

The Study of Affecting Image Quality according to forward Scattering Dose used Additional Filter in Diagnostic Imaging System

Il-Hong Choi,¹ Kyo-Tae Kim,² Ye-Ji Heo,² Hyong-Hu Park,¹ Sang-Sik Kang,¹ Si-Cheol Noh,¹ Ji-Koon Park^{1,*}

¹Department Radiological Science, International University of Korea

²Department of Biomedical Engineering, Inje University

Received: September 07, 2016. Revised: October 29, 2016. Accepted: December 31, 2016

ABSTRACT

Recent clinical field utilizes the aluminium filter in order to reduce the low-energy photons. However, the usage of the filter can cause adverse effect on the image quality because of the scattered dose that is generated by X-ray hardening phenomenon. Further, usage of filter with improper thickness can be a reason of dose creep phenomenon where unnecessary exposure is generated towards the patient. In this study, the author evaluated the RMS and the RSD analysis in order to have a quantitative evaluation for the effect of forward scattering dose by the filter on the image. as a result of the study, the FSR and the RSD was increased together with the increasing of thickness of the filter. In this study the RSD means the standard deviation of the mean value is relatively size. It can be understood that the signal-to-noise ratio decreases when the average value is taken as a signal and the standard deviation is judged as a noise. The signal-to-noise ratio can understanding as index of resolution at image. Based on these findings, it was quantitatively verified that there is a correlation of the image quality with the FSR by using an additional filter. The results, a 2.5 mmAl which is as recommended by NCRP in the tube voltage of 70 kVp or more showed the 14.6% on the RSD when the filter was not in used. these results are considered able to be utilized as basic data for the study about the filter to improve the quality of the image.

Keywords: Diagnostic imaging system, Aluminum filter, ANSI Phantom, Forward Scattering Dose, Root Mean Square

I . INTRODUCTION

진단용 방사선 발생장치의 X선은 연속 에너지의 분포를 가지며, 특히 저에너지 광자는 영상 대조도를 저해할 뿐만 아니라 환자 피폭선량에 기여한다.^[1] 이에 현 임상에서는 저에너지 X선을 제거시켜 환자 피폭선량을 저감시키고 영상의 대조도를 증가시킬 목적으로 알루미늄 (Al; Aluminum) 재질의 부가필터를 이용하고 있다.^[2] 이러한 필터의 이용은 평균 에너지 증가로 인한 투과력의 증가를 통하여 환자피폭을 저감할 수 있다.^[3] 하지만, 부적절한 필터 두께를 이용할 경우 의료 영상의 적정 농도를 획득하기 위한 조사선량의 증가를 초래하므로 환자에게 불필요한 노출이 발생하는 선량 크리프 현상이 나타날 수 있다.^[4] 그러므로 적절한 필

터 두께의 활용을 위하여 미국방사선방호측정위원회 (NCRP; National Council on Radiation Protection and Measurements)에서는 50 kVp 이하, 50 - 70 kVp, 70 kVp 이상의 관전압에 대하여 각 각 0.5 mmAl, 1.5 mm Al, 2.5 mmAl의 필터를 권고하고 있다.^[5] 하지만, X선관에서 발생한 연속에너지의 X선은 부가필터를 통과 시 X선 빔 경화현상으로 인하여 평균 에너지가 증가하게 되며, 이로 인해 피사체 내에서 발생하는 전방 산란선량의 증가에 따른 영상 품질에 관한 영향은 간과되고 있다. 이에 본 연구에서는 부가필터 사용 시 피사체 내에서의 전방 산란선량이 영상의 화질에 미치는 영향을 평균제곱근 (RMS; Root Mean Square) 분석을 통해 고찰하고자 하였다.

*Corresponding Author: Ji-Koon Park

E-mail: radiopjk@iuk.ac.kr

Tel: +82-10-9316-7931

II. EXPERIMENTAL AND METHODS

본 연구에서는 부가필터에 의해 발생하는 전방 산란 선량을 측정하여 전방산란율 (FSR; Forward Scattering Rate)을 산출하였다. 또한, 전방 산란선량이 영상에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위하여 획득된 X선 영상을 바탕으로 관심영역 (ROI; Region of Interest) 내 화소의 평균값과 RMS 값을 산출하여 화질 영향을 분석하였다.

