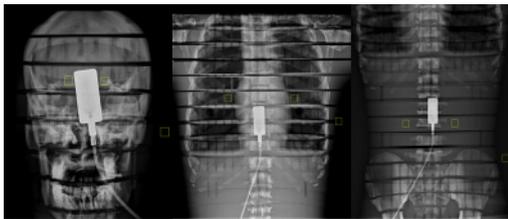


그림 5. Image J를 이용한 신호 대 잡음비 및 대조도 대 잡음비 측정

산출한 데이터의 모든 평균값은 SPSS (Statistical Package for the Social Science, USA) program을 이용하여 paired t-test 시행하였고 p<0.05로 통계적 유의성을 분석하였다.

III. 결과

1. 두개부, 흉부, 복부의 선량 측정 결과

부위 별 30번을 촬영한 후 나온 선량의 평균을 낸 결과, 전면의 선량평균은 두개부는 0.633 mGy, 흉부는 0.285 mGy, 복부는 0.607 mGy였고, 후면의 선량평균은 0.006 mGy, 0.016 mGy, 0.017 mGy였다. 전면과 후면의 값을 뺀 결과로 흡수선량을 구했으며, 그 값은 0.627 mGy, 0.269 mGy, 0.590 mGy로 나타났다[표 2].

표 2. 두개부, 흉부, 복부의 선량 평균

촬영부위	흡수선량평균 (전면-후면)(mGy)
두개부	0.633 - 0.006 = 0.627
흉부	0.285 - 0.016 = 0.269
복부	0.607 - 0.017 = 0.590

2. 두개부, 흉부, 복부의 검출기 선량 측정 결과

부위 별 30번을 촬영한 후 나온 선량의 평균을 낸 결과, 검출기의 선량평균은 0.004 mGy, 0.006 mGy, 0.003 mGy로 후면의 선량평균인 0.006 mGy, 0.016 mGy, 0.017 mGy와는 차이가 있었다[표 3]. 전면과 후면의 값을 뺀 결과 또한 0.629 mGy, 0.279 mGy, 0.603 mGy로 앞선 결과와 차이가 있었다[표 4].

표 3. 후면선량과 검출기 선량 차이

촬영부위	선량(mGy)	
	검출기 선량	후면선량
두개부	0.004	0.006
흉부	0.006	0.016
복부	0.003	0.017

표 4. 두개부, 흉부, 복부의 검출기 선량 평균

촬영부위	흡수선량평균 (전면-후면)(mGy)
두개부	0.633 - 0.004 = 0.629
흉부	0.285 - 0.006 = 0.279
복부	0.607 - 0.003 = 0.603

### 3. 선량 평가 결과

검출기의 선량값 0.004 mGy, 0.006 mGy, 0.003 mGy가 팬텀 후면에 부착한 선량값인 0.006 mGy, 0.016 mGy, 0.017 mGy와 일치될 때 까지 관전압과 관전류량을 점진적으로 변화시켰다. 두개부는 80 kVp, 36 mAs, 흉부는 120 kVp, 16 mAs, 복부는 90 kVp, 36 mAs일 때 후면의 선량값인 0.006 mGy, 0.016 mGy, 0.017 mGy가 측정되었다. 변화된 조건으로 다시 흡수선량을 측정 한 결과, 두개부, 흉부, 복부의 전면 선량평균은 1.252 mGy, 0.875 mGy, 2.289 mGy로 증가하였고, 후면 선량 평균은 0.012 mGy, 0.07 mGy, 0.123 mGy로 증가하였다. 전면과 후면의 값을 뺀 결과는 1.240 mGy, 0.805 mGy, 2.166 mGy로 나타났다[표 5].

표 5. 변화된 조건의 두개부, 흉부, 복부의 선량 평균

촬영부위	조건 (kVp, mAs)	흡수선량평균 (전면-후면)(mGy)
두개부	80, 36	1.252 - 0.012 = 1.240
흉부	120, 16	0.875 - 0.07 = 0.805
복부	90, 36	2.289 - 0.123 = 2.166

### 4. 영상 화질 평가 및 통계분석 결과

식품의약품안전처에서 제시한 최적화 조건으로 얻은 영상과, 변화된 조건으로 얻은 영상의 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비를 비교하였다. 부위 별 30번의 측정값으로 영상 우측과 좌측의 평균 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비를 구하였다. 그 결과 최적화된 조건에서 두개부의 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비의 평균은 88.32, 88.10이고 흉부는 4.09, 1.63이며 복부는 87.94, 79.97이었다. 변화된 조건에서의 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비의 평균은 두개부 93.87, 93.75, 흉부 4.91, 4.03, 복부는 92.02, 84.92이었다. 또한 각 실험에서 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비는  $p < 0.05$ 로 유의한 차이가 있었다[표 6].

