

## Study on Image Quality and Radiation Dose due to the Arm Position in the Abdomen/Pelvis CT

Jongwoong Lee\*, Doyeon Won\*\*, Jaeun, Jung\*\*, Hyeongyun Kim\*\*\*

*Dept. of Radiology, Kyung Hee University Hospital at Gang-dong\**,

*Dept. of Radiological Science, Daegu Health College\*\*,*

*Dept. of Radiological Science, Far East University\*\*\**

## 복부/골반 CT 검사 시 팔의 위치에 따른 방사선 선량과 영상화질 비교 연구

이종웅\*, 원도연\*\*, 정재은\*\*, 김형균\*\*\*

강동경희대학교병원 영상의학과\*, 대구보건대학교 방사선과\*\*, 극동대학교 방사선학과\*\*\*

### Abstract

The one-year-follow-up test of abdomen/pelvis from 10 patients who were scanned more than twice a years were analyzed the radiation dose and image quality depend on the position of the arm retrospectively from January to December in 2013. There were classified two groups, group A was examined with raising an arm on standard position and group B was performed with lowering an arm, respectively. Group A of an average mAs from the first dose amount was shown 11.4% less compared to Group B. And the value of CTDI from Group B also was investigated 11.3% less. To compare the quality comparison of the second image as histogram value, the value of max from both of two groups was measured similarly. However, a big difference was shown from the value of min and SD, the short dose was appeared depends on the position of arm even though Group A was radiated more than Group B. Less exposure to the medical image quality only by working CT scan when the examiner actively raise the arm before the development and testing of high-end equipment introduction of complex algorithms for obtaining an optimized image will be provided to the patient.

Key Words : mAs, CTDI, histogram, Standard Deviation

### 요 약

2013 년도 1 월부터 12 월까지 1 년간 복부/골반 추적 검사를 시행한 환자 중 1년간 2회 이상 검사한 환자 10 명에 대해 팔의 위치에 따른 방사선 선량과 image quality 를 후향적으로 분석하였다. 팔을 올리고 표준 자세로 검사한 그룹을 A, 팔을 내리고 검사한 그룹을 B 로 분류하였다. 첫 번째 선량비교에서 A 그룹은 B 그룹에 비해 평균 mAs 량이 11.4 % 적게 조사되었으며 CTDI 값도 11.3 % 작게 나타났다. 두 번째 영상의 화질 비교를 위한 histogram 은 A 그룹과 B 그룹 모두 max 값은 비슷하게 측정되었지만 mean 값과 SD 값에서 큰 차이를 나타내 B 그룹이 A 그룹에 비해 선량을 더 주었지만 팔의 위치에 따라 선량 부족 현상이 나타났다. 최적의 영상을 획득하기 위하여 복잡한 알고리즘의

개발과 고사양의 장비도입 이전에 CT 검사 시 검사자가 적극적으로 팔을 올려서 검사하는 노력만으로 적은 피폭선량과 양질의 의료영상을 환자에게 제공할 수 있을 것이다.

