

# 디지털 방사선장치에서 구리 부가필터의 유용성 평가에 관한 융복합 연구

김상현

서울대학교병원 영상의학과, 을지대학교 방사선학과

## A Convergence Study on Evaluation of Usefulness of Copper Additional Filter in the Digital Radiography System

Sang-Hyun Kim

Dept. of Radiology, Seoul National University Hospital

Dept. of Radiological Science, Eulji University

**요약** 본 연구는 저에너지 방사선을 제거하기 위해 사용되는 구리 여과판의 디지털 방사선 장비에서 유용성을 분석하고자 선량, 화질평가의 융복합 연구를 실시하였다. 실험기간은 2015년 4월부터 6월까지 이었다. 관전압과 관전류 변화에 따른 구리 여과판 사용 전, 0.1, 0.2, 0.3 mm 의 선량을 평가하였다. 화질평가는 PSNR, MAE, MSE, CNR, SNR 정성적 평가로는 국가암검진 흉부 평가표의 해상, 대조도 평가 7문항을 이용하였다. 흡수선량은 16-88 % 정도 여과판 사용 전에 비해 측정치 낮아졌고, 관전압이 높아짐에 따라 격차가 작아짐을 알 수 있었다. PSNR은 30 dB 이상으로 모두 의미 있는 수치였고, CNR, SNR은 여과판 미사용 시 우수했으나 정성적 평가에서는 항목마다 통계적 유의성이 달랐다. 0.1 mm 여과판에서는 폐혈관 관찰 부위에서 측정치가 높고, 0.3 mm도 밀도가 높고 공기가 많은 부위를 제외하고 통계적으로 유의하지 않았다. 구리 여과판은 좋은 선질과 디지털촬영 장비의 장점인 보정 능력 이용하여 더 적은 선량으로 화질을 향상 시킬 수 있다.

**주제어** : 융복합, 구리 여과판, 디지털 방사선 장비, 선량, 화질

**Abstract** This convergence study analyzed the effectiveness of digital radiography system of copper(Cu) filter in the added filtration for the removal of lower energy radiation through dose and image evaluation. We were analyzed from April to June 2015 result of the examination. Cu filter was applied to each non, 0.1, 0.2, 0.3 mm according to change of kV and mAs and doses were evaluated. Image quality was evaluated by PSNR, MAE, MSE, CNR, SNR and qualitative analysis was performed by seven items for resolution and contrast from chest x-ray criteria of national cancer checkup. The absorbed doses with Cu were lowered by 16-88 % than non-filter but the gaps decreased as kV increased. PSNR were over 30 dB and all significant and CNR and SNR were superior with non-filter but in the qualitative analysis, there were different statistical significant according to each item. The score of 0.1 mm filter was high at pulmonary blood vessel observation and in the 0.3 mm Cu, there were no statistical significant except high density and full of air portion. Cu filter can improve image quality with lower radiation dose using better radiation quality and correction power at digital radiography system.

**Key Words** : Convergence, Copper filter, Digital radiography system, Dose, Image quality

Received 23 July 2015, Revised 27 August 2015

Accepted 20 September 2015

Corresponding Author: Sang-Hyun Kim

(Dept. of Radiological Science, Eulji University)

Email: snuhkim1@naver.com

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

X-선은 target을 떠나 환자의 피부에 도달하는 데까지 각종의 물질을 통과하면서 선질에 변화를 받는다. 진단용 X-선의 평균에너지는 최대에너지의 50~30 % 정도로서 대부분 저 에너지 영역에 속한다. Filter는 여러 과장이 혼합된 연속 스펙트럼의 X선 중에서 진단과 치료에 쓸모가 없고, 피폭선량만 늘리는 저 에너지 X선을 제거하는 역할을 하며 전체적인 평균에너지를 증가시켜 환자의 피폭을 줄여주고 화질을 개선시켜주는 역할을 한다 [1].

이러한 filter의 두께를 증가시켜 가면 spectrum의 형태는 고 에너지 쪽으로 치우쳐 원하는 데로 형태에 접근하지만, 그것에 수반되는 전체적인 선량률의 감소를 피할 수 없다[2]. Filter는 환자선량을 어느 정도 감소할 수 있으나, 일정 에너지 영역의 광자만 흡수하는 것이 아니라 모든 광자의 에너지를 흡수하기 때문에, 이 손실을 보상하기 위하여 선량을 증가시켜야 한다. Filter의 두께는 어느 이상이 되면 선질의 개선은 그 이상 바랄 수 없게 되고 선량률의 감소만 생기는 결과가 된다[3]. 그러므로 filter의 재질로 사용되는 물질은 선질 개선을 위한 그 물질 고유의 최대한 두께가 정해지는데 실제 사용되는 filter는 선량률을 크게 줄이지 않기 위해 이보다 얇은 것이 쓰이고 있다.

