

◆ 원 저 ◆

디지털 환경에서 Humerus 검사 시 촬영인자 변화에 따른 선량 및 화질 평가

김성민 · 홍선숙 · 이관섭 · 하동윤

서울아산병원 영상의학과

Dose and Image Assessment according to Radiologic Factors Variation at Digital Humerus X-ray Examination

Seong Min Kim · Seon Sook Hong · Kwan Sup Lee · Dong Yun Ha

Department of Radiology, Asan Medical Center

Abstract

Purpose : We aim at presenting the optimum radiologic factor through the evaluation of dose variation and of image quality through the use of a grid in Humerus examination and the change of dose because of the change of radiologic factor.

Materials and Methods : We divided it in 3 cases: when using a grid or not and when using IP(Image Plate) in a digital system. Also, as fixing kVp to 70kVp it changed mAs, and fixing mAs to 10 it changed kVp, we put up resolution chart and Burger rose phantom on the acrylic phantom of 7cm (the same level of Humerus) to evaluate the dose and image. We used Image J program to evaluate the quantitative resolution of the obtained image, and made the qualitative evaluation and statistical analysis of the image saved in PACS for 20 radiologic technologist with more than 10 years of experience in order of evaluate its contrast. We used SPSS10(SPSS Inc, Chicago, Illinois) for statistical analysis.

Results : We observed the analytic result of resolution by the change of kVp that it was 4.539dGycm² in 60kVp and 757.472dGycm² in 75kVp, which increased about 64.6% of dose, while for the resolution it had the pixel value 30.7% better with 851 in 60kVp than 651 in 75kVp. Also, we analyzed the result of resolution by the change of mAs that it was 3.106dGycm² in 5mAs, and 12.470dGycm² in 20mAs, which increased about 400% of dose, while for the resolution DR had 678 in 5mAs, and 724 in 20mAs that incr-

Received: September 14, 2012, 1st Revised: September 28, 2012, /
2nd Revised: October 19, 2012./ Accepted for Publication: October
26, 2012.

Corresponding Author: 김성민
(138-736) 서울시 송파구 풍납동 388-1 서울아산병원 영상의학팀
Tel: 02) 3010-4307 CP: 010-2601-3663
E-mail: emp-beststar@hanmail.net

eased about 6.8% of resolution. We made the qualitative evaluation of contrast by the change of kVp that DR showed the higher quality than CR, but the contrast by the change of kVp had no special different at the moment of visual evaluation, nor statistically significant difference($P>0.05$). We observed the qualitative evaluation of contrast by the change of mAs that the contrast increased as DR increased mAs, and had statistically significant difference($P<0.05$). On the other hand, CR had no significant difference for more than 10mAs nor statistically significant difference($P>0.05$).

Conclusion : In case of some patients with radiographic exposure by the repeated examination such as emergent patient or Follow up patient, they are considered to try to limit the use of a grid, to set kVp under 65kVp in fixed mode, to select less than 10mAs and to reduce the possibility of patient being bombed.

Key words : Humerus examination, Radiologic factors, Burgerose phantom

I. 서론

디지털시스템 영상검사 분야는 1980년대 일본 후지사에서 상용화 시킨 Computed radiography(CR)시스템을 시작으로 드럼방식의 셀레늄 검출기(Phillips thoravision), 이어서 현재 가장 많이 사용하고 있는 Thin film transistor(TFT)식의 평판형 검출기(Flat panel detector)까지 빠른 속도로 발전해 가고 있다.^{1,2}

최근 디지털시스템은 기존의 아날로그에 비해 손색이 없는 영상품질을 구현하고 있으며³ 적절한 영상품질을 유지하기 위하여 각각의 업체마다 여러 가지 알고리즘을 적용하여 적절한 이미지 프로세싱(Image processing)을 거쳐 판독의가 원하는 적절한 영상을 획득한다.⁴

