

Enhancement of Image Quality Using Detector Filter

Jong-Nam Lim,¹ Hyung-Tae Kim,¹ Min-Hye Kim,¹ Kwon Su Chon^{1,2,*}

¹Department of Radiological Science, The Graduate School of Catholic University of Daegu

²Department of Radiological Science, Catholic University of Daegu

Received: August 21, 2016. Revised: October 19, 2016. Accepted: October 30, 2016

ABSTRACT

Radiation dose to patient is unavoidable when diagnosis is carried out using X-ray. Radiation diagnosis using dual energy X-ray was examined to verify the possibility of medical applications by SNR and image scoring. The dual energy X-ray was realized by combining together two image plates and filter of 0.5 mm thick Cu or Al. Under one X-ray exposure, contrast enhanced image was obtained using two images of image plates. The enhanced image showed higher SNR and image score compared to the first image which was the image recorded with the first image plate. The dual energy X-ray technique would be a very useful method for obtaining higher SNR image and for realizing very low dose, and could be applied to medical applications.

Keywords : Radiography, Dual Energy X-ray, Radiation Dose, SNR

I. INTRODUCTION

현대 의료에서 방사선은 필수 수단으로 간주될 정도로 사용 범위가 넓고 다양한 목적으로 사용되고 있다. 의료기관에서 방사선 검사로 인한 피폭은 의도하는 바는 아니지만 임상정보를 획득하는 과정에서 불가피하게 수반된다. 또한 건강검진을 통한 방사선 검사의 증가와 환자가 병원을 옮기는 과정에서 같은 부위의 재촬영 빈도가 증가함에 따라 방사선 피폭이 증가되고 있다.^[1] 피폭선량이 증가함에 따라 진단용 방사선 발생장치 이용에 대한 일반인들의 과반수 응답자들이 불안을 느끼고 있는 것으로 조사되었다.^[2] 방사선 검사 및 치료를 위한 목적이더라도 방사선 감수성이 높은 부위를 연속 조사하면 유전자 변이로 인해 암 발생 위험이 증가하게 된다.^[3] 이러한 이유로 영상획득 과정에서 방사선사뿐만 아니라 일반 환자도 방사선 피폭에 대한 관심이 증가하고 있다.

병변의 진단을 위해 일반촬영장치의 사용뿐만 아니라 전산화단층촬영장치(CT)^[4]도 광범위하게 사용되고 있다. CT는 일반촬영에 비해 의학적으로 유용한 정보

를 포함한 영상을 얻을 수 있지만, 매우 많은 양의 방사선 피폭으로 문제가 되고 있다. 영상을 획득하는 과정에서 발생하는 방사선 피폭을 최소화 하면서 영상의 품질을 높이는 연구가 광범위하게 진행되고 있다. 한편 방사선 피폭이 상대적으로 많지만 영상의 품질 및 병변의 진단 측면에서 이중 엑스선 에너지(Dual energy)를 이용하는 연구도 진행되고 있다.^[5-7] 이중 엑스선 에너지 CT가 가장 대표적이다. 이중 엑스선 에너지를 이용하면 저 및 고 밀도 물체를 동시에 영상화할 수 있고 상대적으로 밀도차가 작은 물질에 대해서도 대조도가 높은 영상을 얻을 수 있다.

일반촬영기법을 적용하면서도 유용한 의학적 정보를 획득할 수 있는 이중 엑스선 에너지 검사 기법이 연구되었다.^[8] 이 기법은 일정 관전압을 엑스선관에 인가하여 발생된 엑스선을 환자에게 조사하고, 필터의 선속 경화현상을 이용하여 검출기에 도달하는 엑스선 광자를 분리 검출하여 영상의 품질을 높이는 것으로, 방사선 피폭 저감 측면에서 매우 큰 장점이 있다. 본 논문은 일반촬영기법을 적용한 이중 엑스선 에너지 기법의 임상 적용 가능성을 조사하였다.