그러나 기존 Conventional radiography system는 얇은 부가필터를 사용하거나, 관전압을 기존보다 감소시킬 수밖에 없어, 선량을 충분히 감소시키지 못하는 한계가 있다[4]. 이는 X선질 경화에 의한 영상의 대조도가 감소되는 현상이 나타나기 때문이다. 그러나 Flat panel detector system의 개발과 발전을 통하여, 기존의 장비에 비하여 넓은 관용도(latitude)와 높은 대조도(contrast resolution)의 특성이 제공되므로, 영상화질의 저하 없이 환자 선량을 감소시킬 수 있게 되었다. 디지털 방사선 장비(DR)는 아날로그 방식과 달리 넓은 노출지수를 갖는다. 노출지수가 넓다는 것은 bit depth가 넓다는 것이고, 필름과 비교하여 검사조건에 대해 kV선택이 넓다는 것을 의미한다. DR은 기존의 아날로그 방식에 많은 문제점을 해결할 수 있게 되었다[5]. DR 방식으로 변화하면서 화질의 향상과 더불어 환자피폭선량 감소 효과를 기대했으나, dose creep현상으로 피폭선량이 증가되는 현상이

발생하고 있다[6]. 하지만 대조도 분해능과 미세병변 검출 능력이 우수하며 약 70%의 표면선량 감소가 있으므로 환자에 대한 피폭선량 감소에도 DR 방식을 이용이 바람직하다고 하였다[7].

이에 본 연구에서는 DR 환경에서 아날로그 방식보다 향상된 넓은 노출지수와 우수한 검출능력을 이용하여서, 구리(Cu) 부가 filter의 사용을 통하여 같은 화질 유지하며 피폭선량 경감을 통하여 환자 안전을 도모하고자 하였다.

## 2. 연구 재료 및 방법

본 연구에서는 장비는 Philips digital diagnost value amorphous silicon flat panel detector Pixium 4600를 이용하였다<Table 1>.

<Table 1> Principal characteristics of Digital Radiography

Classification	Unit	Value
Pixel pitch	µm	143
Total array	Pixels (mm)	3,121x3,121 (446x446)
Image readout time	Ms	1,270
X-ray generator voltage range	kVp	40~150
X-ray system dose	mR	0.15~3
X-ray maximum linear dose	mR	35
MTF at 1 lp/mm	%	52
DQE at 1 lp/mm	%	35
A/D conversion dynamic range	bits	14
Focal Spots	mm	0.6/1.2
Anode angle	degree	13
Normal Voltage	kV	150
Permanent filter(mmAl)	mm	2.5

### 2.1 연구 재료

#### 2.1.1 Anthropomorphic Phantom

인체모형 팬텀은 인체부위별 X선 팬텀(The Phantom Laboratory, Salem, NY, USA)으로 남성으로 175cm, 74kg 이다[Fig. 1, 2, 3].



[Fig. 1] RS-109(Head without Cervical Spine)



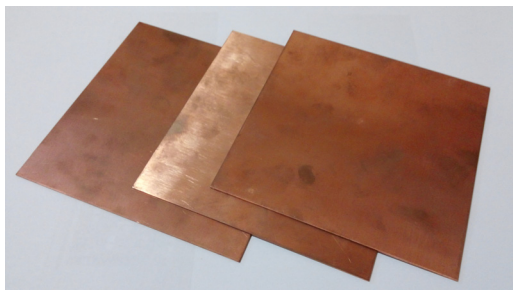
[Fig. 2] RS-111(Thorax)



[Fig. 3] RS-113(Pelvis)

### 2.1.2 Added Filter

부가필터는 99.9%순도에 크기는 가로, 세로 각각 10 cm이며 두께는 0.1, 0.2, 0.3 mmCu(IBA Dosimetry, Schwarzenbruck, Germany) 이다[Fig. 4].



[Fig. 4] Cu filter

### 2.1.3 Dosimeter

선량계는 Unfors Xi(Unfors Instruments AB, Billdal, Sweden) 모델을 이용하였다[Fig. 5].



[Fig. 5] Unfors Xi

## 2.2 연구 방법

연구기간은 2015년 4월~6월까지 진행하였다.

