

Evaluation of the Availability of the Wide Coverage Volume Axial Mode in Pediatric Cardiac CT

Ki Seok Park,¹ Dong Hyun Kim^{2,*}

¹Department of Radiological Science, Busan Haeundae PAIK Hospital

²Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

Received: August 03, 2019. Revised: October 28, 2019. Accepted: October 31, 2019

ABSTRACT

We are trying to evaluate usefulness of Wide Coverage Volume Axial Mode by comparing and analyzing for exposure doses to patients and video quality extracted from two materials. First material is a computer tomography scanning of paediatric cardiac made by using High Pitch Mode, which is designed for diagnosing Congenital cardiac diseases. Second material is computer tomography scanning of paediatric cardiac made by using Wide Coverage Volume Axial Mode.

When we did computer tomography scanning of paediatric cardiac, we used High Pitch Mode and Wide Coverage Volume Axial Mode to 50 patients of each, overall 100 patients. Also, we compared exposure doses to patients using videos got from each protocol. Then we compared video quality by calculating SNR and CNR by setting ROI of each. Not only exposure doses to patients were reduced by 13.07 %, but also SNR and CNR were improved when testing used Wide Coverage Volume Axial Mode rather than using High Pitch Mode. Wide Coverage Volume Axial Mode reduced testing time by using high-speed scanner. Furthermore, we can find out that Wide Coverage Volume Axial Mode is an useful method through improving video quality and reducing exposure doses to patients than using High Pitch Mode from ASiR-V, which is low-dose technology.

Keywords: Congenital cardiac diseases, High Pitch Mode, Wide Coverage Volume Axial Mode, exposure dose, SNR, CNR

I . INTRODUCTION

선천적 심질환(Congenital Heart Disease; CHD)은 출생 시부터 가지고 태어나는 심장의 구조적 또는 기능적 이상을 말하지만, 주로 구조적인 기형을 의미한다.^[1] 여기서 말하는 구조적인 기형이란 심방 중격결손증(Atrial Septal Defect; ASD), 심실중격결손증(Ventricular Septal Defect; VSD), 동맥관개존증(Patent Ductus Arteriosus; PDA), 팔로 4징증(Tetralogy of Fallot; ToF), 대혈관전위(Transposition of Great Arteries; TGA), 대동맥협착증(Coarctation of Aorta; CoA), 폐동맥협착증(Pulmonary Stenosis; PS) 등을 의미한다.^[2] 선천적 심질환의 진단은 1980

년대에 보편화된 컬러 도플러 심초음파 검사(Color Doppler Echocardiography)를 하거나^[3], 흉부 CT (Computed Tomography)촬영을 이용한다.^[4] 하지만, 복잡한 선천적 심질환의 해부학적 이상이나 수술 후 소견을 확인하기 위해서는 CT촬영이 적절하다.^[5] CT촬영은 1972년 최초로 상용화된 후 비약적인 발전을 이루어 1990년 다중 검출기 CT촬영(Multi Detector Computed Tomography; MDCT)이 개발되면서 검사시간과 기능이 크게 향상되었고 다양한 임상적 활용이 가능해졌다. 이러한 MDCT는 심장 전체를 1초 이내로 촬영하며, 흉부 전체 영상을 수 분 내로 3차원으로 재구성할 수 있어 심혈관 질환의 진단이 용이하다. 또한 환자의 움직임(Motion)

* Corresponding Author: Dong Hyun Kim

E-mail: dhkim@cup.ac.kr

Tel: +82-51-510-0584

과 별개로 움직이는 장기인 심장을 영상의 진단적 가치를 유지하면서 불필요한 방사선 노출을 줄이기 위해 심전도를 이용하여 심장의 일정 주기에서 영상을 얻는데 이를 ECG gated CT 라고 한다. ECG gated CT는 정해진 촬영 시작 지연 시간(scan delay time)을 정하여 scan을 시작하는 방법인 전향적(prospectively) 동조화와 심박동 주기에 상관없이 연속적으로 촬영한 후 일정 시점의 심장주기에서 영상을 재구성하는 후향적(retrospective) 동조화가 있지만 해상도가 뛰어나고 부정맥의 영향을 덜 받는 후향적 동조화를 주로 이용한다. 하지만 후향적 동조화는 Pitch를 작게 하여 중복되는 데이터를 얻어야 원하는 심장영상을 만들 수 있기 때문에 환자의 피폭선량이 많아진다.^[6] 또한 MDCT의 해상력을 증가시키기 위해 사용하는 얇은 슬라이스 두께는 피폭선량의 증가로 이어지는 단점이 있다.^[7]

