

The Study of Forward Scattering Dose according to the Thickness of Filter in General Radiography

Il Hong Choi*, Kyo Tae Kim**, Ye Ji Heo*, Sang Sik Kang*, Si Cheol Noh*, Bong Jae Jung*,
Sang Hee Nam**, Ji Koon Park*

Dept. of Radiological Science, International University of Korea*, Dept. of Biomedical Engineering, Inje University**

일반촬영 검사에서 필터 두께 증가에 따른 전방산란율에 관한 연구

* , ** , ** , * , * , * , ** , *
* , **

Abstract

Recently there has been increasing interest in the filter to reduce the proportion of low-energy photons in the polychromatic X-ray, affect the quality of the image quality by X-ray hardening effect is a situation that has been overlooked. In this study, by evaluating the change in FSR based on the filter and it was quantitatively discuss scatter dose affecting the medical image quality. The results of the experiment, as the thickness of the filter is increased, up to 13.9%p, that tends to FSR increases appearance were evaluated. Based on these results, in compliance with the thickness of the filter that has been recommended in KS standard, even while reducing the radiation dose of the patient, in addition to the noise to about 1%p within the FSR only medical image the contribution to it is conceivable. Therefore, even while reducing radiation dose of the patient, in order to improve the quality of the medical image, the use of appropriate filter is considered important.

Keywords : General Radiography, Medical Image, Filter, Beam Hardening Effect, Forward Scattering Dose

요 약

최근 다색 X-ray 중 저에너지 광자의 비율을 감소시키는 필터에 대한 관심이 대두되고 있으나 X선 경화현상으로 인하여 나타나는 영상 화질에 영향을 대해서는 간과되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 필터에 따른 전방산란율의 변화를 평가함으로써 의료영상 품질에 영향을 미치는 산란선량을 정량적으로 고찰하였다. 실험 결과, 필터 두께가 증가함에 따라 최대 13.9%p의 전방산란율이 증가하는 추세가 나타나는 것으로 평가되었다. 이러한 결과를 바탕으로 한국 산업규격에서 권고된 필터 두께를 준수할 경우 환자의 피폭선량을 저감하면서도 약 1%p 이내의 전방산란율 만이 의료영상에 노이즈에 추가적으로 기여할 것으로 사료된다. 그러므로 환자의 피폭선량을 저감화하면서도 의료영상의 품질을 개선하기 위해서는 적절한 필터의 활용이 중요할 것으로 사료된다.

중심단어 : 일반촬영 검사, 의료영상, 필터, 경화현상, 전방산란율

I. INTRODUCTION

최근 첨단 기기들을 활용한 의료영상과학 분야에서는 세계적인 환자선량 저감화 추세에 발맞추어 낮은 선량으로 고품질의 의료영상을 획득하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다^{[1]-[5]}. 특히 연속적인 에너지 분포를 가지는 다색 X-ray 중 저에너지 광자의 비율을 감소시키는 필터에 대한 관심이 대두되고 있다. 다색 X-ray 중 저에너지 광자는 인체를 투과하지 못하고 광전흡수(Photoelectrical Absorption) 기전을 통하여 환자선량을 증가시킨다. 이러한 저에너지 광자의 비율을 낮추기 위한 방안으로 필터의 이용이 보고되고 있다^[6]. 이 때 부적절한 필터 두께는 의료영상의 최소 농도를 획득하기 위한 입사 선량의 증가를 초래하므로 적절한 필터 두께를 활용하는 것이 중요하다. 적절한 필터 두께를 사용 시 저에너지 광자의 비율이 낮아짐에 따라 평균 에너지가 증가하는 X-ray 경화현상(Beam Hardening Effect)가 발생할 뿐 만 아니라 투과력의 증가를 통하여 환자선량을 저감화할 수 있다^[7]. 그러나 X선 경화현상으로 인하여 발생하는 산란선량이 영상 화질에 영향을 미칠 수 있으나 간과되고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 필터에 따른 전방산란율의 변화를 평가함으로써 의료영상 품질에 영향을 미치는 산란선량을 정량적으로 고찰하고자 한다.

II. EXPERIMENTAL AND METHOD

본 연구에서는 식품의약품안전처(Ministry of Food and Drug Safety; MFDS)에서 제시하고 있는 영상의학검사 중 흉부전후방향(Chest AP) 검사 시 통계적으로 가장 많이 이용하고 있는 조사조건을 기준으로 선정하였다^[8].

1. Experiment Setup

1.1 Normalized Absorption dose

본 연구에서는 필터 두께에 따른 투과선량을 평가하고자 필터에 대한 조사선량 및 투과선량을 측정하였다. Fig. 1은 필터 두께에 따른 흡수선량의 측정 모

도를 나타낸다. 이 때, 필터(HVL Aluminum Filter Set, Purity : 99.5%, Germany)의 재질은 저에너지 저감이 우수한 알루미늄(Aluminium; Al)을 활용하여 0 mm - 4 mm까지 0.5 mm 단위로 변화하였다.

