

복합 부가필터 종류에 따른 선량 및 화질 분석

명노범¹, 임소연², 유세종³, 김성호³, 전민철^{3*}

¹세종충남대학교병원 영상의학과 방사선사, ²강남세브란스병원 방사선종양학과 방사선사, ³대전보건대학교 방사선(학)과 교수

Dose and Image Quality Analysis According to The Type of Composite Additional Filter

Noh-Beom Myoung¹, So-Yeon Im², Se-Jong Yoo³, Seong-Ho Kim³, Min-Cheol Jeon^{3*}

¹Radiologic Technologist, Department of Radiology, Chungnam National University Sejong Hospital

²Radiologic Technologist, Department of Radiation Oncology, Gangnam Severance Hospital

³Professor, Department of Radiology, Daejeon Health Institute of Technology

요약 본 연구에서는 복합 부가필터(Composite added filtration) 4가지 종류(알루미늄, 니켈, 구리, 아연)를 두께별로 조합하여 X-선 감약에 따른 선량감소와 최적의 영상을 평가하였다. 선량과 화질을 평가는 RQR9 표준 선질을 설정한 X선 발생장치, 면적선량계 그리고 ICY 프로그램이 사용되었다. 화질평가 항목(PSNR, RMSE, SSIM)에서는 PSNR값이 30 dB 이상이 되는 영상들만을 분석하였다. 그 결과 선량평가에서 가장 우수한 조합은 3 mmAl + 0.6 mmNi (0.16 μ Gym²)이었고, 화질평가에서 가장 우수한 필터는 0.9 mmAl (PSNR 34.24dB, RMSE 79.52, SSIM 0.24)이었다. 본 연구에서는 선량적 측면과 화질적 측면이 언급되었기에 향후 환자의 피폭선량과 최적의 영상에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

주제어 : 복합 부가필터, 감약, 피폭선량, 화질, 표준선질

Abstract In this study, four types of composite added filtration (aluminum, nickel, copper, and zinc) were combined for each thickness to evaluate dose reduction and optimal images due to X-ray attenuation. To evaluate dose and image quality. X-ray generators, Dose Area Product(DAP) and ICY programs with RQR9 standard quality were used. In the image quality evaluation element (PSNR, RMSE, SSIM), only images with PSNR value of 30 dB or more were analyzed. As a result, the best combination in dose evaluation was 3 mmAl + 0.6 mmNi (0.16 μ Gym²), and the best filter in image quality evaluation was 0.9 mmAl (PSNR 34.24dB, RMSE 79.52, SSIM 0.24). In this study, the dose aspect and the image quality aspect are mentioned, So it is considered that further studies on patient's exposure dose and optimal image will be needed in the future.

Key Words : Composite added filter, Attenuation, Exposure dose, Image quality, Standard quality

*Corresponding Author : Min-Cheol Jeon(99jmc@hanmail.net)

Received July 30, 2020

Accepted October 20, 2020

Revised August 29, 2020

Published October 28, 2020

1. 서론

고령화 사회에 진입하면서 과거에 비해 의료기관을 방문하는 환자가 증가하고 있다[1]. 의료기관에서는 흉부 방사선 검사를 기본적으로 시행하고 있기에 많은 환자들에게 검사가 이뤄지고 있다[2]. 방사선 검사는 방사선 피폭에 의한 인체 내 장애 발생 우려가 있어, 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)에서는 방사선 피폭의 해로운 영향을 합리적으로 달성할 수 있는 수준으로 낮추도록 권고하고 있다[3,4]. 따라서 대부분의 의료기관에서는 흉부 방사선검사에 부가필터를 사용해 저에너지 광자를 제거하여 환자 피폭선량 감소와, 영상의 대조도 향상을 목적으로 사용하고 있다[5,6].

기존 연구에서는 부가필터의 사용이 환자 피폭선량과 화질에 미치는 영향에 대한 결과들이 있으나, 4가지의 복합 부가필터를 비교한 결과는 없는 실정이다[7]. 김 등[8]은 3종류의 부가필터를 단독으로 사용하였고, 최 등[9]은 2종류의 복합 부가필터, 김 등[10]은 1종류의 단독 부가필터를 사용하여 선량 및 화질을 연구하였다. 따라서 본 연구는 4가지의 단독, 복합 부가필터 별 선량의 감약 및 화질에 미치는 영향을 분석해서, 화질 변화에 영향이 적으면서 방사선 피폭으로부터 환자의 장애 발생을 최소화할 수 있는 복합 부가필터를 권고하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 및 재료

