

◆ 원 저 ◆

흉부 Phantom을 이용한 Low Dose CT의 관전압과 ASIR(Adaptive Statistical Iterative Reconstruction) 적용에 따른 영상평가 및 피폭선량에 관한 연구

황혜성¹ · 김누리¹ · 정윤지¹ · 구은희¹ · 김기정²

청주대학교 방사선학과¹ · 건국대학교병원²

A study of image evaluation and exposure dose with the application of Tube Voltage and ASIR of Low dose CT Using Chest Phantom

Hyeseong Hwang¹ · Nuri Kim¹ · Yoonji Jeong¹ · Eunhoe Goo¹ · Kijeong Kim²

Department of Radiological Science, Cheongju University¹ ·

Department of Radiology, Konkuk University Hospital²

Abstract

Purpose: The purpose of this study has attempted to evaluate and compare the image evaluation and exposure dose by respectively applying Filtered Back Projection(FBP), the existing test method, and Adaptive Statistical Iterative Reconstruction(ASIR) with different values of tube voltage during the Low Dose Computed Tomography(LDCT).

Materials and Methods: With the image reconstruction method as basis, Chest Phantom was utilized with the FBP and ASIR set at 10%, 20% respectively, and the change of Tube Voltage (100kVp, 120kVp). For image evaluation, Back ground noise, Signal to Noise ratio(SNR) and Contrast to Noise ratio(CNR) were measured, and, for dose evaluation, CTDIvol and DLP were measured respectively. The statistical analysis was tested with SPSS(ver. 22.0), followed by ANOVA Test conducted after normality test and homogeneity test. ($p < 0.05$). Results: In terms of image evaluation, there was no outstanding difference in Ascending Aorta(AA) SNR and Infraspinus Muscle(IM) SNR with the different values of ASIR application($p < 0.05$), but a significant difference with the different amount of tube voltage($p > 0.05$). Also, there wasn't noticeable change in CNR with ASIR and different amount of Tube Voltage ($p < 0.05$). However, in terms of dose evaluation, CTDIvol and DLP showed contrasting results($p < 0.05$). In terms of CTDIvol, the measured values with the same tube voltage of 120kVp were 2.6mGy with No-ASIR and 2.17mGy with 20%-ASIR respectively, decreased by 0.43mGy, and the values with 100kVp were 1.61mGy with No-ASIR

Received: Sep. 30, 2014./Accepted for Publication: Dec. 15, 2014.

Corresponding Author: 구은희

298, Daeseong-ro, Sangdang-gu,

Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, Korea

Tel: 043-229-7994

E-mail: eunhoegoo@gmail.com

and 1.34mGy with 20%-ASiR, decreased by 0.27mGy. In terms of DLP, the measured values with 120kVp were 103.21mGy · cm with No-ASiR and 85.94mGy · cm with 20%-ASiR, decreased by 17.27mGy · cm(about 16.7%), and the values with 100kVp were 63.84mGy · cm with No-ASiR and 53.25mGy · cm with 20%-ASiR, a decrease by 10.62mGy · cm(about 16.7%). Conclusion: At lower tube voltage, the rate of dose significantly decreased, but the negative effects on image evaluation was shown due to the increase of noise. For the future, through the result of the experiment, it is considered that the method above would be recommended for follow-up patients or those who get health checkup as long as there is no interference on the process of diagnosis due to the characteristics of Low Dose examination.

