

◆ 원 저 ◆

전산화단층촬영 시 환자 고정 밴드를 이용한 선량의 선택

이용현¹ · 안형택²¹세브란스병원 영상의학과 · ²강동경희대학교병원 영상의학과

Selection of mAs with Using Table Strap in Computed Tomography Scan

Young Hyen Lee¹ · Hyeong Theck An²¹Department of Radiology, Severance Hospital ·²Department of Radiology, Kyung Hee University Hospital at Gang-dong

Abstract

Table straps patient fixture for securing the patient movements and falls, if it designed to measure the abdominal circumference and used as an indicator of dose selection at CT scan, it will prevent the overexposure of dose without degradation of image quality and efficiently manage dose of each type of body to technician to deal with CT. First, in order to compare the dose used in CT image and qualitative characteristics, reference image is obtained by examining the abdominal phantom in same conditions with the hospital 120 kVp, 200 mAs, D-Dom (Dynamic Dose Of Modulation). SNR, PSNR, RMSE, MAE, CTDIvol of CT images are compared with reference image, for comparing with reference image, the image that Umbilicus level image of Abdomen CT is stored in the PACS were used. For comparison, the top 12 o'clock portion of the air drawn from the same ROI was measured. CTDIvol, mAs, etc. In order to analyze the characteristics of the image, by measuring the length of the umbilicus circumference, pattern of the dose was analyzed, by using the analyzed perimeter and dose information, To be identified visually, fixed band that scale marked were produced. Use them, If the length of circumference of less than 60 cm 100 mAs, Case of 61~80 cm 120 mAs, Case of 80~100 cm 150 mAs, more than 100 cm 200 mAs, dose selection based on the perimeter, the image was applied, by compare analyzed with the Reference Image, image quality was assessed, by compare with existing tests that equally 200 mAs applied, How much was confirmed that the dose reduction, 1. Depending on the Abdominal circumference, the average PSNR(dB) of the image that differently dose applied was 45.794, 2. Comparing with existing test, the dose of scan that adjusted the mAs depending on the circumference was decreased about 40%. SNR and PSNR of the image that obtained by adjusting the standard mAs based on dose modulation were

Received March 23, 2011/ 1st Revised April 08, 2011/ 2nd

Revised April 21, 2011/ Accepted for Publication May 03, 2011

Corresponding Author: 안형택

(134-727) 서울시 강동구 동남로 892번지

강동경희대학교병원 영상의학과

Tel: 02) 440-6962 Fax: 02) 440-6932

E-mail: ahnthack@gmail.com

not much different. Therefore, By choosing a low mAs, dose reduction can be obtained, and the dose selection method that measured Abdominal circumference using a fixed band can protect the overexposure and uniformly apply dose of each type of body to technician to deal with CT

Key Words : Computed tomography, Dose selection, Strap, SNR, PSNR

I. 서론

전산화단층촬영에 있어서 적정 선량을 사용하기 위한 선량의 관리는 대단히 중요하다. 그 의미는 의료 X-선 장비의 집단선량을 비교한 조사에서 전산화단층촬영기가 차지하는 선량의 비중을 통해 알 수 있다.^{1~3} 기존의 CT 촬영 시 환자체형을 이용한 선량 감소 방법들을 살펴보면 연령별, 체중, BMI를 이용한 연구 방법들이 대부분이다. 체중이나 BMI는 환자의 체구 특성을 나타내는 한 지표 일뿐이지 실질적으로 Scan되는 목적 부위는 검사자 체형 특성마다 모두 틀리게 나타날 수 있다.^{4~6} 이러한 이유로 Scan전 목적되는 검사 부위의 둘레 길이를 측정하여 선량을 조절하여 검사에 이용하는 방법에 대해 연구 하여본다. Philips사의 Brilliance CT 장치에 사용되는 환자 고정 기구는 CT Scan 중 환자의 움직임 고정 또는 테이블에서의 낙상방지의 목적으로 반드시 사용되는 기구이다(Fig. 1).

CT 검사 시 사용되는 고정기구를 검사 부위의 둘레를 측정 할 수 있도록 자체 제작하여 X-선 조사 시 선량선택의 지표로 사용한다면 영상의 질 저하 없이 선량의 과 피폭을 예방할 수 있고 CT를 운용하는 방사선사에 있어서도 각각의 체형 유형별 선량의 관리 및 선택

에 있어서도 유용하게 사용되어 선량의 과피폭을 예방할 수 있을 것으로 사료된다(Fig. 2).