*Corresponding Author: Kwon Su Chon

E-mail: kschon@cu.ac.kr

Tel: +82-53-850-2521

451

Address: Catholic University of Daegu, 13-13 Hayang-ro, Hayang-eup, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, 712-702, Republic of Korea

II. MATERIAL AND METHODS

1. 영상촬영장치 구성 및 팬텀

영상을 획득할 때 사용한 장비는 Fig. 1과 같이 의료용 디지털 영상 장치(동강메디컬, 대한민국)를 사용하였고, 검출기는 38.3 cm × 45.9 cm (14 inch × 17 inch) 크기의 이미지 플레이트 (Image Plate, IP)를 사용하였다. 검출기에 8:1 그리드가 적용되었다. 엑스선 흡수단 (Absorption Edge)이 서로 다른 38.3 cm × 45.9 cm 크기의 구리(Cu)와 알루미늄(Al)으로 된 0.5 mm 두께의 필터(Filter)를 Fig. 2와 같이 제작하여 IP 전 및 후단에 위치하도록 하였다.



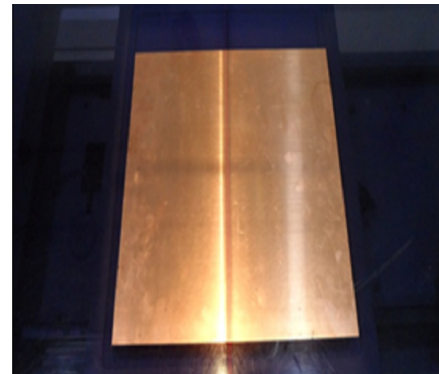
Fig. 1. Digital X-ray imaging system used in this experiment.

2. 영상 획득을 위한 IP 구성

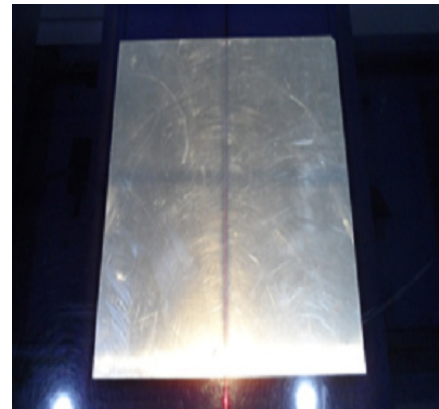
두 개의 IP를 준비하였다. 첫 번째 IP에서는 통상적인 일반촬영 장치에서 사용하는 방법과 동일하게 그리드를 첫 번째 IP 앞단에 위치하도록 하였다. 이 첫 번째 IP에서 기록되는 영상은 보통 일반 촬영에서 얻어지는 것과 동일하다. 첫 번째 IP와 두 번째 IP 사이에 Cu 필터 또는 Al 필터, 또는 Cu 필터와 Al 필터를 동시에 삽입하여 두 번째 IP에서 영상을 획득한다. 두 번째 IP에서 기록되는 영상은 첫 번째 IP를 통과한 엑스선 중 에너지가 높은 광자로 구성된 빔에 의해 영상이 형성된다. 그리드는 IP 위에 위치하였고, 두 개의 IP, Cu 및 Al 필터는 하나의 카세트에 넣어 사용하였다.

인체 팬텀은 Fig. 3과 같이 PBU-60을 사용하였고, 병

변의 묘사를 위해 석회화와 유사한 석회 성분의 석회석 7개를 준비하였다. 임상에서 석회화 병변의 위치는 대부분 Chest의 Apex에서 발병된다. 크기가 비슷한 석회석(Stone) 7개를 Apex, Rib, Rib과 Rib 사이, Sternum 위치에 테이프를 이용하여 고정하였다.



(a)



(b)

Fig. 2. Cu filter (a) and Al filter (b) are manufactured as the same size of the IP.

