

# 소아 전산화단층촬영에서 Volume Mode의 유용성 연구

박연<sup>1</sup>, 김상현<sup>1,2</sup>

서울대학교병원 영상의학과<sup>1</sup>, 을지대학교 방사선학과<sup>2</sup>

## The Study of Effectiveness of Volume Mode in Pediatric CT

Yun Park<sup>1</sup>, Sang-Hyun Kim<sup>1,2</sup>

Dept. of Radiology, Seoul National University Hospital<sup>1</sup>,

Dept. of Radiological Science, Eulji University<sup>2</sup>

**요약** 본 연구는 ATOM Phantom을 이용하여 선량, 화질을 비교 분석 하여 Volume mode의 유용성 밝혀 소아 CT 검사에 적극적으로 사용하기 위함이다. Helical mode Noise와 Volume mode의 Noise, HU, SNR은  $p>0.05$  이므로 통계적으로 유의한 차이가 없음을 알 수 있었다. 각 부위별 선량값은 모두  $p>0.05$  이므로 통계적 유의한 차이가 없었으나 DLP값이 Helical mode보다 Volume mode가 더 낮게 측정되었다. 유효선량 역시 Volume mode가 Helical mode보다 낮음을 알 수 있었다. 정성적 분석에서는 Mode에 따른 조건 별로 각각 Helical: 2.6, 3.3, 4.36 Volume: 2.8, 3.64, 4.44, Mode별 Follow up 영상평가 결과로는 Helical mode가 3.8 Volume mode가 3.83점으로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 5세 이하의 소아 CT검사에 있어서 640-MDCT Volume scan이 Helical mode와 비교해 낮은 선량으로 영상의 질이 큰 차이가 없기에 소아 CT 검사에는 유용 하다고 생각된다.

**주제어** : ATOM, Volume, Helical, 소아, MDCT

**Abstract** The purpose of this study is to analyze dose comparison and image quality evaluation according to Volume and Helical mode using ATOM Phantom. It is to actively use the Volume mode in pediatric CT examinations. There was no significant difference with Helical and Volume in the value of Noise, HU, SNR( $p>0.05$ ). All dose values was no statistical difference( $p>0.05$ ). In the value of DLP and effective dose by part, Volume mode was measured lower than Helical mode. For qualitative analysis, by scan parameter helical mode showed respectively 2.6, 3.3, 4.36 and Volume mode indicated 2.8, 3.64, 4.44 point. Image evaluation for the follow-up, Helical mode and Volume mode were respectively 3.8 and 3.83. In fact, There was no significant difference. In CT scans in children under 5 years, because 640-MDCT Volume scan dose compared with Helical mode is lower and there is no significant difference with two modes in the image quality, 640-MDCT Volume scan is thought to be useful for pediatric CT scans.

**Key Words** : ATOM, Volume, Helical, Pediatric, MDCT

Received 13 August 2014, Revised 18 September 2014

Accepted 20 October 2014

Corresponding Author: Sang-Hyun Kim

(Dept. of Radiological Science, Eulji University)

Email: snuhkim1@naver.com

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

1991년 Detector가 두 개의 열로 나뉘어 있던 최초의 MDCT(Multi Detector Computed Tomography)를 시작으로 8, 16, 32, 64, 128, 256, 320의 검출기 열을 갖추기 까지 발전을 거듭해 왔다. 이렇듯 현존하는 CT장비의 최종 산물인 640-MSCT(Multi Slice Computed Tomography, 이하 320 MDCT)는 0.35초 한번 갱트리(Gantry) 회전으로 160mm의 촬영범위가 가능하여 테이블 이동 없이 한 번에 뇌 전체 영상을 얻을 수 있어 기존 CT에 비해 월등히 빠른 스캔시간과 고해상도의 입체적 영상을 제공할 수 있고, 중첩된 촬영의 범위가 없어 환자의 피폭을 줄일 수 있다. 이러한 기능이 바로 Volume scan이다[1]. Volume CT는 적은 선량으로도 높은 영상의 질을 표현 할 수 있다는 S. Diekmann의 연구 결과가 있다[2]. 또한 MDCT의 임상적용 범위 및 중요도가 증가함에 따라 검사에 따른 피폭선량에 대한 관심이 증가하고 있으며 이에 대한 여러 연구 결과가 보고되고 있다[3].