소아는 방사선 감수성이 어른에 비해 높고 몸의 크기가 작아 어른과 같은 양의 방사선에 노출 되더라도 유효선량은 어른에 비해 더 높기 때문에 불필요한 피폭선량을 줄이는 것이 매우 중요하다. 그러므로 불필요한 방사선 노출을 줄이고 선량관리를 위한 노력들이 필요하다.^[8] 이중선원CT촬영(Dual-Source Computed Tomography; DSCT)은 MDCT의 한 종류로 하나의 갠트리 내에 2개의 선원에 각각 다른 관전압과 관전류를 인가하여 데이터를 동시에 획득하여 처리할 수 있다. 이러한 DSCT 중 저선량 영상을 위해 개발된 High Pitch Mode(Flash Mode)는 3.2 Pitch라는 높은 Pitch를 사용하여 영상을 갠트리 회전시간의 1/4에 해당하는 일시적 해상도로 재구성한다.^[9] 또한 MDCT의 또 다른 종류인 GE Healthcare에서 개발한 Revolution CT는 16cm의 detector array와 0.28초에 한번 회전하는 고속 회전 스캐너를 이용한 Wide Coverage Volume Axial Mode로 테이블의 이동 없이 심장 촬영이 가능하며 숨을 참기 어려운 소아 환자의 경우에도 보다 정확한 진단이 가능하다. 또한, Revolution CT는 저선량 기술인 ASiR-V를 탑재해 환자의 피폭선량을 줄일 수 있다. ASiR-V는 GE의 반복적 재구성 기법(Iterative Reconstruction; IR)으로, 짧은 조사시간, 저선량 그리고 높은 대조도 분해능을 동시에 구현한다. 따라서 본 논문에서는 소아의 선천적 심질환

진단을 위해 High Pitch Mode를 사용하여 획득한 소아 심장 CT 영상과 Wide Coverage Volume Axial Mode를 사용하여 획득한 소아 심장 CT 영상으로 부터 환자의 피폭선량을 비교하고 영상의 화질을 분석하고 비교하여 Wide Coverage Volume Axial Mode의 유용성을 평가해보고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 재료

1.1 연구대상

2017년 4월 1일부터 2018년 2월 28일까지 0-1세의 선천적 심질환 소아환자를 각 장비의 프로토콜별로 Cardiac CT Angiography + 3D검사를 50명씩 시행한 총 100명을 대상으로 하였으며 ICRP 135에서는 소아의 그룹을 정의할 때 연령이 아닌 체중 범주를 사용하는 것을 권고하므로 프로토콜별로 Table 1과 같이 환자의 체중을 표기하였다.

Table 1. Patient weight in each protocol (Unit: kg)

Protocol	Weight
High Pitch Mode	6.24 ± 1.86
Wide Coverage Volume Axial Mode	5.19 ± 1.74

1.2 사용장비 및 영상

대조균을 얻기 위해 Fig. 1 과 같이 SOMATOM Definition Flash(SIEMENS, Germany) 장비를 사용하였으며, High Pitch Mode 검사 및 영상재구성기법으로 필터보정역투영법(Filtered Back Projection; FBP)을 통해 획득한 소아 심장 CT영상을 사용하였다. 그리고 실험군을 얻기 위해 Fig. 2와 같이 Revolution CT(GE, USA) 장비를 사용하였으며, Wide Coverage Volume Axial Mode 검사 및 영상재구성 기법으로 ASiR-V를 통해 획득한 소아 심장 CT 영상을 사용하였다.

1.3 Image J

각 프로토콜별로 얻어진 영상의 관심영역(Region

of Interest; ROI)을 설정하고 설정된 ROI의 Mean ± SD를 계산하기 위해 ImageJ를 사용하였다.

