

# Evaluation of Radiation Dose and Image Quality according to CT Table Height

Jongwoong Lee,<sup>1</sup> Hongmoon Jung<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology Kyung Hee University Hospital

<sup>2</sup>Department of Radiological Science Daegu Health College

Received: October 10, 2017. Revised: November 23, 2017. Accepted: November 31, 2017

## ABSTRACT

Computed Tomography (CT) provides information on the Diagnostic Reference Level Computed Tomography Dose Index (CTDI) and Dose Length Product (DLP) for accurate diagnosis of patients. However, it does not provide a dose change according to the table height for the diagnostic reference level provided by the CT equipment. The purpose of this study was to evaluate the image and dose according to the table height change using phantom (PMMA: Polymethyl Methacrylate) in order to find the optimal image and the minimum dose during computed tomography examination. When examining using a 32 cm PMMA phantom with the same thickness as the abdomen of an adult, there was little change in dose with table height. However, the noise evaluation of the image caused a high fluctuation of noise depending on the table height. and in the case of the 16 cm PMMA phantom, the change of the noise was small, but the dose change was about 30%. In conclusion, the location of the patient and the center of the detector are important during computed tomography (CT) examinations. In addition, table height setting is considered to be important for examinations with optimized image and minimum dose.

Keyword: CT radiation dose, CT table height dose, CT patient thickness dose

## I. INTRODUCTION

전산화 단층촬영(Computed Tomography)은 현재 세계적으로 또는 국내의 환자의 진단영역에 많이 사용되는 진단영상 검사장비 중 하나이다. 왜냐하면 CT검사는 공간분해능(spatial resolution)과 대조도 분해능(contrast resolution)이 다른 검사장비에 비해 우수하며 미세병변을 조기에 발견 할 수 있는 특징을 가지고 있기 때문이다. 최근 국내의 통계를 보면 환자의 건강을 위해 사용되는 의료방사선은 매년 증가하고 있다. 국민 1인당 평균적인 연간방사선 검사 수는 2007년 평균 3.3회에서 2011년에는 평균 4.6회로 증가했다.<sup>[1,2]</sup> 이러한 원인은 건강과 복지에 관심이 증가할수록 또한 기대수명치가 증

가할수록 건강검진이 증가 되고 있기 때문이다. CT 검사는 앞으로도 증가할 추세이다. 일반인에 유효 선량한도는 ICRP(International Commission on Radiological Protection) 103 권고에 따라 연간 1mSv로 제한하고 있다. 하지만 CT의 1회 촬영만으로도 이러한 일반인 선량한도를 초과한다. CT는 1회 검사 시에 10mSv의 방사선에 노출이 될 수 있다는 연구결과가 보고되었다.<sup>[3,4]</sup> 이러한 피폭결과가 주는 정보는 빈번한 CT촬영은 환자의 해가 될 수도 있음을 시사한다. 미국에서 연구한 결과에 의하면 약1~2%는 CT 검사에 원인으로 인해 암이 발생되었다고 보고되었다.<sup>[5,6]</sup> 또한 국내 일반인의 방사선 피폭선량 또한 1인 기준으로 0.93mSv에서 1.4mSv로 증가되었다는 연구결과가 보고되었다.<sup>[2,6]</sup> 이러