CT 선량은 검사 시 받게 되는 방사선에 의한 잠재적 위험(risk) 때문에 중요하다[4]. 소아들은 선천적으로 방사선 민감도가 성인에 비해 매우 크고 암 발생이 나타날 수 있는 여생이 길기 때문에 CT검사 시 노출되는 방사선량 감소에 더욱 관심을 가질 필요가 있다[5].

환자의 방사선 방어 최적화를 위하여 ALARA (As Low as Reasonably Achievable) 개념에 맞게 최적의 영상을 얻으면서 환자가 받는 선량은 최소한으로 할 수 있도록 소아에 있어서는 가장 이상적인 Scan mode를 모색하고자 한다.

본 검사에서는 ATOM Phantom (5 year Old Phantom) 을 이용하여 Volume과 Helical mode에 따른 선량, 화질을 비교 분석 하여 빠른 검사 시간 등 장점을 가진 Volume mode의 유용성을 밝혀 소아 CT 검사에 적극적으로 적용하기 위함이다.

## 2. 대상 및 실험 방법

동일한 장비에서 다른 Scan mode의 검사 Protocol의 기준점을 찾기 위해 ATOM Phantom (5 year Old Phantom)을 이용하여 장비에서 CTDI(Computed

Tomography Dose Index)값을 기준으로 참고하여 kVp는 5세의 소아임을 고려하여 80 kVp로 고정, mA는 Minimum value, Reference, Maximum value으로 나누어 각각의 Scan mode에 따라 획득된 영상을 가지고 선량 및 화질평가를 수행하였다.

### 2.1 사용 장비 및 Phantom

본 연구에서 장비는 320-MDCT (Aquilion ONE, Toshiba, Japan)을 이용하였으며 팬텀은 ATOM Phantom (5 year Old Phantom)을 이용하였다. Atom Phantom (CRIS, Nor-folk, Virginia)는 사람의 모습과 비슷한 대표적인 5세 어린이의 선량평가와 화질평가를 할 수 있다. Phantom은 26개의 Transverse sections 으로 구성되어있으며 각 Section 은 2.54 cm 두께이며 Soft tissue, Bone, Brain, Lung과 가장 유사한 물질로 이루어져 있다. 또 CT Imaging QA(Quality Assurance) Kit를 Phantom에 직접 삽입하여 Low contrast 와 line pair를 측정할 수 있다.



[Fig. 1] ATOM Phantom(CRIS non-folk, virginia)

### 2.2 검사방법

#### 2.2.1 장비 선량 신뢰성 검사

장비 선량측정의 신뢰성을 높이기 위해 선량 측정용 아크릴 재질의 Phantom과 X-선 검출기 (Unfors Xi Detector)를 이용하여CTDI값을 측정하였다. Phantom의 촬영 조건은 120kVp, 250mAs, slice thickness 10mm, increment 0mm, scan time 0.75sec, 250mm DFOV, Standard Reconstruction Algorithm을 사용하였고 방법으로는 FLLIKE Biomedical사의 직경 32cm phantom의 중앙부 와 12시, 3시, 6시, 9시 방향의 주변부에서 1cm 깊이에서 각각 5번 측정하여 각 방향의 평균값을 구하였다. 결과는 다음과 같았다<Table 1>.

<Table 1> Results of acrylic phantom dose (mGy)

Center	12	3	6	9
1.394	2.557	2.810	2.607	2.583
1.384	3.097	3.243	2.606	2.617
1.397	0.221	3.173	2.926	2.621
1.380	2.570	3.264	0.206	2.680
1.393	2.547	2.773	2.596	1.647
Average	1.390	2.198	3.053	2.188

중앙부, 나머지 네 방향의 주변부 모두 제조사 기준인 23.9mGy를 넘지 않아 장비의 선량은 적절함을 확인 할 수 있었다.