II. 실험 기기 및 방법

1. 실험 기기

Brilliance 64 Multi detector CT(Philips, Netherland)
Terarecon Intuition edition
EBW(Extended Brilliance Workstation)
Image J 1.42

2. 실험방법

실험 전 본원에서 검사된 Abdomen CT 영상의 선량 및 질적 특성을 비교 분석하기 위하여 Reference CT Image를 획득한다. Reference Image는 본원의 Abdomen CT parameter인 120 kVp 200 mAs 의 조건으로 복부팬텀을 Scan 하여 영상을 얻었고 이 영상을 기준으로 하여 본원에서 촬영된 복부 CT영상의 SNR, PSNR, RMSE, MAE, CTDIvol을 비교한다(Fig. 3).

Reference Image와 비교하기 위한 Abdomen CT의 Image는 PACS에 저장되어 있는 Image 중 Umblicus level의 영상을 이용하였다(Fig. 4).



Fig. 1. Table strap on Brilliance CT(Philips medical)



Fig. 2. Scale marked Table strap for outer circumference measurement

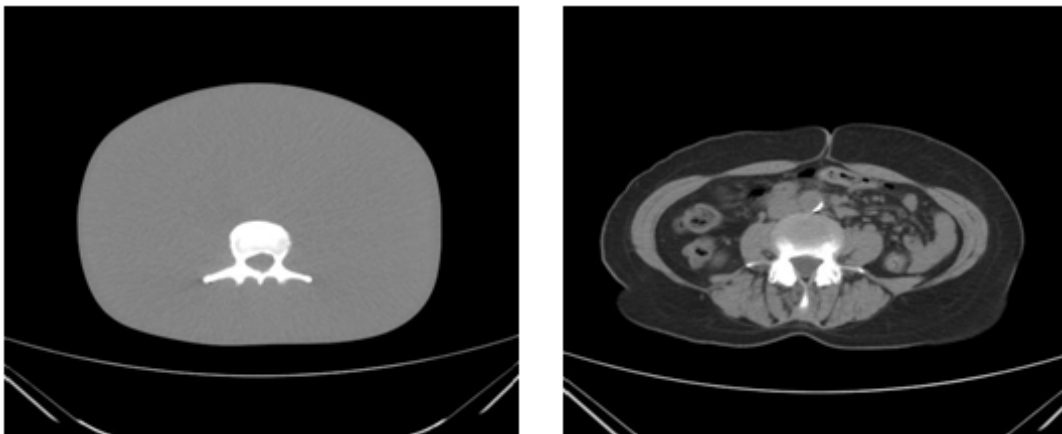


Fig. 3. Reference image(left) and one of compared image(right) reference, compared image exposure on 120 kVp, 200 mAs, D-DOM

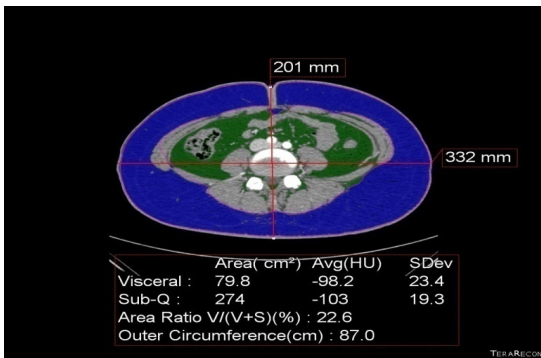


Fig. 4. Measurement of Object size (Diameter, X-Y axis by Terarecon Intuition edition)

Image J Ver. 1.42를 이용한 SNR(Signal Noise Ratio), PSNR(Peak Signal Noise Ratio), RMSE(Root Mean Square Error), MAE(Mean Absolute Error)의

비교분석을 위하여 CT Image의 상단 12시 방향의 공기 부분에서 동일한 ROI(Region of Interest)를 그려 측정하였고, 배꼽부위에서 체적의 둘레길이와 X-축, Y-축의 길이를 측정하여 둘레길이에 따른 선량의 Patten을 분석 하였다. 체적의 둘레길이와 CT No.는 Tera-recon Intuition edition을 사용하여 측정하였다. 본원의 프로토콜인 120 kVp, 200 mAs를 이용하여 검사 된 Abdomen CT의 100 Case 영상의 특성을 Table 1과 같이 얻었다. Table 1의 data를 이용하여 Outer circumference에 따른 mAs의 변화와 Umbilicus level에서 Diameter에 따라 변하는 mAs의 변화를 관찰하였다.