이미지 프로세싱 파라미터(Image Processing parameters)는 Edge, Frequency, Contrast, Latitude, LUT, Noise등의 일정 값을 파일로 저장하여 촬영 부위에 따라 지정된 값을 일괄적으로 적용하게 된다.⁵ 따라서 영상 후처리 기능에 의한 넓은 반응범위(Dynamic range)로 판독의가 원하는 적절한 영상 구현이 손쉬워 졌으며 촬영된 영상을 즉시 확인 가능한 장점이 있다. 그러나 재촬영의 증가와 과다 방사선 노출에도 넓은 반응범위를 갖는 특징으로 인하여 영상의 품질 저하 없이 영상의 구현이 가능하므로 예정된 의료 피폭 이외의 환자 피폭을 증가시키는 경향을 보이고 있다.⁶

최근 들어 방사선에 대한 국민들의 관심 증가와 지적 수준의 향상 등으로 인하여 환자 피폭에 대한 관심 또한 증가되었고, 이러한 환자 피폭선량을 줄이기 위한 선량 저 감화 노력으로 세계보건기구(WHO), 국제원자력기구(IAEA) 등 6개 국제기구에서는 각각의 검사에

맞는 피폭선량 권고안을 규정하고 각 국가에서는 자국 실정에 맞는 환자 권고 선량을 확립하고 있다.⁷ 또한, 환자 피폭선량 저 감화 노력의 일환으로 영상의 화질관리 및 품질관리를 통하여 다양한 변화를 추구하고 있다. 검사에 따른 격자(Grid)의 사용 유무, 필터(Filter)의 사용 유무, 조사야(Collimation) 등을 그 예로 들 수 있다.⁸ 그러나, 이러한 노력에도 불구하고 많은 병원 및 의료 기관에서는 아직도 과거에 마련된 조사조건과 촬영 인자를 그대로 사용하고 있어 많은 의료 피폭을 야기하고 있으므로 이로 인한 방사선 피폭과 영상의 화질 관리가 시급한 실정이다.^{9,10}

화질 관리 중 격자의 사용은 산란선을 제거하여 선예도를 증가시키는 장점이 있지만, 일차선의 손실이 약 20%이상으로 촬영조건을 증가시켜 주어야 하며 Cut off 현상에 의한 영상의 질적 저하와 노이즈(Noise)를 초래할 가능성이 있다.¹¹ 장비 회사의 경우 상지(Upper Extremity)에서 상완골(Humerus) 검사부터 격자를 사용할 것을 프로토콜을 통해 권고하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 상완골 검사의 경우 격자 사용 유무와 촬영 인자들의 변화를 통한 선량의 변화와 영상의 화질 평가를 통하여 상완골 검사 시 최적의 촬영인자를 제시하고 나아가 의료 피폭의 저 감화를 실현하고자 한다.¹²

II. 실험기기 및 방법

1. 실험장비 및 측정기기

- 1) 장비 : Definium 8000(General electric, USA)
- 2) 격자: 13:1(70 lines/pair)



Fig. 1. Phantom for image evaluation at Humerus examination

- 3) IP(Image plate) : FCR Imaging Plate for general purpose(IP ST-VI, Fujifilm)
- 4) 팬텀 : 7 cm Acrylic phantom
- 5) 영상평가 : 해상력차트(07-541, Victoreen), Burger rose phantom(Victoreen)
- 6) 판독용 모니터 : ME551 i2 (Totoku, Japan)

2. 실험방법

디지털 시스템(Digital radiography 이하 DR)에서 격자를 사용하였을 때와 사용하지 않았을 때 IP(Image plate)를 사용 하였을 때 3가지로 구분하였고, 노출 조건은 최 등11의 연구에서 얻어진 결과를 바탕으로 IEC 61267에서 제정된 4종류의 선질 중 RQA5의 선질로 관전압은 70kVp, 10mAs를 적용하여 일반 성인 평균 상완골 두께에 해당하는 7 cm acrylic phantom 위에 조사야는 35*34 cm로 하여 해상력차트와 Burger rose phantom을 올려놓고 선량 및 영상을 평가하였다.

1) 해상력 차트를 이용한 선량 및 Plot-profile 분석 결과

(1) 관전압 변화에 따른 해상력 plot-profile 평가

관전압은 60kVp, 65kVp, 70kVp, 75kVp으로 4단계로 변화시켰으며 10mAs로 고정하였고, 선량 및 해상력 plot-profile을 획득하여 Pixel value 값으로 해상력을 분석하였다.