Keywords: Chest Phantom, Low dose CT, ASiR

I. 서론

오늘 날 환자 진단에 있어서 CT 검사는 진단 영역에서 정확도가 높고 신속성이 뛰어나 매우 중요하다. CT 검사가 중요해 짐으로써 방사선피폭에 대한 관심 또한 증가하고 있다. 건강보험심사평가원에 따르면 우리나라의 총 CT 검사 건수는 해마다 증가하고 있다. 2006년 2,833천 건, 2007년 3,439천 건, 2008년 4,112천 건, 2009년 4,785천 건, 2010년 상반기 2,619천 건으로 CT 검사 건수를 발표하고 있다.¹⁾ 이러한 검사 건수의 증가는 의료 피폭 전체를 증가시키는 주요 원인이 되었으며 이에 따라 CT 검사를 시행하는 환자는 피폭 선량의 관심 대상이 되고 있다.²⁾ 이런 상황에서 영상의 질과 환자의 선량 감소 모두를 지키려고 제조사들은 여러 방법을 고안하였다. 인체의 중요장기를 보호하기 위한 bismuth shield와 자동노출장치(Automatic Exposure Control, AEC), 그리고 dual energy scanning 같은 방법들이 대표적인 것들이다. 또한 최근에 기존의 재구성 방법인 Filtered Back Projection(FBP) 와 환자 선량을 감소시키면서 노이즈도 낮춰 영상의 질을 높일 수 있는 반복적재구성기법(Iterative Reconstruction)이 나왔다. 장비사별로 IRIS(Iterative Reconstruction In image Space), ASiR(Adaptive Statistical Iterative Reconstruction), IARD(Adaptive Iterative Reconstruction), 그리고 iDose 등이 있다. 흉부(Chest) CT의 검사는 폐와 기관지, 흉막, 종격동, 갈비뼈, 대동맥 및 폐의 대혈관, 식도 등 흉부의 여러 장기와 구조를 볼 수 있는 검사이다.³⁾ 간단하면서도 흉부 질환을 진단 하는 데 가장 정확한 검사 방법이다. 피폭 선량을 줄이기 위해 영상이 흐리거나 연하게 나올 수 있지만 검진 목적이나

follow-up check가 목적인 환자라면 방사선 피폭이 일반 CT의 1/5정도 밖에 되지 않는 저선량 흉부CT(Low Dose CT, LDCT)로 부담 없이 검사가 가능하다.⁴⁾ 저선량 CT로 흉부 X-Ray만으로는 볼 수 없는 폐의 미세한 병변까지도 발견이 가능하다. 저선량 CT에 의한 폐질환의 선별검사에 대하여 관심을 갖게 된 것은 피폭선량을 감소시키면서 질환을 발견하는데 민감도가 높은 영상을 얻을 수 있기 때문이며, 또한 특별한 전처치나 조영제를 사용하지 않고, 비침습적이고 검사시간이 짧으며, 비용-효과(cost-effective)면에서 우수하기 때문으로 생각된다.⁵⁾ 이에 본 연구에서는 저선량 흉부 CT검사에서 관전압의 변화와 ASiR적용⁶⁾을 통해 피폭선량 및 화질을 비교 평가해 보고자 하였다.

II. 대상 및 방법

2.1 대상 및 방법

흉부 phantom을 이용하여 재구성방법에 따라 FBP와 ASiR적용(10%, 20%)을 하였고, 더불어 관전압(100kVp, 120kVp)에 변화를 주어 실험을 하였다.

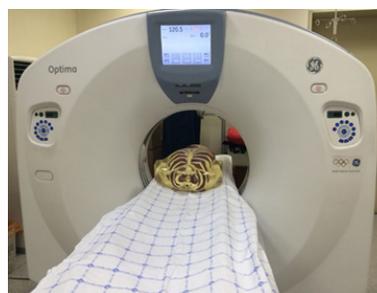


Figure 1. 64 MDCT (Optima™ CT 660 CT Scanner, GE Healthcare Company, USA).



Figure 2. Anthropomorphic Chest Phantom (Flukebrome medical, USA).