1. Experimental Setup

1.1 ANSI Chest Phantom

본 연구에서는 피사체내에서의 전방 산란선량의 영향을 평가하기 위하여 영상의학검사 중 검사 빈도가 높은 흉부를 조직등가물질로 제작한 미국표준협회 (ANSI; American National Standards Institute) 흉부 팬텀을 Fig. 1과 같이 구현하였다.^[6,7]

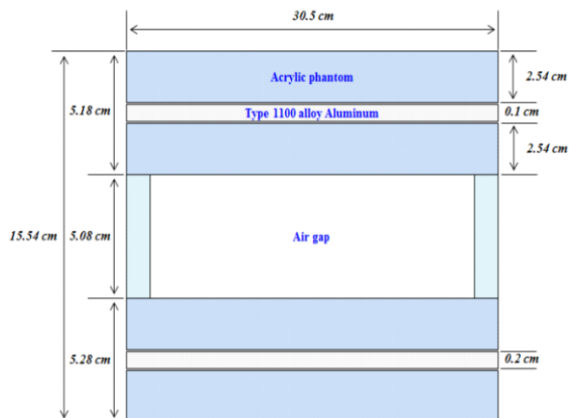


Fig. 1. Schematic diagram of ANSI Chest phantom.

ANSI 흉부 팬텀은 동일한 4개의 아크릴 시트 (Acrylic Sheet, Size : $30.5 \times 30.5 \times 2.54 \text{ cm}^3$, USA)와 두께가 상이한 2개의 알루미늄 시트(Aluminum Sheet, Size : (1) $30.5 \times 30.5 \times 0.1 \text{ cm}^3$ / (2) $30.5 \times 30.5 \times 0.2 \text{ cm}^3$, USA)로 구성하였다. 또한, 흉부 폐야를 재현하기 위하여 ANSI 흉부 팬텀 중간에 5.08 cm의 air gap을 구현하였다.

1.2 Forward Scattering Rate

본 연구에서의 전방 산란선량 측정은 진단용 방사선

발생장치 (Radiography, POSKOM Co., Korea)에 광범위하게 이용되고 있는 알루미늄 재질의 필터 (Aluminum HVL Attenuator Set, Purity : 99.5%, Germany) 중심을 X선 조사 영역의 중심과 일치시켜 콜리메이터 하단부에 설치하였다. 이 때, 필터 두께를 0 - 2.5 mmAl 까지 0.5 mmAl 단위로 변화시키면서 FSR을 측정하였다. 또한, 본 연구에서는 X선과 상호작용을 통한 산란선을 발생시키기 위하여 Fig. 2 (A)와 같이 ANSI 흉부 팬텀을 진단용 X선 센서 (XR-Sensor, IBA Co., Germany) 상단에 구현하였다. 선원과 XR-Sensor 간의 거리는 100 cm로 설정하였고, X-ray 조사 영역은 $20 \times 20 \text{ cm}^2$ 로 고정하였다.

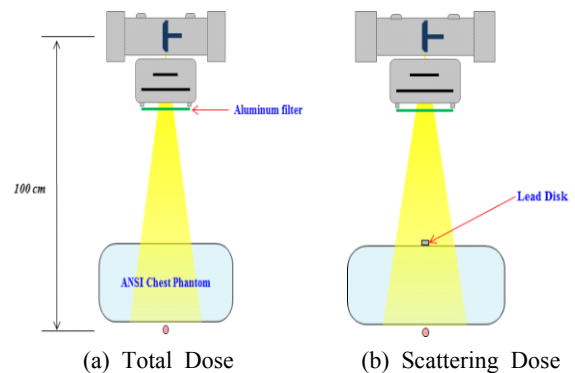


Fig. 2. Schematic diagram of experiment set-up for forward scattering rate.