(2) mAs 변화에 따른 해상력 plot-profile 평가

관전압은 70kVp로 고정하고 5mAs, 10mAs, 16mAs, 20mAs로 변화시켰으며, 선량 및 해상력 plot-profile을 획득하여 Pixel value 값으로 해상력을 분석하였다.

(3) 격자 사용 유무에 따른 해상력 plot-profile 평가

AEC(Auto exposure control) mode를 사용하여 격

자를 사용하였을 때와 사용하지 않았을 때로 구분하였고, 관전압은 60kVp, 65kVp, 70kVp, 75kVp로 변화시켜 선량 및 해상력 plot-profile을 획득하여 Pixel value 값으로 해상력을 분석하였다.

(4) 해상력 plot-profile분석 결과를 통한 정량적 평가

이미지 프로세싱을 거쳐 획득 된 영상의 픽셀 값 (Pixel value) 분석을 위하여 영상정보저장전달장치 (Picture archiving communication system : PACS) 에 저장된 영상을 미국 국립보건원(National Institute of Health : NIH)에서 제공하는 Image J 프로그램을 이용하여 정량적으로 평가하였다.

2) Burger rose phantom을 이용한 선량 및 대조도 평가

(1) 관전압 변화에 따른 대조도 평가

관전압은 60kVp, 65kVp, 70kVp, 75kVp으로 4단계로 변화시켰으며 10mAs로 고정하여 선량 및 대조도를 평가하였다.

(2) mAs 변화에 따른 대조도 평가

관전압은 70kVp로 고정하고 5mAs, 10mAs, 16mAs, 20mAs로 변화시켜 선량 및 대조도를 평가하였다.

(3) 대조도 분석 결과를 통한 정성적 평가

이미지 프로세싱을 거쳐 획득 된 영상을 분석하기 위하여 10년 이상 경력의 방사선사 20명을 대상으로 영상 정보저장전달장치에 저장된 영상을 정성적으로 평가하고 통계 분석하였다. 통계분석은 SPSS10(SPSS Inc, Chicago, Illinois)를 사용하였다(Fig. 2).

3) 실험군의 분류

- A. DR시스템에서 격자를 사용하였을 경우의 실험군
- B. CR시스템에서 IP를 사용하였을 경우의 실험군
- C. DR시스템에서 격자를 사용하지 않았을 경우의 실험군

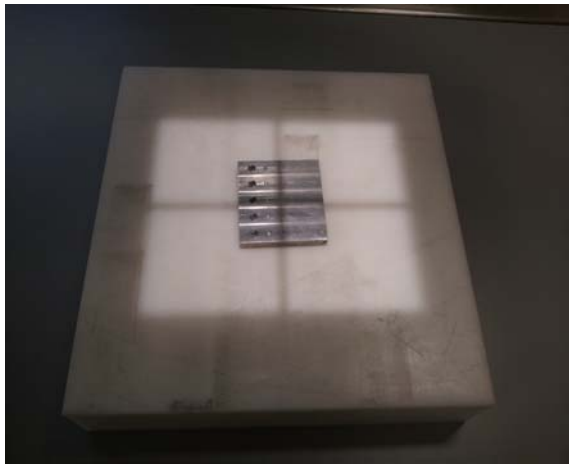


Fig. 2. Burger rose phantom on 7 thickness acrylic phantom for low contrast evaluation

value가 높아 해상력이 좋은 것으로 평가되었다. (Table 2) (Fig. 1).

Table 2. Resolution plot-profile evaluation by change of kVp

		(unit : Pixel value)			
		60kVp	65kVp	70kVp	75kVp
A	Resolution	851	769	702	651
B	Resolution	642	587	501	499
C	Resolution	434	377	353	311

- A. Digital radiography are using a grid
- B. Computed radiography are using a IP
- C. Digital radiography are not using a grid

III. 결과

1. 해상력 차트를 이용한 선량 및 Plot-profile 분석 결과

1) 관전압 변화에 따른 해상력 Plot-profile 평가

관전압 변화에 따른 DAP(Dose area product)를 보면 Fixed mode의 사용으로 실험 A,B,C에서 모두 동일한 선량이 측정 되었으며, 관전압 75kVp에서 7.472 dGycm²으로 가장 높게 측정되었고, 60kVp에서 4.539 dGycm²로 가장 낮게 측정되었다(Table 1).