D-DOM이 적용되는 mAs의 특징이, 설정 mAs 이하의 선량이 조사되면서 영상의 Noise per ratio를 관여

Table 1. Acquisition date sheet of umbilicus level CT image(120 kVp, 200 mAs, D-DOM)

Outer Circuference(cm)	kVp	mAs	mA	Mean(HU)	Min(HU)	Max(HU)	SD	SNR(dB)	PSNR(dB)	RMSE	MAE
68.5	120	150	230	-998	-1024	-969	9.54	47.837	47.776	4.061	3.271
70.8	120	157	171	-999	-1024	-967	10.5	46.106	46.046	4.955	3.973
72.2	120	159	229	-999	-1024	-962	10.3	48.252	48.192	3.871	3
80.9	120	167	271	-1003	-1016	-988	4.78	47.668	47.609	4.14	3.264
85.6	120	169	269	-1001	-1021	-981	6.26	45.899	45.839	5.075	4.136
91.7	120	174	269	-1004	-1018	-988	4.92	48.808	48.748	3.631	2.891
94.6	120	174	275	-1002	-1019	-985	5.77	47.845	47.785	4.056	3.218
104	120	176	306	-999	-1024	-954	15.8	47.623	47.563	4.162	3.245

Table 2. Acquisition date sheet of umbilicus level CT image(120 kVp, 150 mAs, D-DOM)

Outer Circumference(cm)	kVp	mAs	SNR(dB)	PSNR(dB)	RMSE	MAE
67.8	120	115	48.024	47.964	3.974	3.282
77.3	120	125	46.72	46.66	4.617	3.591
80.2	120	104	42.925	42.865	7.147	5.718
83.1	120	122	44.818	44.758	5.748	4.509
69.7	120	127	45.799	45.739	5.134	4.155
71.7	120	130	48.899	48.839	3.593	2.945
92.2	120	128	45.204	45.144	5.498	4.227

Table 3. New protocol(selection mAs by outer diameter)

Outer Circumference(cm)	Selective mAs
< 60	100 mAs
61~80	120 mAs
81~100	150 mAs
100 <	200 mAs

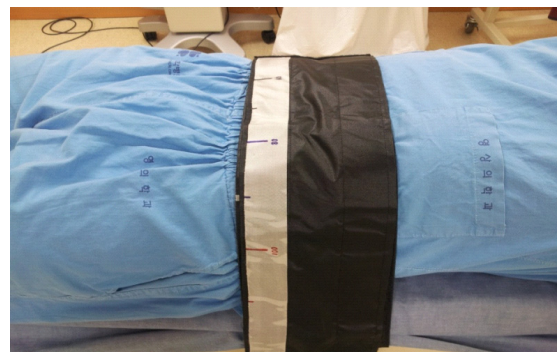


Fig. 5. scale marked Table strap for outer circumference measurement

한다는 이론에 의해 좀더 하한(Lower level) mAs를 설정하여 scan하였을 경우 영상의 질적 변화를 관찰 하고자 본원의 복부 기준 parameter에 150 mAs를 사용하여 실험한 후 Table 2의 Data를 얻었다.

120 kVp, 150 mAs를 일관 적용하여 Scan된 영상의 질이 SNR(42~49 dB), PSNR(42~49 dB)으로 Reference Image와 비교하여도 영상의 질적 차이가 거의 없는 영상을 얻었다. 이로써 Table 2의 Data를 조합하여 본 연구에 사용될 새로운 mAs 선택의 기준을 Table 3과 같이 적용하여 Research CT Scan에 적용했다.

검사하는 환자의 허리 둘레길이에 따라 Table strap에 Figure 5와 같이 표식을 하였다.

둘레길이 60 cm 이하는 100 mAs가 조사 되도록 61~80 cm의 경우는 120 mAs, 81~100 cm의 경우는 150 mAs, 둘레길이 100 cm 이상은 200 mAs가 조사 되도록 Table 3과 같은 새로운 프로토콜을 만들었다.