### 2.2.2 Scan parameter

Phantom을 테이블에 위치시키고 Scout Image를 얻은 후 Chest, Abdomen 각 부위를 16 cm으로 Scan range를 설정한 Scan Console에서 표시하는 Plan dose를 참고하여 CTDI값을 확인하였다. 확인된 CTDI값을 기준으로 하였다.<Table 2. 3>.

<Table 2> Chest scan parameter

Parameter	Helical Mode	Volume mode
kVp		80
mA		40, 80, 160
CTDI	0.5, 1, 2	0.5, 0.9, 1.9
Pitch	0.810	N/A
D-FOV	Small(ss) 180mm	
Rotation Time	0.35sec	
Scan Time	2.3sec	

<Table 3> Abdomen scan parameter

Parameter	Helical Mode	Volume mode
kVp		80
mA	70, 230, 470	80, 250, 480
CTDI	0.9, 2.9, 6	0.9, 2.9, 6
Pitch	0.810	N/A
D-FOV	Small(ss) 180mm	
Rotation Time	0.35sec	
Scan Time	0.75sec	

## 2.3 영상화질평가

### 2.3.1 정량적 분석

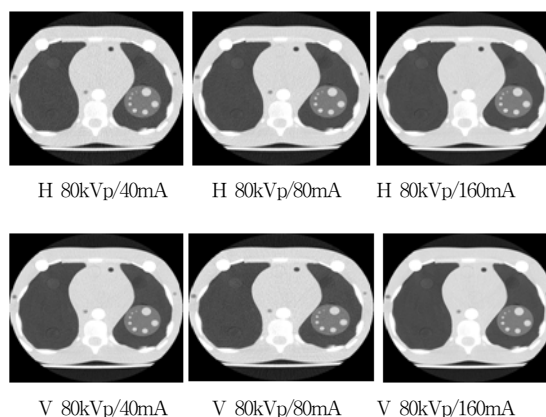
영상을 평가하기 위해Chest는 lung field 인공물에 Abdomen은 Liver의 parenchyma에 각각의 영상 동일한

위치에 26.24mm의 ROI를 설정 후 PACS 프로그램 (Maosis 5.4v)를 이용하여 HU (Hounsfield unit), SD(Standard Deviation), SNR (Signal to Noise Ratio)을 측정하였고 통계분석은 SPSS ver.18을 이용하였다.

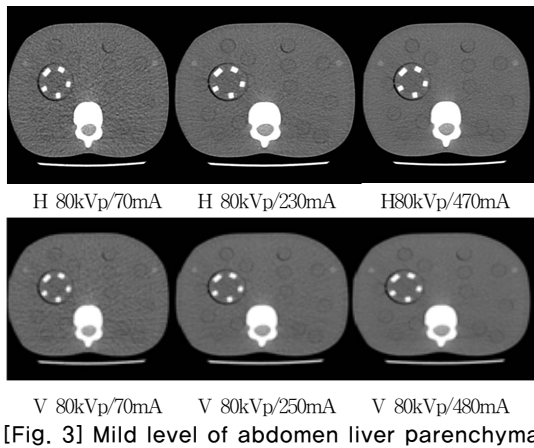
SNR은 ROI위치의 HU값을 Noise (SD)값으로 나누었다. CTDI를 기준으로 만든 Scan parameter를 가지고 각 부위를 Scan후 장비에서 제공되는 Dose report에서 DLP(Dose Length Product)값과 그 DLP값에 EUR16262에서 제시한 부위별 유효선량비 (Chest:0.017, Abdomen:0.015)를 곱하여 유효선량을 계산하였다.

