

# A Comparison Analysis of CT Effective Dose and Image Quality according to Abdominal Diameter

Joon Yoon, Hyeonju Kim\*

Department of Radiologic Technology, Dongnam Health University

Received: November 26, 2018. Revised: December 26 2018. Accepted: December 31, 2018

## ABSTRACT

This study was performed randomly from all the patients who visited the University Hospital in Gyeonggi-do from January 1, 2018 to June 30, 2018 for the abdominal CT scan. We divided the patients into three groups and evaluated the extent of effective dose and image quality according to the area of the abdominal CT image. As a result, the effective dose was 7.34 mSv in the average area group, 8.39 mSv in the average area and 5.89 mSv in the average area. For the analysis of image quality, ROI was plotted in the same three regions according to the abdominal area. As a result, CT values were significantly different in the abdominal area classified into 3 groups ( $p < 0.05$ ). The results of this study can be used as a basic data for the development of a protocol that can be applied in actual clinical practice. It is thought that it can help to reduce the image quality and the radiation dose.

Keywords: Effective dose, Abdomen Area, Image quality, CT value

## I. INTRODUCTION

CT(Computed Tomography)는 임상에서 진단 및 치료계획영역의 민감도와 특이도가 매우 높아, 정확성을 요구하는 검사에서 많은 이용이 되고 있다.<sup>[1]</sup> CT 영상화 기술은 국민소득향상과 더불어 관심이 증대되고 이와 함께 검사건수 역시 매년 증가하고 있는 것이 현실이다. 또한 인구노령화로 인해 기대수명 증가와 청진기 등을 활용한 경험에 의존하는 진료 방식이 아닌 첨단 영상장비를 이용한 진단방법의 보편화가 최근 의료계 경향이다.<sup>[2]</sup> 이렇듯 인체의 단면영상을 다양한 방향으로 재구성 가능하고 다양한 해부학적 구조를 분해능이 좋은 영상으로 평가를 받고 있는 CT는 방사선 피폭이라는 단점에도 불구하고 정확한 진단이라는 이유로 CT 검사 처방의 비중도 늘고 있고 실제 매년 CT 검사 건수는 증가하고 있는 추세이다. 또한 CT 영상은 의료영상 중 민감도와 특이도 그리고 정확도 역시 높지만 영상

진단분야에서는 방사선 피폭이 가장 높아 일반인의 연간 선량을 증가 시키게 되어 일반인 방사선 피폭 선량 증가의 원인이 되고 있다.<sup>[3,4]</sup> 특히, 복부 CT의 경우 진단적인 측면에서 볼 때 진단적 가치가 매우 우수하여 시술 또는 수술의 지표로 사용될 뿐만 아니라 매우 다양한 임상정보를 제공해 주고 있어 머리 CT와 더불어 가장 많이 촬영하는 부위이다. 복부 CT는 다양한 방법으로 검사를 시행하나 일반적으로 조영제를 이용하여 복부내의 질환 특히, 복부장기의 암의 발견과 암의 전이 유무를 확인함에 있어 매우 유용하다. 하지만 복부면적이 넓은 경우 CT를 이용한 혈관검사 시 복부면적은 조영제에 영향을 받아 조영제의 조영증강효과를 떨어뜨리며 이로 인해 영상의 노이즈를 유발시켜 영상의 질을 저하시킨다고 보고되고 있다.<sup>[5-7]</sup> 즉 복부의 면적은 CT 영상의 화질 저하 뿐만 아니라 방사선 피폭증가의 원인을 제공한다. 일반적으로 복부 CT의 경우 상대적으로 복부의 면적 즉, 가로 세로 지름에 따라 방사선 피폭에 있어

\* Corresponding Author: Hyeon ju Kim

E-mail: gidoong75@naver.com

Tel: +82-31-249-6632

Address: Dongnam Health University, 50, CheonCheon-Ro 74-gil, Jangan-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, Rep.of Korea 38430