CT Scan Positioning 시 환자의 배꼽 위치의 Table Strap이 묶이는 정도에 따라 Table 3의 mAs를 검사마다 적용하여 단면영상을 얻었다. Research CT scan을 통하여 얻은 영상의 평가를 위하여 Image J Ver. 1.42를 이용하여 SNR, PSNR, RMSE, MAE 를 구하였고 방법은 본원의 Abdomen CT 프로토콜인 120 kVp, 200 mAs의 조건으로 Scan 된 Phantom 영상을 Reference로 하고 새로운 조건으로 Scan 된 영상과 같은 위치인 공기 영역의 ROI를 정하여 영상을 평가 하였다(Fig. 6, 7).

영상의 평가는 Image J Ver 1.42를 이용하여 각각의 영상마다 SNR, PSNR, RMSE, MAE를 구하여 영상 평가에 이용하였다. Table 4를 새로운 프로토콜인 Table 3의 mAs 값을 적용하여 얻은 영상을 Image J Ver. 1.42를 이용하여 계산된 Data이다.

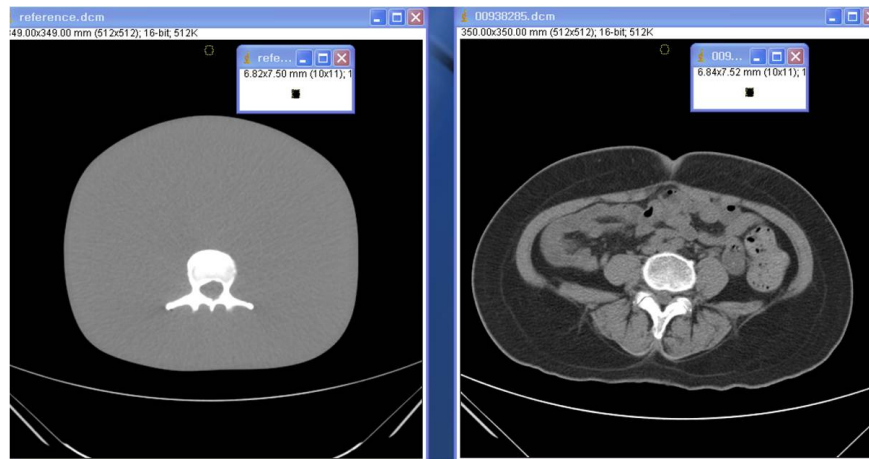


Fig. 6. Compared image by Reference image

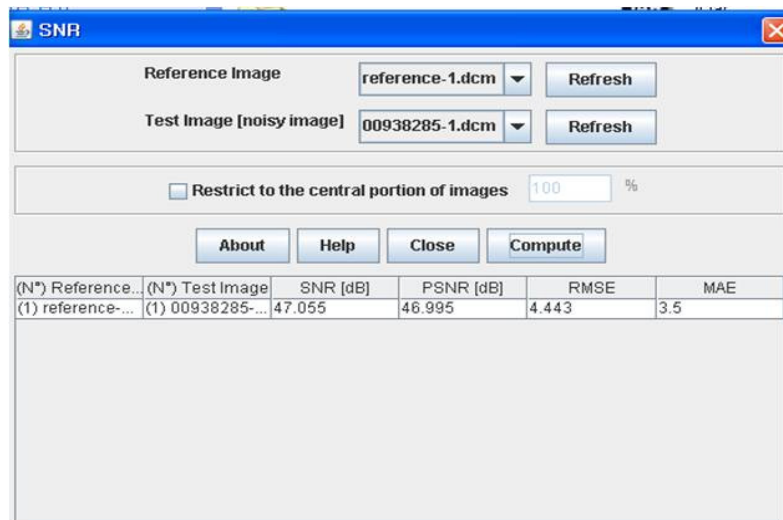


Fig. 7. Calculated data by Reference image

Table 4. Compare of (P)SNR, RMSE, MAE of researched image by reference images(8 case of example)