2.2 영상획득 및 평가방법

영상획득은 팬텀 연구에서 사용한 CT장비를 사용하였다. 조영제를 사용하지 않은 영상(non-contrast image)에서 기관분기부 위치(level of carina bifurcation)의 종격동 영상(mediastinal image)을 본 연구를 위해 사용하였다. 피폭선량 평가는 장비에서 자동계산 되어지는 CTDIvol과 DLP를 기록하여 분석하였다. 화질평가는 정량적 분석 방법으로 영상의 상행대동맥(ascending aorta)과 가시아래근(inraspinatus muscle)에서 CT number (HU, Hounsfield unit)와 잡음(noise)을 측정하였고⁷⁾, 신호대잡음비(signal-to-noise ratio, SNR)와 대조도잡음비(contrast-to-noise ratio, CNR)를 구하기 위해서 back-ground noise을 측정(영상 앞쪽 1cm 위치 공기 중)하였다. 측정에서 관심 영역(region of interest)은 모두 100~110cm² 범위였고, 6회 측정하여 평균값을 구하였다. 관심 영역내의 잡음은 CT number의 표준편차(HU, standard deviation)로 정의하였다.

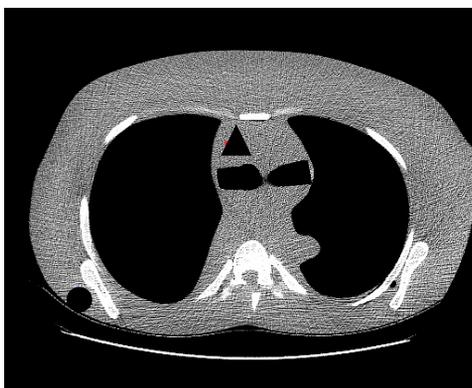


Figure 3. CT number 와 noise는 각각 ascending aorta (▲)와 inraspinatus muscle(●)에서 측정 되었다.

2.3 영상분석(Image analysis)

2.3.1. 정량적분석

화질평가를 위해 Back-ground noise와 Signal-Noise ratio(SNR), Contrast-Noise ratio(CNR)를 구하였으며, 선량평가를 위해 CTDIvol과 DLP를 구하였다.

Table 1. Scan parameters for thhis study

Scan Parameters	
Detector Coverage	40mm
Thickness, Interval	5.0/2.5 mm
kVp	120/100
mA	60
Rotation Time	0.5sec
Pitch	0.984:1
DFOV	360mm
Algorithm	Bone

$$SNR = \frac{AA \text{ (or IM) CT Number}}{\text{background noise}}$$

$$CNR = \frac{IM \text{ CT Number} - AA \text{ CT Number}}{\text{background noise}}$$

$$CTDIvol = CTDIw \times NT / I$$

$$DLP = CTDIvol \times cm$$

*AA : Ascending Aorta

IM : Inraspinatus Muscle

SNR : Signal to Noise Ratio

CNR : Contrast to Noise Ratio

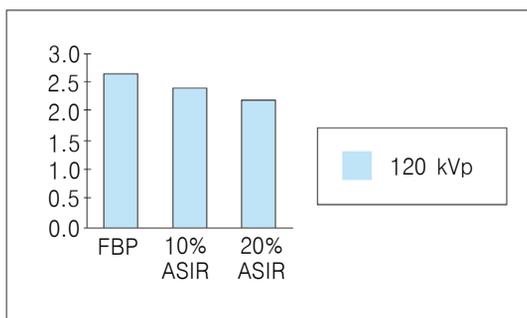
2.3.2 통계분석

통계분석은 SPSS(ver. 22.0)을 이용하였고, 정규성검정과 동질성검정을 한 후 ANOVA Test를 이용하였다. (p<0.05).

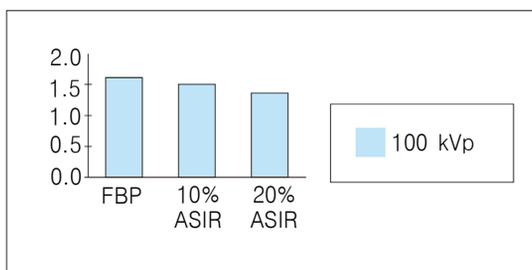
Ⅲ. 결과

화질평가에 있어 ASIR적용에 따른 Ascending Aorta(AA) SNR과 Inraspinatus Muscle(IM) SNR은 유의한 차이가 없었으며(p<0.05), kVp에 따른 AA SNR과 IM SNR은 유의한 차이가 있었다(p>0.05). 또한, ASIR와 관전압 변화에 따른 CNR은 유의한 차이가 없었다(P<0.05). 선량평가에 있어 CTDIvol과 DLP는