본 연구에 사용된 X선 발생장치로는 CR X선관(E7252X, Toshiba, Kapan), DR장치(MDXPST-R107, Median International)를 사용하였다. X선량을 측정할 수 있는 선량계는 면적선량계(KermaX plus SDP)를 사용하였다. 전리조 타입에 속하는 면적선량계의 측정범위는 $0.01 \mu\text{Gym}^2/\text{s} \sim 3\,000.00 \mu\text{Gym}^2/\text{s}$ 까지 가능하다. 영상을 획득하기 위한 팬텀은 Thoracic Phantom(RSA, SPT1054)를 사용하였다. 저에너지 광자를 감약시키기 위해 사용되는 부가필터는 알루미늄(Al), 구리(Cu), 니켈(Ni), 아연(Zn) 총 4개의 종류이며, 크기는 $10 \times 10 \text{ cm}$ 를 사용하였다. 알루미늄(Al), 구리(Cu), 니켈(Ni)의 두께는 0.1 mm이지만, 아연(Zn)은 구배의 어려움이 있어 0.3 mm, 0.6 mm, 0.9 mm 3가지를 사용하였다. 거리를 측정할 수 있는 Laser Distance Meter, 후방산란을 제거하는 납(Lead)을 사용하였다.

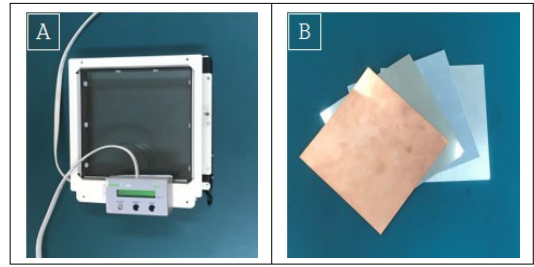


Fig. 1. A:Dose Area Product(DAP), B:Added filter

2.2 실험방법

2.2.1 선량측정

흉부 방사선검사의 피폭선량 및 화질 영향을 검사하기 위해서는 표준 선질이 필요하다. 표준 선질은 Table 1과 같이 국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission, IEC)에서 제시한 IEC 61267 [11]과 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA) TRS-457 [12]을 참고하였다. CR 장비의 선질을 RQR9(120 kV, HVL 5.00 mmAl)으로 조절하기 위해서 반가층을 측정하였고, 이후 1.5 mmAl 추가하여 RQR9 표준 선질로 만들었다. 흉부방사선 촬영조건인 120 kVp, 5 mAs, 촬영거리는 원거리(180cm)로 설정하고 AAPM Task Group116 [13]에서 권고하는 바에 따라 바닥에 납판을 놓고, 후방산란선의 영향을 피하기 위해서 면적선량계를 납판으로부터 30 cm 떨어뜨려 놓았다. X선 초점을 면적선량계의 중앙에 향하도록 Fig. 2와 같이 설정하고, 빔의 크기는 $10 \times 10 \text{ cm}$ 으로 하였다. set-up이 완료되면 종류(알루미늄, 구리, 아연, 니켈)와 단독(0.1, 0.3, 0.6 0.9mm) 및 복합[1, 2, 3 mmAl + 0.3, 0.6, 0.9mm(니켈, 구리, 아연)] 두께별로 부가 필터를 변경하면서 각 30회 선량을 측정하였다.

Table 1. Standards beam quality of RQR

Radiation Quality	Tube Voltage (kV)	Total Filtration (mmAl)	HVL (mmAl)
RQR2	40	2.7	1.42
RQR3	50	2.7	1.81
RQR4	60	2.9	2.20
RQR5	70	3.1	2.60
RQR6	80	3.2	3.04
RQR7	90	3.4	3.50
RQR8	100	3.7	4.02
RQR9	120	4.0	5.00
RQR10	150	4.8	6.60

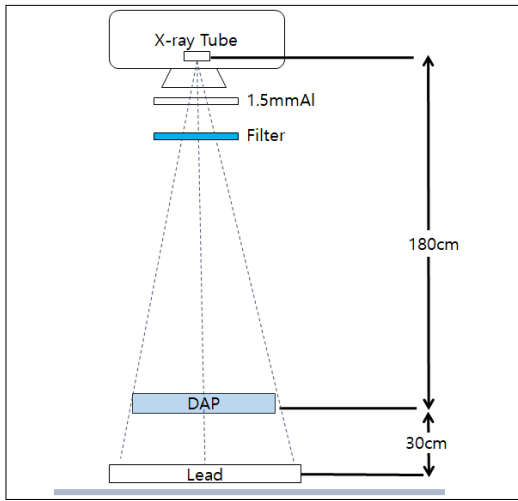


Fig. 2. Beam geometry

2.2.2 영상평가

RQR9 의 선질을 확보한 DR 장비를 이용해서 Thoracic Phantom을 Detector 앞에 위치시킨다. 이때 DR장비의 자동노출장치(AEC)는 사용하지 않는다. 흉부 방사선 영상은 단독, 복합 필터를 사용하여 각 30회씩 획득한다. 획득된 영상은 ICY 프로그램 사용하여 부가필터를 사용하지 않은 영상을 기준으로 각각 PSNR, RMSE, SSIM을 비교, 분석하였다. 영상처리에서 많이 사용되고 있는 PSNR(Peak signal to noise ratio)은 서로 다른 두 영상에 대한 차이를 정량적으로 느끼고 알 수 있도록 숫자로 나타낸 값이며, 이는 다음과 같은 식(1)으로 표현된다.

$$PSNR_{dB} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_1^2}{MSE} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (1)$$

MAX_i(Maximum possible pixel of the image)는 해당 영상의 최댓값을 말하며, MSE란 Mean Square Error의 약자로 평균 제곱 오차를 의미한다. MSE는 다음과 같은 식(2)으로 표현된다.