\*Corresponding Author: Jung hong-moon

E-mail: redmoon74@dhc.ac.kr

Tel: +82-53-320-4523

한 결과에 의한 몇 가지 원인은 국내 일반인들의 CT 검사수가 증가된 원인이라고 할 수 있다. 국내 CT 장비의 보급대수는 2013년 기준으로 약 700만 대로 조사되었으며 이는 2013년 이전에 비해 CT장비가 급격하게 증가된 수치이다. 따라서 국내 CT 장비 수는 세계 OECD 회원국 중 7위에 해당하는 통계적 수치이다.<sup>[5-7]</sup> 전례 연구에 따르면 20세 이전에 CT 검사에 자주 노출된 약 17만 명의 소아나 청소년들의 암 발생률을 역학 조사한 결과 CT 검사의 경험이 없는 소아나 청소년에 비교하여 백혈병이나 뇌암의 발생비율이 증가한다는 결과가 보고되었다.<sup>[6-9]</sup> 왜냐하면 성인이 가지고 있는 세포보다 상대적으로 소아와 청소년의 세포 증식이 활발하고 또한 분화되지 않은 잠재적인 줄기세포(stem cells)가 많이 포함되어 있었기 때문이다. 이것은 베르그니와 트리본드법칙(Tribondeau- Bergo nie law: 1905년)에 기반을 근거로한 방사선감수성 법칙에 기인한다. 그럼에도 불구하고 CT 검사는 건강검진의 증가와 병을 조기에 발견할 수 있다는 장점이 있어 필수불가결적으로 증가되고 있다. 따라서 소아나 청소년의 CT 검사도 증가하고 있다. 이런 이유로 국내에서도 한국식품의약품안전처(Korea Food & Drug Administration: KDFA)에서 2006년CT 검사 시 환자의 선량한도 권고기준을 마련하였고 진단참고 준위(diagnostic reference level, DRL)를 적용한 후 2012년부터 소아환자의 선량한도에 관해서도 권고 기준을 마련하였다. 따라서 이번 연구의 목적은 CT 촬영 시 사용하는 진단참고 준위는 정보를 알 수 있지만 성인 또는 소아환자가 직접 누워 검사되어지는 촬영테이블의 높이에 따른 선량 지표 (computed tomography dose index, CTDI)의 연구가 미흡하다는 점에 착안하여 이런 문제점을 보완하고자 한다. 또한 테이블 높이에 따른 이미지 분석을 통해 최적의 화질과 최소의 선량에 입각한 테이블의 높이의 중요성을 알아보하고자 한다. 또한 진단 참고 준위는 테이블 높이에 따른 선량의 변화를 제공하지 않기 때문에 CT 검사 시 최적화된 선량과 화질을 구현하기 위해 CT 테이블 높이에 따른 방사선 선량과 화질을 비교 평가하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. CT 촬영장비 측정과 팬텀재료정보

표준 CT 선량 측정 팬텀인 16 cm, 32 cm 의 직경을 가진 균질한 PMMA (polymethylmeth acrylate) 을 대상으로 Abdomen CT 검사에 대해 필립스사의 CT (Brilliance CT 16-channel, Philips, Netherlands) 장비를 이용하여 흡수선량을 평가하였고 또한 촬영된 영상의 노이즈를 평가하였다. 첫 번째 실험인 흡수선량 평가 실험 검사 프로토콜은 120 kV, 100mAs, 4.6 cm 의 scan length 로 실험했다. Fig. 1과 같다.



(a) Experimental measuring equipment

PMMA	Width	Height	Around
32 cm	40.21	40.21	1
16 cm	40.21	40.21	1

(b) Polymethyl Methacrylate (PMMA) Phantom information

Scan Option	Pitch	Scan Length	Scan Time	Collimation
HELIX	0.94	48.0 mm	2.99 sec	16 X 1.5 mm

(c) Computed tomography information

Fig. 1. Experimental measuring equipment on computed tomography (A, B image CT setting condition)

검사 테이블의 높이는 1030 mm ~ 830 mm까지 1.5 cm 간격으로 측정하였다. 또한 CT 테이블 높이에 따른 흡수선량을 측정하기 위해 이온챔버 (length 10 cm, model 20X5-3CT)와 계측기 (model 2026; Radical, Monrovia, CA)를 사용하여 5회 이상 측정하여 평균값을 산출하였다. 팬텀내부에 검침자를

삽입하여 조사선량(mR) 값을 측정 후 흡수선량(mGy) 값으로 환산하였다.

### 2. CT 이미지에 의한 화질 평가실험

두 번째 화질 평가 실험은 Image J 프로그램을 사용하여 각각의 높이에 따른 노이즈(noise) 값을 측정하였다. 팬텀의 상부와 하부에 지역을 A와 B라는 동일한 사이즈(40mm X 40mm)의 관심지역(region of interest: ROI) 설정하여 각각의 노이즈를 측정 후 화질평가를 분석하였다. 필터는 medium shrarp 필터를 사용하여 알고리즘을 나타내었다.

### 3. 통계적 분석

통계적 수치 값의 평균 표준편차 값과 유의성 검정은 엑셀을 통하여 T-student (t-test)를 통하여 하였다. 또한 P값 value 0.05<P 이하였을 경우에 통계적 차이가 유의한 것으로 평가하였다.