### 2.2.1 선량계 흡수선량

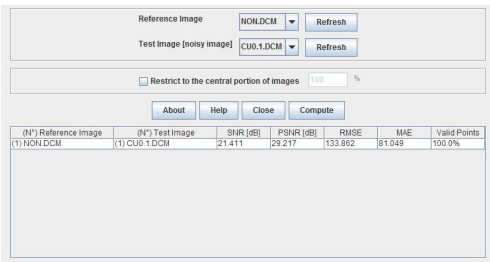
filter 사용전과 후 두께와 조건별 감소율을 알아보기 위하여 올바른 사용을 돕고자 흡수선량을 알아보았다. Non, 0.1, 0.2, 0.3 mmCu filter 사용에 따른 선량계의 흡수선량을 측정하였다. 관전압은 50, 70, 90, 120 kV, 관전류는 5, 10, 20 mAs, S-value 200, 150 cm SID(source-to-image receptor distance), 10 x 10 cm collimation size로 설정하여, 각각의 부가필터를 실시하였다. 이때 후방산란에 의한 산란선 영향을 최소화하기 위해서 detector와 선량계의 거리를 50cm 간격을 두었다. 각 두께별로 10회 반복 측정하여 평균을 계산하여 신뢰도를 높였다.

자료처리는 SPSS(Statistical Package for Social Science vs.18)를 이용하여 Komogorov-Smimov 적합도 검정을 하여 정규분포를 하는 것을 확인한 후 기술통계량 평균을 표시하였고, 유의성검정은 One-way ANOVA 검정법을 이용하였다. 모든 통계의 유의수준은 5%로 하였다. 또한 filter 사용에 따른 선량 감소율을 알아보기 위하여 filter 사용 전을 100%로 하여 각각의 두께별 백분율로 구하여 보았다.

### 2.2.2 SNR, PSNR, RMSE, MAE

filter를 사용 전, 후의 PSNR값을 비교함으로써 같은

영상의 질이 유지되는지를 프로그램을 통하여 정량적 결과를 알아보고자 하였다. Chest(흉부) 팬텀을 이용하여 filter 사용 전 기준 영상을 촬영하고, 각각의 필터를 장착한 실험영상을 촬영한다. 촬영 조건은 AEC(auto exposure control)를 사용하여 얻어진 125 kV에 4 mAs를 고정하고 SID는 180 cm, 12:1격자를 사용하였다. 이렇게 얻어진 영상을 Image J(National Institutes of Health Bethesda, MD, USA)를 이용하여 SNR(signal noise ratio), PSNR(peak signal to noise ratio), RMSE(root mean square error), MAE(mean absolute error)비교 분석하였다[Fig. 6].



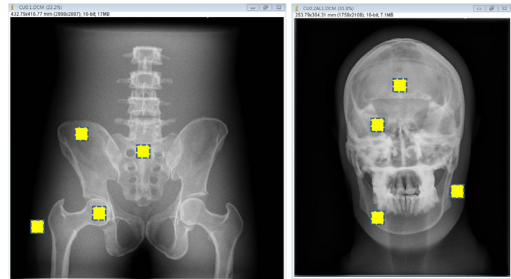
[Fig. 6] Measurement of SNR, PSNR, RMSE, MAE

### 2.2.3 CNR, SNR 측정

CNR, SNR을 측정함으로써 화질평가를 객관화 하여 filter 사용 전, 후의 화질차이를 분석하였다. CNR(contrast to noise ratio)는 Pelvis(골반) 팬텀을 이용하여 촬영 조건은 AEC를 사용하여 얻어진 77 kV에 12.5 mAs를 고정하고 SID는 110 cm, 10:1격자를 사용하였다. Right iliac wing, femur head, sacrum을 Image J 프로그램을 이용하여 0.3 X 0.3 cm<sup>2</sup>의 ROI(region of image)를 설정하였다. ROI의 pixel 신호 강도의 표준편차를 측정한 후, ROI를 제외한 Background의 신호강도 평균값과 표준편차를 구하여 수식에 의하여 계산한다. 또한 Skull 팬텀을 이용하여 조건은 AEC를 사용하여 얻어진 77 kV에 12.5 mAs를 고정하고 SID는 110 cm, 10:1 격자를 사용하였다. Frontal bone, Right orbit, mandible을 위의 조건과 동일하게 영상을 획득하였다.

SNR은 CNR 측정과 동일하게 Image J 프로그램을 이용하여 ROI의 신호강도의 평균과 표준편차를 측정한 후, ROI를 제외한 Background의 신호강도 평균과 표준편차를 구하여 수식을 이용하여 계산하였다[Fig 7]. 각 인자

별로 5회 반복 측정하였고, 자료처리는 5회 이하 이므로 비모수적 통계 방법인 Kruskal-Wallis test를 시행하였다.