가장 큰 영향을 미치고 있다. 즉, 피사체 또는 인체의 두께가 두꺼울수록 방사선의 흡수가 증가하여 복부내의 흡수선량이 증가하게 된다. 결국 인체에 결정적인 영향을 미칠 수 있는 인체피폭선량인 유효선량과 직접적인 관계가 있다. 일반적인 복부 CT 선량은 전체면적 대비 피폭을 측정하여 보고를 하고 있다. 이에 본 저자는 가장 촬영빈도가 많은 복부 CT검사의 데이터를 이용하여 면적을 측정하고 면적에 따른 유효선량 정도와 화질평가에 대한 결과를 제시함으로써 복부 CT검사 시 환자피폭선량 감소에 도움을 주고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

실험대상은 경기도 소재 대학병원에 2018년 1월 1일부터 2018년 6월30일 까지 복부 CT 검사를 위해 내원한 모든 환자의 영상 중 무작위로 선정하여 복부 면적의 크기 별로 20명 씩 60명을 총 3군으로 분류하였다. 복부 CT검사 영상은 의료기관의 동의를 얻어 후향적 분석으로 진행하였다. 영상은 Discovery 750 HD(GE Healthcare, Wisconsin, USA)를 사용하였으며 스캔 시 적용 한 프로토콜은 복부CT 검사 protocol은 관전압 120 kVp, 관전류는 250 mA를 사용하였고, noise index (11.57) 이며 pitch 1.375:1, 절편 두께 5 mm, 절편 간격 5 mm를 적용하여 스캔한 영상 중 배꼽(Umbilicus)을 기준으로 가장 정확하게 촬영된 횡단면(Axial plane)영상을 선정하여 복부의 면적을 측정하였다. 복부 면적측정은 Image J(Version 1.41, W. Rashban, National Institutes of Health, USA)를 이용하였고, 유효선량 평가는 DLP (dose length product, 선량길이 곱)에 복부CT하중계수를 곱하여 산출하였다. 또한 복부면적에 따른 화질변화를 지방(Fat), 근육(Muscle), 뼈(Bone)에 ROI(Region of interesting)를 그려 비교 분석해 보았다. 통계분석은 프로그램 (SPSS 18.0(for Windows : SPSS Chicago, IL. USA)을 이용하였다. 면적에 따른 CTDI, DLP, 유효선량 등은 분산분석(ANOVA test)을 이용 하여 검정 분석을 하였다. 데이터의 p 값이 0.05 미만일 때 통계적 유의성이 있는 것으로 분석 하였다.

### 1. 복부CT영상의 면적 측정

면적 측정은 Fig. 1과 같이 Image J 영상분석 프로그램을 이용하여 면적(cm<sup>2</sup>)을 산출하였으며 평균면적(Average area), 평균면적이상 군(Above the average area), 평균면적이하 군(below the Average area)으로 분류하였다.

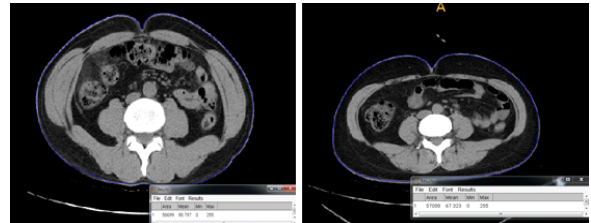


Fig. 1. Image of Abdomen area measurement.

### 2. 유효선량 측정

복부 CT영상과 함께 Fig. 2처럼 표시되는 항목으로, 복부 CT검사 시 검사로 인해 환자가 받은 선량이 DLP로 표시된 표의 값을 이용하였으며 실제 환자가 받은 유효선량 산출 시 일반적으로 대입하는 유럽의 CT 가이드라인 (EUR 16262EN)에서 제시하는 복부 하중계수(0.015 mSv·mGy-1·cm-1)를 곱하여 유효선량(mSv)을 식 1처럼 산출하였다<sup>[8]</sup>.