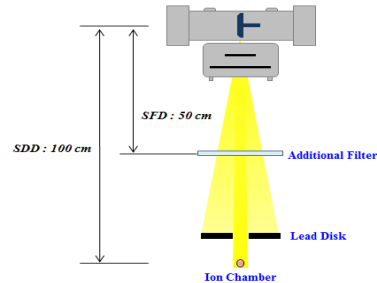


Fig. 1. Schematic diagram of experiment set-up for effective energy.

본 연구에서는 선원과 검출기 간의 거리(Source to Detector Distance; SDD)를 100 cm로 설정하고 20 cm × 20 cm로 제어된 X-ray 조사 영역의 중심부에 필터를 위치하였고 X-ray에 의하여 발생하는 산란선의 영향을 최소화하기 위하여 검출기 상단 50 cm 위치에 설치하였다. 또한, 검출기(XR-Sensor, Germany)를 통하여 측정된 투과선량을 MCNP(Los Alamos National Laboratory, USA, Ver. X) 코드와 비교함으로써 검증하였다.

2. Evaluation of Forward Scattering Rate

본 연구는 실효에너지에 따른 전방산란율(Forward Scattering Rate; FSR)의 변화를 평가함으로써 의료영상 품질에 대한 영향을 정량적으로 고찰하고자 하였다. Fig. 2는 FSR 측정을 위한 모식도를 나타내고 있다.

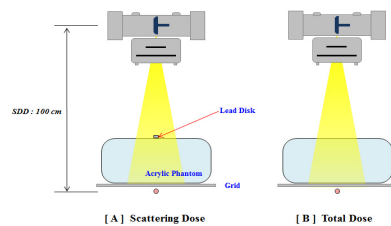


Fig. 2. Schematic diagram of experiment set-up for forward scattering rate.

본 연구에서 FSR을 산출하기 위하여 그리드(Anti-scattering Grid, ratio: 8:1, Korea)를 검출기 상부에 위치하였고, 팬텀(Acrylic Phantoms, USA)을 흉부 모양으로 제작하여 그리드 상부에 위치하였다. 이 때 산란선량(Scattering Dose)을 측정할 경우 진단에너지 영역에 대하여 약 99.9% 이상 차폐 가능한 3 mmPb을 아크릴 재질의 팬텀 상단에 위치하였다 [Fig. 2-(a)]^[9]. 이 때, FSR은 다음의 수식으로 도출하였다^[10].

$$FSR = (D_{Scattering} / D_{Total}) \times 100$$

즉, $D_{Scattering}$ 은 산란선량을 의미하고 D_{Total} 은 총선량을 의미한다. 이 때, $D_{Scattering}$ 의 경우 3 mm의 납을 팬텀 위에 위치함으로써 1차선 투과선량을 차폐한 선량을 의미한다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 의료영상에 영향을 미치는 산란선량을 정량적으로 분석하고 고찰하였다.

III. RESULT AND DISCUSSION

1. Normalized Absorption Dose

본 연구에서는 MFDS에서 제시하고 있는 Chest AP의 조사조건 중 가장 많이 사용하고 있는 85 kVp, 8 mAs 기준으로 필터 두께에 따른 투과선량을 측정하였다. 또한, 이를 전 세계적으로 검증된 시뮬레이션 코드인 MCNP를 통하여 검증하였다. Fig. 3은 필터 두께에 따라 변화되는 흡수선량을 나타내고 있다.

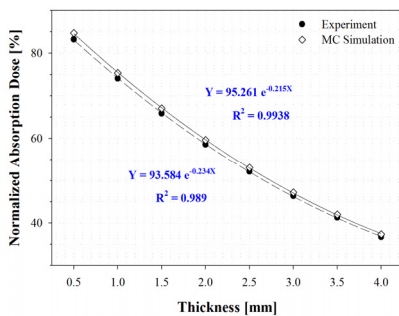


Fig. 3. Normalized Absorption dose as a function of thickness for filter.

진단 영역의 X-ray 광자 중 입사한 광자가 물질과

상호작용하여 통과한 광자들의 에너지를 추적하기 위하여 Mode P를 이용하여 X-ray 광자의 수송을 정의하였다. 또한, 본 연구에서 이용된 ERG(Energy)는 일반촬영용 X-ray 발생장치의 저지체 재질로 이용되는 텅스텐에서 발생하는 다색 X-ray 광자의 에너지 중 85 kVp에 대한 에너지 분포를 히스토그램으로 정의하였다. 이 때, X-ray 맥동률 3.4%, 1.2 mmAl으로 여과된 에너지 스펙트럼을 선원 데이터로 이용하였다. 끝으로, 결과의 표현법을 규정하는 Tally specification card는 설정 영역에서의 흡수선량 결과를 표현하는 F5 Tally를 이용하였다.

