

Image Quality Evaluation according to the Application of Air Mattress on Computed Tomography Equipment Table

Sang-Won Jeon,^{1,2,3} Jae-Yun Pak,⁴ Tae-Suk Suh^{1,2,*}

¹Department of Biomedical Engineering, College of medicine, The Catholic University of Korea

²Research Institute of Biomedical Engineering, College of Medicine, The Catholic University of Korea

³Department of Radiation Oncology, Dongguk University Medical Center

⁴Department of Radiology, Uijeongbu Eulji Medical Center, Eulji University

Received: November 03, 2020. Revised: November 27, 2020. Accepted: November 30, 2020

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the usefulness of the developed air mattress for reducing the deterioration of image quality due to the scattered radiation generated on the computed tomography equipment table. 5 cm and 10 cm thick air mattresses were developed and the image quality was measured by scanning the AAPM phantom according to thickness and thickness. Statistical significance was confirmed by One Way Analysis of Variance(ANOVA) Compared with the AAPM phantom scanned in the standard method, the image with the air mattress did not show any difference, but when the air mattress was not applied, the CT number and uniformity were low and the noise was high, and the spatial resolution Respectively. The developed air mattress has no harmful effect on the diagnostic image, it is very effective in improving the image quality and can increase the CT image quality by simply applying Air Mattress to existing equipment without using the technology applied to the latest and high-cost equipment.

Keywords: Computed Tomography Equipment, Air mattress, Scattered Radiation

I. INTRODUCTION

전산화단층촬영은 일정한 속도로 환자를 이동시키면서 검사하기 위하여 테이블을 사용하게 된다. 그러나 방사선이 조사되는 부위에 테이블이 존재하게 되면 테이블로부터 산란된 산란선이 발생하게 되지만,^[1] 현재 임상에서는 테이블로 인한 화질 저하에 대해서 현재 전혀 인지하지 못하고 있다.

현재 전산화단층촬영장비 테이블에 주로 사용되고 있는 재질은 아크릴이다. 그 이유는 경제적인 측면과 물질의 가공성이 용이하기 때문이다. 이러한 아크릴을 테이블로 활용하기 위해서는 10 mm 이상의 두께가 필요하다고 보고되었다.^[2] 카본의 경우에는 기계적 강도와 방사성 투과성이 높고, 밀

도가 낮다고 알려져 있어,^[3,4] 여러 의료분야에서 다양하게 활용되고 있다.^[5] 그러나 카본에서도 작지만 산란선은 여전히 발생하여 화질의 저하가 발생하고 카본 테이블은 제작 가격이 대폭 상승하여 경제적인 부담이 있어 기존에 사용하고 있는 아크릴 테이블에서 카본 테이블로의 도입은 어려운 현실이므로 다른 방법을 고안해야 한다.

Air gap Technique은 방사선촬영과 유방촬영(Mammography) 분야에서 환자와 영상 검출기 사이에 Air gap을 적용함으로써 Detector에 도달하는 산란선을 줄여 영상의 질을 향상시키는 화질 향상 기술 중의 하나이다.^[6-8] 이를 응용하여 전산화단층촬영장비 테이블과 환자 사이에 에어 매트리스(Air mattress)를 개발하여 Air gap을 형성시킨다면 화질

* Corresponding Author: Tae-Suk Suh

E-mail: suhsanta@catholic.ac.kr

Tel: +82-2-2258-7232

이 개선될 것이다.

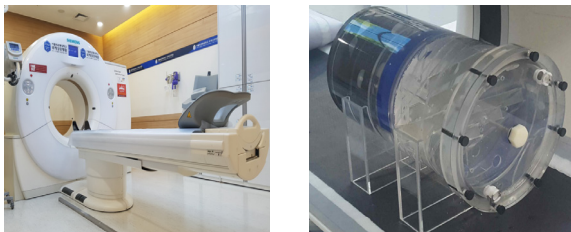
이에 에어 매트리스를 개발하여 AAPM 팬텀의 에어 매트리스의 적용 유무와 두께에 따른 CT(Computed Tomography) 영상을 비교 분석하여 에어 매트리스의 유용성을 평가하는 것에 그 목적이 있으며, 개발한 에어 매트리스를 향후 임상에서 적용하고 활용할 수 있는 기초 자료를 제공하는데 연구의 목적이 있다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 장비

DECT(Dual Energy Computed Tomography; DECT, SOMATOM Definition Flash CT, Siemens Healthcare, Forchheim, Germany)를 사용하였으며, Fig. 1-A에 나타내었다.