[Fig. 7] Measurement points of CNR, SNR

### 2.2.4 정성적 평가

인체모형의 phantom을 사용하여 임상에서 육안으로 판독하는 방법과 동일하게 적용하여 정성적 평가를 통하여 화질 분석을 실시하였다. Chest phantom에 120 kV에서 AEC mode 사용하여 EI 200값을 설정 후 조사하여 얻은 4 mAs값을 이용하였다. 10년 이상의 5명의 방사선사가 흉부 X선 검사 임상영상평가표(국가암검진 임상평가표)를 기준으로 하여 5점 리커트 척도를 이용하였다. 평가항목은 평가표에서 투과 상태, 해상도 및 대조도 평가 문항을 이용하였다. 평가항목은 총 7가지 항목으로 구성하였다<Table 2>. filter를 사용하지 않을 때와 0.1, 0.2, 0.3 mmCu를 비교하였다. 자료처리는 5회 이하 이므로 비모수적 통계 방법인 Wilcoxon signed ranks test를 시행하였다.

<Table 2> Evaluation criteria of the clinical images

Item	
1	Pulmonary vesicular of lung field
2	Pulmonary vesicular and descending aorta behind heart
3	Vessels below the diaphragm
4	Rib costal
5	Diaphragm
6	T-spine intervertebral space
7	Trachea and bronchus

## 3. 결과

### 3.1 선량계 흡수선량

흡수선량은 같은 kV, mAs에서 두께 변화에 따라 차

이가 나타났다. 두께가 두꺼워질수록 filter 사용 전에 비해 감약이 많이 되었다. filter를 사용 전 50 kV, 5 mAs 일 때 23.59, 120 kV, 20 mAs 일 때 760  $\mu$ Gy 이었다. 0.1 mm에서는 14.37 ~ 635.2, 0.2 mm에서는 6.87 ~ 476.4, 0.3 mm에서는 37.12 ~ 38.42 이었다. 같은 kV, mAs에서 두께변화에 따른 모든 선량의 통계값은  $p < 0.01$ 로 유의성을 나타냈다<Table 3>.

<Table 3> Absorbed dose of dosimeter

(unit:  $\mu$ Gy)

kV	mAs	Dose (SD)				p-value
		Non	0.1 mmCu	0.2 mmCu	0.3 mmCu	
50	5	23.59	14.37	6.87	3.712	<0.01
		$\pm 1.11$	$\pm 0.89$	$\pm 0.33$	$\pm 0.23$	
	10	43.91	29.34	14.09	7.07	
		$\pm 1.49$	$\pm 1.11$	$\pm 0.35$	$\pm 0.21$	
	20	122.5	58.97	27.97	15.17	
		$\pm 1.44$	$\pm 1.03$	$\pm 0.89$	$\pm 0.21$	
70	5	64.97	42.57	26.23	17.87	
		$\pm 1.32$	$\pm 0.99$	$\pm 0.22$	$\pm 0.15$	
	10	130.7	85.56	53.42	36.41	
		$\pm 2.01$	$\pm 1.55$	$\pm 1.41$	$\pm 0.11$	
	20	269	169.4	106	72.54	
		$\pm 2.35$	$\pm 1.87$	$\pm 1.44$	$\pm 1.54$	
90	5	109.2	85.51	58.97	43.67	
		$\pm 2.69$	$\pm 2.01$	$\pm 1.45$	$\pm 1.33$	
	10	220.4	170.3	118.5	88.58	
		$\pm 4.86$	$\pm 3.33$	$\pm 2.99$	$\pm 1.45$	
	20	447.1	340.7	232.9	174.5	
		$\pm 5.51$	$\pm 5.51$	$\pm 4.42$	$\pm 3.98$	
120	5	190.5	158.8	118.6	93.61	
		$\pm 3.11$	$\pm 2.34$	$\pm 2.34$	$\pm 1.66$	
	10	384.7	318.9	239.6	191.4	
		$\pm 5.01$	$\pm 1.11$	$\pm 3.77$	$\pm 2.35$	
	20	760	635.2	476.4	384.2	
		$\pm 6.11$	$\pm 6.12$	$\pm 4.44$	$\pm 2.85$	

같은 kV, mAs에서 filter 두께 변화에 따른 선량 감약을 살펴보면, 0.1 mm에서는 16 ~ 57 %, 0.2 mm에서는 37 ~ 77 %, 0.3 mm에서는 49 ~ 88 % 이었다. 두께가 얇을수록 감약이 적게 나타났고 같은 조건에서 0.1, 0.3 mm를 비교하여 보면 33 ~ 21% 까지 나타났다<Table 4>.

