

# A Study on the Change of Image Quality According to the Change of Tube Voltage in Computed Tomography Pediatric Chest Examination

Gu Kim,<sup>1</sup> Gyeong Rip Kim,<sup>2</sup> Soon Ki Sung,<sup>2</sup> Jong Hyeok Kwak<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Pusan National University hospital of Yang San

<sup>2</sup>Gamma knife center, Pusan National University Hospital of Yang San

Received: June 20, 2019. Revised: August 26, 2019. Accepted: August 31, 2019

## ABSTRACT

In short a binary value according to a change in the tube voltage by using one of VOLUME AXIAL MODE of scanning techniques of chest CT image quality evaluation in order to obtain high image and to present the appropriate tube voltage. CT instruments were GE Revolution (GE Healthcare, Wisconsin USA) model and Phantom used Pediatric Whole Body Phantom PBU-70. The test method was examined in Volume Axial mode using the pediatric protocol used in the Y university hospital of mass-produced material. The tube voltage was set to 70kvp, 80kvp, 100kvp, and mAs was set to smart mA-ODM. The mean SNR difference of the heart was  $-4.53 \pm 0.26$  at 70 kvp,  $-3.34 \pm 0.18$  at 80 kvp,  $-1.87 \pm 0.15$  at 100 kvp, and SNR at 70 kvp was about -2.66 higher than 100 kvp and statistically significant ( $p < 0.05$ ). In the Lung SNR mean difference analysis,  $-78.20 \pm 4.16$  at 70 kvp,  $-79.10 \pm 4.39$  at 80 kvp,  $-77.43 \pm 4.72$  at 100 kvp, and SNR at 70 kvp at about -0.77 higher than 100 kvp were statistically significant. ( $p < 0.05$ ). Lung CNR mean difference was  $73.67 \pm 3.95$  at 70 kvp,  $75.76 \pm 4.25$  at 80 kvp,  $75.57 \pm 4.62$  at 100 kvp and 20.9 CNR at 80 kvp higher than 70 kvp and statistically significant ( $p < 0.05$ ). At 100 kvp of tube voltage, the SNR was close to 1 while maintaining the quality of the heart image when 70 kvp and 80 kvp were compared. However, there is no difference in SNR between 70 kvp and 80 kvp, and 70 kvp can be used to reduce the radiation dose. On the other and, CNR showed an approximate value of 1 at 70 kvp. There is no difference between 80 kvp and 100 kvp. Therefore, 80 kvp can reduce the radiation dose by pediatric chest CT. In addition, it is possible to perform a scan with a short scan time of 0.3 seconds in the volume axial mode test, which is useful for pediatric patients who need to move or relax.

Keywords: Kvp, Computed Tomography, Volume axial

## I. INTRODUCTION

최근 Computed Tomography(이하 CT) 검사도 임상적으로 광범위하게 쓰이고 지속적으로 검사 건수가 증가하고 있으며 CT 검사에 의한 의료피폭을 낮추기 위한 노력을 하고 있다. 소아의 경우도 CT 검사의 건수가 증가하고 있으며, 검사건수의 증가와 함께 검사과정에서 받는 방사선 피폭도 증가하고 있다.<sup>[1]</sup>

소아는 세포들이 활발하게 분열하고 있기 때문에 성인에 비해 방사선에 민감하고 기대수명이 길며, 어른으로 성장하면서 여러 차례 검사를 할 가

능성이 높아 방사선에 의한 암 발생률이 더 높다.<sup>[2]</sup> 환자가 어릴수록 방사선에 의한 위험이 크며 여자 아이들이 남자아이들 보다 2배 정도 방사선에 민감하다. 더욱 문제가 되는 것은 성인보다 어린이는 체격이 작아 같은 조건으로 검사를 시행할 경우 피폭선량이 3-5배나 높기 때문에 소아 CT 검사 시에 그에 맞는 적절한 조건의 검사가 필요하다.<sup>[3]</sup>

따라서 본 논문은 흉부 CT 검사의 스캔 기법의 하나인 VOLUME AXIAL MODE를 이용하여 관전압의 변화에 따라 진단적으로 가치가 높은 영상을 얻기 위하여 화질을 평가하고 적절한 관전압을 제시하고자 한다.