Fig. 2의 (A) 모식도와 같이 ANSI 팬텀을 위치하고 부가필터 두께 증가에 따라 주선속 선량과 산란선량을 포함하는 총 선량을 측정하였다. 또한, Fig. 2 (B)와 같이 진단에너지 영역에 대하여 약 99.9% 이상 차폐 가능한 3 mmPb을 ANSI 팬텀 상단에 위치시킴으로써 팬텀 내에서 주선속 선량을 제외한 산란선량만을 측정하였다.^[8] 이와 같이 측정된 선량을 바탕으로 FSR은 다음의 수식으로 도출하였다.^[9]

$$FSR = (D_{\text{scattering}} / D_{\text{Total}}) \times 100 \quad (1)$$

D_{Total} 은 주선속과 산란선량의 총선량을 의미하며, $D_{\text{Scattering}}$ 의 경우 3 mmPb을 팬텀 상단에 위치하여 투과 선속인 주선속을 차폐한 선량을 의미한다.

2. Root Mean Square Analysis

본 연구에서는 FSR 변화에 따라 영상 화질에 미치

는 영향을 정량적으로 분석하기 위하여 Fig. 2 (A)와 기하학적으로 동일하게 설치하고, Fig. 3에서 나타낸 장비를 활용하여 RMS 평가를 수행하였다.

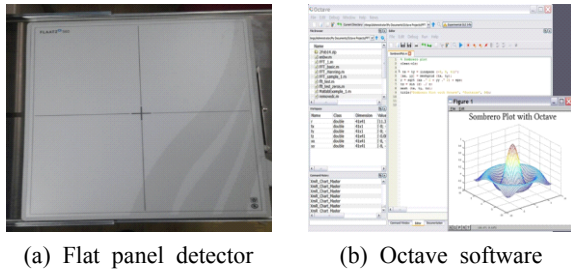


Fig. 3. Equipment for the experiment (a) Flat panel detector and (b) Octave software.

RMS 분석을 위한 X선 영상을 획득하기 위하여 상용화된 Fig. 3 (A)와 같은 평판형 검출기 (FLAATZ 560, DR Tech Co., Korea)를 이용하였다. FLAATZ 560은 139 μm의 픽셀 간격을 가지며 2,560 × 3,072 개의 2차원 픽셀 배열로 구성된다. 이 때, X선 영상은 85 kVp, 10 mAs의 조건에서 raw 데이터를 획득하였다. 이 후, Fig. 3 (B)와 같은 Octave S/W (Octave Ver. 4.0.2, Free Software Foundation Inc., USA)를 통하여 RMS를 분석하였다. 이 때, RMS를 분석하기 위하여 X선 영상 10장을 획득하여 평균하였고, ROI를 1000 × 1000의 픽셀 배열로 설정함으로써 RMS를 산출하였다. 이 때, RMS는 다음의 수식으로 도출하였다. [10]

$$RMS = \left[\frac{\sum (X_i - X_{Ave})^2}{n} \right]^{0.5} \quad (2)$$

X_i 는 영상의 픽셀 값을 의미하고, X_{Ave} 는 영상의 평균 픽셀 값을 의미한다. 또한 검출기 내 입사되는 입사선량과 ROI 영역 내 픽셀 값의 분석을 위해 부가필터 두께 증가 시 실제 검출기에 입사선량을 측정하였다.

III. RESULT

1. Forward scattering rate

부가필터 증가에 따른 FSR 측정 결과, Fig. 4에서 나타났듯이 필터를 사용하지 않았을 경우 37.3%, 2.5 mmAl 이용 시 37.79%가 산출되었다. 이를 Fit curve 결정계수 (Coefficient of determination, denoted R^2) 통하여 추세 변화를 분석한 결과, ' $R^2 = 0.967$ '를 따르는 ' $Y = -0.015 X^2 + 0.239 X + 37.285$ '의 2차 함수로 분석되었다. 이 때, Y는 FSR, X는 필터 두께를 의미한다.

015 $X^2 + 0.239 X + 37.285$ '의 2차 함수로 분석되었다. 이 때, Y는 FSR, X는 필터 두께를 의미한다.