또한 AAPM CT Performance Phantom(Model CIRS-610 : nuclear associates, Carle Place. NY, USA)을 사용하여 실험하였으며, Fig. 1-B에 나타내었다.



A : CT equipment B : AAPM Phantom

Fig. 1. Image of Experimental equipment.

2. 영상 획득 방법

Standard 방식과 에어 매트리스를 적용하지 않은 경우 그리고 5 cm, 10 cm의 에어 매트리스를 적용했을 경우 AAPM Phantom의 모습은 Fig. 2에 나타내었다. 각 방식에 따라 CT number calibration 블록, 슬라이스 두께 측정 블록, 공간 분해능 측정용 블록, 대조도 분해능 측정용 블록을 120 kVp, 250 mA, 10 mm Collimation, 250 mm FOV, Standard Reconstruction Algorithm의 촬영조건으로 CT 스캔하여 DICOM 영상으로 저장하였다.^[9]

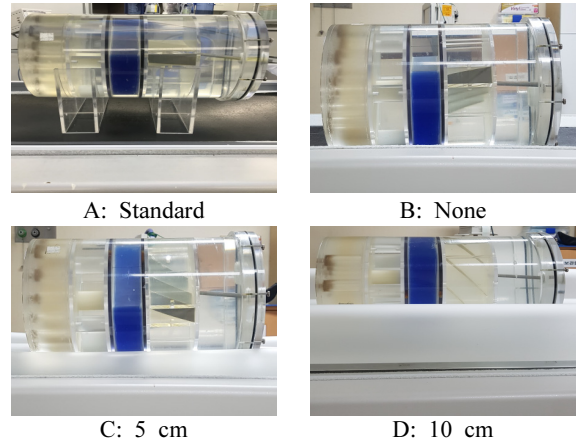


Fig. 2. AAPM Phantom applied Image.

3. 영상 평가

CT 근무경력 5년 이상의 방사선사 5인이 아래와 같은 기준으로 AAPM 팬텀의 CT 스캔 영상을 평가하였다.

3.1 CT number와 Noise

CT number calibration 블록을 스캔한 영상의 중앙부에서 6시 방향, 1/4지점에 40 mm × 40 mm의 사각 형태의 ROI(A)를 설정하여 신호강도(CT number)와 표준편차(Noise)를 구하였으며, Fig. 3-A에 나타내었다.

3.2 균일도(Uniformity)

ROI(A)와 동일한 크기의 ROI를 중앙에서 주변부로 2/3지점에 3시[ROI(B)], 9시[ROI(C)], 12시[ROI(D)] 방향에 설정하고 각각의 신호강도를 측정하여 얻어진 측정값을 Eq. (1)에 대입하여 얻은 값을 균일도로 사용하였으며, Fig. 3-B에 나타내었다.

$$\frac{(ROI_A - ROI_B) + (ROI_A - ROI_C) + (ROI_A - ROI_D)}{3} \quad (1)$$

3.3 공간 분해능

공간 분해능 측정용 블록을 스캔한 팬텀 영상의 Window width와 Window level을 각각 300 ~ 400, -200 ~ -100 HU 사이로 조절하여 모니터로부터 50 cm 이상 떨어져서 0점에서 100점으로 정성적으로 평가하였으며, Fig. 3-C에 나타내었다.

3.4 대조도 분해능

대조도 분해능 측정용 블록을 스캔한 팬텀 영상의 Window width와 Window level을 각각 300과 0 ~ 100 HU 사이로 조절하여 모니터로부터 50 cm 이상 떨어져서 0점에서 100점으로 정성적으로 평가하였으며, Fig. 3-D에 나타내었다.

3.5 절편 두께

Slice thickness 블록을 스캔한 영상의 직사각형 알루미늄 판의 긴 변에 수직으로 두께를 CT 장비의 Measurement 기능을 이용하여 측정하였으며, Fig. 3-E에 나타내었다.