\* Corresponding Author: Jong Hyeok Kwak

E-mail: kwark9476@naver.com

Tel: +82-01-05520-9476

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 사용 장비

본 연구에 사용한 CT 장비는 GE사의 Revolution (GE Healthcare, Wisconsin USA) 모델을 이용하였으며, Fig. 1에 제시된 Phantom Pediatric Whole Body Phantom PBU-70을 사용하였다.

### 2. 검사 방법

검사 방법은 양산소재의 Y 대학병원에서 사용하는 소아 Protocol을 이용하여 Volume Axial mode로 검사하였으며 관전압은 70 kvp, 80 kvp, 100 kVp와 mAs는 smartMA-ODM으로 조건을 설정했다. 검사 range는 최근 식품의약품 안전처(이하 식약처)에서 조사한 소아 흉부 검사에서 2-5세의 검사 포함범위의 평균 결과를 Table 1에 적용하였으며 각 16cm의 range를 설정하여 scan하였다. Scan Parameter는 Table 2와 같다.



Fig. 1. Whole Pediatric body phantom PBU-70.

Table 1. The scan range of child chest CT

Region	Pediatric division	M ± SD	Min	Max
Chest	New born	8.75 ± 1.34	7.00	10.25
	1 Age	13.58 ± 3.31	8.40	20.20
	2~5 Age	17.64 ± 2.55	10.80	21.90
	6~10 Age	24.35 ± 5.09	16.10	32.10
	11 Age	29.31 ± 50.4	19.20	35.70

\* 어린이 CT 영상의학 검사의 환자선량 권고량가이드라인(2012.10)<sup>41)</sup>

Table 2. The protocol used to scan

Parameter	volume axial
kvp	70.80,100
smartMA-ODM	40-500
noise index	24
rotation time (sec)	0.28
pitch	
Slice Thickness (mm)	2.5
Detector Coverage(mm)	40
DFOV(cm)	25.0

### 3. 선량 평가

선량은 Fig. 2의 검사 후 장비에서 직접 제공하는 Dose Report에 표시되는 DLP값으로 나타내어진다.

Dose Report					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)	Phantom cm
AXIAL C10					
11	Axial	I61.222-I218.722	0.52	8.25	Body 32
11	Axial	I61.222-I218.722	0.62	9.92	Body 32
11	Axial	I61.222-I218.722	0.62	9.92	Body 32
11	Axial	I61.222-I218.722	0.62	9.92	Body 32
11	Axial	I61.222-I218.722	0.65	10.41	Body 32
11	Axial	I61.222-I218.722	0.65	10.41	Body 32
11	Axial	I61.222-I218.722	0.65	10.41	Body 32

Fig. 2. Dose report on the Volume Axial mode.

### 4. 영상 평가(정량적 평가)

검사한 영상의 동일한 Slice에서 Fig. 3과 같이 심장(Heart), 뼈(Bone), 폐(Lung), Back-ground air에 149. mm<sup>2</sup> 크기의 관심영역(Region of Interest, ROI)을 설정한 후에 CT number(Hounsfield unit, HU)와 표준편차(Standard Deviation, SD)값을 측정하여 평균값을 구하고 신호 대 잡음비(signal-to-noise ratio SNR)와 대조도 잡음비(contrast-to-noise ratio CNR)를 비교하였다.