### 2.3.2 정성적 분석

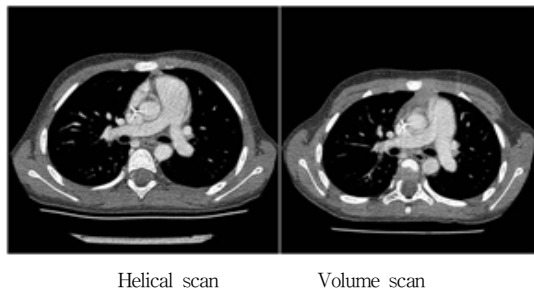
주관적으로 영상을 평가하기 위해 소아영상의학과 교수 한 명과 방사선사 4명을 대상으로 각 Mode에 따른, 조건 별로 얻은 영상을 비교하여 평가해 보았다. 각 비교 평가되는 영상들은 Window Width/Level을 Chests는 WW:1500, WL:-700, Abdomen은 WW:400, WL:35로 동일하게 설정하였다. 5점 척도 사용하며 분석항목으로는 각 영상의 전체적인 영상의 화질, 선예도, 인공물 등을 고려하였고, Phantom에 QA Kit를 넣어 얻은 영상을 Chest는 Low contrast를 평가하였다 또한 본원에서 Mode별로 Follow up 검사를 받은 환자의 Chest 영상을 같은 항목으로 비교평가 하였다[Fig 2, 3, 4].



[Fig. 2] Mild level of chest lung filed(H: Helical, V: Volume)



[Fig. 3] Mild level of abdomen liver parenchyma



[Fig. 4] Pediatric images of modes

### 3. 결과

#### 3.1 정량적 분석

각 Mode와 kVp/mA에 따른 HU, SD, SNR, DLP, Eff. dose는 다음과 같다<Table 4, 5, 6, 7>.

Chest의 경우 mA가 높아 수록 Noise값이 낮아지는걸 알 수 있었고 Helical mode가 전반적으로 높음을 알 수가 있었다. Noise, HU, SNR 값 모두  $p>0.05$ 이므로 Helical과 Volume에서의 통계적 차이가 없음을 알 수 있었다<Table 4>.

<Table 4> Evaluation of HU, SD, SNR (Chest)

Mode	kVp/mA	Noise (SD)	HU (MEAN)	SNR
Helical	80/40	62.97	-536	8.51
	80/80	36.15	-523	14.46
	80/160	35.72	-523	14.64
Volume	80/40	52.77	-514	9.74
	80/80	41.92	-525	12.52
	80/160	27.67	-526	19.00

Abdomen역시 Noise값은 Helical mode에서 높았으며 Noise, HU, SNR 값 모두  $p>0.05$ 이므로 Helical과 Volume에서의 통계적 차이가 없음을 알 수 있었다<Table 5>.

<Table 5> Evaluation of HU, SD, SNR (Abdomen)

Mode	kVp/mA	Noise (SD)	HU (MEAN)	SNR
Helical	80/70	23.82	30	1.26
	80/230	11.14	18	1.61
	80/470	11.66	19	1.62
Volume	80/80	15.59	24	1.53
	80/250	9.88	27	2.73
	80/480	9.15	28	3.06

선량을 비교하기 위해 CTDI값을 기준으로 나온 선량 조건의 DLP(CTDI\*Length)값으로는 Chest 에서 Helical mode가 각각 11, 22, 44였고 Volume mode 7.5, 15.1, 30.1로 Volume mode가 3.5, 6.9, 13.9 만큼 더 낮게 측정되었다. Abdomen 역시 Helical mode가 19.2, 63.2, 132.2였고 Volume mode가 15.1, 47.1, 95.5로 Volume mode가 4.1, 16.1, 36.7로 더 낮게 측정되었다. 유효선량(DLP\*유효선량비:Chest 0.017, Abodomen 0.015) 역시 Chest와 Abdomen 에서 Volume mode가 Helical mode보다 낮음을 알 수 있었다<Table 6,7>. 그러나 모든 값에서  $p>0.05$ 이므로 통계적 유의성은 없었다.

<Table 6> Evaluation of DLP and Eff. dose (chest)

Mode	kVp/mA	CTDI (mGy)	DLP (mGy·cm)	Eff. dose (mSv)
Helical	80/40	0.5	11	0.187
	80/80	1	22	0.374
	80/160	2	44	0.748
volume	80/40	0.5	7.5	0.127
	80/80	0.9	15.1	0.256
	80/160	1.9	30.1	0.511

<Table 7> Evaluation of DLP and Eff. dose (Abdomen)

Mode	kVp/mA	CTDI (mGy)	DLP (mGy·cm)	Eff. dose (mSv)
Helical	80/70	0.9	19.2	0.288
	80/230	2.9	63.2	0.948
	80/470	6	132.2	1.983
volume	80/80	0.9	15.1	0.226
	80/250	2.9	47.1	0.706
	80/480	6	95.5	1.432