Table 1. Dose area product by change of kVp at Fixed mode

		(unit : dGycm ²)			
		DAP			
		60kVp	65kVp	70kVp	75kVp
10mAs		4.539	5.469	6.432	7.472

관전압 변화에 따른 Pixel value는 A실험 60kVp에서 851로 가장 높은 값을 보였고, 반면 C실험 75kVp에서 Pixel value가 311로 가장 낮았다. A,B,C실험 모두 60kVp일 경우 Pixel value가 가장 높아 해상력이 가장 좋은 것으로 평가 되었고, kVp가 증가할수록 해상력이 감소하는 것으로 평가되었다. 또한 격자 사용 시 Pixel

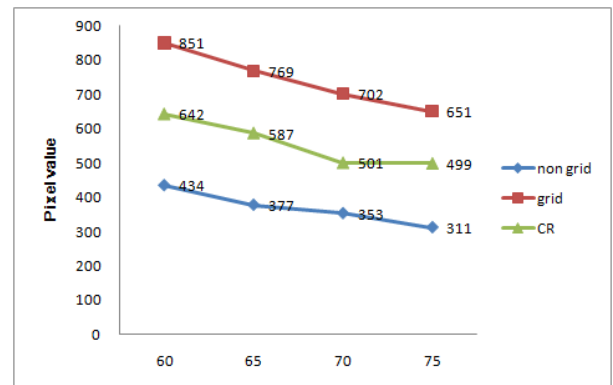


Fig. 1. Resolution plot-profile graph by change of kVp

2) mAs 변화에 따른 해상력 Plot-profile 평가

mAs 변화에 따른 DAP를 보면 20mAs에서 12.470 dGycm²으로 가장 높게 나타났고, 5mAs에서 3.106 dGycm²로 가장 낮게 나타났다(Table 3).

Table 3. Dose area product by change of mAs at Fixed mode

		(unit : dGycm ²)			
		DAP			
		5mAs	10mAs	16mAs	20mAs
70kVp		3.106	6.430	9.970	12.470

Table 4. Resolution plot-profile evaluation by change of mAs

		(unit : Pixel value)			
		5mAs	10mAs	16mAs	20mAs
A	Resolution	678	691	696	724
B	Resolution	522	537	492	534
C	Resolution	363	350	185	

- A. Digital radiography are using a grid
- B. Computed radiography are using a IP
- C. Digital radiography are not using a grid

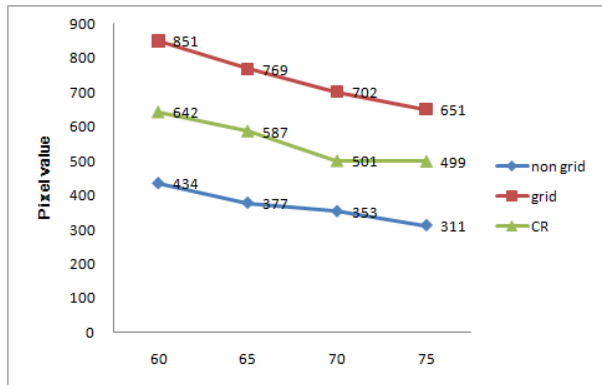


Fig 2. Resolution plot-profile graph by change of mAs

mAs 변화에 따른 Pixel value를 보면 A실험 20mAs에서 724로 가장 높은 값을 보였고, 반면 C실험 16mAs에서 Pixel value가 185로 가장 낮았다. A실험에서 mAs가 증가할수록 해상력 또한 증가 하였으며, 반면에 C실험에서는 mAs가 증가 할수록 해상력은 감소하였다. 또한, B실험의 경우 mAs 변화에 따른 Pixel value가 크게 변하지 않았다(Table 4)(Fig. 2).