실험 결과, 필터 두께가 증가함에 따라 지수함수로 감소하는 것으로 나타났으며 시뮬레이션 결과의 추세와 거의 유사한 것으로 평가하였다. 이를 Fit curve의 결정계수(Coefficient of determination; R-Sq) 통하여 분석한 결과, 검출기를 통한 실험의 경우 R-sq가 0.989를 따르는 'Y=93.584·e-0.234X'의 추세가 유도되었고 시뮬레이션의 경우 R-sq가 0.994를 따르는 'Y=95.261·e-0.215X'의 추세가 유도되었다. 이는 시뮬레이션의 다색 X-ray 광자의 에너지 분포를 히스토그램으로 정의 시 조사영역을 결정하는 콜리메이션의 고유효과를 고려하지 못한 결과로 사료된다. 이와 같은 추세의 유사성은 본 연구에서 제시하는 측정 방법이 이론과 부합하는 것을 의미하며 활용된 장비에 대한 신뢰성을 검증할 수 있을 것으로 사료된다.

2. Forward Scattering Rate

Fig. 4는 필터 두께에 따른 FSR의 변화를 나타내고 있다.

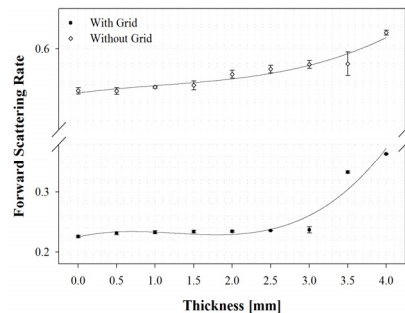


Fig. 4. Forward scattering rate as a function of thickness for filter.

실험 결과, 그리드의 유무에 관계없이 필터 두께가 증가함에 따라 점차 증가하는 추세가 나타났다. 또한, 그리드를 사용하지 않았을 경우 필터 두께가 증가함에 최대 0.72%p의 차이가 발생하였으나, 그리드 사용 시에는 최대 13.9%p의 차이가 나타나는 것으로 분석되었다. 이러한 FSR 결과는 필터 두께의 증가에 따라 D_{Total} 의 변화분(Total)와 $D_{Scattering}$ 의 변화분(Scattering) 비가 증가한다는 의미이다. 즉, 3.0 mmAl를 기준으로 이하에서는 Total과 Scattering의 비는 6배로 분석되었으나, 그 이상에서는 3배로 분석되었다.

IV. CONCLUSION

최근 다색 X-ray 중 저에너지 광자의 비율을 감소시키는 필터에 대한 관심이 대두되고 있으나 영상 화질에 대한 영향 연구는 간과되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 필터에 따른 전방산란율의 변화를 평가함으로써 의료영상 품질에 영향을 미치는 산란선량을 정량적으로 고찰하고자 한다.

실험 결과, 그리드의 유무에 관계없이 필터 두께가 증가함에 따라 산란선량이 증가하는 추세가 나타났으며, 특히 그리드 사용 시에는 최대 13.9%p의 차이가 나타나는 것으로 평가되었다. 이러한 결과를 바탕으로 한국 산업규격에서 권고된 필터 두께를 준수할 경우 환자의 피폭선량을 저감하면서도 약 1%p 이내의 전방산란율 만이 의료영상에 노이즈에 추가적으로 기여할 것으로 사료된다.

그러므로 환자의 피폭선량을 저감화하면서도 의료영상의 품질을 개선하기 위해서는 적절한 그리드와 필터의 활용에 대한 연구가 차후에 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

This work was supported by Intemalional University of korea's research fund in 2015.

Reference

[1] IAEA Safety Series No.115 : "International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources", Vienna, 1996.

[2] ICRP Publication 103: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Oxford, 2007.

[3] K.M. Oh, M.S. Yoon, M.W. Kim, et al, "Radiation detector material development with multi-layer by hetero-junction for the reduction of leakage current", The Korean Society of Radiology, Vol. 3, No. 1, pp. 11-15, 2009.

[4] Y.K. Lee, M.S. Yon, D.H. Kim, et al, "The study of X-ray detection characteristic and fabrication photoconductor film thickness for Screen printing method", The Korean Society of Radiography, Vol. 3, No. 2, pp. 11-16, 2009.

[5] Y.B. Kim, M.S. Yun, M.W. Kim, et al, "Development of Radiation Image Sensor using Heterojunction", The Korean Society of Radiology, Vol. 3, No. 3, pp. 27-35, 2009.

[6] J.S. Lee, C.S. Kim, "The Additional Filter and Ion Chamber Sensor Combination Reducing Patient Dose in Digital Chest X-ray Projection", The Korean Society of Radiology, Vol. 9, No. 3, pp. 175-181, 2015.

[7] J. Huh, C.K. Kim, I.J. Lee, et al, "A study on the effect of rare earth screen Filter", The Korean Society of Radiological technology, Vol. 11, No. 1, pp. 17-23, 1988.

[8] "Patient Dose Reference Levels Guidelines of General Radiology", Korea Food & Drug Administration, Radiation safety management series, No. 30, 2012.

[9] I.Y. You, C.H. Lim, S.H. Lee, et al., "Performance Measurement of Diagnostic X-Ray System", The Korean Society of Radiology, Vol. 6, No. 6, pp. 447-454, 2012.

[10] 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.