### 3.2 정성적 분석

5명의 관찰자가 주관적인 평가 후 점수를 부여한 결과 Mode별 조건 별로 각각 Helical:2.6, 3.3, 4.36점, Volume:2.8, 3.64, 4.44점으로 나타났으며<Table 8>, Mode별 Follow up 영상평가 결과로는 Helical mode가 3.8점 Volume mode가 3.83점으로 나타났으며 Mode별 영상의 점수는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

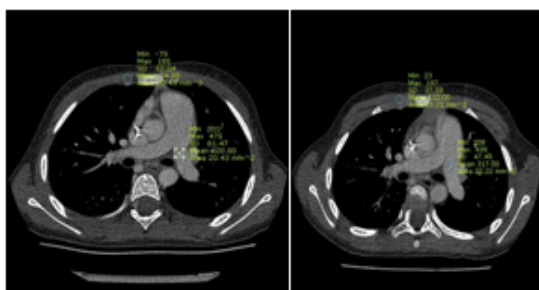
<Table 8> Analysis of qualitative images

Mode	Point	Mode	Point
Helical 1	2.6	Volume 1	2.8
Helical 2	3.3	Volume 2	3.64
Helical 3	4.36	Volume 3	4.44
follow up	3.8	followup	3.83

정성적 분석은 주관적인 영상평가의 결과로 Helical mode와 volume 의 영상의 평가 점수 차가 거의 없는 것으로 나타나 두 mode차에 의한 영상의 질은 비슷한 것으로 알 수가 있었다. 또한 임상에서 검사한 연구 전후 영상의 경우도 평가점수 차가 거의 없었으며 실제 촬영 Dose report를 확인했을 때 Volume mode의 DLP값이 낮음을 확인할 수 있었다.

### 3.3 임상 영상 평가

검사결과 정량적 분석에서 Noise값은 Volume mode 보다 Helical mode에서 더 높게 나오는 걸 알 수 있었고 SNR은 Volume 에서 높게 나왔지만 두 Mode간의 차이는 크지 않는 것을 알 수 있었다. 임상에서 Mode를 달리 하여 추적 검사한 환자의 Helical mode와 Volume의 각 영상을 비교한 결과는 다음과 같다[Fig 5],<Table 9>.



[Fig. 5] Measuring Images of SD, Mean and SNR

<Table 9> H vs V SD, Mean and SNR

	Helical		Volume	
	Soft tissue	Left Pulmonary	Soft tissue	Left Pulmonary
SD	52.04	61.47	37.59	47.49
MEAN	74.00	320	112	317
SNR	1.42	5.20	2.97	6.67

임상 영상에서도 Noise값은 Helical mode가 Volume mode보다 높았으면 SNR은 Volume mode가 더 높았다. 선량의 경우 DLP와 유효선량 (mSv)을 측정된 결과 Volume mode에서 각 조건 별로 Helical mode보다 낮음을 알 수 있었다.

### 3.3 통계적 분석

정규성 분포를 만족하지 않아 비모수 검정인 Mann-Whitney를 사용하였다.

<Table 10> Analysis of statistic

		Z	P-value
Chest	SD	-0.218	0.827
	HU	-0.221	0.825
	SNR	-0.218	0.827
Abdomen	SD	-1.091	0.275
	HU	-0.655	0.513
	SNR	-1.091	0.275
Chest	CTDI	-0.443	0.658
	DLP	-0.655	0.513
	Eff. dose	-0.655	0.513
Abdomen	CTDI	0	1
	DLP	-0.655	0.513
	Eff. dose	-0.655	0.513

## 4. 고찰

인체가 받은 선량은 X-선 장치의 특성, 정보량, Scan Time에 크게 좌우된다. 따라서 검사에서 받는 선량은 의료 장비와 기술력의 차이 또는 검사 방법에 따라 환자가 받는 방사선 피폭 선량의 차이가 나타나고 있다. 그러나 실제로 운영하고 있는 사용자들도 전산화 단층촬영 검사 시 노출 조건의 증감에 따른 환자 피폭선량의 영향은 비례적인 관계를 나타낸다는 정도의 단순한 지식수준에서 벗어나지 못하고 있는 실정이다[6].