<Table 4> Percentage of Absorbed dose

(unit: %)

kV	mAs	Thickness (mmCu)			
		Non	0.1	0.2	0.3
50	5	100	61	29	16
	10	100	67	32	16
	20	100	48	23	12
70	5	100	43	26	18
	10	100	65	41	28
	20	100	63	39	27
90	5	100	78	54	40
	10	100	77	54	40
	20	100	76	52	39
120	5	100	83	62	49
	10	100	83	62	50
	20	100	84	63	51

### 3.2 Image quality

#### 3.2.1 SNR, PSNR, RMSE, MAE

filter의 두께가 증가됨에 따라 SNR, PSNR은 감소되며, RMSE, MAE는 증가된다. 모든 두께에서 PSNR값이 30 dB 이상으로 나타났다<Table 5>.

<Table 5> SNR, PSNR, RMSE and MAE of filters

Thickness (mmCu)	SNR(dB)	PSNR(dB)	RMSE	MAE
0.1	31.11	45.547	43.547	39.949
0.2	25.387	39.824	83.659	81.395
0.3	22.142	36.579	121.556	119.421

#### 3.2.2 CNR, SNR

Skull 팬텀을 이용한 실험에서 필터 물질의 두께가 두꺼워지면 관찰영역 3군데서 모두 SNR, CNR은 낮아진다. 통계 처리는 같은 관찰영역에서 두께 변화에 따른 자료 값은 모두  $p < 0.05$ 로 유의성이 있었다. <Table 6>.

<Table 6> CNR and SNR of skull

	Thickness (mmCu)	CNR (SD)	SNR (SD)	p-value
	Frontal bone	non	13.95	
		$\pm 0.2$	$\pm 0.25$	
0.1		13.81	21.29	
		$\pm 0.67$	$\pm 0.21$	
0.2		13.53	20.88	
		$\pm 0.1$	$\pm 0.68$	
	0.3	13.04	19.56	
		$\pm 0.21$	$\pm 0.24$	

Mandible	non	7.33 ±0.05	11.96 ±0.55	0.007
	0.1	7.18 ±0.11	11.3 ±0.55	
	0.2	6.79 ±0.50	10.92 ±0.21	
	0.3	6.42 ±0.32	10.21 ±0.33	
	0.3	6.42 ±0.32	10.21 ±0.33	
Orbit	non	10.52 ±0.31	16.43 ±0.25	0.007
	0.1	10.2 ±0.01	16.2 ±0.18	
	0.2	9.79 ±0.21	15.73 ±0.17	
	0.3	9.53 ±0.14	14.72 ±0.25	
	0.3	9.53 ±0.14	14.72 ±0.25	

Pelvis 팬텀을 이용한 실험에서 필터 물질이 두꺼워지면 CNR, SNR은 모든 부분에서 감소하였다. 자료값의 통계 처리에서는  $p < 0.05$ 로 유의성이 있었다<Table 7>.

<Table 7> CNR and SNR of pelvis

	Thickness (mmCu)	CNR	SNR	p-value
Iliac wing	non	6.69 ±0.01	10.5 ±0.25	0.008
	0.1	6.53 ±0.11	10.46 ±0.33	
	0.2	6.26 ±0.13	10.24 ±0.04	
	0.3	6.15 ±0.05	9.84 ±0.11	
	0.3	6.15 ±0.05	9.84 ±0.11	
Femur head	non	13.75 ±0.66	22.1 ±0.24	0.009
	0.1	13.64 ±0.21	21.4 ±0.23	
	0.2	13.28 ±0.31	20.7 ±0.31	
	0.3	12.36 ±0.29	19.56 ±0.31	
	0.3	12.36 ±0.29	19.56 ±0.31	
Sacrum	non	14.98 ±0.25	24.61 ±0.17	0.039
	0.1	14.88 ±0.15	24.24 ±0.16	
	0.2	14.82 ±0.17	23.35 ±0.05	
	0.3	13.32 ±0.25	21.97 ±0.21	
	0.3	13.32 ±0.25	21.97 ±0.21	

### 3.2.3 정성적 평가

평가한 결과 5점 만점에서 0.13 - 0.21의 차이를 나타냈다<Table 8>.