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i,j) - K(i,j)]^2 \quad (2)$$

m : 영상의 x resolution, *n* : 영상의 y resolution
I(*i*,*j*) : 좌표(*i*,*j*)의 비교영상 픽셀 값
K(*i*,*j*) : 좌표(*i*,*j*)의 원본영상 픽셀 값
 [14]

RMSE(Root Mean Square Error) 평균제곱근 오차를 의미한다. RMSE는 다음과 같은 식 (3)으로 표현된다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2} \quad (3)$$

x : 영상의 *x* resolution, *y* : 영상의 *y* resolution
N : 모든 픽셀의 개수
 [15]

SSIM(Structural Similarity Index)는 영상품질을 측정하기 위한 구조적 유사도지수를 의미한다.

본 연구의 통계 분석은 SPSS ver. 22.0 for window (Statistical Package for Social Science, SPSS Inc, chicago, IL, USA)를 이용하였다.

3. 결과

3.1 선량 측정

3.1.1 필터 적용에 따른 면적선량계 기반 선량 비교

부가필터를 적용하지 않은 경우와 부가필터를 1개, 2개를 각각 적용했을 경우 면적선량을 비교하였다. 부가필터를 적용하지 않은 경우 평균 선량은 0.937±0.005 μGym², 1개의 부가필터를 적용한 경우 0.442±0.293 μGym², 2개의 부가필터를 적용한 경우 0.230±0.115 μGym²으로 나타났으며, 통계적으로 각각 유의한 차이를 보였다(p=0.000). 또한, 1개의 부가필터와 2개의 부가필터를 적용했을 경우를 비교한 결과 통계적으로 각각 유의한 차이를 보였다(p=0.000)(Table 2 참고).

Table 2. DAP-based radiation dose comparison by filter application

Characteristic Comparison	N	M	±SD**	t	p*
Non-Filter	30	0.937	±0.005		
One-Filter	990	0.442	±0.293	-52.842	0.000
Two-Filter	1890	0.230	±0.115	-254.425	0.000
One-Two Filter				21.833	0.000

* Statistics was Independent sample t-test

** Unit: μGym²

3.1.2 필터 재질 별 면적선량계 기반의 선량 비교

부가필터를 알루미늄(Al), 구리(Cu), 아연(Zn), 니켈(Ni) 각 1개 적용했을 경우와 알루미늄(Al) 부가필터 각 1개, 2개, 3개를 구리(Cu), 아연(Zn), 니켈(Ni)을 함께 사용했을 경우의 면적선량을 비교하였으며, 사후검증은 Dunnett t³으로 하였다. 부가필터 1개를 비교한 경우 알루미늄(Al)을 사용했을 경우 0.845±0.147 μGym²로 니켈(Ni), 구리(Cu), 아연(Zn) 보다 높게 나타났다. 또한, 각 변수 별 사후 검증 결과 알루미늄(Al) > 니켈(Ni), 구리(Cu), 아연(Zn) 으로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.000). 알루미늄(Al) 부가필터 각 1개, 2개, 3개를 구리(Cu), 아연(Zn), 니켈(Ni)을 함께 사용했을 경우 1개의 알루미늄(Al)과 니켈(Ni)을 함께 사용했을 경우 0.262±0.129 μGym²로 가장 높게 나타났다. 또한 각 변수 별 사후 검증 결과 1 Al+Cu > 2 Al+Cu > 2 Al+Ni > 1 Al+Zn > 3 Al+Ni > 3 Al+Cu > 2 Al+Zn > 3 Al+Zn 순으로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.000)(Table 3 참고).

Table 3. DAP-based radiation dose comparison by filter material

Characteristic Comparison		N	M	±SD**	F	p*
One Filter	Al	300	0.845	±0.147	1528.603	0.000
	Cu	300	0.268	±0.149		
	Zn	90	0.238	±0.094		
	Ni	300	0.274	±0.152		
	Total	990	0.444	±0.293		
Two Filter	1Al+Cu	270	0.259	±0.138	0.9910	0.000
	1Al+Zn	90	0.217	±0.083		
	1Al+Ni	270	0.262	±0.129		
	2Al+Cu	270	0.237	±0.114		
	2Al+Zn	90	0.196	±0.078		
	2Al+Ni	270	0.230	±0.118		
	3Al+Cu	270	0.213	±0.099		
	3Al+Zn	90	0.182	±0.067		
	3Al+Ni	270	0.214	±0.101		
Total	1890	0.230	±0.115			

* Statistics was One-way ANOVA test

** Unit: μGym²

3.2 영상평가

3.2.1 단독필터 영상평가

RQR9 으로 획득된 영상을 기준으로 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 구리(Cu), 아연(Zn)의 두께를 각각 0.3 mm, 0.6 mm, 0.9 mm 로 변경하여 획득된 영상을 평가하였다.