중심단어 : mAs, CTDI, histogram, Standard Deviation

## I. INTRODUCTION

의료기술과 컴퓨터의 빠른 발전으로 컴퓨터단층촬영 (computed tomography, CT) 검사가 환자 질환의 진단에 중요한 역할을 함으로써 근간에 전 세계적으로 검사빈도가 증가하고 있다. 컴퓨터단층촬영장치는 저대조도 분해능이 우수하고 관찰자의 필요에 따라 window width와 window level 을 조절하여 대조도의 기준을 변경하여 임상에서 다양한 분야로 응용되고 있다<sup>[1],[2]</sup>. 2009 년에 발간된 National Council on Radiation Protection & Measurements (NCRP) 보고서 160 에 따르면 의료방사선으로 인한 피폭 중 컴퓨터단층촬영검사로 인한 피폭량이 절반 가량 차지하고 있다<sup>[3]</sup>. 미국의 컴퓨터단층촬영검사에 의한 암 발생 연구에 따르면 전체 검사자 중 1.5~2.0 % 의 확률로 암이 발생하였다<sup>[4]</sup>. 검사 부위별 사용비중은 두부 검사 28.4 %, 흉부 검사 15.9 %, 복부/골반 검사 31.7 % 로 나타났고 피폭 비중은 두부 검사 8.7 %, 흉부 검사 17 %, 복부/골반 검사 48.6 % 로 나타나 복부/골반 검사가 컴퓨터단층촬영으로 인한 방사선피폭의 상당한 비중을 차지하는 것을 나타낸다. 방사선 조직 가중치가 높은 기관들이 밀집되어 있는 복부/골반 컴퓨터단층촬영검사 시 적극적인 방사선 방호를 위해 최적화 노력이 필요하다. 최적화는 진단을 내릴 때 요구되는 영상 품질은 저해하지 않으면서 환자에 대한 선량만을 줄이는 것을 말한다. 최적화의 기술을 살펴보면 알맞게 선택된 참조영상을 통한 관전류 변조기술이나, 인체의 Z 축을 따라 관전류를 변조하거나, 인체 단면의 타원형에 기인한 각도에 따른 관전류 변조 기술이 있다<sup>[5],[6]</sup>. 이러한 관전류 변조 기술을 통하여 복부/골반 컴퓨터단층촬영검사를 일반적으로 시행하고 있다. 그러나 관전류 변조 기술을 사용한 복부/골반 컴퓨터단층촬영 검사 시 환자 팔의 위치에 따라 인공물 (artifact) 이 발생하고 영상의 화질 저하와 과다 피폭이 발생하기도 한다. 이러한 문제점을 방지하기 위해 환자 팔의 위치를 주로 머리 위나 검사부위를 벗어나서 위치시키고 검사

를 시행하고 있다. 그러나 환자 팔의 위치가 검사부위와 겹치는 정상적인 위치가 아닐 경우 선속경화현상과 광자부족에 의한 인공물로 인해 해부학적 영역을 정확히 묘출하기 어려워 화질 (image quality) 저하를 방지하기 위해 더 많은 양의 방사선 선량을 조사하고 있다. 본 연구에서는 각도 관전류 변조 방식 (X-Y축) 을 사용한 복부/골반 컴퓨터단층촬영검사 시 팔의 위치에 따른 방사선 피폭량과 영상의 화질을 비교하기 위해 동일 환자에 대해 후향적으로 분석하여 양질의 영상을 획득하는 최적화 방안을 제안해 보고자 한다.

## II. MATERIALS AND METHOD

### 1. 대상

본 연구를 진행하기 위해 서울 소재 K 대학병원의 2013 년 1 월부터 2013년 12 월까지 동일한 컴퓨터단층촬영장치 (Brilliance CT 64-channel, Philips, Netherlands) 를 이용한 관독 완료된 복부/골반 컴퓨터단층촬영검사를 대상으로 하였다. 연구 기간에 복부/골반 컴퓨터단층촬영검사는 총 3,865 명 4,844 건이었다.

Table 1. Abdomen / Pelvis CT scanning parameter

Tube potential (kV)	120
DoseModulation	D-Dome
Beam Collimation (mm)	64 X 0.625
Image matrix	512 X 512
Pitch	0.89
Field Of View (mm)	350.0
Rotation time (sec)	0.75
Table feed (mm / sec)	47.5
Resolution	standard
Slice increment (mm)	5.00
SP filter	yes
Filter	YA
Image type	Axial / Helix

이 중에서 연구 기간에 복부/골반 컴퓨터단층촬영검사를 2 회 이상 추적 검사한 경우는 608 명 1,587 건

이었다. 이중 동일 환자를 대상으로 복부/골반 컴퓨터 단층촬영검사 시 팔을 올리고 검사한 그룹을 A, 팔을 내리고 검사한 그룹을 B로 분류하였으며 총 10명 20건을 추출하였다. 동일 환자인 A 그룹과 B 그룹에 대해 방사선 선량과 영상의 화질을 후향적으로 비교 평가하였다. [Table 1]은 복부/골반 컴퓨터단층촬영검사의 스캐닝 파라미터(scanning parameter)이다.

## 2. CTDIvolum (computed tomography dose index) 분석

CTDIvolum은 스캔길이에 의존하지 않고 조직의 절편당 조사선량을 측정할 수 있는 지표이다. CTDIvolum을 통해 조사선량의 총량인 DLP (dose length product)를 계산할 수 있다. DLP는 환자가 받는 전체 영역의 유효 선량 평가 시 사용되고 있다<sup>[7]</sup>. A그룹과 B그룹의 CTDIvolum을 분석하기 위해 DICOM 파일의 dose information을 조사하였다[Fig. 1].

```
Exam Information
Study ID: 3410
Time: Jun 21, 2013, 15:37:26
Total DLP: 551.0 mGy*cm
Estimated Dose Savings: 39%
```