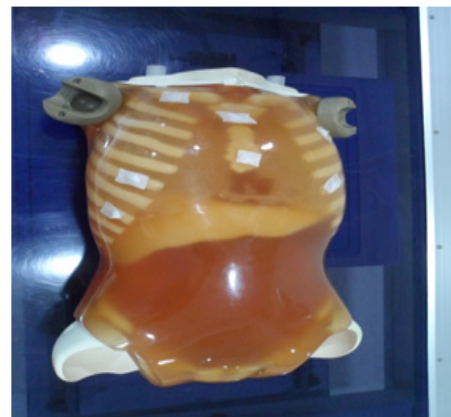


Fig 3. Medical phantom of human body.

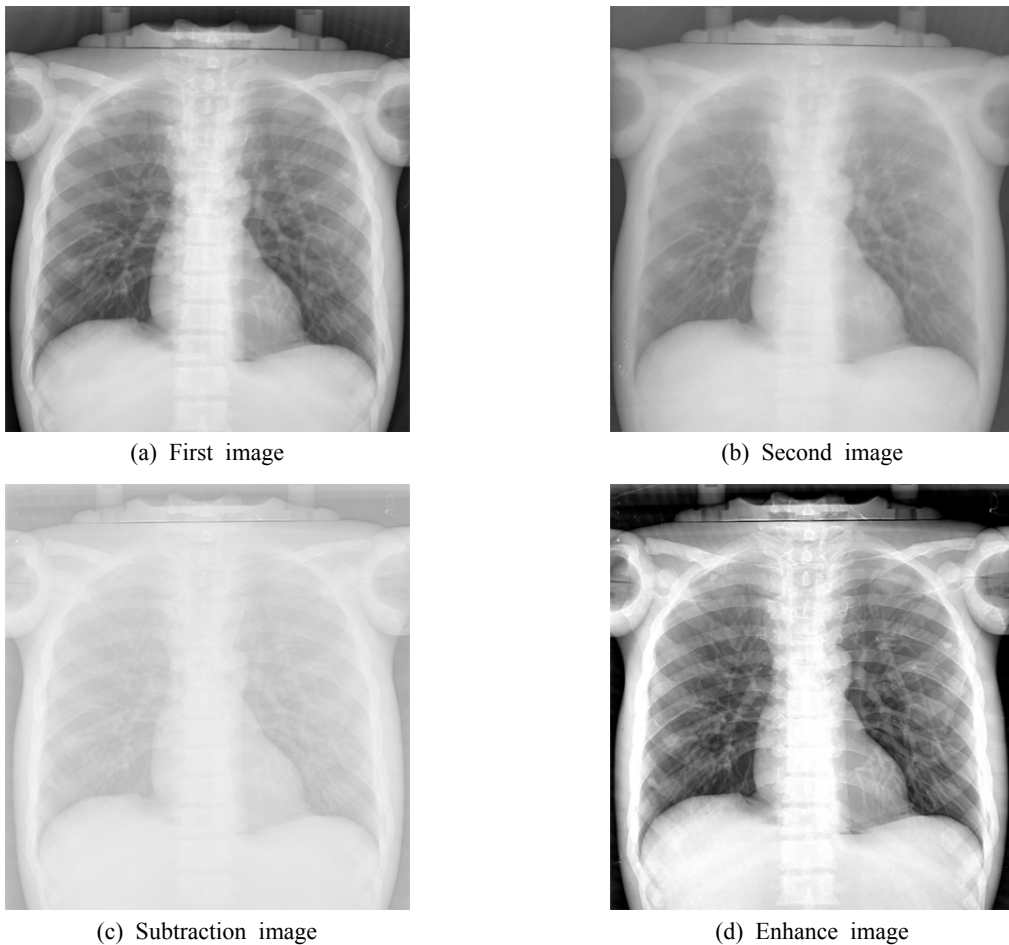


Fig. 4. The first image (a) that has passed through the phantom and second image (b) passed through the Cu filter. The subtraction image (c) and enhance image (d) were obtained from the Image J using the first and the second images.