표 6. 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비의 평균값

촬영부위	조건 (kVp, mAs)	신호 대 잡음비	대조도 대 잡음비
두개부	75, 25	88.32	88.10
	80, 36	93.87	93.75
흉부	110, 8	4.09	1.63
	120, 16	4.91	4.03
복부	80, 20	87.94	79.97
	90, 36	92.02	84.92

## IV. 고찰 및 결론

피폭에 관한 관심은 지속적으로 높아지고 있고 중요한 문제로 떠올랐기 때문에 많은 연구에서 선량과 관련된 특성들을 연구하고 있다[14-17]. 그리고 엑스선 발생장치의 촬영조건이 증가하는 경우 부하량이 높아지기 때문에 장비의 수명을 단축시키는 원인이 되며 환자가 받는 피폭선량을 증가시키게 된다. 이를 방지하고자 국내에서는 의료법 37조에 따라 진단용 방사선 발생장치는 3년 주기의 정기적인 검사를 통해 안전관리체계를 구축하여 정도관리를 시행하고 있다[6]. 그 중 kVp와 mA, mAs 등의 노출조건은 피폭선량과 영상의 화질에 직접적으로 영향을 주는 요인이기 때문에 적절한 관리가 필수적이며 kVp와 mAs의 정도관리를 시행하는 많은 논문들이 발표되어 그 중요성을 강조하고 있다[4][5][7][18].

또한 앞선 인자들은 미국의학물리협회(American Association of Physicists in Medicine, AAPM)의 연구 결과에 의하면 검출기의 노출지수(Exposure Index) 지표에 직접적인 영향을 주는 요인이라고 보고한 바 있다[19]. 노출지수는 실제로 방사선 영상을 형성하는 검출기가 흡수선량을 얼마나 정확하게 표현할 수 있는가를 나타내는 일종의 성능지표로서[20], 각 장비별로 그리고 회사별로 다르게 설정되어 있다. 보통 노출지수는 kVp와 mAs의 증가에 선형적인 반응을 보이며 증가하는데, 이에 비례하여 영상의 화질을 평가하는 지표인 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비도 조건에 비례하여 증가한다. 즉 촬영조건이 증가할수록 검출기가 받아들이는 신호량이 증가하여 신호 대 잡음비와 대조도 대

잡음비 또한 증가하게 되고 결국은 영상의 화질을 좋게 유지할 수 있다는 것이다. 그렇다고 촬영조건을 무조건적으로 증가시키게 되면 선량관점에서는 방사선 피폭이 증가하게 된다. 게다가 영상화질의 관점에서는 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비는 조건증가에 비례하여 계속적으로 증가하지 않고 다른 반응성을 보이게 된다. 그렇기 때문에 임상에서 검사를 담당하는 술자는 촬영조건을 최적화하여 검사를 진행해야함은 물론이고 영상의 화질 또한 함께 고려해야하는 과제에 항상 직면하게 된다. 본 연구에 사용된 엑스선 장비는 정기적으로 정도관리를 시행하고 있기 때문에 기기 쪽으로는 문제가 없지만 영상의 화질에 직접적으로 영향을 미치는 검출기의 반응을 평가하기 위해 연구를 진행하였다 [10-12][19][20].