## III. RESULT

Fig. 2에 결과를 보면 16 cm 과 32 cm 팬텀을 이용한 흡수선량 평가 실험에서 32 cm 팬텀은 테이블 높이가 가장 높은 20mm 에서 2.69 mGy, 155mm 에서 3.4 mGy, 가장 낮은 215mm 에서 3.05 mGy 으로 측정되었다. 16 cm 팬텀은 테이블 높이 20mm 에서 9.14 mGy, 155mm 에서 8.18 mGy, 가장 낮은 215mm 에서 6.02 mGy 으로 측정되었다. 32cm 에서 보다 16cm의 팬텀 내에서 테이블 높이가 증가할수록 흡수선량이 증가함을 알 수 있었다.

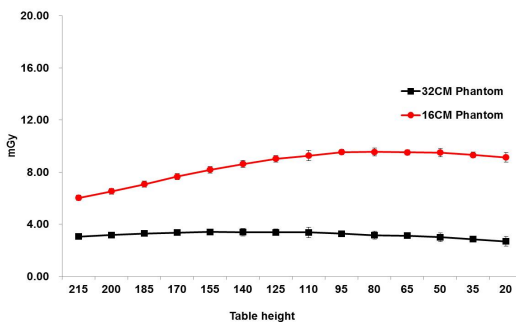


Fig. 2. Results of PMMA phantom absorbed dose data according to the table height.

각각의 피사체의 두께(32cm)가 성인인 경우 방사선

이 거리에 따라 감소되는 거리역사승법칙이 적용되어 흡수선량이 약해지는 결과가 나타난다고 예측할 수 있다. 그러나 16cm의 두께인 소아라고 가정하는 팬텀인 경우에는 거리역사승법칙에 기인하여 방사선량이 감소될 만큼의 두께가 아니기 때문에 소아의 내부 선량이 급격하게 증가 되는 것으로 예측할 수 있다.

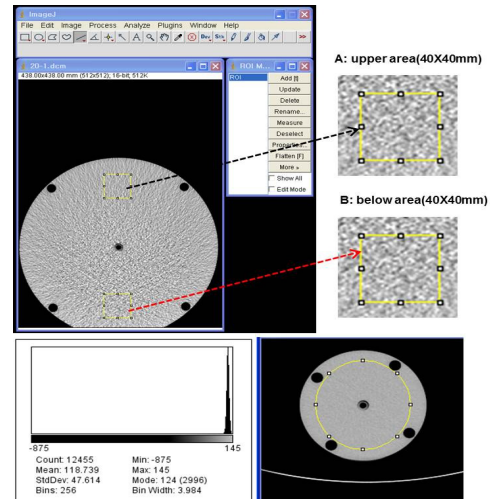


Fig. 3. Measurement of image analysis using to image J programs.

Fig. 3은 이미지J를 사용하여 팬텀을 촬영한 영상이다. 상부와 하부에 각각 40mm X 40mm 의 크기의 정사각형 ROI를 선택하여 노이즈를 분석하였다. 상부를 검은색화살표로 표시하였고 하단부위를 적색화살표로 선택하여 표시하였다. 이미지J 프로그램에서 제공하는 표준 오차 (standard deviation) 를 영상노이즈로 계산하여 이미지를 분석하였다.

32 cm PMMA					16 cm PMMA				
Patient Name: ABD_TEST					Patient Name: P_TEST				
Patient ID: 20150309					Patient ID: 20150321				
Study ID: 104959					Study ID: 104760				
Time: Mar 09, 2015, 19:51:56					Time: Mar 20, 2015, 15:15:49				
Total DLP: 1278.0 mGy*cm					Total DLP: 946.5 mGy*cm				
#	Description	Mode	CTDI [mGy]	DLP [mGy*cm]	#	Description	Mode	CTDI [mGy]	DLP [mGy*cm]
0	Survey	S	0.0	0.0	0	Survey	S	0.0	0.0
1	Helical	H	7.0	63.90	1	Helical	H	7.0	63.10
2	Helical	H	7.0	63.90	2	Helical	H	7.0	63.10
3	Helical	H	7.0	63.90	3	Helical	H	7.0	63.10
4	Helical	H	7.0	63.90	4	Helical	H	7.0	63.10
5	Helical	H	7.0	63.90	5	Helical	H	7.0	63.10
6	Helical	H	7.0	63.90	6	Helical	H	7.0	63.10
7	Helical	H	7.0	63.90	7	Helical	H	7.0	63.10
8	Helical	H	7.0	63.90	8	Helical	H	7.0	63.10
9	Helical	H	7.0	63.90	9	Helical	H	7.0	63.10
10	Helical	H	7.0	63.90	10	Helical	H	7.0	63.10
11	Helical	H	7.0	63.90	11	Helical	H	7.0	63.10
12	Helical	H	7.0	63.90	12	Helical	H	7.0	63.10
13	Helical	H	7.0	63.90	13	Helical	H	7.0	63.10
14	Helical	H	7.0	63.90	14	Helical	H	7.0	63.10
15	Helical	H	7.0	63.90	15	Helical	H	7.0	63.10
16	Helical	H	7.0	63.90	16	Helical	H	7.0	63.10
17	Helical	H	7.0	63.90	17	Helical	H	7.0	63.10
18	Helical	H	7.0	63.90	18	Helical	H	7.0	63.10
19	Helical	H	7.0	63.90	19	Helical	H	7.0	63.10
20	Helical	H	7.0	63.90	20	Helical	H	7.0	63.10
21	Helical	H	7.0	63.90	21	Helical	H	7.0	63.10
22	Helical	H	7.0	63.90					
23	Helical	H	7.0	63.90					
24	Helical	H	7.0	63.90					