Table 5. Dose area product between grid and non-grid at AEC mode

		(unit : dGycm ²)							
		60kVp		65kVp		70kVp		75kVp	
		DAP	Rate	DAP	Rate	DAP	Rate	DAP	Rate
A		1.474		1.260		1.096		0.962	
			+431%		+396%		+350%		+304%
C		0.342		0.318		0.313		0.316	

- A. Digital radiography are using a grid
- B. Computed radiography are using a IP
- C. Digital radiography are not using a grid

Table 6. Resolution plot-profile evaluation between grid and non-grid at AEC mode

		(unit : Pixel value)			
		60kVp	65kVp	70kVp	75kVp
		Resolution	Resolution	Resolution	Resolution
A		680	643	531	472
C		329	288	305	286

- A. Digital radiography are using a grid
- B. Computed radiography are using a IP
- C. Digital radiography are not using a grid

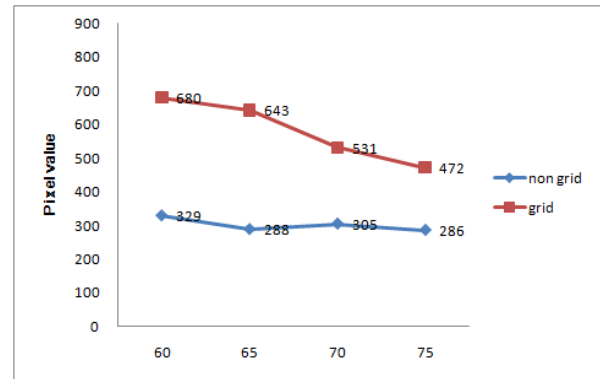


Fig 3. Resolution plot-profile graph between grid and non-grid at Auto exposure control mode

3) AEC mode에서 격자 사용 유무에 따른 해상력 Plot-profile 평가

A실험 60kVp에서 1.474 dGycm²로 가장 높은 선량을 보였으며, C실험 70kVp에서 0.313 dGycm²로 가장 낮은 선량을 보였다. 격자 사용 시 격자를 사용하지 않았을 때 보다 약 3.7배 가량 높은 선량이 측정되었다 (Table 5).

해상력 Plot-profile을 보면 Pixel value는 A실험 60kVp에서 680으로 가장 높게 나타났고, C실험 75kVp에서 286으로 가장 낮게 나타났다. 격자 사용 시 Pixel value는 높게 나타났고, kVp가 증가 할수록 해상력은 감소하였다. 또한, 격자를 사용하지 않았을 때는 해상력과 선량에 큰 차이를 보이지 않았다(Table 6) (Fig. 3).

2. Burger rose phantom을 이용한 대조도 정성적 평가

1) 관전압 변화에 따른 대조도 평가

Table 7. Contrast plot-profile evaluation by change of kVp

		60kVp	65kVp	70kVp	75kVp	P-value
A	Contrast	18.13	17.93	18.47	18.6	0.181
B	Contrast	14.73	15.87	14.73	14.4	0.3
C	Contrast	18.07	18.2	19.27	18.4	0.508

(unit : 개수)

- A. Digital radiography are using a grid
- B. Computed radiography are using a IP
- C. Digital radiography are not using a grid

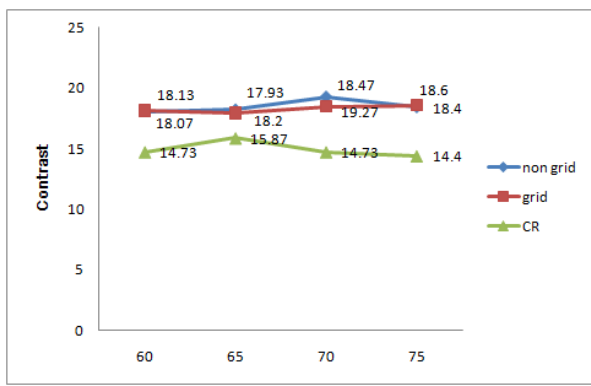


Fig 4. Low contrast plot-profile graph by change of kVp

관전압 변화에 따른 대조도 정성적 평가를 통해 평균 값을 도출한 결과 C실험 70kVp에서 19.27로 가장 높은 값을 보였고, 반면 B실험 75kVp에서 14.4로 가장 낮은 평균 값을 나타냈다. 그러나 통계 처리 분석 결과 관전압 변화에 따른 대조도의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($P>0.05$) (Table 7)(Fig. 4).