Reference image	Test image	SNR(dB)	PSNR(dB)	RMSE	MAE
reference-1.dcm	100 mAs.dcm	45.108	45.048	5.559	4.318
reference-1.dcm	100 mAs-1.dcm	46.243	46.184	4.878	3.827
reference-1.dcm	120 mAs.dcm	44.245	44.185	6.139	4.727
reference-1.dcm	120 mAs-1.dcm	43.964	43.904	7.983	6.236
reference-1.dcm	150 mAs.dcm	44.494	44.434	9.455	7.673
reference-1.dcm	150 mAs-1.dcm	47.934	47.875	4.015	3.318
reference-1.dcm	200 mAs.dcm	46.491	46.431	4.741	3.818
reference-1.dcm	200 mAs-1.dcm	48.375	48.315	3.816	3.055

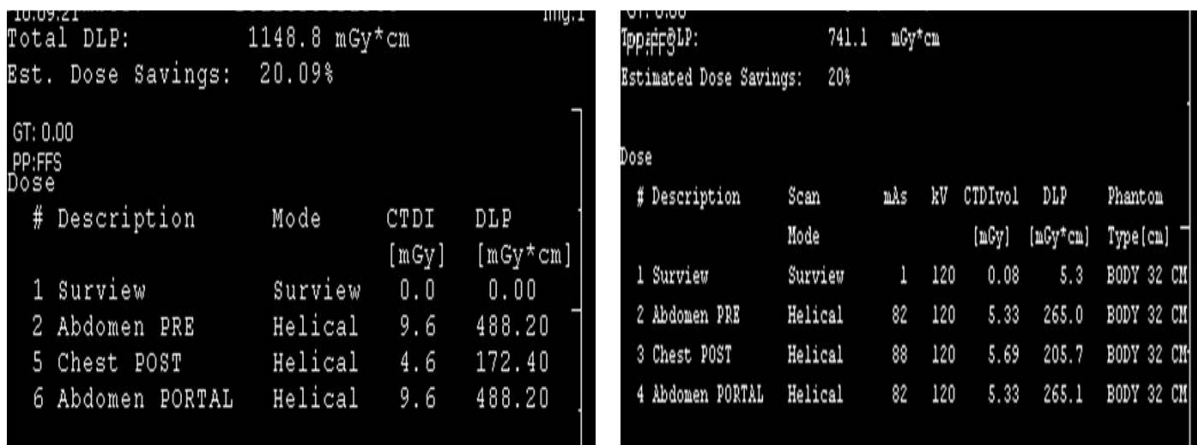


Fig. 8. Dose table(Scan by Old protocol is right image and left image is new protocol)

III. 결과

본원의 프로토콜로 검사된 영상과, 150 mAs를 일괄적으로 조사하여 얻은 영상에서의 특징은 환자의 체형이나 Topogram에 따라서 차이를 보였지만 체적의 둘레 길이에 비례하여 mAs가 높아지는 것을 알 수 있었다.

복부 둘레길이에 따라 차등적으로 선량을 적용시킨 100건 영상의 평균 PSNR(dB)은 45.794였다.

둘레길이에 따라 mAs를 조절 하여 검사하였을 때의 선량은 CTDIvol(mGy)를 기준으로 하였을 때 기존의 검사에 비해 약 40% 감소효과를 보였다(Fig. 8).

IV. 고찰

각각 다른 체형을 가진 영상을 다른 parameter로 검사한 CT 영상의 비교는 매우 어려운 일이다. 보통 정성적 평가를 통해 시각적으로 영상의 비교를 하는 방법이 보편화 된 방법이다. 그러나 본 연구에서는 Image J Ver. 1.42를 이용하여 영상의 질적 평가를 객관화 하고자 하였다.^{7~9} 그러나 영상의 평가를 위한 같은 조건의 관심 영역을 찾기란 쉬운 일이 아니다. 그래서 선택한 방법이 영상의 Noise에 따라 차이는 있지만 CT No. 상 항상 같은 값을 갖는 Air 영역에서의 같은 ROI를 설정하여 영상의 평가에 이용한 것이다.^{10~11} CT 영상을 평가하는 방법으로서의 적합함에 검증된 방법이 아니라는 적절성에 의문이 있지만, 영상의 표현에 관여하는 여러 가지 주변 변수를 고려하여 연구에 이용한다면 향후 좀 더 구체적이고 확실한 영상평가방법으로 사용 되어질 수 있다고 생각한다.