Fig. 4. Each results of DICOM header data during the table height change.

Fig. 4는 테이블 높이의 따른 다이콤(DICOM) 헤더(header)가 제공하는 정보를 나타내는 데이터이다. 결과를 보면 각각 테이블 위치가 주는 정보를 통해 DLP 정보와 선량정보(mGy)를 확인할 수 있다.

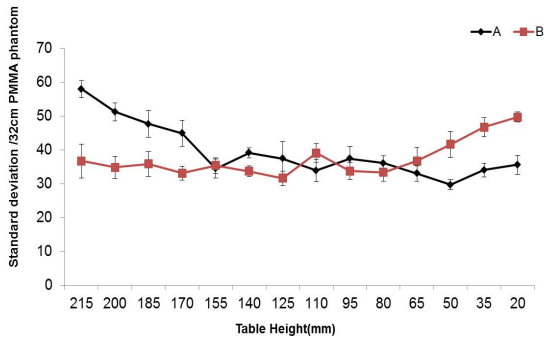


Fig. 5. Results of PMMA phantom standard deviation data dependence on the table height.

Fig. 5는 상측 지역의 노이즈(Noise) 값 측정은 32 cm 팬텀을 대상으로 테이블 높이가 가장 높은 20mm 에서 A 지역 (Area: 40mm X 40mm )은 노이즈 값이 35.6, B 지역 (Area: 40mm X 40mm)에서는 노이즈 값이 49.7, 테이블 높이 155mm 에서는 A 는 노이즈 값 34.5, B 지역 노이즈 값이 35.3, 가장 낮은 215mm 에서 A 지역은 노이즈 값 57.9, B 지역 는 노이즈 값 36.7의 결과가 나타났다. 테이블 높이가 변화 할수록 또한 CT 촬영시 갠트리(gantry)의 중심에서 벗어날수록 A지역과 B지역의 노이즈가 급격하게 증가하는 결과를 나타내었다.

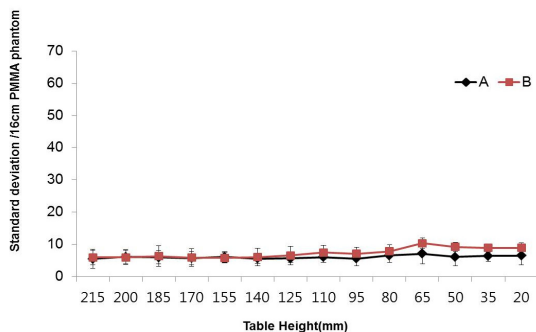


Fig.6. Comparison of PMMA phantom standard deviation data dependence on table height.

Fig. 6. 에서 보면 16 cm 팬텀은 테이블 높이가 가장 높은 20mm 에서 A 지역은 노이즈 값이 6.4, B지역에는 노이즈 값 이 8.9, 그리고 155mm 테이블

높이에서는 A지역의 노이즈 값은 6.1, B지역의 노이즈 값은 5.8로 나타났으며 가장 낮은 215mm 에서는 A 지역의 노이즈 값은 5.5, B 지역의 노이즈 값은 5.9 의 결과를 나타냈다. 16cm의 경우에는 A, B 지역의 노이즈 값의 차이가 없었다. 또한 테이블높이가 변해도 노이즈 값은 차이가 나타나지 않았다. 즉, 유의한 P값 범위를 나타내지 않았다.