2) mAs 변화에 따른 대조도 평가

mAs 변화에 따른 대조도 정성적 평가를 통해 평균 값을 도출한 결과 A실험 20mAs에서 18.13으로 가장 높은 값을 보였고, B실험 5mAs에서 13.87로 가장 낮은 평균 값을 나타냈다. 격자 사용 시, mAs가 증가 할수록 대조도가 증가 하였다. 통계 처리 분석 결과 mAs 변화에 따른 대조도의 차이는 A,C실험에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($P<0.05$), B실험의 경우만 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$) (Fig 5).

Table 8. Contrast plot-profile evaluation by change of mAs

		5mAs	10mAs	16mAs	20mAs	P-value
A	Contrast	17	17.53	18.2	18.13	0.022
B	Contrast	13.87	14.93	14.53	15.2	0.123
C	Contrast	16	16.67	17.4		0.018

(unit : 개수)

- A. Digital radiography are using a grid
- B. Computed radiography are using a IP
- C. Digital radiography are not using a grid

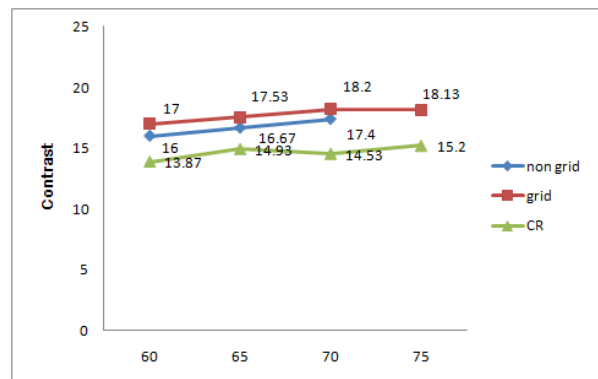


Fig 5. Low contrast plot-profile graph by change of mAs

IV. 고찰

진단정보의 손실 없이 환자선량을 줄이는 것에 있어 그 균형을 맞추는 것은 쉽지만은 않다. 하지만 최근 들어 국민들의 방사선 피폭에 대한 관심의 증가와 지적수준의 향상으로 환자 선량을 저감화하기 위한 다양한

실험과 연구가 이루어지고 있는 것은 사실이다.¹³ 특히 소아의 경우 Robert Hess 등은 격자의 사용 유무에 따라 소아의 손(Hand) 검사 시 10% 이상의 선량 감소를 보였다고 보고한바 있고,¹² 최 등은 어깨와 무릎 검사 시 격자를 사용하지 않음으로써 최대 34%의 선량이 감소되었다고 보고하였다.¹¹ Van Soldt 등은 디지털시스템은 기존의 아날로그시스템보다 영상의 질은 좋으나 넓은 반응범위에 의한 방사선 피폭선량은 매우 다양하다는 결과를 가져왔고,¹⁴ Reissberg S 등은 DR에서 손목(Wrist)과 발목(Ankle) 검사에서 새롭게 개발된 알고리즘을 적용한 이미지 프로세싱 영상에서 피폭선량을 절반으로 줄이고 영상의 질은 큰 차이가 없다는 결과가 나왔다.¹⁵

따라서 본원에서 상완골 검사의 경우 격자 사용 유무와 촬영 인자들의 변화를 통한 선량의 변화와 영상의 화질 평가를 통하여 상완골 검사 시 최적의 촬영인자를 제시하고자 하였으며, 관전압 변화에 따른 해상력 분석 결과를 보면 60kVp에서는 4.539 dGycm²이고, 75kVp에서는 7.472 dGycm²로 약 64.6%의 kVp 증가에 따른 선량 증가를 보인 반면 해상력은 60kVp에서 851로 75kVp에서 651보다 약 30.7% 더 좋은 pixel value로 나타났다. 이러한 이유는, 관전압의 증가는 선질의 투과력을 향상시킴과 동시에 신호와 잡음을 동시에 증가시키며 이에 따른 산란선량의 증가가 해상력의 감소를 가져왔다고 볼 수 있다. 또한 B실험 70kVp 이상에서는 Pixel value에 큰 변화가 없었으며, A실험 65kVp 이상에서도 Pixel value에 큰 변화를 보이지 않았다.