두개부, 흉부, 복부의 흡수선량의 평균을 측정한 값과 검출기가 실제로 받아들이는 흡수선량의 평균값은 차이를 보였다. 후면과 검출기가 같은 값을 내기 위해서 촬영조건은 두개부 75 kVp, 25 mAs에서 80 kVp 36 mAs로 흉부 110 kVp, 8 mAs에서 120 kVp, 16 mAs로 복부 80 kVp, 20 mAs에서 90 kVp에서 36 mAs로 증가하였다. 이에 따라 흡수선량 또한 두개부 0.627 mGy, 흉부 0.269 mGy, 복부 0.590 mGy에서 1.240 mGy, 0.805 mGy, 2.166 mGy로 증가함을 알 수 있었다. 이는 장비적인 측면에서 보면 조건의 증가로 인해 수명이 단축된다는 것을 의미하고, 영상화질의 관점에서 볼 때 검출기가 영상을 형성하는데 있어서 흡수선량을 제대로 표현하지 못한다는 것을 의미한다. 이런 경우 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비의 평균은 식품의약품안전처의 최적화 조건일 때 두개부는 88.32와 88.10이고 흉부는 4.09와 1.63, 복부는 87.94와 79.97이었고, 변화된 조건에서는 93.87과 93.75, 4.91과 4.03, 92.02와 84.92로 증가하는 양상을 보였다. 이는 촬영조건의 증가로 인해 검출기에서 받는 신호량이 증가해 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비가 증가했다고 볼 수 있다. 하지만 조건이 높게 설정될수록 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비와 선량의 증가비율은 선형성을 잃어가며 동일하게 비례하여 증가하지 않게 된다. 그래서 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비를 증가시키려고 조건을 무조건적

으로 높게 설정한다는 것은 무의미하다고 볼 수 있다. 위의 사항들을 종합하자면 적절하게 관리되지 못한 검출기는 기기의 수명을 단축시키고 환자의 선량 또한 증가하게 되며 영상화질의 개선효과도 미비하다고 할 수 있다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째로 실험 장비가 1대에 불과하고 연구를 진행한 부위 또한 두개부, 흉부, 복부로 한정되었다. 그렇지만 각 실험에서 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비의 통계를 분석한 결과  $p < 0.05$ 로 유의한 차이가 있었다. 추후 실험에서 보다 높은 신뢰성을 확보하기 위해 실험장비와 실험횟수를 늘리고 다른 부위 또한 추가하여 연구할 필요성이 있다.

둘째로 실제 임상에서 같은 촬영부위를 검사한다하더라도 환자의 체형, 두께, 개인차를 고려해야하고 산란선으로 인한 감약 때문에 촬영조건은 매번 변화하게 되지만 검사마다 위의 요소들을 전부 고려하여 검사하는 것은 사실상 불가능하다. 따라서 실제 임상에서는 매번 흡수선량과 신호 대 잡음비, 대조도 대 잡음비를 측정하여 최적화 조건을 찾아 검사할 수 없기 때문에 수동 노출보다는 자동노출을 사용하여 대부분의 검사를 시행하고 있다. 그렇기 때문에 방사선 종사자는 최적의 조건설정과 선량증가에 따른 흡수선량 변화를 정확하게 파악하여야 한다. 본 연구는 두께와 개인차를 고려할 수 없는 조직등가팬텀을 이용하여 실험을 진행하였다는 점과 자동노출제어장치가 아닌 수동노출을 사용했다는 점에서 실제 임상과 비교하기에는 차이가 존재한다.

이러한 제한점을 고려하면 어느 정도의 차이는 존재하겠지만, 최초로 수동노출을 사용 시 흡수선량과 검출기의 신호량의 비례성을 정량화 된 값으로 제시했다는 점과 그에 따른 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비를 비교해 연구했다는 점에서 큰 의의를 둘 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] 김계선, 김성철, "Digital Chest Tomosynthesis에서 부가필터에 따른 화질 및 유효선량," 방사선기