미국 신시내티 어린이병원 검진센터의 Lane Donnelly 박사는 CT촬영에서 어린이들이 필요한 양보다 최소 5배가 넘는 양의 X-선에 피폭되면 이는 암을 유발할 수 있다고 말했다. 질병 진단을 위해 널리 사용되는 일반촬영에 비해 CT촬영이 방사선 피폭량이 많고 암 유발 위험성이 있어 검사자인 방사선사는 불필요한 방사선 피폭은 최소화해야 한다고 이야기 하고 있다[7]. 최근의 CT장비는 적은 선량으로 임상적으로 유용성이 높은 영상을 구현하기 위하여 장비회사의 개발노력은 끊임없이 진행되고 있다. 최근에는 DSCT까지 등장함으로써 인해 소아 CT 검사의 임상적 유용성이 크게 증가되는 추세이다. 2000년 미국 자료에 따르면 여러 방사선 영역 중 소아 영역이 가장 높은 CT 검사건수 증가율(수년간 200%증가)을 보였고[8], 국내에서도 2008년부터 2012년까지 390만 건에서 650만 건으로 4년간 260만 건이 늘어난 걸로 알 수 있었다[9].

진단적 가치가 높은 영상이란 노이즈가 적고 SNR이 높아 많은 양의 의료정보를 가진 영상을 말한다. 하지만 Helical mode의 검사에서는 진단적 가치가 높은 영상을 얻기 위해 환자에 대한 선량을 높일 수밖에 없는 실정이다[10]. 640-MSCT가 도입된 이후 Helical mode와 Volume mode CT검사는 영상의 질과 선량저하에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다[11].

임상 영상의 DLP값이 Helical mode가 51.30으로 30.30의 Volume mode보다 높았다. 이러한 결과는 2010년 Lucia 등[12]은 팬텀을 이용한 소아 흉부 영상에 대한 연구에서 320-MDCT의 DLP값이 64-MDCT보다 25% 낮다고 보고하였고, 2012년 Cha et al.[13]은 Brain Angiography 연구에서 320-MDCT의 DLP값이 64 - MDCT보다 14% 정도 낮다고 하였고 2013년 Lee et al.[1]은 Volume mode의 DLP가 Helical mode DLP보다 1.56배 낮게 나타났고 유효선량도 0.2-1.13mSv 정도 낮게 측정되었으며, 조건이 증가할수록 선량의 차이도 많이 난다고 보고 하여 본 연구의 선량 결과와 일치 하는 것으로 알 수 있다.

본 연구는 제한 점과 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 첫째, 동일한 장비에서 Scan mode에 따라 선량과 영상의 화질을 평가를 한다는 것은 Scan parameter에 따른 제한 점이 있었다. 둘째, Phantom의 QA Kit를 이용함에 있어서 Line pair 측정 Kit의 경우검사 선량 조

건에 민감하게 영향을 받지 않아 정성적 평가를 하는데 있어서 어려움이 있었다. 또한 2014년 Lee et al.[14]은 소아 선량 저감화 방안으로 관전압이 낮아질수록 유효선량이 낮아지는 경향이 있다고 주장 한 바 관전압 조정에 관한 실험도 추가 하여야 할 것으로 사료된다.