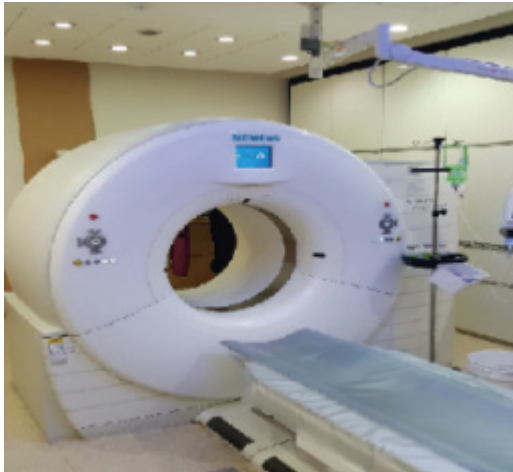


Fig. 1. SOMATOM Definition Flash(SIEMENS, Germany).



Fig. 2. Revolution CT(GE, USA).

2. 연구 방법

2.1 환자의 피폭선량비교

두 프로토콜 모두 Topogram 또는 Scout 촬영 후 Scan range를 설정하였으며, 검사조건은 Table 2와 같이 설정하였다.

ICRP 135에서는 진단 목적 방사선사용에서 부당하게 높은 환자선량을 초래하는 절차를 확인하고 시정하도록 환자선량을 감시할 지표인 진단참고준위(Diagnostic Reference Level; DRL)를 CT에서는 CTDIvol(Volume Computed Tomography Dose Index),

DLP(Dose-Length Product)값을 이용하는 것을 권고한다. 따라서 CT 영상 상에 표시되는 DLP값을 이용하여 Fig. 3과 같이 피폭선량을 평가하였다.

Table 2. Scan Parameter

	High pitch mode	Wide Coverage Volume Axial Mode
kV	70	70
mAs	Care-Dose 4D (AEC)	Auto mA 3D (AEC)
Scan time[s]	1	0.28
Pitch	3	0
Slice Thickness[mm]	0.625	0.625

Total mAs 285		Total DLP 14 mGycm							
Scan	kV	mAs	ref.	CTDIvol* mGy	DLP mGycm	TI s	eSL mm		
Patient Position H-SP									
Topogram	1	80	20 mA	0.02 L	0	1.8	0.6		
FL_CorCTA	2D	80	200	0.91 L	14	0.28	0.6		

(A)

Dose Report					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy*cm)	Phantom cm
Scout					
1	Scout	50-1160	0.01	0.15	Body 32
RT					
2	Axial	18.831-1108.206	1.25	12.50	Body 32
201	SmartPrep	161.504-161.504	0.38	0.19	Body 32
201	SmartPrep	161.504-161.504	1.15	0.57	Body 32
Total Exam DLP:				13.41	

(B)

Fig. 3. (A) DLP - High Pitch Mode
(B) DLP - Wide Coverage Volume Axial Mode.

2.2 영상의 화질비교

영상의 화질비교는 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio; SNR)와 대조도 잡음비(Contrast to Noise Ratio; CNR)로 평가하였다. SNR과 CNR을 측정하기 위해 위 Fig. 4와 같이 ImageJ를 이용해 SOMATOM Definition Flash 장비의 High Pitch Mode 검사로 얻은 영상과 Revolution CT장비의 Wide Coverage Volume Axial Mode 검사로 얻은 각 영상에 ROI를 설정하고 Mean ± SD를 구하였다.

각 ROI는 본 논문에서 주로 다루는 선천적 심질환을 진단하기 위한 해부학적 구조를 10mm² 이상으로 설정하였다.^[10]

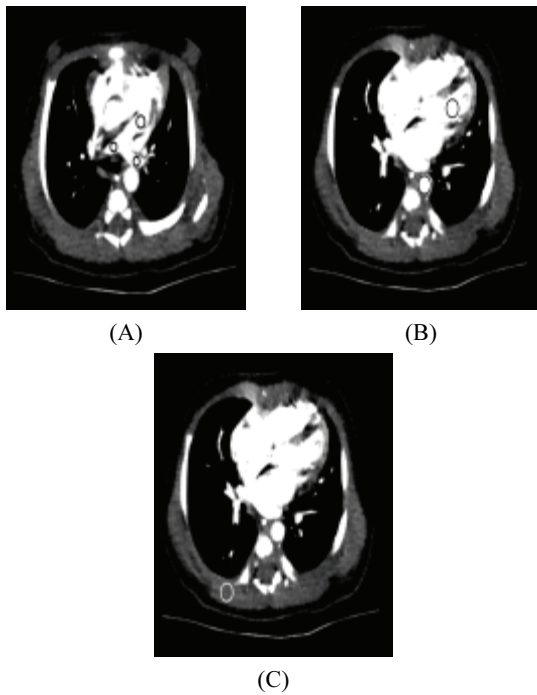


Fig. 4. (A) ROI(Pulmonary trunk, Lt. · Rt. Branches of pulmonary arteries), (B) ROI(Lt. Ventricle, Descending aorta), (C) BKG ROI(Soft tissue)