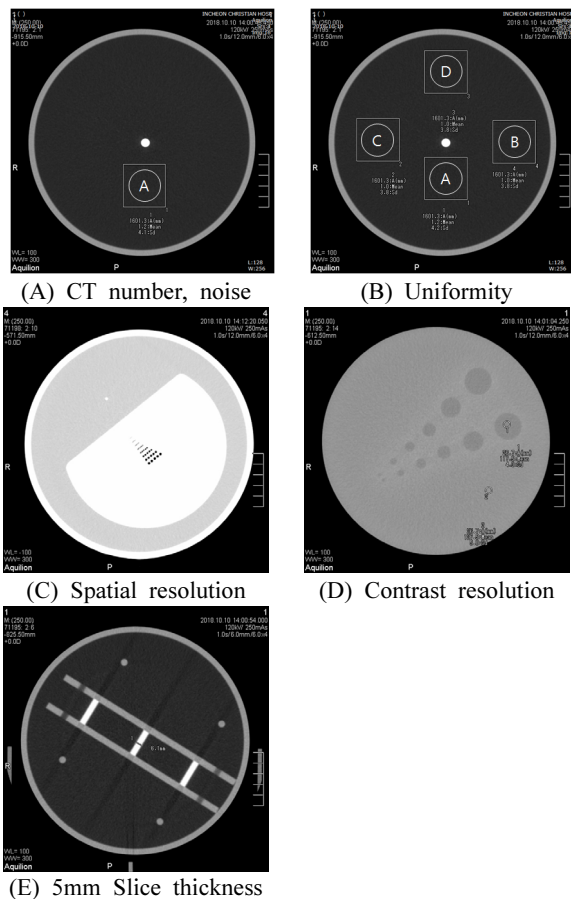


Fig. 3. Measurement of AAPM Phantom Scan image.

4. 통계학적 분석

SPSS Ver. 23.0 (IBM Co, Chicago, USA)을 이용하여 영상품질관리 항목의 변화에 대한 정규성 검정을 시행한 결과 정규분포가 성립하여 모수적 통

계 분석방법인 일원배치 분산분석 (One Way Analysis of Variance; ANOVA)을 이용하여 통계적 유의성을 확인하였다. 또한 신뢰구간을 95%로 정하여 p-value가 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판정하였으며, Tukey 사후검정을 이용하여 각 그룹별 통계적 유의성을 확인하였다.

III. RESULT

표준 스캔 방식과 에어 매트리스를 적용하지 않은 경우와 5 cm, 10 cm의 에어 매트리스를 적용했을 경우 AAPM 팬텀의 영상은 CT Number와 노이즈, 균일도, 공간분해능 모두 통계적으로 유의성이 있는 것으로 평가되었으나($p < 0.05$), 대조도 분해능과 절편두께는 통계적으로 유의성이 없는 것으로 평가되었다 ($p > 0.05$).

Tukey 사후 분석 결과 표준 스캔한 영상과 비교했을 때 에어 매트리스를 적용했을 때는 차이가 나타나지 않았으나, 에어 매트리스를 적용하지 않았을 때 CT Number와 균일도가 낮아지고 노이즈가 높게 나타났으며 공간분해능이 낮아지는 것으로 나타났으며, Table 1에 나타내었다.

Table 1. Evaluation of AAPM Phantom CT image

Metrics	Division	Air mattress(cm)			
		S ^a	0 ^b	5 ^c	10 ^d
CT Number	N	50	50	50	50
	Mean	1.29	0.80	1.30	1.31
	±SD	0.16	0.10	0.08	0.09
	F	262.424			
	p	0.000*			
	Tukey	b<a,c,d			
Noise	N	50	50	50	50
	Mean	4.17	4.32	4.20	4.20
	±SD	0.10	0.07	0.10	0.09
	F	29.213			
	p	0.000*			
	Tukey	b<a,c,d			
Uniformity	N	50	50	50	50
	Mean	0.15	0.46	0.13	0.12
	±SD	0.05	0.15	0.06	0.07
	F	158.358			
	p	0.000*			
	Tukey	b<a,c,d			

Spatial resolution	N	50	50	50	50
	Mean	93.10	90.80	93.00	93.20
	±SD	2.84	3.40	2.47	2.81
	F	7.892			
	p	0.000*			
	Tukey	b<a,c,d			
Contrast resolution	N	50	50	50	50
	Mean	93.20	92.20	93.10	93.10
	±SD	2.99	3.22	2.65	2.65
	F	1.319			
	p	0.176			
	Tukey				
Thickness	N	50	50	50	50
	Mean	6.02	6.01	6.00	6.00
	±SD	0.13	0.12	0.12	0.11
	F	0.315			
	p	0.815			
	Tukey				

Index: one way ANOVA, Tukey test, S : Standard Scan, *p<0.05.