알루미늄(Al)의 PSNR은 32.24 ~ 34.24 dB, RMSE는 79.52 ~ 100.04, SSIM은 0.21 ~ 0.24, 그리고 DOSE는 0.80 ~ 0.90 μGym² 로 측정되었다. 니켈(Ni)의 PSNR은 28.78 ~ 31.99 dB, RMSE는 103.03 ~ 125.42, SSIM은 0.18 ~ 0.22, 그리고 DOSE는 0.13 ~ 0.36 μGym²로 측정되었다. 구리(Cu)의 PSNR은 27.30 ~ 32.34 dB, RMSE는 98.92 ~ 176.76, SSIM은 0.17 ~ 0.22, 그리고 DOSE는 0.13 ~ 0.36 μGym²로 측정되었다. 아연의 PSNR은 28.82 ~ 32.43 dB, RMSE는 97.90 ~ 148.39, SSIM은 0.18 ~ 0.22, 그리고 DOSE는 0.11 ~ 0.27 μGym²로 측정되었다(Table 4 참고).

Table 4. Image Evaluation by Thickness of Single Filter

Thickness (mm)	PSNR (dB)	RMSE	SSIM	DOSE (μGym ²)
Al 0.3 mm	34.18	80.00	0.24	0.90
Al 0.6 mm	32.24	100.04	0.21	0.84
Al 0.9 mm	34.24	79.52	0.24	0.80
Ni 0.3 mm	31.99	103.03	0.22	0.36
Ni 0.6 mm	30.28	125.42	0.20	0.21
Ni 0.9 mm	28.78	148.99	0.18	0.13
Cu 0.3 mm	32.34	98.92	0.22	0.36
Cu 0.6 mm	30.58	121.12	0.20	0.20
Cu 0.9 mm	27.30	176.76	0.17	0.13
Zn 0.3 mm	32.43	97.90	0.22	0.27
Zn 0.6 mm	30.89	116.84	0.19	0.17
Zn 0.9 mm	28.82	148.39	0.18	0.11

3.2.2 1 mmAl + 복합필터 영상평가

1 mmAl + 0.3 mmNi ~ 1 mmAl + 0.9 mmNi까지의 영상평가에서 PSNR은 27.73 ~ 31.60 dB, RMSE는 107.75 ~ 168.26, SSIM은 0.18 ~ 0.22, 그리고 DOSE는 0.12 ~ 0.32 μGym²로 측정되었다. 1 mmAl + 0.3 mmCu ~ 1 mmAl + 0.9 mmCu까지의 영상평가에서 PSNR은 28.98 ~ 31.78 dB, RMSE는 105.48 ~ 145.63, SSIM은 0.18 ~ 0.23, 그리고 DOSE는 0.10 ~ 0.33 μGym²로 측정되었다. 1 mmAl + 0.3 mmZn ~ 1 mmAl + 0.9 mmZn까지의 영상평가에서 PSNR은 28.73 ~ 31.44 dB, RMSE는 109.76 ~ 149.90, SSIM은 0.18 ~ 0.21, 그리고 DOSE는 0.10 ~ 0.26 μGym²로 측정되었다 (Table 5 참고).

Table 5. Image Evaluation of Composite Filters with Aluminum 1 mm

Thickness (mm)	PSNR (dB)	RMSE	SSIM	DOSE (μGym^2)
Al 1 mm+Ni 0.3 mm	31.60	107.75	0.22	0.32
Al 1 mm+Ni 0.6 mm	29.84	131.98	0.20	0.19
Al 1 mm+Ni 0.9 mm	27.73	168.26	0.18	0.12
Al 1 mm+Cu 0.3 mm	31.78	105.48	0.23	0.33
Al 1 mm+Cu 0.6 mm	30.67	119.90	0.20	0.19
Al 1 mm+Cu 0.9 mm	28.98	145.63	0.18	0.10
Al 1 mm+Zn 0.3 mm	31.44	109.76	0.21	0.33
Al 1 mm+Zn 0.6 mm	30.68	119.74	0.19	0.19
Al 1 mm+Zn 0.9 mm	28.73	149.90	0.18	0.13

3.2.3 2 mmAl + 복합필터 영상평가

2 mmAl + 0.3 mmNi ~ 2 mmAl + 0.9 mmNi까지의 영상평가에서, PSNR은 27.13 ~ 31.69 dB, RMSE는 106.55 ~ 180.15, SSIM은 0.18 ~ 0.22, 그리고 DOSE는 0.08 ~ 0.29 μGym^2 로 측정되었다. 2 mmAl + 0.3 mmCu ~ 2 mmAl + 0.9 mmCu까지의 영상평가에서 PSNR은 26.57 ~ 31.39 dB, RMSE는 110.39 ~ 192.31, SSIM은 0.18 ~ 0.22, 그리고 DOSE는 0.11 ~ 0.29 μGym^2 로 측정되었다. 2 mmAl + 0.3 mmZn ~ 2 mmAl + 0.9 mmZn까지의 영상평가에서 PSNR은 27.88 ~ 31.47 dB, RMSE는 109.30 ~ 165.26, SSIM은 0.17 ~ 0.21, 그리고 DOSE는 0.10 ~ 0.23 μGym^2 로 측정되었다(Table 6 참고).