#### 4.1 SNR

Volume Axial Mode 검사로 얻은 영상에 설정된 ROI로부터 구해진 CT number와 noise를 Eq. (1)에 대입하여 SNR을 계산하였다. 이후 각각 관전압 별로 구해진 SNR값의 평균을 산출하여 비교하였다.

$$SNR = P_{\text{signal}} / P_{\text{noise}}^{[4]} \quad (1)$$

#### 4.2 CNR

Volume Axial Mode 검사로 얻은 영상에 설정된 ROI로부터 구해진 CT number와 noise를 Eq. (2)에 대입하여 CNR을 계산하였다. 이후 각각 관전압 별로 구해진 CNR값의 평균을 산출하여 비교하였다.

$$CNR = |S_A - S_B| / \sigma_0 \quad (2)$$

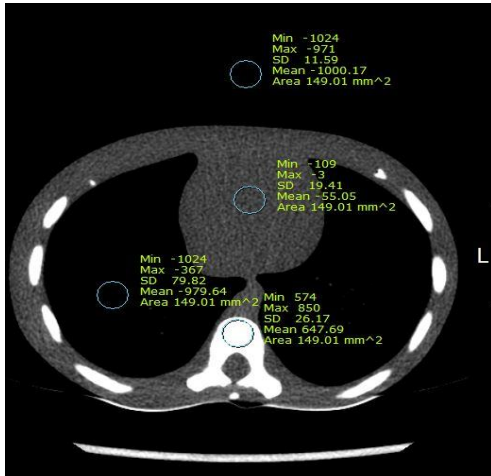


Fig. 3. 80 kVp, 100 kVp, 120 kVp ROI.

### 5. 통계 분석

자료의 통계 분석은 PASW(PASW statistics, ver. 21.0, SPSS, Chicago, USA)을 사용하여 각 관전압에 따른 HU 값과 Noise값은 기술통계를 시행하였으며. 각 관전압에 따른 SNR과 CNR은 일원배치분산 분석(ONE-WAY ANOVA)를 시행하였고 신뢰구간(Confidence interval, CI)은 95% 이며 유의수준은 p값 0.05 미만으로 하였다.(p<0.05)

## III. RESULT

### 1. 영상평가 결과

#### 1.1 The Results of Volume Axial HU Analysis

각각의 관전압 변화에 따른 HU값은 Table 3에

제시되었으며 70 kVp에서 Back ground는 -999.92이었고 Heart는 -54.19이었고 Bone은 647.66이었고 Lung은 -971.44 이었다. 80 kVp에서 Back ground는 -1000.13이었고 Heart는 -39.19이었고 Bone은 534.13이었고 Lung은 -972.73을 이었다. 100 kVp에서 Back ground는 -999.91이었고 Heart는 -22.08이었고 Bone은 440.96이었고 Lung은 -971.96이었다.

Table 3. The Results of Volume Axial HU Analysis

Region	70 kVp	80 kVp	100 kVp
Back-ground	-999.92	-1000.13	-999.91
Heart	-54.19	-39.19	-22.08
Bone	647.66	533.14	440.96
Lung	-975.43	-973.73	-971.96

#### 1.2 The Results of Volume Axial Noise Analysis

각각의 관전압 변화에 따른 Noise 값은 Table 4에 제시되었으며 70 kVp에서 Back ground는 12.39이었고 Heart는 19.37이었고 Bone은 26.39이었고 Lung은 87.13 이었다. 80 kVp에서 Back ground는 12.02이었고 Heart는 18.47이었고 Bone은 25.16이었고 Lung은 85.40을이었다. 100 kVp에서 Back ground는 12.22이었고 Heart는 17.54이었고 Bone은 23.54이었고 Lung은 90.18이었다.

Table 4. The Results of Volume Axial Noise Analysis

Region	70 kVp	80 kVp	100 kVp
Back-ground	12.39	12.02	12.22
Heart	19.37	18.47	17.54
Bone	26.39	25.16	23.42
Lung	87.13	85.40	90.18

#### 1.3 SNR

각각의 관전압의 변화에 따른 Volume Axial 모드 의 SNR의 값은 Table 5에 제시하였다. 각각의 관전압의 변화에 따른 SNR을 비교하기 위하여 One-Way ANOVA test 시행하였고 p값이 0.05이하일 때 관전압에 따른 차이를 알아보기 위해 Scheffe test를 시행하여 사후분석을 하였다.