IV. DISCUSSION

검사와 진단을 위하여 사용되는 CT 테이블은 진단 영상에 왜곡을 발생시키지 않으면서 환자를 일정하게 이동시키는 목적을 가진다.^[2] 이러한 화질 저하를 개선하기 위하여 CT 테이블과 팬텀의 사이에 Air Gap을 두기 위한 5 cm, 10 cm의 에어 매트리스를 개발하여 AAPM 팬텀의 영상의 변화를 알아보고자 하였다.

방사선 치료 장비의 테이블은 처방 및 치료선량 (Treatment dose)의 정확성을 위하여 카본 테이블을 사용하고 있지만,^[3,4] 약 2~5%의 전형적인 선량감쇠(Dose attenuation)가 나타나며,^[10,11] 이러한 선량감쇠는 빔의 각도에 따라서 4배까지도 증가될 수 있다고 보고되었다.^[12-14] 그러나 이러한 카본보다 낮은 방사성 투과성을 가지고 있는 아크릴을 테이블로 활용하기 위해서는 10 mm 이상의 두께가 필요하며, 이러한 아크릴 테이블이 현재 임상에서 보편적으로 사용되고 있어 영상의 질이 저하되고 있다.^[2]

Kalra et al은 차폐체로 인한 화질저하를 개선하기 위하여 차폐체와 팬텀 표면 사이에 두께가 다른 폼 패드 (1, 2, 6 cm)를 삽입하여 팬텀과 차폐체 사이의 거리를 증가시켜 화질을 개선하였다.^[15] 본 연구 결과 에어 매트리스를 적용하지 않았을 때 보다

적용했을 때 표준스캔 영상과 근접한 영상이 나타났으며, 개발된 에어 매트리스는 2 mm의 폴리우레탄을 제외하면 공기가 주된 물질이며 공기는 CT Number에 이상을 미치지 않으며 에너지 변화에 따른 CT Number의 영향이 거의 없어 영상에도 영향을 미치지 않는다고 보고되었다.^[16]

의료시장에서 병원들 간의 경쟁이 심화되었고 의료 신기술과 다양한 경영전략 그리고 고객 지향의 수준 높은 의료서비스가 요구되고 있다.^[17] 이러한 시대의 변화에 맞춰 환자들의 만족도 향상을 위한 연구가 현재 많이 진행되고 있다.^[18,19] 현재 환자에게 편안함을 향상시켜 주기 위하여 CT나 SPECT와 같은 단층촬영의 경우 왜곡의 영향이 덜 하여 테이블 위에 평평하고 딱딱한 테이블 위에 환자 보호용 패드를 덧대어 주고 있지만, 환자로 하여금 딱딱한 곳에 누워있는 느낌은 여전히 주게 되며, 환자의 둔부나 몸의 혈관이 압박되어 혈액 순환이 원활하지 못하게 될 수 있으며, 등이 굽은 환자의 경우 고통까지 수반할 수 있다. 그러나 에어 매트리스를 설치하게 되면 이러한 문제점을 해결할 수 있으며, 환자에게 양질의 의료 서비스를 제공할 수 있을 것이라고 생각된다.

본 연구의 제한점으로 단일 CT 기종만을 실험하였으며, 임상 실험을 진행하지 못하였다는 점이다. 그러나 전산화단층촬영장비의 에어 매트리스의 적용은 최신 고가 장비에 적용되는 기술을 이용하지 않고도 기존의 테이블에 에어 매트리스를 적용함으로써 화질을 매우 쉽게 증가시킬 수 있으며, 어느 의료기관에서나 즉시 시행할 수 있고, 유용하게 사용될 수 있는 방법이라는 점을 증명한 것에 이 연구의 의의가 있다.