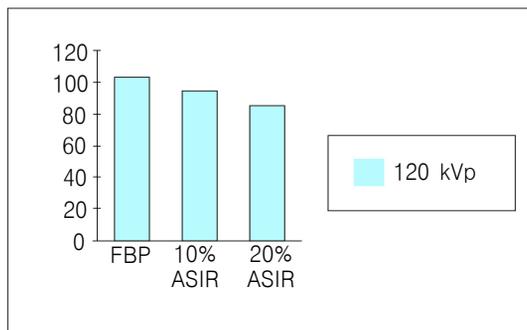
유의한 차이가 있었으며($p < 0.05$), CTDIvol은 120kVp, No-ASIR가 2.6mGy, 120kVp, 20%-ASIR가 2.17mGy로 0.43mGy 감소하였고, 100kVp, No-ASIR가 1.61mGy, 100kVp, 20%-ASIR가 1.34mGy로 0.27mGy 감소하였다. 또한 DLP에서는 120kVp, No-ASIR가 103.21 mGy · cm, 120kVp, 20%-ASIR가 85.94mGy · cm로 17.27mGy · cm(16.7%) 감소하였고, 100kVp, No-ASIR가 63.84 mGy · cm, 100kVp, 20%-ASIR가 53.25mGy · cm로 10.62 mGy · cm(16.7%)로 감소하였다.



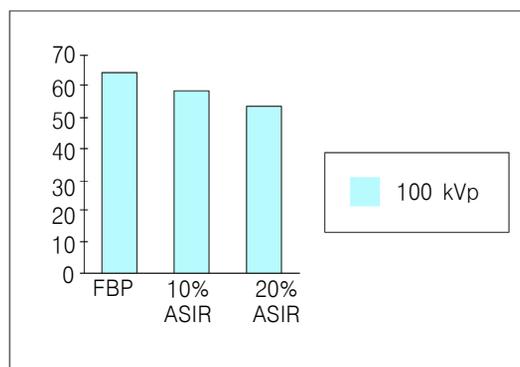
[Fig. 1] Comparison of CTDIvol 120kVp In terms of CTDIvol, the measured values with the same tube voltage of 120kVp were 2.6mGy with FBP and 2.17mGy with 20%-ASIR respectively, decreased by 16.5%



[Fig. 2] Comparison of CTDIvol 100kVp were 1.61mGy with FBP and 1.34mGy with 20%-ASIR, decreased by 16.7%.



[Fig. 3] Comparison of DLP 120kVp In terms of DLP, the measured values with 120kVp were 103.21mGy · cm with FBP and 85.94mGy · cm with 20%-ASIR, decreased by 16.7%.



[Fig. 4] Comparison of DLP 100kVp were 63.84mGy · cm with FBP and 53.25mGy · cm with 20%-ASIR, a decrease by 16.7%.

Table 2. Comparison of Dose Exposure and Image Quality between 120kVp 100kVp

	120kVp FBP	120kVp ASIR 10%	120kVp ASIR 20%	100kVp FBP	100kVp 10% ASIR	100kVp 20% ASIR	p-
AA SNR	1.39±0.14	1.48±0.14	1.46±0.16	0.81±0.11	0.89±0.08	0.84±0.12	0.000
IM SNR	2.02±0.25	2.21±0.34	2.12±0.27	1.41±0.16	1.47±0.18	1.34±0.18	0.000
CNR	0.62±0.19	0.72±0.23	0.65±0.14	0.6±0.12	0.57±0.11	0.49±0.15	0.275
CTDI	2.6±0	2.38±0	2.17±0	1.61±0	1.48±0	1.34±0	0.000
DLP	103.21±0.07	94.57±0.07	85.94±0.02	63.87±0.04	58.54±0.04	53.25±0.02	0.000