Heart의 SNR 평균차이분석에서는 70 kVp에서 -4.53

$\pm 0.26$  이었고 80 kvp는  $-3.34 \pm 0.18$  이었으며 100 kvp는  $-1.87 \pm 0.15$ 이었고 100 kvp가 70kvp 보다 2.66정도 SNR이 높았으며 통계적으로 유의하였다.( $p < 0.05$ ) Scheffe test에서는 70 kvp가 80kvp와 100kvp와 차이가 있었고 80 kvp와 100 kvp는 차이가 없었다.

Lung의 SNR 평균차이분석에서는 70 kvp에서  $-78.20 \pm 4.16$ 이었고 80 kvp는  $-79.10 \pm 4.39$ 이었고 100 kvp는  $-77.43 \pm 4.72$ 이었고 70 kvp가 100 kvp 보다 약  $-0.77$ 정도 SNR이 높았으며 통계적으로 유의하였다.( $p < 0.05$ ) Scheffe test에서는 80 kvp가 100kvp와 차이가 있었고 70 kvp와 80 kvp는 차이가 없었다.

Table 5. The Results of Volume Axial SNR Analysis

Variable	Region	kvp	M $\pm$ SD	F-Value	p-value	Post-hoc
SNR	Heart	70 (a)	$-4.53 \pm 0.26$	39.3.005	0.000	a>b,c
		80 (b)	$-3.34 \pm 0.18$			
		100 (c)	$-1.87 \pm 0.15$			
	Lung	70 (a)	$-78.20 \pm 4.16$	3.719	0.043	b>a,c
		80 (b)	$-79.10 \pm 4.39$			
		100 (c)	$-77.43 \pm 4.72$			

#### 1.4 CNR

Lung의 CNR 평균차이분석에서는 Table 6에 제시하였다. 70 kvp에서  $73.67 \pm 3.95$ 이었고 80 kvp는  $75.76 \pm 4.25$ 이었고 100 kvp는  $75.57 \pm 4.62$ 이었고 80 kvp가 70 kvp 보다 약 2.09정도 CNR이 높았으며 통계적으로 유의하였다.( $p < 0.05$ ) Scheffe test에서는 70 kvp가 80kvp와 100kvp와 차이가 있었고 80 kvp와 100 kvp는 차이가 없었다.

Table 6. The Results of Volume Axial CNR Analysis

Variable	kvp	M $\pm$ SD	F-Value	p-value	Post-hoc
CNR	70 (a)	$73.67 \pm 3.95$	6.567	0.002	c,b>a
	80 (b)	$75.76 \pm 4.25$			
	100 (c)	$75.57 \pm 4.62$			

## IV. DISCUSSION

2000년과 2007년에 보고 된 자료에서 미국에서 시행 된 6,900만 건의 CT 스캔 중 약 11%가 소아에서 시행 되었다.<sup>[6]</sup> 국제 방사선 방호위원회(ICRP)에 따르면, 단일 방사선 선량에 대해서 평생 위험의 정도는 연령에 따라 크게 다르며 30세미만의 환자, 특히 10세 미만의 소아 환자에서 증가 한다.<sup>[7]</sup> 소아의 세포조직은 성인의 세포조직보다 방사선에 민감하고 소아는 기대수명이 길기 때문에 방사선 노출로 인한 암에 걸릴 확률도 높다. 백혈병을 제외하고 소녀의 대부분의 암, 특히 유방암과 갑상선암의 경우 소년보다 방사선 감수성이 높다고 한다.<sup>[8]</sup> 잠재적으로 유발 된 암은 잠복기가 끝날 때까지 나타나지 않으며 암의 유형과 환자의 나이에 따라 달라진다. 소아의 예상 수명이 길어지면 잠복기가 발생할 수 있는 충분한 시간이 주어지게 되어 누적 선량이 반복되고 이로 인해 암 발생이 증가할 확률이 높아진다. 따라서 이시기에 방사선 피폭 선량 관리가 무엇보다 중요하며, 소아 CT 검사에서 최소한의 선량으로 정확하고 진단적 가치가 높은 고화질의 영상을 획득하고 피폭선량을 줄이기 위해서 많은 노력을 하고 있다.<sup>[7-9]</sup>

본 논문은 흉부 CT 검사의 스캔 기법의 하나인 VOLUME AXIAL MODE를 이용하여 관전압의 변화에 따라 진단적으로 가치가 높은 영상을 얻기 위하여 화질을 평가하고 적절한 관전압을 제시하고자 하였다.