<Table 8> Evaluation of the clinical images

Item	Thickness(mmCu)			
	Non	0.1	0.2	0.3
1	4.05 ±0.05	4.29 ±0.11	4.1 ±0.21	4.1 ±0.11
2	4.11 ±0.48	4.25 ±0.15	3.98 ±0.22	3.9 ±0.1
3	4.02 ±0.12	4.15 ±0.23	4.0 ±0.01	4.0 ±0.1
4	4.11 ±0.19	4.13 ±0.17	4.1 ±0.1	4.0 ±0.19
5	5 ±0	5 ±0	5 ±0	5 ±0
6	4.1 ±0.18	4.1 ±0.1	4 ±0.1	3.81 ±0.19
7	3.89 ±0.11	3.79 ±0.21	3.76 ±0.14	3.68 ±0.22

자료의 통계처리 결과 각각 평가 항목별 통계의 유의성이 다르게 나타났다. 0.1 mmCu와 filter 사용전의 비교에서는 혈관 관찰하는 항목 1, 2, 3에서 측정치가 더 높게 나오고 통계적으로도  $p < 0.05$ 로 나타났다. 0.3 mm와의 비교에서는 전체적으로 측정치가 낮아지고, 흉추의 disk 공간관찰과 기관과 기관지 관찰에서  $p < 0.05$ 로 통계적 유의성이 있었다. 0.2mm는 모든 측정치가 통계적으로 유의하지 않았다<Table 9>.

<Table 9> Statistics of the clinical images

Item	p-value		
	Non-0.1	Non-0.2	Non-0.3
1	0.038	0.157	0.157
2	0.034	0.655	0.181
3	0.042	0.343	0.141
4	0.285	0.141	0.140
5	1	1	1
6	0.593	0.144	0.043
7	0.43	0.041	0.042

## 4. 고찰

현대의학에서 있어서 방사선은 인간의 질병 진단과 치료 및 연구에 활용되어, 질병으로부터 신체를 보호하고 의학을 발전시키는 데 중요한 역할을 하고 있으며 거의 모든 의료영상 검사의 필수적인 과정으로 되어 있다 [8]. 과학의 발전과 더불어 디지털 영상획득 장치로의 변화는 방사선 피폭환경을 급격히 변화시키고 있다[9]. 이러한 디지털 의료 환경은 사용자의 편리성을 극대화 시

킬 수 있는 장점은 있지만, 일반적으로 영상잡음을 줄이고 영상의 질을 향상시키기 위해 환자 피폭선량이 증가할 수 있다[10]. 방사선에 의한 의료피폭은 인위적인 방사선 피폭 중 가장 큰 비중을 차지하고 있다[11]. 진단방사선 분야에서 최근 대두되고 있는 가장 큰 이슈중의 하나는, 최소한의 방사선으로 촬영하여 피폭선량을 줄이면서 진단정보를 최대화 하는 방안이다[12].

X선관에서 방출되는 X선 에너지는 연속 spectrum으로 저에너지, 고에너지 영역이 혼재되어 있다. 일반적으로 부가 filter를 사용하면, 저에너지 영역을 많이 흡수하므로 상대적으로 X선의 실효에너지를 올리고 표면 선량 감소에 효과적이므로 현재 이슈에 부합한다고 사료된다.

디지털 흉부 방사선 관전압별 영상특성을 살펴본 실험결과를 살펴보면 관전압의 변화에 따라 영상의 화질의 차이가 있으나, 모든 조건에서 동일하게 나타나는 것이 아니며 각 장기마다 특이한 차이가 남을 알 수 있다고 하였다[13]. 또한 디지털 흉부 검사에서 Cu filter 사용에 따른 선량감소 효과가 있고 화질이 저하 없이 피폭선량을 감소 할 수 있다고 하였다[14].

이렇듯 관전압의 변화와 filter 두께에 따른 감소를 살펴보면, filter 사용에 선량 감소율을 확인하여 적절한 사용과 조건 설정에 도움이 되고 하였다. 각 두께별로 같은 kV, mAs라고 해도 감약의 정도가 달리 나타났다. 또한 같은 kV라고 해도 0.1 mm, 50 kV에서 5 mAs는 39 %, 20 mAs에는 52 %가 감약 되었다. 0.3 mm, 120 kV에서 5 mAs에서는 51 %, 20 mAs에서는 49 %로, 관전압이 높아짐에 따라 두께 변화에 따른 감약 정도가 mAs와 관계없이 어느 정도 일정하였다. 이는 고관전압에 filter 사용이 효과적임을 알 수 있었다. 에너지별 감약 정도를 인지함으로써 filter 사용 시 조건 선택이 용이해진다.

PSNR은 대개 11 dB 이상이 되면 상당히 유사한 영상으로 보기는 하지만 사실상 30 dB을 기준으로 그 이하의 수치는 상대적으로 화질 수준이 떨어진다고 본다. 영상의 화질은 인간의 육안 적으로 보고 판단하는 것이기 때문에, 굳이 PSNR이 높다고 좋은 영상이라 말하기는 어렵다[14]. 0.1 - 0.3 mm에서 각각의 PSNR은 45.547, 39.82, 36.57이며 RMSE는 43.54, 83.69, 121.55로 필터의 두께가 증가하면, PSNR은 낮아지고 RMSE은 증가되었다. 모든 두께의 PSNR이 30 dB이상이므로 PSNR에서는 차이가 없었다. PSNR을 평가함으로써 보다 정량적인

평가가 추가됨으로써 결과값을 좀 더 객관화 할 수 있다.