IV. 고찰

CT검사는 일반 단순 X선 검사나 투시 조영검사와 비교할 때 환자에 대한 방사선 피폭이 더 많은 것으로 보고되었다. CT 촬영시 피폭선량 감소를 위해 몇 가지 접근법이 활용 되어 왔다. 이들 접근법 중에는 환자 선량을 감소시키면서 노이즈도 낮춰 영상의 질을 높일 수 있는 반복적재구성기법 ASIR(Adaptive Statistical Iterative Reconstruction)가 있다.⁸⁾ 반복적 재구성 원리에 근거해 잡음을 줄이면서 영상 화질을 향상 시키는 적응식 통계적 재구성법 (ASIR)는 기존의 역투영법에 의존하던 방식에서 통계적으로 영상을 반복 재구성하는 ASIR를 적용함에 따라 저선량 검사로도 진단적으로 가치가 있는 영상을 구현할 수 있게 되었다.⁹⁾ 이러한 재구성 방법은 환자 선량을 감소시키며 진단적 가치가 있는 화질의 영상을 생성 할 수 있다.¹⁰⁾

ASIR법은 기존의 영상 재구성인 역투영법(FBP)을 바탕으로 Noise map을 만들게 되고 통계적 모델을 구성하여 FBP과정을 지나 피사체의 원본 영상과 적절하게 혼합하여 새로운 영상 재구성 방법이다. ASIR는 10%에서 100% 까지 다르게 적용할 수가 있으며 100% 까지 올려서 적용하면 image noise가 너무 적어져서 image가 인공적인 것처럼 보이게 된다.¹¹⁾ 진단을 위해서 사용하기에 100%까지 올려 적용한 ASIR가 적합한 지는 아직 실제로 판명되지 않았지만 대부분의 사용자들은 noise를 줄이는 동시에 ASIR를 적용하지 않은 영상과 동일한 진단 정보를 제공하는 적절한 ASIR수준인 30% 혹은 40%를 선호한다.¹²⁾

하지만 본 연구에서 사용된 CT장비에 정해진 scan protocol 때문에 ASIR 30% 부터는 적용이 되지 않았다. 그리하여 ASIR는 10%, 20%를 적용하고 관전압을 변화시킴으로써 영상의 질에 미치는 영향과 피폭선량 감소에 대해 알아보고자 하였다.

선량평가의 경우 CTDIvol 결과는 120kVp에서 ASIR 적용 하지 않은 FBP는 2.6mGy, ASIR 10%에서 2.38mGy, ASIR 20%에서 2.17mGy로 16.5% 감소 하였고, 100kVp에서 ASIR 적용 하지 않은 FBP는 1.61mGy, ASIR 10%에서 1.48mGy, ASIR 20%에서 1.34mGy로 16.7% 감소하였다. DLP 결과는 120kVp에서 ASIR 적용 하지 않은 FBP는 103.21mGy·cm, ASIR 10%에서 94.57mGy·cm, ASIR 20%에서 85.94mGy·cm로 16.7% 감소하였고, 100kVp에서 ASIR 적용 하지

않은 FBP는 63.84mGy·cm, ASIR 10%에서 58.54mGy·cm, ASIR 20%에서 53.25mGy·cm로 16.6% 감소하였다.

본 연구의 제한점으로는 적은 Sample 수와 관전압 100kVp, 120kVp, ASIR 10%, 20% 뿐인 적은 변수 그리고 임상연구가 없이 흉부 Phantom으로만 연구가 진행된 점이다.

향후에는 더 많은 Sample 수와 변수를 가지고 임상연구까지 진행하여 보완한다면 더욱 발전된 연구로 풍부한 결과가 나타날 수 있을 것이라 사료된다.