Exam Description: [CT] Abdomen & Pelvic						
Dose Report						
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm	
1	Scout	-	-	-	-	-
2	Helical	568.250-1401.750	9.09	469.43	Body 32	
200	Axial	580.000-580.000	0.91	0.46	Body 32	
4	Helical	568.250-1161.750	8.44	232.98	Body 32	
4	Helical	568.250-1401.750	9.12	470.92	Body 32	
				Total Exam DLP:	1173.78	

Dose Report						
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm	
1	Scout	-	-	-	-	-
2	Helical	54.750-1475.250	10.02	527.44	Body 32	
200	Axial	52.250-52.250	0.91	0.46	Body 32	
4	Helical	59.500-1265.500	9.79	314.42	Body 32	
4	Helical	59.500-1475.500	10.12	537.42	Body 32	
				Total Exam DLP:	1379.73	

Fig. 2. Image of DLP table for scan dose is displayed.

$$DLP = CTDI_w \text{ nT (mGy} \cdot \text{cm)} \times WT \quad (1)$$

T: 공칭 슬라이스 두께

n: revolution 수(rotation 수)

WT: Tissue weighting factor  
(Abdomen CT; 0.015 mSv·mGy-1·cm-1)

### 3. 복부면적에 따른 화질평가

복부면적에 따라 평균면적 군, 평균면적이상 군, 평균면적이하 군으로 분류한 복부 CT영상을 이용하여 Fig. 3와 같이 배꼽이 가장 깊이 들어가 보이는 영상, 즉 중앙에 해당하는 단면영상을 분류한 군 별로 선택하여 ROI가 분류한 군의 모든 영상에서 포함되도록 최소 3 ~ 최대 4 cm<sup>2</sup> 의 크기로 지방(Fat), 근육(Muscle), 뼈(Bone)에 ROI(Region of interesting)를 그려 복부 면적 변화에 따른 화질을 비교 분석해 보았다.

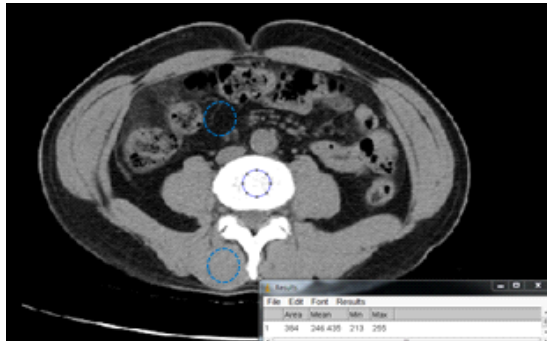


Fig. 3. Image of ROI 1,2,3 setting for image quality evaluation.

## III. RESULT

### 1. 복부CT영상의 면적 측정

3군으로 분류한 총 60명의 복부 CT검사 단면영상을 이용하여 면적(cm<sup>2</sup>)을 평균값을 산출한 결과 Table 1과 같이 전체 대상 영상 중 평균면적 군의 복부면적은 587 ± 18 cm<sup>2</sup>으로 측정 되었고, 평균면적이상 군의 복부면적은 680 ± 32 cm<sup>2</sup>, 평균면적이하 군의 복부면적은 475 ± 27 cm<sup>2</sup>로 측정되었다.

Table 1. Abdominal Area measurement of in group 3 (Unit: cm<sup>2</sup>)

3 Group	Area	Size of abdomen CT center image
Above the average area		680 ± 32
Average area		587 ± 18
below the Average area		475 ± 27

### 2. 유효선량 측정

복부CT영상과 함께 표시되는 DLP값을 이용하여 실제 환자가 받은 평균 유효선량을 산출한 결과 Table 2과 같이 평균면적 군의 평균 유효선량은 7.34 mSv로 산출되었으며, 평균면적이상 군의 평균 유효선량은 8.39 mSv로 산출되었고, 평균면적이하 군의 평균 유효선량은 5.89 mSv로 산출되었다.

Table 2. DLP & effective dose of in group 3

3 Group	Dose	DLP (mGy·cm)	Effective dose (mSv)
Above the average area		392.5	8.39
Average area		489.5	7.34
below the Average area		559.4	5.89

### 3. 복부면적에 따른 화질평가

3군으로 분류한 복부 CT영상 중 중앙으로 설정한 단면영상을 선택하여 지방, 근육, 뼈에 ROI를 그려 복부 면적 차이에 따른 화질을 비교 분석해 본 결과 복부면적이 평균 면적군에서 ROI 1에 해당하는 뼈(Bone)의 평균 면적군의 CT value는 387 ± 18 HU로 측정되었으며, 평균면적 이상군은 413 ± 21 HU, 평균면적 이하군은 318 ± 11 HU로 측정되었다.