Table 6. Image Evaluation of Composite Filters with Aluminum 2 mm

Thickness (mm)	PSNR (dB)	RMSE	SSIM	DOSE (μGym^2)
Al 2 mm+Ni 0.3 mm	31.69	106.55	0.22	0.29
Al 2 mm+Ni 0.6 mm	29.08	143.89	0.19	0.18
Al 2 mm+Ni 0.9 mm	27.13	180.15	0.18	0.08
Al 2 mm+Cu 0.3 mm	31.39	110.39	0.22	0.29
Al 2 mm+Cu 0.6 mm	30.00	129.50	0.20	0.17
Al 2 mm+Cu 0.9 mm	26.57	192.31	0.18	0.11
Al 2 mm+Zn 0.3 mm	31.47	109.30	0.21	0.30
Al 2 mm+Zn 0.6 mm	29.32	139.98	0.19	0.17
Al 2 mm+Zn 0.9 mm	27.88	165.26	0.17	0.11

3.2.4 3 mmAl + 복합필터 영상평가

3 mmAl + 0.3 mmNi ~ 3 mmAl + 0.9 mmNi까지의 영상평가에서 PSNR은 27.25 ~ 31.05 dB, RMSE는 114.75 ~ 177.80, SSIM은 0.17 ~ 0.21, 그리고 DOSE는 0.09 ~ 0.20 μGym^2 로 측정되었다. 3 mmAl + 0.3 mmCu ~ 3 mmAl + 0.9 mmCu까지 영상평가에서 PSNR은 27.30 ~ 30.93 dB, RMSE는 116.40 ~ 176.70, SSIM은 0.17 ~ 0.21, 그리고 DOSE는 0.09 ~ 0.21 μGym^2 로 측정되었다. 3 mmAl + 0.3 mmZn ~ 3 mmAl + 0.9 mmZn까지의 영상평가에서 PSNR은 28.61 ~ 30.73 dB, RMSE는 119.06 ~ 151.96, SSIM은 0.17 ~ 0.21, 그리고 DOSE는 0.09 ~ 0.21 μGym^2 로 측정되었다(Table 7 참고).

Table 7. Image Evaluation of Composite Filters with Aluminum 3 mm

Thickness (mm)	PSNR (dB)	RMSE	SSIM	DOSE (μGym^2)
Al 3 mm+Ni 0.3 mm	31.05	114.75	0.21	0.26
Al 3 mm+Ni 0.6 mm	30.68	119.75	0.19	0.16
Al 3 mm+Ni 0.9 mm	27.25	177.80	0.17	0.10
Al 3 mm+Cu 0.3 mm	30.93	116.40	0.21	0.27
Al 3 mm+Cu 0.6 mm	29.26	140.98	0.19	0.15
Al 3 mm+Cu 0.9 mm	27.30	176.70	0.17	0.10
Al 3 mm+Zn 0.3 mm	30.73	119.06	0.21	0.27
Al 3 mm+Zn 0.6 mm	28.61	151.96	0.18	0.16
Al 3 mm+Zn 0.9 mm	29.56	136.24	0.17	0.11

4. 고찰

현재까지 방사선은 환자의 진단 및 치료에 널리 사용되고, 세계적으로 X-선 장비는 첨단의료 및 과학의 발전과 더불어 성장하고 있다[16]. 사람들의 삶이 윤택해짐에 따라서 건강에 대한 관심이 높아졌다. 이는 자연스럽게 건강 검진 횟수의 증가로 이어져 방사선 검사 촬영 건수 또한 증가하고 있다. 그중 흉부 방사선검사는 일반 방사선검사 전체의 30~60%를 차지하고 있다[17].

부가필터(added filtration)는 X-선속에 인위적으로 금속의 흡수체를 삽입하여 저에너지 광자를 흡수한다. X-선 촬영 장치에서 부가필터는 X-선관 앞에 금속판을 삽입하여 저 에너지 영역의 X-선이 환자에 입사되기 전에 흡수할 목적으로 사용된다[18]. 알루미늄(Al), 가돌리

늄(Gd), 홀륨(Ho), 이터븀(Yb), 텅스텐(W) 등 다양한 종류와 두께의 금속 부가필터를 삽입하는 것이 선량감소에 효과적이라는 연구가 진행 되어 왔지만[19], 본 연구에서는 부가필터 종류에 따라서 화질에 영향이 적게 미치고, 최소의 피폭선량으로 영상을 구현하고자 연구를 진행하였다.