#	Description	Scan Mode	mAs	kV	CTDIvol [mGy]	DLP [mGy*cm]	Phantom Type[cm]
1	Surview	Surview	1	120	0.08	4.0	BODY 32 CM
3	Abdomen PRE	Helical	23	120	1.46	84.8	BODY 32 CM
5	Abdomen PORTAL	Helical	123	120	7.94	462.2	BODY 32 CM

A group

```
Exam Information
Study ID: 2052
Time: Jun 03, 2013, 17:21:21
Total DLP: 674.1 mGy*cm
Estimated Dose Savings: 19%
```

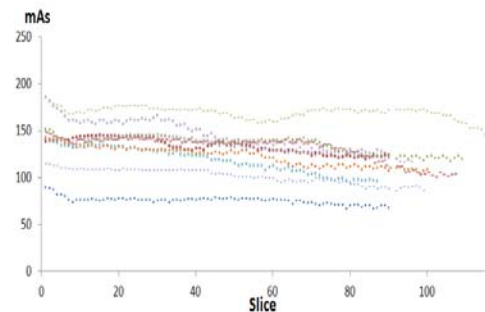
#	Description	Scan Mode	mAs	kV	CTDIvol [mGy]	DLP [mGy*cm]	Phantom Type[cm]
1	Surview	Surview	1	120	0.08	4.0	BODY 32 CM
2	Abdomen PRE	Helical	33	120	2.10	127.7	BODY 32 CM
3	Abdomen PORTAL	Helical	138	120	8.93	542.4	BODY 32 CM

B group

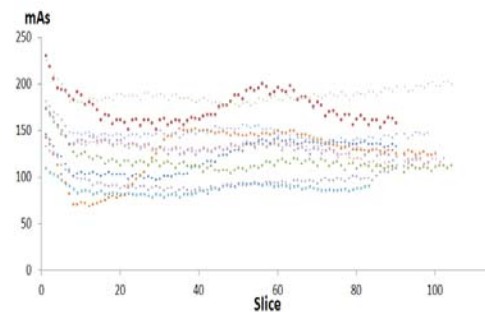
Fig. 1. DICOM dose Information of Abdomen / Pelvis CT examination ( A group & B group ).

## 3. 관전류 변조 분석

자동 관전류 변조 (automatic tube current modulation, AEC)는 환자의 몸뿐만 아니라 여러 조직의 감약 차이를 환자의 두 방향 X-Y 축과 Z 축에서 mA를 자동으로 변조하는 것을 말한다. 본 연구에 사용된 영상 데이터는 X-Y 축에 따라 관전류를 자동 변조하는 각도 변조 방식을 사용하였다. A 그룹과 B 그룹의 복부 컴퓨터단층촬영검사 시 portal phase에 대해 mA 변화를 비교 분석하였다[Fig. 2].



A group



B group

Fig. 2. A group and B group mAs measurement by angular tube current modulation.

## 4. 화질(image quality)

A 그룹과 B 그룹의 화질을 비교하기 위해 복부 횡단면의 가장 넓은 부위를 선택하였다. 영상에서 다양한 부분의 픽셀 값 (pixel value)을 측정하기 위해 Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA)를 이용하였다.

Image J 의 ROI manage 를 이용하여 동일한 크기의 ROI 를 설정하여 대동맥 (aorta) 1곳, 간 (liver) 3곳, 비장 (spleen) 3곳의 픽셀 값을 측정하고 각각의 표준편차를 분석하였다[Fig. 3].

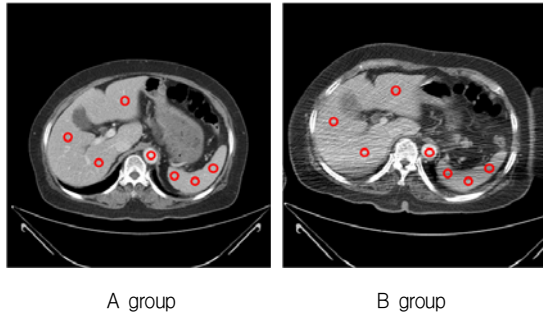


Fig. 3. Pixel value analysis of Abdomen / Pelvis CT examination(A group & B group).