Table 3. CT value and p-value in group 3

		CT value	P_value
ROI 1 (Bone)	Above the average area	413 ± 21	0.001
	Average area	387 ± 18	
	below the Average area	318 ± 11	
ROI 2 (Fat)	Above the average area	-141 ± 32	0.001
	Average area	-127 ± 18	
	below the Average area	-109 ± 21	
ROI 3 (Muscle)	Above the average area	81 ± 15	0.001
	Average area	64 ± 7	
	below the Average area	61 ± 11	

ROI 2에 해당하는 지방(Fat)의 평균 면적군의 CT

value는  $-127 \pm 18$  HU로 측정되었으며, 평균면적 이상군은  $-141 \pm 32$  HU, 평균면적 이하군은  $-109 \pm 21$  HU로 측정되었다. ROI 3에 해당하는 근육(Muscle)의 평균 면적군의 CT value는  $64 \pm 7$  HU로 측정되었으며, 평균면적 이상군은  $81 \pm 15$  HU, 평균면적 이하군은  $61 \pm 11$  HU로 측정되었다. 또한 통계 분석결과 면적이 다른 3군에서 서로 다른 해부학적 구조에 ROI를 그려 비교한 결과 복부 면적에 따라 모두 유의한 차이가 있는 것으로 Table 3과 같이 분석되었다( $p < 0.05$ ).

#### IV. CONSIDERATION

CT검사는 방사선 피폭은 X선 발생장치를 이용한 단순촬영에 비하여 상대적으로 신뢰도가 높아, 진단 및 치료 계획 영역에서 정확도가 높아 임상 의료현장에서 CT검사의 건수가 증가하고 있다<sup>[9]</sup>. 이러한 이유로 임상의학에서 방사선 피폭 중 가장 큰 비중을 차지할 정도로 다른 영상 의학적 검사방법에 비해 높은 방사선 피폭 선량을 수반 한다<sup>[10,11]</sup>. CT 영상화 과정은 X선을 이용하며 인체구조를 가시화 시키는 모든 장치에서는 선속을 각 광자에너지가 동일한 단색 X선(Monochromatic X-ray)으로 가정하여 계산을 행하다. 또한 CT 영상은 물질의 밀도차이를 투과한 X-ray 양 또는 강도에 의해 영상정보를 보여준다.<sup>[8]</sup> CT검사 시 피폭선량감소를 위한 방법으로는 임상적으로 영상의 질을 유지하면서 전략적인 방법이 요구되고, 선량감소를 위한 적극적인 방법이 요구된다<sup>[12,13]</sup>. 복부 CT 검사 시 환자의 복부면적은 방사선 피폭뿐만 아니라 영상의 질에 영향을 미친다. 일반적으로 복부 CT 검사 시 복부의 면적이 증가할 경우 상대적으로 질 좋은 영상을 얻기 위해서는 더 많은 스캔조건을 부여하게 되어 상대적으로 CTDI(CT Dose Index)를 높일 수 밖에 없다 결국 환자의 건강에 악영향을 끼칠 수 있다. 우리는 이번 연구에서 일반적으로 동일한 스캔조건을 적용하는 복부 CT검사 시 실제 환자의 복부 면적이 동일한 스캔조건에서 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 하였고 그 중 가장 중요한 복부의 면적에 따라 흡수선량이 어느 정도 차이가 나며 또한 복부의 면적이 화질에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다. 그 결과 평균 면적인  $587 \pm 18$  cm<sup>2</sup>에서 유효선량이 7.34 mSv로