부가필터 사용에 따라서 측정된 면적선량을 비교했을 때, 부가필터 개수가 증가할수록 평균 선량이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 부가필터 두께가 증가할수록 저에너지 감약 발생이 증가하여, spectrum 형태는 고 에너지 쪽으로 치우치는 반면 전체적인 선량은 감소하기 때문이다[20]. 재질 종류에 따라 단독 부가필터의 면적선량을 비교했을 때 알루미늄(Al)의 선량이 가장 높게 나타났다. 이는 알루미늄(Al)의 원자량이 다른 부가필터보다 작기 때문에 상대적으로 고에너지 방사선의 감약이 적게 발생하기 때문이다[8]. 따라서 알루미늄(Al) 필터 단독으로 사용 시 두께가 두꺼워질 우려가 있다. 알루미늄(Al 1 mm, 2 mm, 3 mm)을 구리(Cu), 니켈(Ni), 아연(Zn 0.3 mm, 0.6 mm, 0.9 mm)과 각각 복합 부가필터로 적용해서 측정된 면적선량을 비교했을 때, 1 mmAl에 니켈(Ni)을 사용 했을 때 평균 선량이 높게 나타났다. 이는 니켈(Ni)의 원자량 또한 구리(Cu), 아연(Zn)에 비해 작기 때문이다.

알루미늄(Al) 단독이 아닌 복합 부가필터를 사용해 필터의 두께도 감소하고, 저에너지 여과 효율도 높다. 알루미늄(Al)과 다른 부가필터를 복합적으로 사용 했을 때는 환자측으로 원자번호가 낮은 금속을 위치한다. 그 이유는 방사선의 여과작용은 주로 원자번호가 높은 부가필터가 담당하고, 알루미늄(Al)은 원자번호가 높은 필터에서 발생한 특성방사선을 흡수한다. 특성방사선이 환자에게 도달될 경우 피폭선량이 증가한다. 알루미늄(Al)에서도 특성방사선이 발생하지만, 이 에너지(1.5 KeV)는 작아서 환자에 도달하기 전에 공기 내에서 흡수된다[21].

방사선 검사는 환자의 피폭선량을 경감뿐만 아니라 환자의 질병과 이상 병변을 판단하기 위해서 반드시 화질적인 측면에서도 고려해야 한다. PSNR은 11 dB 이상이 되면 유사한 영상으로 평가하기도 하지만, 30 dB을 기준으로 그 미만의 수치는 상대적으로 화질이 저하된다고 평가한다[22]. PSNR이 30 dB 이상인 것에서 가장 선량이 적은 filter를 선택하여 선량 감소를 부각해야 하므로 PSNR은 영상의 화질 평가로 충분해야한다. 다만 RMSE, SSIM등에서 최소 선량보다 적은 filter 범위도 기본 흉부 검사에서 제시한 부분보다 선량이 낮기 때문에 최대의

화질 평가를 위해서는 RMSE와 SSIM이 가장 좋은 filter 범위도 향후 고려해야 한다. 본 연구에서는 Ni 0.9 mm, Cu와 Zn 각각 0.9 mm, Al 1 mm+Ni 0.6, 0.9 mm, Al 1 mm+Cu 0.9 mm, Al 1 mm+Zn 0.9 mm, Al 2 mm+Ni 0.6, 0.9 mm, Al 2 mm+Cu 0.9 mm, Al 2 mm+Zn 0.6, 0.9 mm, Al 3 mm+Ni 0.9 mm, Al 3 mm+Cu 0.6, 0.9 mm, Al 3 mm+Zn 0.6, 0.9 mm를 제외한 22가지의 모든 조합에서 PSNR 값이 30dB 이상을 나타내었다.

김 등[23]은 수도권 내 10개의 병원 별로 흉부 후전방향 촬영에서 0.9 ~ 8.0 μGym^2 의 피폭선량 값을 나타냈다. 최대선량인 8.0 μGym^2 와 비교했을 때 본 연구에서는 부가필터를 사용한 모든 실험에서 PSNR값이 30 dB 이상인 것에서의 피폭선량 값이 알루미늄(Al) 0.3 mm, 0.6 mm를 제외하고는 8.0 μGym^2 보다 적게 나타났다. 최 등[24]은 관전압 100 kVp 이상일 때는 3 mmAl+0.25 mmCu를 사용하는 것이 적절하다고 제시하였다. 이 등[6]은 알루미늄(Al)과, 구리(Cu)만을 사용한 흉부 방사선검사에서 1.5 mmAl+0.3 mmCu를 사용했을 때 입사표면선량이 감소한다고 제시하였다. 본 연구에서는 화질에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 피폭선량이 최소값(0.16 μGym^2)으로 나타난 3 mmAl+0.6 mmNi이 우수한 조합으로 나타났다. 김 등[23]이 제시한 0.9 ~ 8.0 μGym^2 의 피폭선량 범위 내에서 만의 영상의 왜곡도와 유사도를 고려한다면, 왜곡도(79.52)가 가장 낮고, 유사도(0.24)가 가장 높은 알루미늄(Al) 0.9 mm도 사용가능할 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 부가필터인 알루미늄(Al), 구리(Cu), 니켈(Ni)은 0.1 mm 간격의 두께를 사용하였지만, 아연(Zn)은 구매의 어려움이 있어 제한적으로 0.3 mm, 0.6 mm, 0.9 mm 간격의 두께를 사용하였기에 타 부가필터와의 두께를 동일하게 하지 못했다. 둘째, 표준 선질인 RQR9 으로 조절하여 선량 및 영상의 화질을 측정하였는데, 측정에 사용되는 장비를 다양하게 하지 못하고 CR 및 DR 각각 1대를 사용하였다. 향후에는 동일한 간격의 재질별 부가필터와 다양한 장비를 활용한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