Ⅲ. RESULT

3. 영상 획득

영상 장치에서 적용할 최적의 조건을 알아보기 위해서 인체 팬텀을 테이블 위에 두고 자동노출장치(Automatic Exposure Control System)로 영상을 획득하였다. 80 kVp, 100 mA, 0.48 sec 조사조건으로 측정되어, 이 조건으로 영상을 획득하였다. 각 IP에서 얻어지는 영상과 이 두 개의 영상을 Image J(NIH, USA)를 이용해 Subtraction시켜 세 번째 영상을 획득하고 Enhance Contrast 기능을 이용하여 네 번째 Enhance 영상을 획득하였다. Fig. 4는 얻어진 4개의 영상을 나타낸 것이다.

1. Rib과 Rib 사이의 석회석

네 개의 영상을 획득하여 Apex에 위치한 Rib과 Rib 사이에 석회석을 부착한 경우의 SNR을 측정하였다.

Table 1. SNR for position of stone between Rib and Rib

Items	First	Second	Subtraction	Enhance
Al-Cu	2.66	1.05	0.88	2.76
Cu-Al	2.12	1.02	0.79	2.28
Al	3.00	1.51	1.23	3.13
Cu	2.70	1.51	1.34	3.73

Table 1에서와 같이 네 개의 영상에서 First 영상의 S

NR보다 Enhance 영상에서 SNR이 높았다. Cu 필터(위)와 Al 필터(아래)를 동시에 삽입하여 측정된 값보다 Al 필터(위)와 Cu 필터(아래)를 동시에 삽입하여 측정된 값이 더 높았다. Al 필터와 Cu 필터를 단독으로 삽입하였을 때 SNR은 Cu 필터가 더 높은 값으로 측정되었다.

2. Rib 위치에 석회석 부착

영상 획득 방법은 동일하고 Rib 위에 석회석을 부착하여 SNR을 측정하였다.

Table 2. SNR for position of Rib

Items	First	Second	Subtraction	Enhance
Al-Cu	1.85	0.76	0.30	1.99
Cu-Al	1.20	1.25	1.03	1.87
Al	2.33	1.04	1.09	2.71
Cu	3.84	1.89	1.61	3.89

Table 2와 같이 Cu 필터(위)와 Al 필터(아래)를 동시에 삽입하여 측정된 값보다 Al 필터(위)와 Cu 필터(아래)를 동시에 삽입하여 측정된 값이 더 높았다. Al 필터와 Cu 필터를 단독으로 삽입하였을 때 SNR은 Cu 필터인 경우가 더 높았다. 측정된 SNR을 비교한 결과 Cu 필터를 삽입하였을 때의 Enhance 영상에서 SNR이 가장 높았다.

3. 주관적인 평가 결과

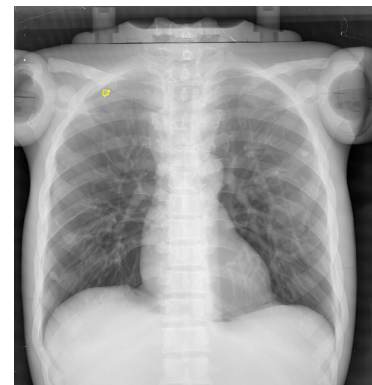
영상의학과 판독 경력 10년 이상의 Chest 판독 전문의 3인으로부터 측정결과를 얻어 평가를 실시하였다. 팬텀에 Apex 및 Rib 위에 7개의 석회석을 붙여 각 영상에서 확인 되어지는 Stone의 수를 비교 분석하였고 영상이 임상에서 사용될 경우 만점 5점의 기준을 두어 Image Quality에 따라 점수를 측정하여 평가하였다. 3점 이하는 임상적으로 적합하지 않는 영상으로 판단하였다. Table 3은 각 영상에서 구분되는 석회석의 수를 분석한 결과이고, Table 4는 영상이 임상에서 사용될 경우 만점 5점의 기준을 두어 화질에 따라 점수를 측정하여 평가한 결과이다.