SNR은 DR에서 중요한 인자이고, 영상의 화질은 높은 SNR에 비례하여 향상된다. 또한 X선의 저선량에 다양한 변수, 형광체, 그리고 DR 시스템의 전자적 요소에서 발생하는 양자noise는 SNR을 감소시킨다. DR 시스템은 검출기의 선량률에 의존한다[12]. 그러나 SNR이 높더라도 다른 조직과 조직을 구분할 수 있는 CNR이 충분히 높지 않다면, 우수한 화질의 영상을 획득하는데 실패할 것이다. 즉, 본래부터 원시 데이터나 측정된 신호 값들 사이의 차가 존재하지 않는다면 각 물체의 조직 간의 대조도가 형성되지 않고, 대조도를 증강시키는 방법 또한 어렵기 때문이다[13].

CNR, SNR실험에는 Frontal bone, Mandible, Orbit 모두에서 filter 사용 전 측정치가 더 컸으며, 이는 Pelvis에서도 Iliac wing, Femur head, Sacrum관찰부위에서는 마찬가지였다. 부위에 따라 filter의 두께 변화에 따른 감소 정도가 달라지는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 부위별로 filter 사용에 대한 고려가 필요하다고 사료된다. 실험 결과를 보면 두께 두꺼워짐에 따라 선량이 작아짐에 따라 전체적으로 두께 차이에 따른 각 관심영역의 값이 통계적으로 유의 한 것을 알 수 있었다. 그러나 이는 판독자의 판독은 육안으로 이루어짐으로 정성적 평가와 같이 이루어져야 하므로 절대적인 값이라고는 할 수 없다.

정성적 평가 부분에서는 자료의 통계처리 결과 각각 평가 항목별로 각 두께 변화에 따라 통계의 유의성이 다르게 나타났다. 0.1 mmCu에서는 filter 사용 전 보다 측정치가 높게 나왔는데 이는 저선량 영역의 제거를 통한 화질 향상에 영향이 있다고 사료되며, 특히 혈관을 관찰하는 항목 1, 2, 3에서 측정치가 더 높게 나오고 통계적으로도  $p < 0.05$ 로 나타난 것은 실효에너지 값의 상승에 따른 투과도의 향상으로 보인다. 0.2, 0.3 mm와의 비교에서는 전체적으로 측정치가 낮아지고, 흉추의 disk 공간관찰과 기관과 기관지 관찰에서  $p < 0.05$ 로 통계적 유의성이 있었다. 이는 밀도가 높은 부위와 공기 함유 부위에서 광자량의 부족에 따른 입상성 저하로 사료된다. 이는 filter 두께에 변화에 따른 입상성에 대한 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

기존의 filter연구를 살펴보면 환자 표면입사선량에 감소에 효과에 대한 부분들의 연구들이었다[12, 14]. 그러나 본 연구는 에너지와 두께별 선량 감소 정도를 측정함으

로써 실제 임상에서 filter 사용 시 촬영 조건 설정에 용이하게 하였고, PSNR 측정을 통하여 프로그램을 통한 영상의 질을 확인하였으며, SNR, CNR의 측정범위를 다양화 하여 정확한 결과값을 유도하였다. 또한 정성적 평가에서 국가 암검진 임상평가표를 이용하여 더 객관화 된 결과값을 얻을 수 있었다. filter연구 시 더 객관화 된 결과값을 얻기 위한 새로운 실험 방법의 모델을 제시하였다.

## 5. 결론

디지털 방사선장치에서 구리 부가필터 유용성에 관한 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 선량의 감약 정도는 두께별로 조사조건별로 차이가 있었으며 16 ~ 88% 차이가 있었으나, 관전압이 높아지면 mAs와 관계없이 두께별로 일정하게 되었다.

둘째, 모든 두께의 PSNR값에서 30 dB이상으로 측정되었다.

셋째, CNR, SNR의 측정치는 부위마다 차이가 있었고 두께 변화에 따른 광자량 차이에 통계적으로 유의 하였다.

넷째, 정성적 평가에서는 모든 부분에서 통계적으로 유의하지는 않았으나 혈관 관찰 항목은 0.1 mmCu가 우수하였으며, 0.3 mmCu에서도 밀도가 높고 공기 함유가 높은 부위를 제외하고는 통계적으로 유의 하지 않았다.