V. CONCLUSION

전산화단층촬영장비의 테이블로 인하여 발생하는 산란선으로 인한 화질의 저하를 개선하기 위하여 에어 매트리스의 적용 유무와 두께에 따른 AAPM 팬텀 영상의 비교 분석을 통하여 에어 매트리스의 유용성을 평가하였다. 연구 결과 에어 매트리스를 적용했을 때 표준 스캔한 AAPM 영상과 차이가 나타나지 않았으며, 에어 매트리스를 적용하

지 않았을 때 차이가 나타났다. 본 연구는 최신, 고가 장비에 적용되는 기술을 이용하지 않고도 기존의 장비에 단순히 에어 매트리스를 적용함으로써 화질을 증가시킬 수 있다는 점을 증명한 것에 의의가 있다.

Reference

- [1] P. M. Mondalek, C. G. Orton, "Transmission and build-up characteristics of polyurethane-foam immobilization devices", *Med Dosimetry*, Vol. 7, pp. 5-10, 1982.
- [2] C. B. Kim, K. R. Dong, H. Y. Yeo, "Study on The Characteristics of X-ray Table Materials", *Journal of Advanced Engineering and Technology*, Vol. 7, No. 2, pp. 73-78, 2014.
- [3] L. G. De Mooy, "The use of carbon fibers in radiotherapy", *Radiotherapy and Oncology*, Vol. 22, No. 2, pp. 140-142, 1991.
[http://dx.doi.org/10.1016/0167-8140\(91\)90010-E](http://dx.doi.org/10.1016/0167-8140(91)90010-E)
- [4] S. I. P. Meara, K. A. Langmack, "An investigation into the use of carbon fibre for megavoltage radiotherapy applications", *Physics in Medicine & Biology*, Vol. 43, No. 5, pp. 1359-1366, 1998.
<http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/43/5/025>
- [5] S. J. Lee, J. C. Kim, M. W. Kim, J. Y. Park, "Manufacturing Technology and Evaluation for X-ray Transmission Performance of CT Cradle composed of Sandwich Composites", *Composites Research*. Vol. 22, No. 6, pp. 13-17, 2009.
- [6] M. P. Karoll, R. A. Mintzer, P. J. Lin, L. Sider, C. S. Johnson, S. J. Perlman, T. R. Lubbat, "Air gap technique for digital subtraction angiography of the extracranial carotid arteries", *Investigative radiology*, Vol. 20, No. 7, pp. 742-745, 1985.
<http://dx.doi.org/10.1097/00004424-198510000-00015>
- [7] J. Persliden, G. A. Carlsson, "Scatter rejection by air gaps in diagnostic radiology. Calculations using a Monte Carlo collision density method and consideration of molecular interference in coherent scattering", *Physics in Medicine & Biology*, Vol. 42, No. 1, pp. 155-175, 1997.
<http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/42/1/011>
- [8] M. Y. Kim, "Evaluation of the usefulness for air gap technique in digital magnification mammography", *Journal of the Korean Society of Radiological Technology*, Vol. 37, No. 2, pp. 101-107, 2014.
- [9] S. S. Noh, H. S. Um, H. C. Kim, "Development of Automatized Quantitative Analysis Method in CT Images Evaluation using AAPM Phantom", *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol. 51, No. 12, pp. 163-173, 2014.
<http://dx.doi.org/10.5573/ieie.2014.51.12.163>
- [10] A. J. Olch, L. Gerig, H. Li, I. Mihaylov, A. Morgan, "Dosimetric effects caused by couch tops and immobilization devices: report of AAPM Task Group 176", *Medical physics*, Vol. 41, No. 6, pp. 061501, 2014. <http://dx.doi.org/10.1118/1.4876299>
- [11] T. H. Kim, S. A. Oh, J. W. Yea, J. W. Park, S. K. Kim, "The Dose Attenuation according to the Gantry Angle and the Photon Energy Using the Standard Exact Couch and the 6D Robotic Couch", *Progress in Medical Physics*, Vol. 27, No. 2, pp. 79-85, 2016.
<http://dx.doi.org/10.14316/pmp.2016.27.2.79>
- [12] S., Mc Cormack, J. Diffey, A. Morgan, "The effect of gantry angle on megavoltage photon beam attenuation by a carbon fiber couch insert", *Medical physics*, Vol. 32, No. 2, pp. 483-500, 2005.
<https://doi.org/10.1118/1.1852792>
- [13] I. B. Mihaylov, P. Corry, Y. Yan, V. Rantanatharathorn, E. G. Moros, "Modeling of carbon fiber couch attenuation properties with a commercial treatment planning system", *Medical physics*, Vol. 35, No. 11, 4982-4988, 2008.
<https://doi.org/10.1118/1.2982135>
- [14] M. Berg, J. P. Bangsgaard, I. S. Vogelius, "Absorption measurements on a new cone beam CT and IMRT compatible tabletop for use in external radiotherapy", *Physics in Medicine & Biology*, Vol. 54, No. 14, pp. N319-N328, 2009.
<http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/54/14/N04>
- [15] M. K. Kalra, P. Dang, S. Singh, S. Saini, J. A. O. Shepard, "In-plane shielding for CT: effect of off-centering, automatic exposure control and shield-to-surface distance", *Korean Journal of radiology*, Vol. 10, No. 2, pp. 156-163, 2009.
<http://dx.doi.org/10.3348/kjr.2009.10.2.156>
- [16] H. C. Jang, Y. S. Kim, H. J. Kim, "Analysis of Attenuation Differences According to Radiolucent