5. 결론

고관전압을 사용하는 흉부 방사선검사는 영상의 화질 평가에 문제가 없으며 환자의 피폭선량을 최대로 경감할

수 있는 3 mmAl+0.6 mmNi 조합의 복합 부가필터를 사용해야 할 것으로 사료된다. 또한 영상의 화질평가가 가장 우수한 (Al) 0.9 mm은 검사 가능한 피폭선량 범위 이지만 3 mmAl+0.6 mmNi 필터 조합과 비교하였을 때 많은 선량이 요구되므로 검사에 대한 환자의 피폭선량을 고려한다면 향후 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] C. K. Lee, J. S. Oh, S. W. Choi, G. J. Kim, S. J. Yoo & M. C. Jeon. (2018). The convergence study on patient position and exposure dose in abdominal CT examination using AEC. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(12), 107-113. DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.12.107
- [2] W. J. Lee & S. C. Jeong. (2019). Prediction of Entrance Surface Dose in Chest Digital Radiography. *Journal of the Korean Society of Radiology*, 13(4), 573-579. DOI : 10.7742/JKSR.2019.13.4.573
- [3] C. G. Kim. (2014). Spatial dose distribution and exposure dose during lumbar lateral test. *Journal of the Korea Convergence Society*, 5(1), 17-22. DOI : 10.15207/JKCS.2014.5.1.017
- [4] ICRP. (2007). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 103*, 9(12), 107-113.
- [5] I. H. Choi, K. T. Kim, H. H. Park, S. S. Kang, S. C. Noh & J. K. Park. (2016). The Study of Affecting Image Quality according to forward Scattering Dose used Additional Filter in Diagnostic Imaging System. *Journal of the Korean Society of Radiology*, 10(8), 597-602. DOI : 10.7742/JKSR.2016.10.8.597
- [6] J. S. Lee & C. S. Kim. (2015). The Additional Filter and Ion Chamber Sensor Combination Reducing Patient Dose in Digital Chest X-ray Projection. *The Korean Journal of The Korea Convergence Society*, 9(3), 175-181. DOI : 10.7742/JKSR.2015.9.3.175
- [7] M. J. Oh, J. W. Hong & Y. G. Lee. (2019). Comparison Evaluation of Image Quality with Different Thickness of Aluminum added Filter using GATE Simulation in Digital Radiography. *The Korean Society of Radiology*, 13(1), 81-86. DOI : 10.7742/JKSR.2019.13.1.81
- [8] K. S. Kim & S. C. Kim. (2015). Comparison of Image Quality and Effective Dose by Additional Filtration on Digital Chest Tomosynthesis. *Journal of Radiological Science and Technology*, 38(4), 347-353. DOI : 10.17946/JRST.2015.38.4.03
- [9] N. G. Choi, H. J. Seong, J. S. Jeon, Y. H. Kim & D. O. Seong. (2012). A Comparative Study of Image Quality and Radiation Dose according to Variable Added Filter and Radiation Exposure in Diagnostic X-Ray Radiography. *Journal of Radiation Protection and Research*, 37(1), 25-34. DOI : 10.14407/JRP.2012.37.1.025
- [10] K. W. Kim & J. H. Son. (2016). Study on Exposure Dose According to Change of Source to Image Distance and Additional Filter Using Abdomen Phantom. *Journal of Radiological Science and Technology*, 39(3), 407-414. DOI : 10.17946/JRST.2016.39.3.15
- [11] International Electrotechnical Commission. (2005). *Medical diagnostic X-ray equipment—radiation conditions for use the determination of characteristics*. IEC 61267, IEC, Geneva. DOI : 10.3969/J.ISSN.1671-7104.2018.06.018
- [12] International Atomic Energy Agency. (2007). *Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice*. IAEA technical report series 457, IAEA, Vienna.
- [13] American Association of Physicists in Medicine. (2009). Report of AAPM Task Group 116.
- [14] D. H. Kim & S. H. Kim. (2015). Convergence Performance Evaluation of Radiation Protection for Apron using the PSNR. *Journal of Digital Convergence*, 13(10), 377-383. DOI : 10.14400/JDC.2015.13.10.377
- [15] W. J. Seo, J. B. Seo & J. W. Lee. (2012). Using Image J program, compared of focusing distance and grid rate. *Korean Journal of Digital Imaging in Medicine*, 14(1), 37-42.
- [16] S. Y. Seo, M. S. Han, C. G. Kim, M. C. Jeon, Y. K. Kim & G. J. Kim. (2017). A study on the usefulness of a fusion model designed cloak shield to reduce the radiation exposure of the assistant during CT of severely injured patient. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(9), 211-216. DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.9.211
- [17] H. K. Lee, Y. R. Go, Y. K. Park & D. K. Han. (2017). Comparison of Dose and Quality of Copper and Nickel Additional Filter Plate in Diagnostic X-ray Generator. *Journal of the Korean Society of Radiology*, 11(6), 459-466. DOI : 10.7742/JKSR.2017.11.6.459
- [18] W. I. Cho, Y. K. Kim & G. D. Lee. (2013). Change of Dose Exposure and Improvement of Image Quality by Additional Filtration in Mammography. *Journal of Radiation Protection and Research*, 38(2), 78-90. DOI : 10.14407/jrp.2013.38.2.078
- [19] Atkins, H. L., Fairchild, R. G., Robertson, J. S. & Greenberg, D. (1975). Effect of absorption edge filters on diagnostic X-ray spectra. *Radiology*, 115(2), 210-214. DOI : 10.1148/115.2.431