- 술과학, 제38권, 제4호, pp.347-353, 2015.
- [2] 식품의약품안전처, *영상의학 검사(일반촬영)에서의 표준 촬영기법*, 2014.
- [3] 식품의약품안전처, *복부, 골반, 요추 영상의학 검사에서의 환자선량 권고*, 2011.
- [4] 박정규, “경북 지역 의원급의 X선 발생장치 정도 관리 실태,” 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제9호, pp.267-275, 2010.
- [5] 강병삼, 손진현, 김승철, “TVR장치의 성능 평가 기준 개발,” 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제1호, pp.236-244, 2011.
- [6] 보건복지부령 제349호, 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙, 2007.
- [7] 강병삼, 이강민, 심우용, 박순철, 최학동, 조영권, “수도권 지역 일반촬영 장비의 정도관리 분석,” 방사선기술과학, 제35권, 제2호, pp.93-102, 2012.
- [8] 서재룡, “진단용 방사선 발생장치의 안전관리 문제점과 개선방안,” 대한방사선협회지, 제27권, 제2호, pp.260-268, 2001.
- [9] 박주훈, 임인철, 동경래, 강세식, “병원 규모별 진단용 X선 발생장치의 성능평가,” 방사선방어학회지, 제34권, 제1호, pp.31-36, 2009.
- [10] 김기원, 권용락, 서승원, 권경태, 오주영, 손순룡, 손진현, 민정환, “복부 진후 방향 검사의 자동노출 제어 사용 시 선량 비교 연구,” 방사선기술과학, 제38권, 제3호, pp.205-211, 2015.
- [11] 손진현, 민정환, 김현수, 유광열, 임현수, 김정민, 정희원, “Piranha 657의 Internal Detector를 이용한 저에너지에서 유리선량계의 선량 특성에 관한 연구,” 방사선기술과학, 제35권, 제2호, pp.119-124, 2012.
- [12] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.206.4464&rep=rep1&type=pdf>
- [13] 최관우, 손순룡, “고관절 자기공명영상 검사 시 multitransmit 기법의 적용에 따른 검사시간 단축의 유용성,” 한국산학기술학회논문지, 제17권, 제3호, pp.103-108, 2016.
- [14] 이두용, 김광진, 박희찬, “방사선 및 방사성동위원소 근로자 피폭실태 연구,” 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제6호, pp.247-255, 2009.
- [15] 최재호, 강구준, 장서구, “DAP(Dose Area Product)를 이용한 TLD와 PLD의 선량 측정 비교,” 한국콘텐츠학회논문지, 제12권, 제3호, pp.244-250, 2012.
- [16] 강인석, 안성민, “방사선 개인피폭선량계를 이용한 피폭선량 측정 및 유용성 평가,” 한국콘텐츠학회논문지, 제14권, 제11호, pp.864-870, 2014.
- [17] 한재복, 최남길, 성호진, “입사 표면 선량 계산에 따른 진단용 X-선 촬영시 피폭선량 비교 연구,” 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제12호, pp.357-363, 2011.
- [18] 황준호, 이경호, 최윤봉, 강병삼, “부가필터를 이용한 kVp 측정의 실효성 평가,” 방사선기술과학, 제38권, 제4호, pp.355-363, 2015.
- [19] S. Jeff Shepard and Jihong Wang, *An Exposure Indicator for Digital Radiography*, 2009.
- [20] J. Anthony Seibert and Richard L. Morin, “The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population,” *J. of Pediatric Radiology*, Vol.41, No.5, pp.573-581, 2011.

저 자 소 개

황 준 호(Jun-Ho Hwang)

준희원



- 2016년 2월 : 신구대학교 방사선학과(방사선학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 경희대학교병원 영상의학과

<관심분야> : 방사선학, 의료기기, 영상정보학

정 재 호(Jae-Ho Jeong)

정회원



- 2003년 2월 : 광운대학교 전자공학  
학과(공학석사)
- 2013년 1월 : 광운대학교 전자공  
학과(공학박사)
- 1990년 12월 ~ 현재 : 경희대학  
교병원 PACS팀

▪ 2010년 1월 ~ 현재 : 신구대학교 방사선과 겸임교수  
<관심분야> : 방사선학, PACS, 영상정보학

김 현 수(Hyun-Soo Kim)

정회원



- 2001년 1월 : 연세대학교 보건대  
학원(보건학 석사)
- 1991년 7월 ~ 2005년 8월 : 강남  
세브란스병원 영상의학과
- 2005년 9월 ~ 현재 : 신구대학  
교 방사선과 교수

<관심분야> : 방사선학, 보건학

이 경 배(Kyung-Bae Lee)

정회원



- 2011년 8월 : 가톨릭대학교 생명  
의과학과(의학석사)
- 2014년 8월 : 가톨릭대학교 생명  
의과학과(의학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 경희대학교  
병원 영상의학과

<관심분야> : 자기공명영상학, 방사선학, 영상정보학