Table 3. The number of stone by each observer

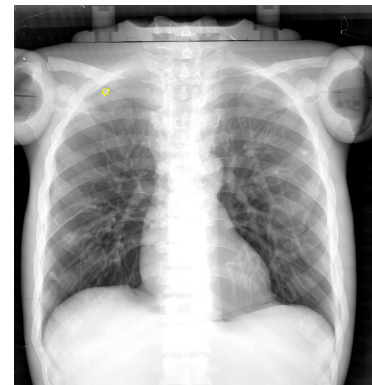
Items	First	Second	Subtraction	Enhance
Al - Cu	6	4	2	7
Cu - Al	6	5	2.5	7
Al	6	5	1	6
Cu	6	5.5	2.5	7

Table 4. The score of image

Items	First	Second	Subtraction	Enhance
Al - Cu	4	3.5	1	4
Cu - Al	4	3.5	1	4.5
Al	4	4	0.5	4
Cu	4	3.75	1	4.5



(a)



(b)

Fig. 5. First image (a) and enhance image (b) in Cu and IPs combination

Cu 필터를 삽입한 Enhance 영상과 Cu 필터(위)와 Al 필터(아래)를 동시에 삽입한 Enhance 영상에서 관찰되는 석회석의 갯수도 6개에서 7개로 향상되었으며, 화질 점수도 4점에서 4.5점으로 향상되었다. First 영상보다

Enhance 영상에서 관찰되는 석회석의 수는 1.13 배, 평가 점수는 1.06 배 향상되어 화질이 더 좋아졌음을 확인하였다. Fig. 5는 Cu 필터를 삽입하였을 때 First 영상과 Enhance 영상의 예를 나타낸 것이다.

IV. DISCUSSION AND CONCLUSION

Rib과 Rib사이에 석회석을 부착하여 SNR 측정 결과 First 영상에서 측정된 값보다 Enhance 영상에서 측정된 SNR이 1.14배 향상되었고, Rib위에 석회석을 부착한 경우 SNR이 Enhance 영상이 1.13배 향상되었다.

Enhance 영상에서는 First 영상보다 석회석의 수도 더 많이 관찰되었고, 화질 점수도 높게 측정되었다. 영상을 획득하는 방법에 있어서 Subtraction 후 Enhance Contrast를 시행할 경우, First 영상보다 화질이 증가되어 영상의 SNR이 향상되는 것을 확인하였다.

일반촬영은 3차원 구조물이 2차원으로 투영되어 겹쳐지기 때문에 석회화와 같은 질병을 진단하는데 정확도가 낮아질 수 있으나, 일반촬영기법에 이중 엑스선 에너지 기법의 적용으로 석회화된 병변의 진단이 향상될 수 있음을 확인하였다.

본 실험에서는 0.5 mm 두께의 Al 및 Cu 필터를 사용하여 영상의 품질 향상에 대해 조사하였다. 두께 및 필터의 종류에 따라 영상의 품질이 어떻게 변하는지 조사할 필요가 있으며, 영상 처리 측면에서도 첫 번째 영상과 두 번째 영상을 Subtraction하고 Enhance 할 때 가중치를 부여하였을 때 영상의 품질의 변화를 조사할 필요가 있을 것이다.

일반촬영기법을 적용한 이중 엑스선 에너지 기법은 두 개의 IP와 Cu, Al 필터를 사용하여 첫 번째 및 두 번째 IP 영상을 이용하여 영상의 품질을 높이고 있다. 최근 임상에서 광범위하게 사용하고 있는 Flat Panel Detector 검출기에서는 필터를 적용하여 두 개의 영상을 획득하기 어렵기 때문에 IP를 사용하는 경우에 한해서 이 기법을 적용할 수 있기 때문에 제한이 될 수 있는 단점이 있다. Cu 및 Al 필터로 인해 IP의 흡집(Damage)이 발생하면 영상의 품질을 떨어뜨리게 되어 주의가 요구되고, 필터는 매우 균일한 두께를 가져야 영상의 균일도 저하를 방지할 수 있을 것이다.