mAs 변화에 따른 해상력 분석 결과 5mAs에서는 3.106 dGycm²로 나타났고, 20mAs에서는 12.470 dGycm²로 약 400%의 선량이 증가하였으며, 해상력의 경우 A실험 5mAs에서는 678로 나타났고, 20mAs에서는 724로 약 6.8%의 해상력 증가를 보임으로써 선량 증가에 비교한 해상력의 증가는 크지 않은 것으로 평가되었다. B실험은 mAs 변화에 따른 해상력 차이는 크게 나타나지 않았으며, C실험의 경우 반대로 mAs가 증가하면 해상력은 감소하였고, 20mAs 이상일 경우는 Pixel이 갖는 반응범위를 초과하여 영상정보의 손실을 가져왔다. 이와 같은 결과를 볼 때 mAs의 증가는 격자를 사용하였을 경우 급격한 선량증가를 가져오는 반면 해상력의 증가율은 선량증가의 약 0.017 수준에 지나지 않아 화질의 증가보다 피폭의 수준이 높은 것으로 평가되었다.

AEC mode에서 격자 사용 유무에 따른 해상력 분석 결과를 보면 관전압이 증가 할수록 선량과 해상력이 낮게 나타났으며, 격자 사용에 따라서 60kVp의 경우 선량이 평균 약 3.7배 높게 나타났고, 해상력 또한 약 2배 정도 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 정 등의 연구에서와 마찬가지로 격자 사용 시 선량의 증가와 더불어 Pixel이 갖는 Gray scale값이 증가한다는 결과와 일치하였다.¹

관전압 변화에 따른 대조도 정성적 평가를 보면 DR에서의 대조도 평가 결과가 CR에서의 대조도 평가 보다 전체적으로 높게 나타났으나, 관전압 변화에 따른 대조도 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 이와 같은 결과는 관전압의 증가는 대조도를 감소시킨다는 이론과는 상반된 결과로, 그 이유는, 기존의 아날로그시스템과는 다르게 DR의 특성인 넓은 반응범위와 장비업체마다 지정된 이미지프로세싱 파라미터에 의한 보정이 이루어지기 때문에 육안으로 관찰하였을 경우 크게 차이가 없는 것으로 평가되었다.

mAs 변화에 따른 대조도 정성적 평가 결과 관전압 변화와 마찬가지로 DR에서 CR보다 높은 평균 값을 도출 할 수 있었고, A,C실험에서는 mAs가 증가할수록 대조도가 증가 하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(P<0.05). 반면 CR의 경우는 mAs가 증가 할수록 대조도가 증가 하였으나 10mAs 이상에서는 큰 차이를 보이지 않아 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(P>0.05).

본 연구의 제한점으로는 첫째, 실제 환자가 아닌 Phantom을 가지고 실험하였기 때문에 Fixed mode와 AEC mode에서 선량차이를 비교하였을 때 다소 차이가 있다는 것이 제한점이라 할 수 있겠고, 따라서 향후 연구에선 실제 환자에게 적용하였을 경우 선량과 화질에 어떠한 차이가 있는지 평가하여 정확한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 둘째로, 투시 검사 시 저 대조도를 평가하는 Burger rose phantom을 사용하였는데 일반적으로 저 대조도를 정량적으로 평가하는 팬텀인 CD-Rad Phantom은 Burger rose phantom을 개조한 것으로서, 측정방법과 관리가 힘들다는 단점으로 인하여 본 연구에서는 Burger rose phantom을 사용 하였다. Burger rose phantom은 촬영인자 변화에 따른 대조도 변화가 통계적으로 유의한 차이가 있을 경우 실제 일반촬영검사에서도 사용 가능하리라는 가정 하에 본 실험에 사용 하게 되었으며 실험결과 통계적으로 유의한 차이를 보

였다.¹⁶ 그러나, 향후 CD-Rad phantom에 의한 대조도의 정량적 평가를 통해 보다 정확한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구 결과 관전압이 증가하면 해상력은 감소하는 반면 대조도에는 크게 차이가 없었으며, mAs가 증가하였을 경우 선량은 급격하게 증가한 반면 화질의 증가는 크지 않았다.