Fig. 4의 (A) 영상은 Pulmonary trunk, Lt. · Rt. Branches of pulmonary arteries에 ROI를 설정하였고 Fig. 4의 (B) 영상은 Lt. Ventricle, Descending aorta에 ROI를 설정하였으며 BKG는 Fig. 4의 (B) 영상의 등 조직(Soft tissue)에 ROI를 설정하였다^[11]. 이때 Object의 Mean 값은 병변과 정상조직의 차이를 나타내게 하기 위해 혈관내강의 농도가 250 HU(Hounsfield Unit) 이상이 되게 하였다^[12,13].

2.2.1 SNR

각 High Pitch Mode와 Wide Coverage Volume Axial Mode 검사로 얻은 Fig. 4의 (A) 영상과 Fig. 4의 (B) 영상에 설정된 5개의 Object ROI로부터 구해진 Mean ± SD를 다음 식 1에 대입하여 SNR을 계산하였다.^[11] 이후 각 프로토콜별로 구해진 SNR 값의 평균을 산출하여 비교하였다.

$$SNR = \frac{Object\ Mean}{Object\ SD} \quad (1)$$

2.2.2 CNR

각 High Pitch Mode와 Wide Coverage Volume Axial Mode 검사로 얻은 Fig. 4의 (A) 영상과 Fig. 4의 (B) 영상에 설정된 5개의 Object ROI로부터 구해진 Mean ± SD와 Fig. 4의 (B) 영상에 설정된 BKG ROI로부터 구해진 Mean ± SD를 다음 식 2에 대입하여 CNR을 계산하였다.^[11] 이후 각 프로토콜별로 구해진 CNR값의 평균을 산출하여 비교하였다.

$$CNR = \frac{Object\ Mean - BKG\ Mean}{BKG\ SD} \quad (2)$$

각 검사기법으로 획득한 SNR 과 CNR을 통계적 유의성을 분석하기위해 SPSS 18 프로그램을 이용하여 Paired T-test를 시행하였다. 통계분석은 95% 신뢰수준에서 P value 가 0.05보다 작은 경우 유의하다고 결정하였다.

III. RESULT

1. 환자의 피폭선량비교

High Pitch Mode와 Wide Coverage Volume Axial Mode를 이용해 Cardiac CT Angiography + 3D검사를 시행한 소아 심장 CT영상의 DLP값의 평균을 비교한 결과, High Pitch Mode 영상의 DLP 평균값은 14.84 mGy × cm이고 Wide Coverage Volume Axial Mode 영상의 DLP 평균값은 12.90 mGy × cm으로 High Pitch Mode에 비해 Wide Coverage Volume Axial Mode를 사용했을 때 Table 3과 같이 13.07%의 선량감소를 보였다..

Table 3. Comparison of DLP in each protocol

Protocol	DLP [mGy × cm]	Dose reduction [%]
High Pitch Mode	14.84	13.07
Wide Coverage Volume Axial Mode	12.90	13.07

2. 영상의 화질비교

2.1 SNR

High Pitch Mode와 Wide Coverage Volume Axial

Mode를 이용해 Cardiac CT Angiography + 3D검사를 시행한 소아 심장 CT영상을 ImageJ를 이용하여 Object ROI를 설정하고 구한 Mean \pm SD로부터 SNR을 계산한 결과 High Pitch Mode 영상의 SNR 평균값은 12.34이고 Wide Coverage Volume Axial Mode 영상의 SNR 평균값은 17.39으로 High Pitch Mode에 비해 Wide Coverage Volume Axial Mode를 사용했을 때는 Table 4와 같이 소아 심장 CT영상의 화질향상이 나타났고 결과값은 통계적으로 유의하다. (P<0.05).