### 5. 통계적 분석 방법

대응 t-검정을 통해 A, B 두 그룹의 선량 값과 영상 품질 비교를 위한 픽셀 값에 대해 유의한 차이를 분석하였다. 통계처리는 SPSS Statistics 18 (PASW 18, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 소프트웨어를 이용하였다.

## III. RESULT

### 1. 방사선 선량 (Radiation Dose)

복부/골반 컴퓨터단층촬영검사 시 팔의 위치에 따라 분류한 A 그룹과 B 그룹의 방사선 선량을 확인하기 위해 DICOM dose information 을 조사하였다. DICOM dose information 을 통한 A, B 그룹의 평균 mAs 양과 CTDI 값은 [Table 2]와 같다. A 그룹의 방사선 선량은 평균 121.7 mAs, 표준편차 29.4, CTDI 7.9 mGy, 표준편차 1.9로 나타났다. B 그룹은 평균 137.4 mAs, 표준편차 31.9, CTDI 8.9 mGy, 표준편차 2.1으로 나타나 A 그룹이 B 그룹에 비해 평균 mAs 양과 CTDI 값은 높게 나타났다. 그러나 A 그룹과 B 그룹의 대응 t-검정에서 팔의 위치에 따른 평균 mAs 양과 CTDI 값은 P-value 0.050 이상으로 유의한 차이는 없어서 방사선 선량 변화는 없었다.

Table 2. DICOM dose information of A, B group

No.	A group		B group	
	mAs	CTDI (mGy)	mAs	CTDI (mGy)
1	137	8.9	184	11.9
2	136	8.8	103	6.7
3	121	7.9	91	5.9
4	74	4.8	136	8.8
5	78	5.1	127	8.2
6	138	8.9	123	7.9
7	133	8.6	136	8.8
8	171	11.0	193	12.5
9	104	6.7	151	9.7
10	125	8.1	130	8.4
mean	121.7	7.9	137.4	8.9
SD	29.4	1.9	31.9	2.1
P-value > 0.050				

[Fig. 2]은 A 그룹과 B 그룹의 portal phase 의 각도 관전류 변조 방식(X-Y축) 에 의한 mAs 의 변화량이다. A 그룹의 경우 완만한 mAs 변화량을 나타내지만 B 그룹은 A 그룹에 비해 상대적으로 mAs 변화량이 크게 나타났다.

[Table 3]은 동일한 환자의 mAs 변화량에 대한 표준 편차이다.

Table 3. Average number of slice and mAs standard deviation of A group and B group by the angular tube current modulation

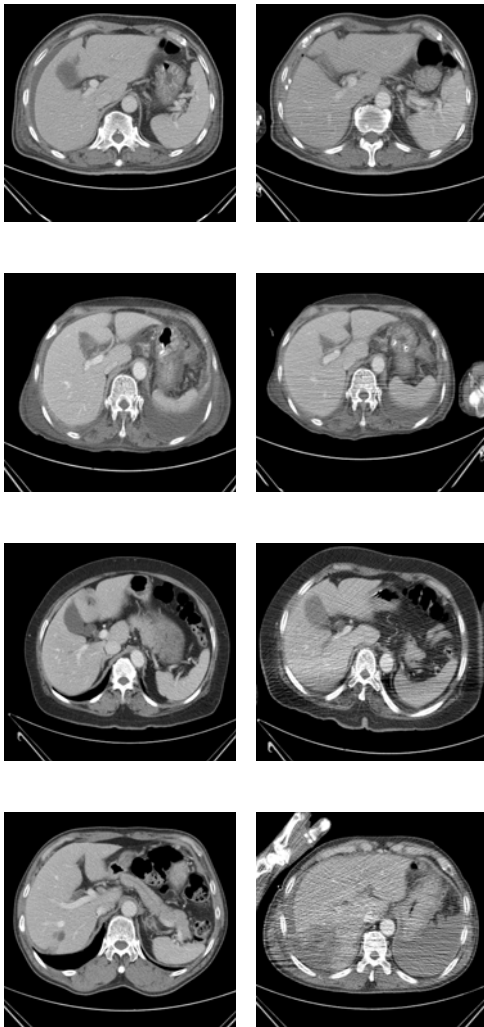
No.	A group	B group
	mAs SD	mAs SD
1	4.0	16.0
2	8.0	16.2
3	8.6	12.0
4	15.5	9.3
5	13.8	5.9
6	10.1	25.7
7	7.6	7.5
8	13.1	10.6
9	6.5	8.3
10	8.8	9.4
mean	9.6	12.1
P-value > 0.050		

mAs 변화량의 표준편차평균은 A 그룹은 9.6, B 그룹은 12.1로 나타났다. A 그룹 보다 B 그룹의 mAs 변

동쪽이 12.6% 더 컸으나, 대응 t-검정에서 P-value 0.050 이상으로 유의한 차이는 없어 팔의 위치에 따른 mAs 변동폭도 없는 것으로 나타났다.