따라서 고 해상력이 요구되는 검사의 경우 격자를 사용하고 해상력과 대조도를 증가시킬 수 있는 관전압과 mAs를 선택해야 하지만 응급환자나 Follow up 환자 등 반복 촬영으로 인한 방사선 노출 위험을 갖는 환자나 일반적인 상완골 검사의 경우 격자의 사용을 자제하고 고정 모드에서는 관전압을 65kVp이하로 설정하고 mAs는 10mAs 이하의 조건을 선택하여 환자 피폭을 저감화 하는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 정성표, 고주영, 최창한, 이현근, 조영기. Digital 영상에서 Portable flat panel detector의 Factor 변화에 따른 감도 분석. 영상기술학회 2005; 45: 34: 1-4
2. Hyun ju lee. Digital chest radiography with an amorphous silicon flat-panel-detector versus a storage-phosphor system, J korean radiol Soc 2006; 761: 353-360
3. Ralph M. Koenker, MD. Digital radiography quality assurance: A technique for standardizing image appearance across CR and DR platforms, Applied radiology 2007; 856: 22-28
4. K. S. Park, J. M. Park, Y. S. Yoon, B. W. Kim, J. Y. Kang. Semiconductor Detectors for radiation Imaging Applications, ETRI 2007; 22: 95-107
5. 김창수, 강세식, 고성진. 디지털 방사선시스템에서 영상증강 파라미터의 영상특성 평가, 한국콘텐츠학회논문지 2010; 162: 330-335
6. 이재기. International commission on radiological protection, 1990 recommendations of the international commission on radiological protection, Publication 93, managing patient dose in digital radiology 2004; 1-10
7. N. O. Egbe, B. Heaton, P.F.Sharp. A simple phantom study of the effects of dose reduction(by kVp increment) below current dose levels on CR chest image quality, Radiography 2010; 523: 327-332
8. D Hart Phd, B F wall. The UK national patient dose database : now and in the future, The british journal of radiology 2003; 76: 361-365
9. 김은경, 김상현, 이용한, 권이선, 남기철. 진단용 디지털 영상장치의 조사조건 설정 실태 및 선량과 정도관리 인식에 관한 연구, 대한영상의학기술학회 2011; 4: 1-7
10. 조광호, 강영한, 김부순. 디지털 방사선의학에서의 조사선량 설정과 인지에 대한 실태, 방사선 기술과 학 2008; 31: 177-181
11. 최원근, 장지성, 이관섭, 하동윤. Digital radiography의 사지 검사에서 Non-grid Technique의 유용성 평가, 대한영상의학기술학회 2011; 34: 1-9
12. Robert hess, PhD, Ulrich Neitzel PhD. Optimizing image quality and dose in digital radiography of pediatric extremities, Philips research 2011; 1-8
13. 소아 방사선 촬영을 위한 기술 정보, 방사선안전관리 시리즈 No.22 2010; 1-27
14. Van Soldt RT, Zweers D, van den Berg L, Geleijns J, JansenJT, Zoetelief J. et al. Survey of posteroanterior chest radiography in the Netherlands, The british journal of radiology 2003; 76: 398-405
15. Reissberg S, Hoeschen C, Kastner A, Theus U, Fiedler R, Krause U, et al. First clinical experience with a full-size, flat-panel detector for imaging the peripheral skeleton, Rofo 2001; 173: 1048-1052
16. 이승철, 박장흠, 김재동, 박창현. Contrast-detail phantom을 이용한 CR에서 image plate의 사용 횟수에 따른 contrast-detail curve의 변화. 대한 디지털의료영상기술학회지 2005; 3: 7-13