각각의 관전압 조건 변화는 image quality 평가의 결과로 각 영상의 noise는 전반적으로 비슷했지만 일부 영상에서는 약간 높은 noise 값이 나타났으며, SNR과 CNR도 전반적으로 비슷한 값이 나타났다. 임상적으로 정확한 진단을 내리기 위해서는 보다 나은 화질의 영상 즉, 질 좋은 영상을 획득해야 하는데 진단적 가치가 높고 질 좋은 영상은 noise가 낮고 SNR 값이 높아야 한다. 각 mode 별로 비슷한 수치가 나왔고 큰 차이가 없는 것으로 보아 영상의 질적으로는 차이가 없는 것으로 사료된다.

본 연구의 결과에서 알 수 있듯이 관전압 100 kvp에서는 70 kvp와 80 kvp를 비교 했을 때 심장

영상의 질을 유지하면서 SNR이 1에 가까웠다. 하지만 70 kVp와 80 kVp에서는 SNR 차이가 없어 70 kVp로 소아 흉부 CT 검사를 하여 방사선량을 줄일 수 있을 것이다. 반면에 CNR은 70 kVp에서 가장 1에 근사치를 나타냈었으며 80 kVp와 100 kVp에서는 차이가 없어 80 kVp로 소아 흉부 CT 검사를 하여 방사선량을 줄일 수 있을 것이다. 또한 Volume Axial mode 검사 시 0.3초의 짧은 scan time으로 검사할 수 있어서 움직이거나 진정이 필요한 소아 환자에게 유용할 것으로 사료된다.

이 연구의 제한 점은 첫 번째 팬텀을 이용해서 실험을 해서 실제 소아의 체적을 고려하지 못했다는 것이다. 일반적으로 CT 검사는 환자의 크기(체형)에 따라 CNR, Noise가 달라지고, 관전압 또한 환자의 체형에 강하게 의존하기 때문이다. 두 번째 16cm의 detector coverage의 한계로 인해서 2-5세 이상의 소아 환자에게는 전부 적용하기 힘들다. 다른 부위의 검사에 Volume Axial mode가 유용하게 사용하기 위해서 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. CONCLUSION

본 논문은 흉부 CT 검사의 스캔 기법의 하나인 VOLUME AXIAL MODE를 이용하여 관전압의 변화에 따라 진단적으로 가치가 높은 영상을 얻기 위하여 화질을 평가하고 적절한 관전압을 제시하고자 하였다. 16cm의 Detector coverage가 모든 소아 흉부 CT 검사에 적용하기에 제한점이 있으나 가능한 소아환자에 검사에 있어 volume axial mode의 적극적인 활용을 추천하며 다른 검사부위 적용에 대한 지속적인 연구가 필요하리라 사료된다. 본 연구를 통해 VOLUME AXIAL MODE로 소아 흉부 CT 검사 시 SNR은 관전압 100 kVp에서 가장 1에 가까웠으며 CNR은 70 kVp에서 가장 1에 가깝게 영상의 질 저하 없이 검사할 수 있었다.

## Acknowledgement

본 연구는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 연구비(2019R1F1A1059009)의 지원에 의해 수행되었다.