## 5. 결론

본 연구를 통해 5세 이하의 소아 CT검사에 있어서 640-MSCT Volume mode가 Helical mode와 비교해 Noise 값이 낮고 SNR 값도 전체적으로 높았으며 5점 척도에서도 전반적인 영상 점수가(Helical: 2.6점, 3.3점, 4.36 Volume: 2.8점, 3.64점, 4.44점)으로 비슷했던 반면에 DLP값은 Chest에서 4.5, 6.9, 10.1 정도 Abdomen에서도 4.1, 16.1, 36.7 차이로 낮았으며 유효선량도 더 낮음을 알 수가 있었다. 소아 검사에 있어서 진정을 요하는 경우와 빠른 검사 시간을 필요로 하는 소아 경우에 Volume scan은 화질저하 없이 더 낮은 선량으로 검사할 수 있을 것으로 보이며 연구 결과를 토대로 추후 Volume scan이 적극적인 활용이 필요할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- [1] H. W. Lee, D. R. Lee, H. K. Kang, S. H. Lee, C. N. Kim, K. W. Kim, Image quality and DLP of 640-MSCT, Journal of Korean Society Compute Tomography Technology, Vol. 15, No. 1, pp. 159-170, 2013.
- [2] S. Diekmann, Dose Exposure of Patients Undergoing Comprehensive Stroke Imaging by Multidetector Row CT, AJNR, Vol. 31, pp. 1003-09, 2010.
- [3] D. K. Na, MDCT Application in Neuroradiology. The 3<sup>rd</sup> Seoul National University Hospital MDCT Symposium, pp. 51-62, 2006.
- [4] ICRP, 2008. 2009 Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography, ICRP Publication 102, Ann, pp 79-84.
- [5] S. K. Lee, MDCT application in neuroimaging, J

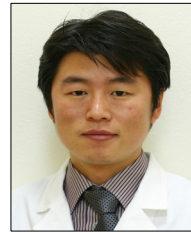
- Korean Med Assoc, Vol. 50, No. 1, pp. 51-56, 2007.
- [6] S. O. Kwon, D. Y. Ha, H. H. Jeong, S. K. Kim, D. S. Suh, D. S. Chang, Determination of optimal scan exposure factors for pediatric patients in computed tomography, KSCCT, Vol. 7, No. 1, pp. 173-183, 2005.
- [7] Dr. Lane Donnelly, CT over Exposure for Three Dimension Obtain. science-health-ct-dc, 01. 22, 2001.
- [8] Y. N. Lee, H. H. Kang, S. S. Son, C. H. Park, An Analysis of the Usefulness of Cardiography for Children using High Pitch Mode in Dual-Source CT, Journal of Korean Society Compute Tomography Technology Vol. 14, No. 1, pp. 127-133, 2012.
- [9] Health Insurance Review & Assessment Service, Medical expense of health insurance, 01, 2013.
- [10] G. T. Yang, M. S. Kim, S. H. Son, H. D. Park, J. S. Jeong, M. G. Kim, A Study of optimal radiation dose of CT using ASIS, KSCCT, Vol. 13, No. 2, pp. 67-73, 2011.
- [11] J Geleijin. M Salvado Artells, P W de Bruin, R Matter, Y muranatsu, M F McNitt-Gray, Computed tomography dose assessment for a 160mm wide, 320 detector row. cone beam CT scanner, Phys Med Biol. Vol. 54, No. 10, pp. 3141-3159, 2009
- [12] Lucia J. M. Kroft·Joost J. H. Roelofs·Jacob Geleijns scan time and patient dose for thoracic imaging in neonates and small children using axial volumetric 320-detector row CT compared to helical 64-, 32-, and 16-detector row CT acquisitions, Pediatric radiology, Vol. 40, pp. 294-300, 2010.
- [13] Y. K. Cha, M. S. Lee, S. J. Lee, Image quality and radiation doses of 320-MDCT for whole brain CT angiography(CTA): comparison with 64-MDCT, Journal of Korean Society Compute Tomography Technology, Vol. 14, No. 2, pp. 85-95, 2012.
- [14] J. K. Lee, S. J. Jang, Y. I. Jang, Medical radiation exposure in children CT and Dose Reduction, International Journal of Contents, Vol. 14, No. 1, pp. 344-363, 2014.

**박 연(Park, Yun)**



- 2007년 2월 : 광주보건대학교 방사선학과 졸업
- 2007년 6월 ~ 현재 : 서울대병원 영상의학과
- 관심분야 : 방사선학, 보건정책
- E-Mail : amadeus29@hanmail.net

**김 상 현(Kim, Sang Hyun)**



- 2009년 2월 : 경기대학교 대체의학 대학원 식품치료전공(대체의학석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 을지대학교 대학원 방사선학과(박사과정)
- 2001년 4월 ~ 현재 : 서울대병원 영상의학과
- 관심분야 : 방사선학, 보건정책
- E-Mail : snuhkim1@naver.com