## 2. 화질 (image quality)

[Fig. 4]는 A, B 그룹의 간 영역 (hepatic region) 의 축방향 컴퓨터단층촬영영상(axial CT)이다. A 그룹에 비해 B 그룹의 영상이 팔에 의한 줄무늬 인공물 (streak artifact) 이 발생하여 노이즈가 증가되어 있다. A 그룹에 비해 B 그룹의 영상이 모두 노이즈로 인하여 대동맥, 간, 비장의 구조물을 정확히 확인하기 어렵다.



A group B group  
Fig. 4. A, B groups axial CT images quality by arms position.

이것은 각도 관전류 변조 방식 (X-Y축) 에 의한 mAs modulation 에 따라 X-Y 축에서 선량이 더 많이 조사되었지만 X 축에 비해 상대적으로 노이즈가 더 심하게 나타났다. [Table 4]는 대동맥, 간, 비장의 평균 픽셀 값이다. A 그룹에 비해 B 그룹의 평균 픽셀 값은 대동맥, 간, 비장이 각각 9 %, 15 %, 28 % 낮게 나타났다.

Table 4. Average pixel value of aorta, liver, spleen axial CT image.

No.	A group			B group		
	Aorta	Liver	Spleen	Aorta	Liver	Spleen
1	183.0	117.6	124.1	208.8	138.2	65.6
2	203.9	134.0	139.0	166.6	102.0	92.2
3	216.0	130.0	149.0	223.0	90.0	115.0
4	235.0	131.0	171.0	115.0	83.0	85.0
5	198.0	128.0	122.0	172.0	108.0	102.0
6	146.0	106.0	111.0	175.0	79.0	100.0
7	161.0	115.0	116.0	130.0	91.0	90.0
8	155.0	102.0	118.0	154.0	106.0	121.0
9	125.0	88.0	110.0	135.0	81.0	104.0
10	159.0	115.0	121.0	148.0	110.0	47.0
mean	178.2	116.7	128.1	162.7	98.8	92.2

Table 5. Standard deviation pixel value of aorta, liver, spleen axial CT image.

No.	A group			B group		
	Aorta	Liver	Spleen	Aorta	Liver	Spleen
1	18.1	17.7	16.5	61.1	42.2	54.8
2	15.4	16.0	13.0	46.4	29.5	45.1
3	15.0	10.7	14.0	18.0	18.7	24.3
4	17.0	14.0	16.0	20.0	20.7	28.0
5	20.0	17.3	18.3	24.0	19.7	39.7
6	19.0	15.0	18.3	44.0	31.0	32.3
7	18.0	14.0	16.3	26.0	18.3	25.3
8	18.0	17.7	14.7	25.0	23.7	23.7
9	14.0	11.3	10.3	16.0	14.3	13.0
10	17.0	17.0	16.7	72.0	51.3	62.3
mean	17.2	15.0	15.4	32.2	26.9	34.9

[Table 5]는 A, B 그룹의 노이즈 차이를 나타내는 평균 픽셀 값의 표준편차이다. B 그룹이 팔의 위치에 따라 각도 관전류 변조 방식(X-Y축) 에 의해 방사선 선

량이 더 많이 조사되었지만 영상의 균일성을 나타내는 픽셀 값의 표준편차는 큰 차이를 나타냈다. A 그룹에 비해 B 그룹의 평균 픽셀 값 표준편차는 대동맥, 간, 비장이 각각 204.7 %, 179.3 %, 226.6 % 차이가 나타났다.