Table 4. Comparison of SNR in each Protocol

Protocol	SNR	P-value
High Pitch Mode	12.34 \pm 0.16	0.023
Wide Coverage Volume Axial Mode	17.39 \pm 0.25	0.023

2.2 CNR

High Pitch Mode와 Wide Coverage Volume Axial Mode를 이용해 Cardiac CT Angiography + 3D검사를 시행한 소아 심장 CT영상을 ImageJ를 이용하여 Object 와 BKG ROI를 설정하고 구한 Mean \pm SD로부터 CNR을 계산한 결과 High Pitch Mode 영상의 CNR 평균값은 6.97이고 Wide Coverage Volume Axial Mode 영상의 CNR 평균값은 8.13으로 High Pitch Mode에 비해 Wide Coverage Volume Axial Mode를 사용했을 때는 Table 5와 같이 소아 심장 CT영상의 화질향상을 나타냈고 결과값은 통계적으로 유의하다. (P<0.05).

Table 5. Comparison of CNR in each Protocol

Protocol	CNR	P-value
High Pitch Mode	6.97 \pm 0.18	0.017
Wide Coverage Volume Axial Mode	8.13 \pm 0.23	0.017

IV. DISCUSSION

본 논문에서는 소아의 선천적 심질환 진단을 위해 High Pitch Mode를 사용하여 획득한 소아 심장 CT 영상과 Wide Coverage Volume Axial Mode를 사용하여 획득한 소아 심장 CT 영상으로부터 환자의

피폭선량을 비교하고 영상의 화질을 분석하고 비교하여 Wide Coverage Volume Axial Mode의 유용성을 평가해보았다.

실험 결과 High Pitch Mode에 비해 Wide Coverage Volume Axial Mode를 사용했을 때 환자의 피폭선량 감소와 영상의 화질이 향상되었다. 이는 영상재구성 기법인 FBP에 비해 IR 곧 ASiR-V가 저선량 기술이고 높은 대조도 분해능을 보이며 갠트리의 테이블 이동 없이 16cm의 긴 detector array로 비교적 짧은 시간동안 방사선을 조사해 영상을 획득하기 때문이다. A. Korn의 연구에서는 두부 CT 검사 시 영상재구성 기법인 FBP와 IR에 따른 기본 프로토콜과 저선량 프로토콜의 영상의 화질과 선량을 평가하였다.^[14] 여기서 영상재구성 기법인 FBP를 사용하는 것보다 IR을 사용했을 때 영상의 화질이 향상되고 선량이 줄어드는 경향을 보였으며 본 논문에서도 유사하게 나타났다.

보통 소아의 심장을 비롯한 대부분 검사를 할 때 움직임에 의한 허상(Motion artifacts)을 최소화하기 위해서는 숨을 참거나 방사선 조사 중 움직이지 않아야 한다. 하지만 임상에서는 환자의 협조가 되지 않는 경우가 많다. 때문에 테이블의 이동도 없고 0.28초의 단시간에 영상을 획득하는 Wide Coverage Volume Axial Mode는 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 본 논문에서는 환자의 피폭선량을 평가할 때 ICRP 135에서 권고하는 CT의 진단참고준위인 DLP를 이용하였다. 그러나 유효선량 변환계수인 k factor를 고려하지 않은 DLP는 정의상 검사 시 환자가 받는 총 피폭선량 곧 맹목적인 선량평가만 할 수 있다. 이는 심장을 비롯한 주변에 위치한 다른 장기가 받는 선량은 평가할 수 없다. 때문에 향후 심장을 비롯한 주변장기의 피폭선량 평가를 위해 소아의 체중밴드를 기준으로 한 모의팬텀을 개발하고 이에 따른 k factor의 연구가 필요할 것으로 판단되며 본 논문은 이를 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