- [20] S. H. Kim, Y. M. Kim, K. T. Kwon, S. C. Ma & D. G. Han. (2015). A Analysis of Effectiveness of Aluminium Filter in the added Compound Filtration by Detective Quantum Efficiency and Image Quality Evaluation. *The Journal of the Korea Contents Association*, 15(10), 362-373.
DOI : 10.5392/JKCA.2015.15.10.362
- [21] S. H. Kim & J. H. Choi. (2015). Analysis of Effectiveness of Spectrum of Energy and Image Quality Evaluation by Aluminium Filter in the added Compound Filtration. *Journal of Radiological Science and Technology*, 38(3), 187-197.
DOI : 10.17946/JRST.2015.38.3.01
- [22] K. J. Lee, M. G. Kim, J. W. Lee & H. C. Kim. (2013). Research for The Environmental Optimization of Dose and Image quality in Digital Raidography. *Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea*, 50(2), 493-499.
DOI : 10.5573/ieek.2013.50.2.203
- [23] K. W. Kim & J. H. Son. (2015). Comparisons and Measurements the Dose Value Using the Semiconductor Dosimeter and Dose Area Product Dosimeter in Skull, Chest and Abdomen. *Journal of Radiological Science and Technology*, 38(2), 101-106.
DOI : 10.17946/JRST.2015.38.2.03
- [24] K. M. Choi, S. I. Shin, J. M. Yoon, S. C. Kim, S. S. Lee & J. Huh. (1996). The reduction of radiation dose using key-filter in chest radiography. *Journal of Korean Society of Radiological Technology*, 19(2), 67-70.

명 노 범(Noh-Beom Myoung) [정회원]



- 2020년 2월 : 대전보건의대학교 방사선(학)과 졸업
- 2020년 6월 ~ 현재 : 세종충남대학교 병원 영상의학과
- 관심분야 : 방사선영상학, 방사선 관리학
- E-Mail : nb1334@naver.com

임 소 연(So-Yeon Im) [정회원]



- 2020년 2월 : 대전보건의대학교 방사선(학)과 졸업
- 2020년 6월 ~ 현재 : 강남세브란스병원 방사선종양학과
- 관심분야 : 방사선치료학, 영상해부학
- E-Mail : DHS666@yuhs.ac

유 세 종(Se-Jong Yoo) [정회원]



- 2010년 2월 : 건양대학교 보건학석사
- 2013년 8월 : 건양대학교 보건학박사
- 2002년 3월 ~ 2018년 2월 : 건양대학교병원 영상의학과 근무
- 2018년 3월 ~ 현재 : 대전보건의대학교 방사선(학)과 조교수
- 관심분야 : 방사선학, PACS, 의료사진학, 방사선생리학, 의료영상학, 디지털영상학, 보건의료정책, 통계학
- E-Mail : yysj016@hanmail.net

김 성 호(Seong-Ho Kim) [정회원]



- 2015년 2월 : 건국대학교 물리교육학과 교육학석사
- 2019년 8월 : 고려대학교 의학물리학과 이학박사
- 2019년 3월 ~ 현재 : 대전보건의대학교 방사선(학)과 조교수
- 관심분야 : 자기공명영상, 핵의학
- E-Mail : pooh79@hit.ac.kr

전 민 철(Min-Cheol Jeon) [정회원]



- 2012년 8월 : 충남대학교 의공학과 공학석사
- 2017년 2월 : 충남대학교 의공학과 공학박사
- 2006년 1월 ~ 2017년 2월 : 충남대학교병원 영상의학과 근무
- 2017년 3월 ~ 현재 : 대전보건의대학교 방사선(학)과 조교수
- 관심분야 : 방사선영상학, 전산화단층촬영학, 영상해부학
- E-Mail : 99jmc@hanmail.net