#### IV. DISCUSSION

본 연구는 복부/골반 컴퓨터단층촬영검사 시 팔의 위치에 따른 방사선 선량과 화질을 비교 분석하기 위해 동일 환자에 대해 동일 장비를 이용하여 팔에 의한 방사선 선량과 화질을 비교 평가 하였다. 컴퓨터단층촬영검사에서 방사선선량에 영향을 미치는 요인들은 노출 기술 요인, 엑스선 빔 콜리메이션, 피치, 환자의 정중앙 위치, 검출기 수에 의해 결정되어진다. 첫 번째 방사선 선량 평가를 위해 A 그룹과 B 그룹의 DICOM dose information 을 분석하였다. 방사선 선량인 평균 mAs 량과 CTDI 값에서 팔을 내리고 검사한 B 그룹이 약 10 %의 선량이 더 높게 나타났다. 또한 A 그룹 B 그룹 각각의 mAs 변화량의 표준 편차도 9.6 과 12.1로 나타났고 B 그룹이 동일 환자에 대해 팔에 의한 mAs 량의 변동폭이 크게 나타났으나 대응 t-검정에서 P-value 0.050 이상으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 이것은 노출기술요인 중 mAs 의 변화에 의한 것이다. 이 mAs 의 변화는 각도 관전류 변조 방식(X-Y 축)에 의해 나타나게 되는데 환자의 X-Y 축의 두께 변화에 대해 동일한 노이즈 수준을 나타내기 위해 mAs 를 증가시킨다. 그러나 팔로 인한 X 축 두께 증가에 대해 선량의 변화는 일정하게 증가하지 못한 것이다. 두 번째 화질평가를 하기 위한 A 그룹과 B 그룹의 축 방향 스캔영상은 시각적인 평가에서 동일 환자에 대해 A 그룹 영상이 B 그룹에 노이즈가 적게 나타났다. 이것은 B 그룹이 팔에 의한 줄무늬 인공물의 발생으로 인하여 노이즈가 증가하였기 때문이다. [Table 4]는 대동맥, 간, 비장에 대해 A 그룹과 B 그룹의 픽셀 값을 나타낸다. A 그룹은 B 그룹에 비해 약 10 %의 선량이 적지만 대동맥, 간, 비장의 픽셀 값은 9 %, 15 %, 28 % 높게 나타났다. 또한 [Table 5]의 대동맥, 간, 비장에 대한 노이즈 평가에서 B 그룹이 A 그룹에 비해 상대적으로 약 2 배의 노이즈를 나타냈다. 이것은

B 그룹이 A 그룹에 비해 방사선 선량을 약 10 % 더 높게 주었지만 화질은 예상과 달리 더 낮게 나타난 것이다. 화질은 방사선 선량과 비례 관계이다. B 그룹의 화질을 A 그룹과 같이 더 높이려면 더 많은 방사선 선량을 환자에게 조사하여야 한다. 진단에 필요한 영상 품질은 저해하지 않으며 컴퓨터단층촬영선량의 최적화를 이루기 위해서는 복부/골반 컴퓨터단층촬영검사 시 팔의 위치를 머리 위로 올린 표준 자세를 취하여야 한다. 결론적으로 최적의 영상을 획득하기 위해 방사선 검사의 기본 원칙인 불필요한 부위의 제거 및 검사 부위의 두께를 최소화하는 쉬운 방법으로 양질의 영상과 선량 저감화를 이룰 수 있을 것이다.

#### Reference

- [1] E. Seeram, "Digital image compression: Radiologic technology", Vol. 76, pp. 449-459; quiz 460-2, 2004.
- [2] E. Seeram and D. Seeram, "Image Postprocessing in Digital Radiology—A Primer for Technologists," Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences, Vol. 39, pp. 23-41, 2008.
- [3] Schauer, D. A., and O. W. Linton, "NCRP report No. 160, ionizing radiation exposure of the population of the United States, medical exposure—are we doing less with more, and is there a role for health physicists?," Health physics, Vol 97, No. 1, pp 1-5, 2009.
- [4] Brenner DJ, Hall EJ, "Computed tomography: an increasing source of radiation exposure", N Engl J Med, Vol. 357, pp. 2277- 2284, 2007.
- [5] Lee, EJ., et al., "Comparison of image quality and radiation dose between fixed tube current and combined automatic tube current modulation in craniocervical CT angiography." American Journal of Neuroradiology, Vol. 30, No. 9, pp. 1754-1759, 2009.
- [6] Kalra, Mannudeep K., et al., "Techniques and Applications of Automatic Tube Current Modulation for CT 1.," Radiology, Vol. 233, No. 3, pp. 649-657, 2004.
- [7] Mo KH, Han DK, Lim HS, Jeon WJ, "Analysis of Exposure Dose According to CHest and Abdomen Combine CT Exam Method", J. Korean Soc. Radiol, Vol. 8, No. 7, pp. 401-408, 2014.