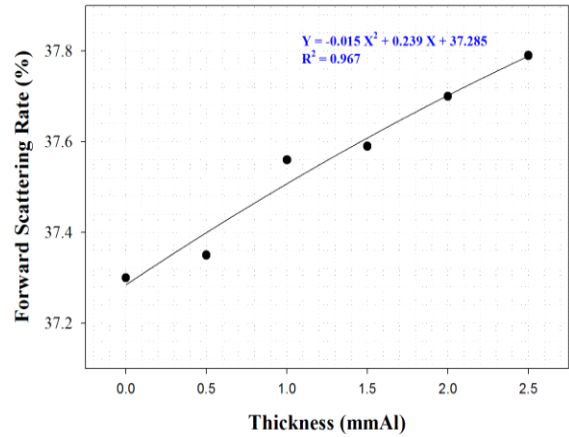


Fig. 4. FSR as a function of thickness for filter.

2. Root Mean Square Analysis

Fig.5는 부가필터 두께 증가에 따른 RMS 값 분석을 위해 획득한 영상으로 실제 부가필터 두께 증가에 따라 획득한 영상의 ROI 영역에서의 영상농도가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

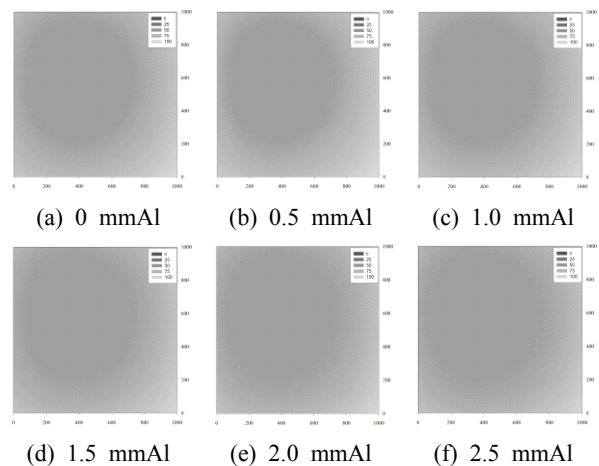


Fig. 5. RMSs for the images according to thickness of filter in the diagnostic imaging system.

획득한 영상을 이용하여 RMS 분석 결과는 Fig. 6에서 나타났듯이 0.5 mmAl에서 가장 높은 값이 나타났으나 부가필터의 두께가 증가함에 따라 RMS 값은 점차 감소하는 것으로 나타났다. 일반적으로 RMS 값이 낮은 작을수록 영상의 노이즈가 낮은 우수한 영상을 기대할 수 있다. 하지만 Fig.7의 결과에서 나타났듯 부

가필터 두께가 증가함에 따라 실제 검출기 내에 입사되는 입사선량이 지수 함수적으로 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 이에 따라 ROI 영역 내 픽셀의 평균값에 또한 감소되고 있다는 결과를 Fig. 6에서 확인할 수 있다. 그러므로 단순히 부가필터 두께 증가에 따른 RMS 값을 참조한 정량적 평가가 아닌 부가필터 두께 증가에 따른 입사선량 변화를 고려한 상대표준편차 (RSD; Relative Standard Deviation)를 평가지표로 평가하는 것이 바람직할 것이다.

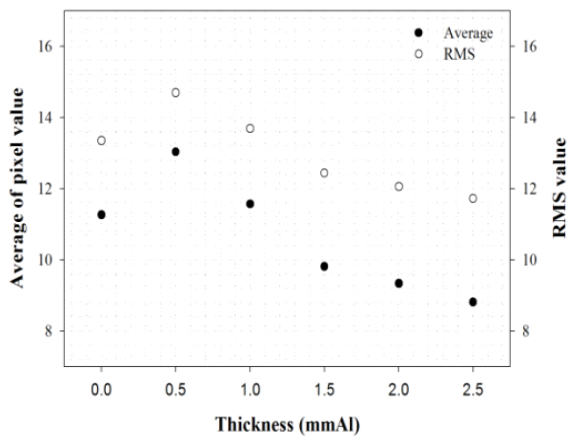


Fig. 6. Average of pixel value (Left) and RMS value (Right) as a function of thickness for filter.