## Reference

- [1] D. Brenner, C. Elliston, E. Hall, W. Berdon, "Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT," *AJR. American journal of roentgenology*, Vol. 176, No. 2, pp. 289-296, 2001.
- [2] National Research Council (US); Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase 2. Washington DC: National Academies Press; 2006.
- [3] <https://www.hira.or.kr/eng/main.do>
- [4] <http://www.nifds.go.kr/>
- [5] C. M Heyer, P. S Mohr, S.P Lemburg, S A Peters., "Image quality and radiation exposure at pulmonary CT angiography with 100- or 120-kVp protocol: Prospective randomized study," *Radiology*. Vol. 245, No. 2, pp. 577-583, 2007.
- [6] Shinji Yoshinaga, Kiyohiko Mabuchi, Alice J Sigurdson, Michele Morin Doody, Elaine Ron, "Cancer risks among radiologists and radiologic technologists: review of epidemiologic studies," *Radiology*, Vol. 233, No. 2, pp. 313-321, 2004.
- [7] ICRP, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, 1991. Annex C Bases for judging the significance of the effects of radiation.
- [8] F. A. Mettler Jr, P. W. Wiest, J. A. Locken, C. A. Kelsey, "CT scanning: patterns of use and dose," *Journal of Radiological Protection*, Vol. 20, No. 4, pp. 353-362, 2000.
- [9] Joshua Broder, Lynn Ansley Fordham, David M. Warshauer, "Increasing utilization of computed tomography in the pediatric emergency department, 2000-2006," *Emergency Radiology*, Vol. 14, No. 4, pp. 277-232, 2007.

## 전산화단층촬영 소아 흉부검사에서 관전압의 변화에 따른 화질변화에 관한 연구

김구,<sup>1</sup> 김경립,<sup>2</sup> 성순기,<sup>2</sup> 곽종혁<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>양산부산대학교병원 영상의학과

<sup>2</sup>양산부산대학교병원 감마나이프센터

### 요 약

흉부 CT 검사의 스캔 기법의 하나인 VOLUME AXIAL MODE를 이용하여 관전압의 변화에 따라 진단적으로 가치가 높은 영상을 얻기 위하여 화질을 평가하고 적절한 관전압을 제시하고자 한다. CT 장비는 GE사의 Revolution(GE Healthcare, Wisconsin USA)모델을 이용하였으며, Phantom은 Pediatric Whole Body Phantom PBU-70을 사용하였다. Heart의 SNR 평균차이분석에서는 70 kvp에서  $-4.53 \pm 0.26$  이었고 80 kvp는  $-3.34 \pm 0.18$  이었으며 100 kvp는  $-1.87 \pm 0.15$ 이었고 70 kvp가 100kvp 보다 약 -2.66정도 SNR이 높았으며 통계적으로 유의하였다.( $p < 0.05$ ) Lung의 SNR 평균차이분석에서는 70 kvp에서  $-78.20 \pm 4.16$ 이었고 80 kvp는  $-79.10 \pm 4.39$ 이었으며 100 kvp는  $-77.43 \pm 4.72$ 이었고 70 kvp가 100 kvp 보다 약 -0.77정도 SNR이 높았으며 통계적으로 유의하였다.( $p < 0.05$ ). Lung의 CNR 평균차이분석에서는 70 kvp에서  $73.67 \pm 3.95$ 이었고 80 kvp는  $75.76 \pm 4.25$ 이었으며 100 kvp는  $75.57 \pm 4.62$ 이었고 80 kvp가 70 kvp 보다 약 20.9정도 CNR이 높았으며 통계적으로 유의하였다.( $p < 0.05$ ) 관전압 100 kvp에서는 70 kvp와 80k vp를 비교 했을 때 심장 영상의 질을 유지하면서 SNR이 1에 가까웠다. 하지만 70 kvp와 80kvp에서는 SNR 차이가 없어 70 kvp 로 소아 흉부 CT 검사를 하여 방사선량을 줄일 수 있을 것이다. 반면에 CNR은 70 kvp에서 가장 1에 근사치를 나타냈었으며 80kvp와 100kvp에서는 차이가 없어 80 kvp로 소아 흉부 CT 검사를 하여 방사선량을 줄일 수 있을 것이다. 또한 Volume Axial mode 검사 시 0.3초의 짧은 scan time으로 검사 할 수 있어서 움직이거나 진정이 필요한 소아 환자에게 유용할 것으로 사료된다.

중심단어: 관전압, 전산화단층촬영, Volume axial

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김 구	양산부산대학교병원 영상의학과	방사선사
(공동저자)	김경립	양산부산대학교병원 감마나이프센터	조교수
	성순기	양산부산대학교병원 감마나이프센터	기금조교수
(교신저자)	곽종혁	양산부산대학교병원 영상의학과	방사선사