이와 같은 결과는 디지털 방사선 장치에서 filter 사용이 선량 감소에 비해 화질에 저하가 적었으며, 효과적인 사용을 위해 검사부위와 filter 두께 찾는다면 화질을 유지하면서 환자피폭선량을 감소시켜, 국민 보건향상에 앞장설 수 있는 적절한 방법이라고 사료된다.

## REFERENCES

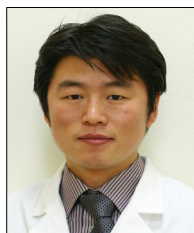
[1] W. I. Cho, Y. K. Kim, G. D. Lee, Change of dose exposure and improvement of image quality by additional filtration in mammography, *Journal of Radiation Protection*, Vol. 38, No. 2, pp.78-90, 2013.  
 [2] G. S. Shin, J. H. Choi, Y. H. Kim, J. M. Kim,

C. G. Kim, Patient dose in mammography, *Journal of radiological science and technology*, Vol. 28, No. 4, pp.293-299, 2005.  
 [3] S. J. Moon, Y. G. Kim, S. G. Lee, Reduction of patient dose exposure and improvement of image quality by use of additional filtration in digital radiology, *Korean J Digit Imaging Med*, pp.19-25, 2010.  
 [4] Raymond P. Rossi, Reduction of Radiation Exposure in Radiography of the chest, *Radiology*, Vol. 144 pp. 909-914, 1982.  
 [5] J. W. Gil, J. H. Park, S. H. Bae, H. J. Hwang, Y. G. Kim, The solution to the limitation of the conventional digital x-ray system and its feasibility test, *Journal of digital convergence*, Vol, 12, No. 12, pp. 371-379, 2014.  
 [6] Schaefer-Prokop C, Neitzel U, Venema HW, Prokop M, Digital chest radiography: an update on modern technology, dose containment and control of image quality, *European radiology*, Vol 18, Issue 9, pp. 1818-1830, 2008.  
 [7] Y. S. Kim, H. S. Park, S. J. Park, H. J. Kim, Effective detective quantum efficiency(eDQE) evaluation for the influence of focal spot size and magnification on the digital radiography system, *Korean journal of medical physics*, Vol. 23, No. 1, pp. 26-32, 2012.  
 [8] J. H. Kwak, J. B. Jeong, A study on the guardian's perception of attending patient in pediatric radiology, *J. Korean Soc. Radiology*, Vol. 8, No. 4, pp. 189-201, 2014.  
 [9] I. J. Lee, H. Y. Kim, N. C. Kim, Y. C. Lee, Y. K. Park, Evaluation of image according to exposure conditions using contrast-detail phantom for chest digital radiography, *J. Radiological science and technology*, Vol. 32, No. 1, pp. 25-32, 2009.  
 [10] K. H. Jo, Y. H. Kang, B. S. Kim, A study on the exposure parameter and the patient dose for digital radiography system in dae goo, *J. Korean Soc. Radiol. science*, Vol. 32, No. 2, pp. 172-182, 2008.  
 [11] Y. H. Kim, Method for measurement of entrance



- surface dose and role of radiation technologist, J. Radiological science and technology, Vol. 28, No. 3, pp. 173-191, 2005.
- [12] S. I. Shin, C. Y. Kim, S. C. Kim, The study on the reduction of patient surface dose through the use of copper filter in a digital chest radiography, J. Radiological science and technology, Vol. 31, No. 3, pp. 223-228, 2008.
- [13] J. H. Jeong, J. M. Kim, M. H. Jeong, E. K. Im, Imaging characteristics of digital chest radiography with an amorphous silicon flat panel detectors, Journal of the Korean society of digital medical imaging technology, Vol. 8, No. 1, pp. 27-32, 2008.
- [14] J. S. Lee, C. S. Kim, The additional filter and ion chamber sensor combination for reducing patient dose in digital chest x-ray projection, J. Korean soc. Radiol, Vol. 9, No. 3, pp. 175-181, 2015.
- [15] S. Yang, J. B. Han, N. G. Choi, S. G. Lee, The Review of Exposure Index in Digital Radiography and Image Quality, Journal of Radiation Protection, Vol 38, No 1, pp.29-36, 2013.
- [16] Uffmann M, Cornelia S, Digital Radiography: Balance between image quality and required radiation dose, Eur. J. Radil, Vol 72, pp.202-208, 2009.

#### 김 상 현(Kim, Sang Hyun)



- 2009년 2월 : 경기대학교 대체의학 대학원 식품치료전공(대체의학석사)
- 2015년 2월 : 을지대학교 대학원 보건학과 (박사)
- 2001년 4월 ~ 현재 : 서울대병원 영상의학과
- 관심분야 : 방사선학, 보건정책
- E-Mail : snuhkim1@naver.com