V. 결론

건강에 대한 관심이 높아지면서 저선량 흉부 CT검사 횟수가 증가하고 있다. 저선량 흉부 CT는 민감도가 높으면서, 선량이 적고, 전처치나 조영제를 사용하지 않으면서, 비침습적이고, 검사시간이 짧고, 비용-효과면에서 우수하기 때문에 선별검사로 많이 이용되고 있으나, 건강 검진 목적의 선별검사로서는 이견과 논란이 많아 권장되지 않는다. 무증상기의 고위험군에 대한 선별검사를 시행하는 피검자에게는 필요이상의 피폭선량을 증가시켜 그 효율성에 대해서는 많은 우려를 하고 있다. 본 연구에서는 저선량 CT의 검사라도 관전압 변화와 ASIR를 적용함으로써 환자의 피폭선량을 감소시켜 보고자 하였다. 재구성방법에 따른 FBP와 ASIR 10%, 20%에서는 화질의 변화 없이 선량을 줄일 수 있어 흉부 Low dose CT검사 시 ASIR 20%적용하여 검사하는 것이 좋으며, 관전압 변화에 따른 120kVp와 100kV에서는 선량은 크게 줄어들었지만, noise가 증가하여 화질이 떨어지는 것으로 나타났다. 하지만 Low dose검사 특성상 건강검진 환자나 follow-up 환자에 있어 진단에 무리가 없는 한 권고되어질 방법으로 사료된다.

참고문헌

1. 손은영, 홍선숙, 복부 CT에서 Adaptive statistical Iterative Reconstruction과 Model-Based Iterative Reconstruction의 사용에 따른 선량 감소 및 화질 평가. Journal of the Korean Society of Radiology 2013; 15: 87-96.
2. J. David and Brenner, Eric J. "Computed-Tomography-An Increasing Source of Radiation Exposure," N

- Engl J Med, 2007; 357: 2277-2284.
3. Janet Cochrane Miller, D.phil., Author Iterative Image Reconstruction Method (ASIR): Lowering CT Radiation Dose and Improving Image Quality. New England Journal of Medicine 2007; 7: 27-40.
 4. Fuminari Tatsugami, Lars Husmann, and Bernhard A. herzog, "Evaluation of Body Mass Index-Adapted Protocol for Low-Dose 64-MDCT Coronary Angiography with Prospective ECG Triggering," AM J Roentgenol. 2009; 192: 635-638.
 5. D P Naidich, , C H Marshall, , C Gribbin, , R S Arams, and , D I McCauley, Low-dose CT of the lungs: preliminary observations. learn radiologic journalism 1990; :175: 123-128.
 6. 장현철, 김경근, 조재환, 서정민, ASIR를 이용한 두부 CT의 영상 잡음 평가 및 피폭선량 분석. Journal of the Korean Society of Radiology 2012; 6: 357-363.
 7. Heyer CM, Mohr PS, Lemburg SP, Image quality and radiation exposure at pulmonary CT angiography with 100- or 120-kVp protocol: Prospective raddomized study. Radiology 2007; 245:577-583.
 8. 장현철, 김현주, 조재환, 심장 CT 검사시 ASIR 적용에 따른 선량 평가. 한국콘텐츠학회 2012; 11: 252-259.
 9. K. Kilica, G. Erbasa, M. Guryildirima, M. Araca, E. Ilgita and B. Coskuna, Lowering the Dose in Head CT Using Adaptive Statistical Iterative Reconstruction, American journal 2011; 35: 1578-1582.
 10. R. E. Bunge and C. Herman, "Usage of diagnostic procedures: a nationwide hospital study," Radiology 1987; 163: 569-657.
 11. K. Sauer and C. bouman, "A local update strategy for iterative reconstruction from projection," IEEE Trans, on Signal Processing IEEE Signal Processing Society 1993; 41: 534-548.
 12. A. K. Hara, R. G. Paden, and A. C. Silva, "Iterative reconstruction technique for reducing body radiation dose at CT, feasibility study," AJR 2009; 193: 764~771.