and Radiopaque Materials: Based on DECT (Dual Energy Computed Tomography)", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 3, pp. 1584-1589, 2014.
<http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.3.1584>

- [17] Y. H. Seoung, "Development of Personalized Examination Guidance Contents for Customer to Improvement of Waiting Time Satisfaction in Department of Radiology", The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 11, No. 7, pp. 219-224, 2011. <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2011.11.7.219>
- [18] M. S. Han, S. Y. Lee, M. G. Lee, M. C. Jeon, J. H. Cho, T. H. Kim, "Effect of Work Improvement for Promotion of Outpatient Satisfaction on CT scan", Journal of the Korean Society of Radiological Technology, Vol. 35, No. 1, pp. 45-50, 2012.
- [19] H. S. Kim, I. C. Im, C. W. Park, J. D. Lim, S. G. Kim, J. S. Lee, "Reducing error rates in general nuclear medicine imaging to increase patient satisfaction", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 5, No. 5, pp. 295-302, 2011.
<http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2011.5.5.295>

전산화단층촬영장비 테이블의 에어 매트리스 적용에 따른 화질평가

전상원,^{1,2,3} 박재윤,⁴ 서태석^{1,2,*}

¹가톨릭대학교 의과대학 의공학교실

²가톨릭대학교 의과대학 생체의공학연구소

³동국대학교의료원 방사선종양학과

⁴의정부 을지대학교병원 영상의학과

요 약

전산화단층촬영장비 테이블로 인한 화질 저하의 경감을 위하여 개발한 에어 매트리스(Air mattress)의 유용성을 평가하고자 하였다. 5, 10 cm 두께의 에어 매트리스(Air mattress)를 개발하여 적용 유무와 두께에 따른 AAPM 팬텀을 스캔한 영상을 통하여 화질을 측정하였으며 일원배치 분산분석으로 통계적 유의성을 확인하였다. AAPM 팬텀을 표준 방식으로 스캔한 영상과 비교했을 때 에어 매트리스를 적용한 영상은 차이가 나타나지 않았으나, 에어 매트리스를 적용하지 않았을 때의 영상은 CT Number와 균일도가 낮아지고 노이즈가 높게 나타났으며 공간분해능이 낮아지는 것으로 나타났다. 개발된 에어 매트리스는 진단 영상에 아무런 해가 없을 뿐만 아니라, 화질을 높이는 데에 매우 효과적이며 최신, 고가 장비에 적용되는 기술을 이용하지 않고도 기존의 장비에 단순히 에어 매트리스를 적용함으로써 화질을 증가시킬 수 있다.

중심단어: 전산화단층촬영장비, 에어 매트리스, 산란선

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	전상원	가톨릭대학교 의과대학 의공학교실	대학원생
(공동저자)	박재윤	의정부 을지대학교병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	서태석	가톨릭대학교 의과대학 의공학교실	교수