V. 결론

Dose Modulation의 기준 mAs를 조절하여 얻은 영상의 SNR과 PSNR이 크게 차이가 없었다는 것은 낮은 mAs의 선택으로 선량 감소효과를 얻을 수 있다는 것이다. 이는 기존의 선량선택으로 검사하는 방법보다 가능한 한 선량(mAs)을 낮추어 검사하여도 영상의 질은 시각적으로 보기에 저하가 없다는 것이다. 일반적으로 일생에 1~2회 검사를 하는 경우에 CT의 피폭선량이 ICRP에서 권고하는 선량보다 낮다고 해서 쉽게 간과할 문제는 아니라고 볼 수 있다. 질병의 추적검사, 추가 검사를 하는 환자의 경우 추가 적인 피폭 선량이 무시 못할 높은 누적 선량으로 환자에게 조사 되고 있기 때문이다. 본원의 한 예를 들면, 추적 검사를 CT로 하는 환자의 경우를 볼 때 기존 프로토콜로 검사한 선량과 새로운 체적에 맞춘 프로토콜로 검사한 영상의 차이는 수치상으로 차이가 없다는 것이 증명 되었다. 그러나 선량의 측면에서는 40% 이상의 선량 감소 효과를 보였고 수치상으로 1148 mGy x cm의 흡수선량이 741 mGy x cm으로 감소되는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 고정 밴드의 약세사리를 이용하여 측정된 둘레길이를 이용한 선량 선택 방법은 CT 장비를 운용하는 Technician마다 선량선택 시 어렵지 않게 과 피폭을 방지할 수 있으며 체형에 따른 획일적인 검사방법으로 적용될 수 있다.

참고문헌

1. Jones DG, Shrimpton PC. Normalized organ doses for X-ray computed tomography calcu-

- lated using Monte Carlo techniques. Chilton: National radiological protection board; 1993. Contract No.: NRPB-SR 250.
2. Jones DG, Shrimpton PC. Survey of CT practice in the UK, Part 3: Normalized organ doses calculated using Monte Carlo techniques. Chilton: National radiological protection board; 1991. Contract No.: NRPB-R250.
 3. Kwon SO, Dong KR, Kweon DC, Goo EH, Choi JW, Chung WK. Estimate of Radiation Doses in MDCT Using Patient Weight. *Korean Journal of Medical Physics* 2010; 21: 246-52.
 4. Ryu GB, Kim HS, Lyu KY, Dong KR, Kweon DC. The Assessment of Scattered Ray According To The Beam Thickness of Z-axis in MDCT(Multi Detector Computed Tomography). *Journal of Radiological and Science and Technology* 2010; 33: 127-32.
 5. Hong SI, Dong KR, Ryu YH. SNR and PSNR measurements and analysis of median filtering for the removal of impulse noise from CR imaging. *International Journal of Contents* 2009; 5: 7-12.
 6. Jang KJ, Kweon DC, Lee JW, Choi JW, Goo EH, Dong KR, et al. Measurement of Image Quality in CT Images Reconstructed with Different Kernels. *Journal of the Korean Physical Society* 2011; 58: 334-42.
 7. Funama Y, Awai K, Nakayama Y, Kakei K, Nagasue N, Shimamura M, et al. Radiation dose reduction without degradation of low-contrast detectability at abdominal multisection CT with a low-tube voltage technique: phantom study. *Radiology* 2005; 237: 905-10.
 8. Huda W, Ravenel JG, Scalzetti EM. How do radiographic techniques affect image quality and patient doses in CT?. *Semin Ultrasound CT MR* 2002; 23: 411-22.
 9. Kalra MK, Maher MM, Toth TL, Schmidt B, Westerman BL, Morgan HT, et al. Techniques and applications of automatic tube current modulation for CT. *Radiology* 2004; 233: 649-57.
 10. Herlihy V, McCollough CH, Branham TA, Bush KM, Zeman RK. Use of Clinical CT Scan Parameters to Predict Patient Dose versus Measured CT Dose Index (CTDI_w): An Analysis of the American College of Radiology (ACR) CT Accreditation Database; *Radiological Society of North America*; Chicago, IL; 2006.
 11. McCollough CH. It is time to retire the computed tomography dose index (CTDI) for CT quality assurance and dose optimization. Against the proposition. *Med Phys* 2006; 33: 1190-1.