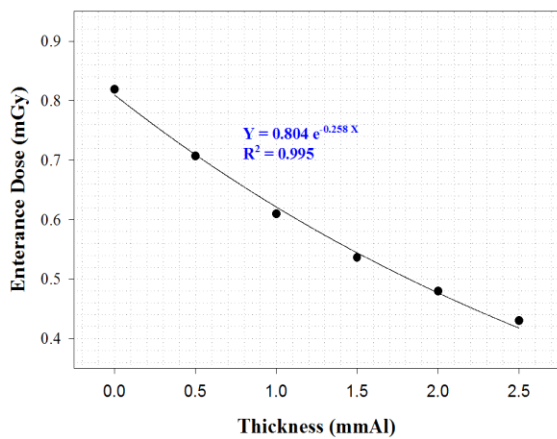


Fig. 7. Entrance dose as a function of thickness for filter.

RSD에 대한 분석 결과, Fig. 8에서 나타나듯이 부가필터 두께 증가에 따라 RSD가 점차 증가하는 것으로 분석되었다. RSD는 ROI 영역 내의 각 픽셀 값에 대한 RMS 값의 비로써 값이 클수록 평균값에 대한 표준편

차가 상대적으로 크다는 것을 의미한다. 이는 ROI 영역 내 각 픽셀 값의 평균을 신호로, RMS 값을 신호에 대한 노이즈 성분으로 판단할 때, 신호 대 잡음비가 오히려 감소된다는 것을 알 수 있다. 그러므로 부가필터 두께의 증가에 따라 신호 대 잡음비가 감소되는 것으로 해석되며, 이러한 결과는 부가필터 사용에 따른 FSR 증가에 의한 영향으로 사료된다.

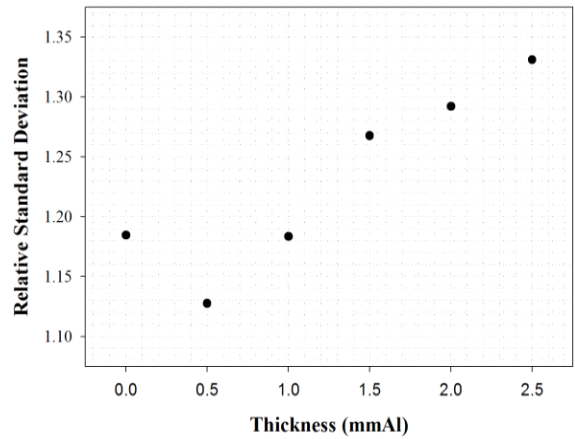


Fig. 8. Relative standard deviation as a function of thickness for filter.

IV. DISCUSSION

본 연구에서는 부가필터 사용 시 발생하는 전방 산란선량의 증가가 영상 화질에 미치는 영향을 RMS 및 RSD 분석을 통해 그 영향을 검증하였다. 그 결과는 부가필터 두께 증가 시 FSR이 증가함에 따라 RSD 값은 점차 증가하는 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 부가필터 두께의 증가에 따른 신호 대 잡음비가 저하될 것으로 평가되었다. 이는 NCRP에서 제시하는 70 kVp 이상의 조사 조건에서 권고되는 2.5 mmAl 부가필터를 사용할 경우 사용하지 않을 때 보다 약 14.6% RSD 값의 차이가 나타나는 것으로 확인되었다.

V. CONCLUSION

최근 환자 피폭선량의 저감화를 위하여 저에너지 광자의 비율을 감소시키는 필터 연구가 재조명되고 있으나, X선 빔 경화현상에 의한 평균 에너지 증가로 인한 산란선 증가에 따른 의료영상 품질에 대한 연구는 간과되고 있는 실정이다. 이에 본 연구 결과는 부가필터

사용 시 영상 품질 개선을 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgement

This work was supported by International University of Korea's research fund in 2016.