일반촬영기법을 적용한 이중 엑스선 에너지 기법을

적용하면, 방사선 피폭을 최소화 하면서 영상의 품질을 높일 수 있어 임상에 유용할 것이고, CT촬영과 비교하여 피폭선량이 낮아지고 일반촬영에 비해 진단의 영역이 확대되는 장점이 있다. 아울러 이 기법은 임상뿐만 아니라 PCB의 접합 불량 검사와 같은 산업분야의 적용이 가능할 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 중소기업 기술개발사업(해외수요처연계기술개발사업, No. 2319977)의 지원에 의해 수행되었다.

Reference

- [1] S. Y. Jang, I. G. Kim, "Developments in Radiation Health Science and Their Impact on Radiation Protection," *Radiation Protection*, Vol. 23, No. 3, pp. 185-196, 1998.
- [2] J. H. Kwon, M. W. Byun, "Development of food irradiation technology and consumer attitude toward irradiated food in Korea," *Radioisotopes*, pp. 654-662, 1992.
- [3] H. S. Kim, S. Y. Lee, J. E. Lee, "Study for the appropriate management of the diagnostic radiological devices," *Radiation Safety Division*, Vol 25, pp. 200-235, 2013.
- [4] M. Torikoshi, T. Tsunoo, Y. Ohno, "Features of dual-energy X-ray computed tomography," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, Vol. 548, No. 1, pp. 99-105, 2005.
- [5] B. J. Kerby, J. R. Davis, J. A. Grant, M. J. Morgan, "A CT Feasibility Study Using Kilovoltage Synchrotron X-Rays Incident Upon Low Atomic Number Absorbers," *Physics in Medicine and Biology*, Vol. 48, No. 3, pp. 3389-3409, 2003.
- [6] D. J. Hawkes, D. F. Jackson, "An accurate parameterisation of the X-ray attenuation coefficient," *Physics in Medicine and Biology*, Vol. 25, No. 6, pp. 1167-1171, 1980.
- [7] O. Jakel, "Ranges of ions in metals for use in particle treatment planning," *Physics in Medicine and Biology*, Vol. 51, No. 9, pp. 173-177, 2006.
- [8] T. Froystein, H. Kvandal, H. Aakre, "Dual energy gamma tomography system for high pressure multiphase flow," *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol. 16, No. 2, pp. 99-112, 2005.

검출기 필터를 이용한 화질의 향상

임종남,¹ 김형태,¹ 김민혜,¹ 천권수^{1,2,*}

¹대구가톨릭대학교 일반대학원 방사선학과

²대구가톨릭대학교 방사선학과

요 약

방사선 검사로 환자의 병을 진단하기 위해서는 방사선 피폭이 따르게 된다. 최소한의 피폭으로 병변을 진단하는 일반촬영에 이중 엑스선 에너지 기법의 임상적용 가능성을 SNR 및 화질 점수화의 지표로 조사하였다. 이중 엑스선 에너지 기법은 검출기로 사용되는 두 개의 Image Plate 사이에 0.5 mm 두께의 Cu와 Al 필터를 추가함으로써 구현하였다. 한 번의 엑스선 조사로 획득된 두 IP 영상을 Subtraction 및 Enhance Contrast 기법을 적용하여 획득하였다. Enhance 영상은 첫 번째 IP에서 획득한 First 영상보다 SNR이 우수한 것으로 측정되었다. 이 일반촬영의 이중 엑스선 에너지 기법은 피폭선량을 줄이면서 영상의 품질을 높일 수 있는 방법으로 임상에서 매우 유용하게 적용될 수 있을 것이다.

중심단어: 일반촬영, 이중 엑스선, 방사선 피폭, 신호대잡음비