측정되었고 그 때 주요관심 부위의 CT value는 뼈에서  $387 \pm 18$  HU, 지방에서  $-127 \pm 18$  HU, 근육에서  $-109 \pm 21$  HU로 측정되었고, 평균면적이상인  $680 \pm 32$  cm<sup>2</sup>에서 유효선량이 8.39 mSv로 측정되었고, 그 때 주요관심 부위의 CT value는 뼈에서  $413 \pm 21$  HU, 지방에서  $-141 \pm 32$  HU, 근육에서  $81 \pm 15$  HU로 측정되었고, 또한 평균면적이하인  $475 \pm 27$  cm<sup>2</sup>에서 유효선량이 5.89 mSv로 측정되었고, 그 때 주요관심 부위의 CT value는 뼈에서  $318 \pm 11$  HU, 지방에서  $-109 \pm 21$  HU, 근육에서  $61 \pm 11$  HU로 측정되었다. 결국 복부의 전체면적은 환자의 흡수선량 증가와 더불어 복부면적의 크기가 복부CT 단면 영상에서 구현되는 다양한 해부학적 구조를 표현하는 CT value에도 오차에서 벗어나 영상의 화질저하를 유발할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 DLP는 Axial 스캐닝에서 절편 수, 나선형 CT에서 획득시간에 의해 결정되는 스캔 과정의 수를 산출하여 표시된다<sup>[15]</sup>. DLP는 모든 CT검사서 유효선량을 계산하는데 중요한 요소이다. 유효선량을 평가하기 위해 DLP에 상수를 곱하여 산출되어지며, 복부의 DLP가 392.5-559.4 mGy · cm 로 측정되어 유럽의 DRL(Diagnostic reference level) 과 비교 시 DLP가 기준치 이하로 측정되었다. 이번 연구는 피폭 선량을 줄이기 위해 환자에 관련된 인자와 상관관계를 연구하는 것으로 복부뿐만 아니라 모든 CT 검사에 적용하면 환자가 CT 검사에서 방사선 피폭에 대한 걱정을 줄일 수 있고, 유효선량 과다 등 2차 피폭관련 피해를 관리하는데 도움이 될 수 있다. 본 연구를 통해 우리는 복부의 면적이 복부 CT 영상과 환자의 피폭 선량에 미치는 영향은 분석되었지만 환자 성별과 나이, 골밀도와 근육 량, 지방 량 등을 고려하지 않은 면적 값을 적용한 결과이기 때문에 실제 임상에서 복부 CT 검사에 있어 고려하여 선택적으로 활용가능성이 있을 뿐 절대적이지는 못하다는 제한점이 있다. 향후 실제 임상에서 적용할 수 있는 프로토콜을 개발하기 위해서는 본 연구결과를 기초자료로 활용하되 현재 임상에서 CT 검사 시 적용하고 있는 다양한 선량감소 프로그램을 적용 및 복부 면적 외 다양한 환자의 변환 조건 등을 고려하여 연구와 고찰이 필요할 것으로 생각된다.

## V. CONCLUSION

복부 CT 검사 환자의 복부 면적에 따른 유효선량과 화질관계를 파악하였고, 복부의 평균 면적을 기준으로 그 이상 또는 이하 일 경우 영상의 유효선량 및 화질의 변화정도를 알 수 있었다. 따라서 복부 CT 검사 시 면적에 따른 DLP를 고려하여 영상의 질 저하 없이 환자의 피폭선량을 감소시킬 수 있도록 해야 할 것이다.

## Acknowledgement

본 연구는 동남보건대학교 연구비 지원에 의하여 수행된 것임. 본 연구를 위해 지원해 주신 교내 관계자 분들께 진심으로 감사드립니다.