#### IV. DISCUSSION & CONCLUSION

컴퓨터단층촬영 (CT:Computed Tomography)은 정확한 진단을 위한 진단참고준위인 전산화 단층촬영 선량지표 (CTDI: Computed Tomography Dose Index)를 제공한다. CTDI 의 정의를 보면 단일 슬라이스 스캔에서 공기 중 또는 CT 선량 측정용 팬텀에서 측정된 선량 프로파일 (dose profile)의 Z-축 방향의 적분 값을 절편두께로 나눈 값이다. 또한 공기 중에서는 CTDI 의 팬텀내부 보다 약 11 % 정도 높은 것으로 알려져 있다. 실험결과로 얻어진 조사선량 (mR) 값을 식(1)에 대입하여 흡수선량을 환산하였다.<sup>[8,9]</sup>

$$CTDI_{100}(mGy) = (f \times C \times E \times L) / (NT) \quad (1)$$

f는 노출에서 공기 중에서의 선량으로 변환하는 요소 (0.87 rad/R)를 나타내며 C 는 이온화전리함파 측정기사이의 보정상수(calibration factor)이며 E 는 360도 회전 노출 측정값 이다. 마지막으로 L 상수는 이온화 전리함 길이(cm)를 나타낸다. PMMA (polymethylmethacrylate) 팬텀 16cm는 환자의 머리의 두께와 같은 지표정보로 사용되지만 이번 실험에서는 소아의 복부 두께로 가정하여 측정하였다. 실험결과는 성인의 두께로 가정한 32 cm PMMA 팬텀의 경우 테이블 높이에 따른 흡수선량의 변화는 거의 없었다. 그러나 영상에 관한 노이즈(noise) 평가에서는 테이블 높이에 따른 노이즈 값의 변동 폭이 컸다. 소아의 두께로 가정한 16 cm 팬텀의 경우 테이블 높이에 따른 노이즈(noise)의 변화는 적은 반면에 선량의 변화량은 약 30 %의 차이가 발생하는 결과를 얻었다. 그러므로 CT 검사에 있어 갠트리(gantry)에 중심에 환자의 검사부위

가 정확하게 가운데 위치하는 것이 선량과 화질 면에서 최적화된 방법이다. 결국, CT를 검사할 시행하는 운영자는 정확한 테이블의 위치를 선택해야 한다. 왜냐하면 테이블의 높이의 조정은 환자를 겐트리 중앙에 위치시키는 핵심적인 조정방법이기 때문이다. 결론적으로 CT 검사테이블의 높이는 중요하게 인식되어야 한다. 특히, 성인이나 소아의 환자인 경우에는 세밀하게 관리가 이루어져야 한다. 국내 CT의 선량기준은 성인 CT 엑스선검사에서의 환자선량 권고는 CTDIvol 경우 두부 60 mGy, 복부 20 mGy, DLP은 두부 1,000 mGy·cm, 복부 700 mGy·cm 로 권고한다. 영국의 경우 방사선방어위원회(National Radiological Protection Board)에서 제시한 2003년 소아가이드라인 지표를 보면 5세인 경우 CTDI vol 두부 50 mGy, 복부 13 mGy, DLP은 두부 470 mGy·cm, 복부 230 mGy·cm 로 권고한다.<sup>[9-11]</sup> 또한 독일에서 제시한 기준은 CTDIvol 이 두부 53 mGy 복부 13.5mGy 이며 DLP는 두부 520mGy·cm 복부 255mGy·cm 량의 권고를 제시하고 있다.<sup>[9]</sup> 따라서 세계적으로 소아나 청소년의 CT 촬영의 선량 기준은 엄격하게 적용하고 있다. 결론적으로 이번 실험은 테이블의 위치의 따른 환자의 촬영중심 선택은 피폭선량과 밀접한 관계가 있다는 결과를 얻었다. 더 나아가 방사선감수성이 높은 소아환자의 경우는 암이 발생할 수 있는 확률이 높기 때문에 보다 신중하게 선량한도 관리에 주의해야 한다. 따라서 CT 장비 특성에 맞게 정확한 테이블 높이의 선택은 소아 검사 시 선량감소의 결정적인 역할을 할 수 있을 것으로 사료된다.