Reference

- [1] I. H. Choi, K. T. Kim, Y. J. Heo, S. S. Kang, S. C. Noh, B. J. Jung, S. H. Nam, J. K. Park, "The Study of Forward Scattering Dose according to the Thickness of Filter in General Radiography", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 9, No. 7, pp. 445 - 448, 2015.
- [2] J. S. Lee, C. S. Kim, "The Additional Filter and Ion Chamber Sensor Combination Reducing Patient Dose in Digital Chest X-ray Projection", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 9, No. 3, pp. 175 - 181, 2015.
- [3] J. Huh, C. K. Kim, I. J. Lee, and W. S. Shin, "A study on the effect of rare earth screen Filter", *Journal of Korean Society of radiological technology*, Vol. 11, No. 1, pp. 17 - 23, 1988.
- [4] J. K. Park, K. T. Kim, I. C. Yoon, I. H. Choi, H. J. Jung, S. S. Kang, S. C. Noh, B. J. Jung, "A Study on the Optimization of Exposure condition at Lumbar projection Using Blind Test", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 7, No. 6, pp. 389 - 395, 2013.
- [5] National Council on Radiation Protection and Measurements, "Medical X-ray and Gamma-ray protection for energies up to 10 MeV", NCRP Report no. 33, 1968.
- [6] American Association of Physicists in Medicine, "Standardized methods for measuring diagnostic x-ray exposures", AAPM Report no. 31, 1990.
- [7] American Association of Physicists in Medicine, "Instrumentation requirements of diagnostic radiological physicists", AAPM Report no. 60, 1998.
- [8] I. G. You, C. H. Lim, S. H. Lee, M. K. Lee, "Performance Measurement of Diagnostic X-Ray System", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 6, No. 6, pp. 447 - 454, 2012.
- [9] S. K. Na, S. H. Han, "A Study on the Factors of Spatial Scattered Ray Occurrence in the X-ray Radiography Room", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 32, No. 4, pp. 393 - 399, 2009.
- [10] J. S. Lee, S. J. Ko, S. S. Kang, J. H. Kim, D. H. Kim, C. S. Kim, "Quantitative Evaluation of Image Quality using Automatic Exposure Control & Sensitivity in the Digital Chest Image", *International Journal of Contents*, Vol 13, No 8, pp. 275-283, 2013.

부가필터 사용 시 전방 산란선량에 따른 화질 영향에 대한 연구

최일홍,¹ 김교태,² 허예지,² 박형후,¹ 강상식,¹ 노시철,¹ 박지균,^{1,*}

¹한국국제대학교 방사선학과

²인제대학교 의용공학과

요 약

현 임상에서는 저에너지 광자를 감소시키기 위한 알루미늄 재질의 부가필터를 이용하고 있다. 하지만, 부가필터의 이용은 X-ray 경화현상으로 인하여 발생하는 산란선량이 화질에 악영향을 미칠 수 있다. 또한, 부적절한 필터 두께를 이용은 환자에게 불필요한 노출이 발생하는 선량 크리프 현상이 나타날 수 있다. 이에 본 연구에서는 부가필터 사용 시 X선 빔 경화현상으로 인한 평균 에너지 증가에 따른 전방 산란선량 발생이 영상 화질에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위하여 RMS 및 RSD를 측정하였다. 연구 결과, 부가필터 두께가 증가할수록 전방산란율과 더불어 상대표준편차가 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구에서 상대표준편차는 평균값에 대한 표준편차가 상대적 크기를 의미한다. 평균값을 신호로 표준편차를 노이즈 성분으로 판단할 때 영상의 해상력에 지표인 신호 대 잡음비가 감소하는 것으로 이해할 수 있다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 부가필터 사용에 따른 전방산란율과 화질의 상관관계가 있음을 정량적으로 검증하였다. 결과적으로, 북미방사선방호측정위원회에서 70 kVp 이상의 관전압에서 권고하는 2.5 mmAl 두께의 필터 사용 시 사용하지 않았을 때에 비해 14.6%가 증가되었다. 이러한 연구 결과는 영상 품질 개선을 위한 필터 연구 시 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어: 진단영상 시스템, 알루미늄 필터, ANSI 팬텀, 전방 산란선량, 평균제곱근