## Reference

- [1] B. G. Yoo, J. S. Lee, K. J. Jang, S. H. Jeon, Y. S. Kim, D. C. Kweon, "Comparison Radiation Dose of Z-Axis Automatic Tube Current Modulation Technique with Fixed Tube Current Multi-Detector Row CT Scanning of Lower Extremity Venography," *Journal of radiation protection and research*, Vol. 32, No. 3, pp. 123-133, 2007.
- [2] N. J. Schneiders, S. C. Bushong "CT quality assurance. Computer assisted slice thickness," *The journal of Association of Medical Physicists*, Vol. 7, No. 1, pp. 61-63, 1990.
- [3] H. J. Kim, "A study of beam hardening effect reduction occur in brain CT," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 16, No. 12, pp. 8479-8486, 2015.
- [4] S. H. Lee, K. H. Yang, D. Y. Kim, S. B. Kim, "MAR method of study use to Dual Source CT," *Journal of korean society of Computed Tomographic Technology*, Vol. 1, No. 15, pp. 177-186, 2013.
- [5] B. Jung, A. H. Mahnken, A. Stargardt, J. Simon, T. G. Flohr, S. Schaller, R. Koos, R. W. Gunther, J. E. Wildberger, "Individual weight CT adapted examination protocol in retrospectively ECG-gated MSCT of the heart," *Journal of European Radiology*, Vol. 13, No. 2, pp. 560-2566, 2003.
- [6] T. Irle, H. Inoue, "Individual modulation of the tube current-seconds to achieve similar levels of image noise in contrast-enhanced abdominal CT," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 184, No. 5, pp. 1514-1518, 2005.
- [7] K. T. Bae, B. A. Seeck, C. F. Hildebolt, C. F. Tao, F. Zhu, M. Kanematsu, P. K. Woodard, "Contrast enhancement cardiovascular MDCT effect of body weight, height, body surface area, body mass index, and obesity," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 190, No. 3, pp. 777-784, 2008.
- [8] European Commission. "European guidelines on quality criteria for computed tomography,"(EUR 16262 EN). Luxembourg, Luxembourg: European Commission, 2000.
- [9] M. Y. Jung, D. C. Kweon, S. I. Kwon, "Effectiveness of bismuth shield to reduce eye lens radiation dose using the photoluminescence dosimetry in computed tomography," *journal of Korean Society Radiological Technologists*, Vol. 32, No. 3, pp. 307-312, 2009.
- [10] H Hricak, DJ Brenner, SJ Adelstein, DP Frush, EJ Hall, RW Howell, "Managing radiation use in medical imaging: a multifaceted challenge," *Journal of Radiology*, Vol. 258, No. 3, pp. 889-905, 2011.
- [11] Mettler FA Jr, Bhargavan M, Faulkner K, Gilley DB, Gray JE, Ibbott GS, "Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources-1950-2007," *Journal of Radiology* Vol. 253 No. 2, pp. 520-531, 2009.
- [12] TH Mulkens, P Bellinck, M Baeyaert, D Ghysen, X. Van Dijck, E Mussen, C Venstermans, JL Termote, "Use of an automatic exposure control mechanism for dose optimization in multi-detector row CT examinations: clinical evaluation," *Journal of Radiology*, Vol. 237, No. 1, pp. 213-233, 2005.
- [13] MK Kalra, MM Maher, TL Toth, "Strategies for CT radiation dose optimization," *Journal of Radiology*, Vol. 230, No. 3, pp. 619-628, 2004.
- [14] S. O. Kweon, K. R. Dong, D. C. Kweon, E. H. Goo, J. Choi, W. K. Chung, "Estimate of radiation dose in MDCT using patient weight," *Korean Journal of Medical Physics* Vol. 21 No. 3, pp. 246-252, 2010.

## 복부직경에 따른 CT유효선량 및 화질변화 비교 분석

윤 준, 김현주\*

동남보건대학교 방사선과

### 요약

본 연구는 경기도 소재 대학병원에 2018년 1월1일부터 2018년 6월30일까지 복부 CT검사를 위해 내원한 모든 환자의 영상 중 무작위로 선정하여 복부 면적의 크기 별로 20명 씩 60명을 총 3군으로 분류하여 복부 CT영상의 면적에 따른 유효선량과 화질의 변화정도를 알아보았다. 그 결과 평균면적 군에서 유효선량이 7.34 mSv로, 평균면적이상 군은 8.39 mSv, 평균면적이하 군은 5.89 mSv로 측정 되었다. 화질분석을 위해 복부면적에 따라 동일한 3영역에 ROI를 그려 비교해본 결과 3군으로 분류한 복부면적에서 모두 CT value가 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다( $p < 0.05$ ). 향후 실제 임상에서 적용할 수 있는 프로토콜을 개발 시 본 연구결과를 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료되며 현재 임상에서 CT검사 시 적용하고 있는 다양한 선량감소 프로그램을 적용 및 복부 면적 외 다양한 환자의 변환 조건 등을 고려하여 연구와 고찰을 도출한다면 화질과 피폭선량 감소에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어: 유효선량, 복부면적, 화질, CT 값

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	윤 준	동남보건대학교 방사선과	교수
(교신)	김현주	동남보건대학교 방사선과	교수