## Reference

- [1] D.J. Brenner, "Estimating cancer risks from pediatric CT: going from the qualitative to the quantitative." *Pediatr Radiol.* Vol. 32, pp. 449-455, 2002.
- [2] X.O. Shu, J.D. Potter, M.S. Linet, et al. "Diagnostic x-rays and ultrasound exposure and risk of childhood acute lymphoblastic leukemia by immunophenotype." *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* Vol. 11, pp. 177-185, 2002.
- [3] W. Huda, "Assessment of the problem: pediatric doses in screen-film and digital radiography." *Pediatr Radiol.* Vol. 33, No. 3, pp. 177-185, 2004.
- [4] D. Hart, D. G. Jones, B.F. Wall. "Coefficients for estimating effective dose from pediatric x-ray examinations." *National Radiological Protection Board Report, R279, NRPB, Oxon, 1996.*
- [5] M. Galanski, H.D. Nagel, G. Stamm, "Paediatric CT exposure practice in the federal republic of Germany: results of a nationwide survey in 2005-2006. *Medizinische Hochschule.*" Hannover. 2007.
- [6] J. Clarke, K. Cranley, J. Robinson, P.H. Smith, A. Workman, "Application of draft European Commission reference levels to a regional CT dose survey." *Br J Radiol.* Vol. 73, No. 865, pp. 43-50, 2000.
- [7] V. Tsapaki, J.E. Aldrich, R. Sharma, et al, "Dose reduction in CT while maintaining diagnostic confidence: diagnostic reference levels at routine head, chest, and abdominal CT-IAEA coordinated research project." *Radiology.* Vol. 240, No. 3, pp. 828-834, 2006.
- [8] D. Hart, B. F. Wall, P.C. Shrimpton, et al, "Reference doses and patient size in pediatric radiology." *National Radiological Protection Board Report, R318, NRPB, Oxon, 2000.*
- [9] "Radiation Safety Management Series No.31 Guideline for patient dose recommendation of CT Medical Imaging." *KFDA, 2012.*
- [10] J.S. Lee, H. J. Kim, I.C. Im, "Analyzed the Computed Tomography Dose Index (CTDI) to the Pediatric Brain CT by Reason of the Observation for the Exposure Dose : Base on a Hospital." *The Korea Contents Society.* Vol. 15, No. 6, pp. 290-296, 2015.
- [11] "Managing Patient Dose in Computed Tomography." *International Radiation Protection Committee publication 87,* 2000.
- [12] J. K. Lee, S. J. Jang, Y.I. Jang, "Medical Radiation Exposure in Children CT and Dose Reduction." *The Journal of the Korea Contents Association.* Vol. 14, No. 1, pp. 356-363, 2014.

## CT 테이블 높이에 따른 방사선 선량 및 화질 평가

이종용,<sup>1</sup> 정홍문<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>강동경희대학교병원

<sup>2</sup>대구보건대학교 방사선과

### 요 약

컴퓨터단층촬영 (CT:Computed Tomography)은 환자의 정확한 진단을 위해 진단참고준위인 전산화 단층촬영 선량지표 (CTDI: Computed Tomography Dose Index)와 (DLP:Dose Length Product)의 정보를 제공한다. 그러나 CT 장비가 제공하는 진단참고준위는 테이블 높이에 따른 선량의 변화를 제공하지 않는다. 이번 연구는 컴퓨터단층촬영 검사 시 최적화된 이미지와 최소선량을 찾기 위하여 컴퓨터단층촬영 테이블 높이 변화에 따른 이미지와 선량을 팬텀(PMMA: Polymethyl Methacrylate)을 사용하여 비교 평가하였다. 성인의 복부와 같은 두께인 32 cm PMMA 팬텀을 촬영할 경우 테이블 높이에 따른 선량 변화는 거의 없었다. 그러나 이미지의 노이즈(Noise) 평가에서는 테이블 높이에 따라 노이즈 변동 폭이 크게 발생되었다. 그리고 16 cm PMMA 팬텀인 경우는 노이즈의 변화는 작지만 선량변화는 약 30 % 발생하였다. 결론적으로 컴퓨터단층촬영 (CT:Computed Tomography)의 검사 시에는 환자의 두께에 중심에 정확하게 일치시켜야 한다. 또한 최적화된 이미지와 최소선량으로 검사하기 위해서는 테이블 높이 설정이 중요할 것으로 사료된다.

중심단어: 컴퓨터 단층촬영 피폭선량, 컴퓨터 단층촬영 테이블높이 선량, 컴퓨터 단층촬영 환자두께 선량