V. CONCLUSION

본 논문에서는 Wide Coverage Volume Axial Mode를 사용해 소아 심장 CT 검사를 했을 때 환자

의 피폭선량과 영상의 화질에 대해 분석하고 High Pitch Mode를 사용했을 때와 비교하였다. Wide Coverage Volume Axial Mode를 사용했을 때 환자의 피폭선량이 줄어들고 영상의 화질이 향상되는 경향을 나타내었다. Wide Coverage Volume Axial mode가 16cm detector array 범위를 지니고 있기 때문에 0.28초의 단시간에 영상이 획득이 가능하다. 하지만 소아의 나이가 3~4세 혹은 신체적으로 커 심장의 해부학적 크기가 detector의 scan 범주를 벗어날 경우 한번에 촬영 불가능하다는 제한점을 가지고 있다. 그리고 피폭선량 평가의 한계인 검사 시 소아 환자의 맹목적인 선량이 아닌 심장을 비롯한 주변장기가 받는 선량을 평가하기 위해 소아 환자의 체중밴드를 기준으로 한 모의팬텀과 각 장기의 k factor에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] W. Nelson, R. Behrman, R. Kliegman, A. Arvin, *Nelson Textbook of Pediatrics* 15th edition ,Elsevier Health Sciences, pp. 1262-1374, 1996.
- [2] J. Hoffman, S. Kaplan, "The incidence of congenital heart disease," *Journal of the American college of cardiology*, Vol. 39, No. 12 pp. 1890-1900, 2012.
- [3] H. J. Lee, "Recent Advance in Congenital Heart Disease, *Korean Journal of Pediatrics*," Vol. 43, No. 6, pp. 733-737, 2000.
- [4] M. Y. Kim "Heart Related Disease: Chest CT Interpretation, *Tuberculosis and Respiratory Diseases*," Vol. 56, No. 2, pp. 127-143, 2004.
- [5] Y. J. Kim, H. S. Yong, S. M. Kim, "Guideline for Appropriate Use of Cardiac CT in Heart Disease" *Journal of the Korean Radiological Society*, Vol. 70, No. 2, pp. 93-109, 2014
- [6] W. Lee "Technical Aspect of Coronary CT angiography: Imaging Tips and Safety Issues," *Journal of the Korean Medical Association*, Vol. 50, No. 2, pp. 104-108, 2007
- [7] J. S. Lee, D. C. Kweon, B. G. You, "Radiation Dose Reducing Effect during the AEC system in the Chest and Abdomen of the MDCT Scanning," *Journal of the Korea Contents Association* Vol. 9, No. 3, pp. 225-231, 2009.
- [8] H. J. Kim, H. Y. Lee, I. C. Lim, "Analysis and Evaluation of Computed Tomography Dose Index(CTDI) of Pediatric Brain by Hospital Size," *The Korean Society of Radiology*, Vol. 10, No. 7, pp. 502-510, 2016.
- [9] S. Achenbach, "High-pitch spiral acquisition: A new scan mode for coronary CT angiography," *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, Vol. 3, No. 2, pp. 117-121, 2009
- [10] X. Chen, F. Jiang, L. Li, Y. Chen, X. Chen, Y. Jiang, L. Xiang. X. Ma, "Application of low-dose dual-source computed tomography angiography in children with complex congenital heart disease," *Experimental and therapeutic medicine*, Vol. 14, No. 2, pp. 1177-1183, 2017
- [11] Q Hou, W. Gao, A. Sun, Q. Wang, H. Qiu, F. Wang, L. Hu, J. Li, Y. Zhong, "A prospective evaluation of contrast and radiation dose and image quality in cardiac CT in children with complex congenital heart disease using low-concentration iodinated contrast agent and low tube voltage and current," *The British journal of radiology*, Vol. 90, No. 1070, pp. 20160669, 2017.
- [12] J. Scholtz, B. Ghoshhajra, "Advances in cardiac CT contrast injection and acquisition protocols," *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*, Vol. 7, No. 5, pp. 439-451, 2017.
- [13] Y. J. Kim, H. S. Yong, B. W. Choi, "Korean Society of Cardiovascular Imaging Guidelines for Cardiac Computed Tomography," *Journal of the Korean Radiological Society*, Vol. 65, No. 3, pp. 303-315, 2011
- [14] A. Korn, M. Fenchel, B. Bender, "Iterative reconstruction in head CT: image quality of routine and low-dose protocols in comparison with standard filtered back-projection," *American journal of neuroradiology*, Vol. 33, No. 2, pp. 218-224, 2012

소아 심장 CT검사 시 Wide Coverage Volume Axial Mode의 유용성 평가

박기석,¹ 김동현^{2,*}

¹해운대백병원 영상의학과

²부산가톨릭대학교 방사선학과

요 약

소아의 선천적 심장질환 진단을 위해 High Pitch Mode를 사용하여 획득한 소아 심장 CT 영상과 Wide Coverage Volume Axial Mode를 사용하여 획득한 소아 심장 CT 영상으로부터 환자의 피폭선량과 각 영상의 화질을 비교 및 분석하여 Wide Coverage Volume Axial Mode의 유용성을 평가해보고자 한다. 소아 심장 CT 검사 시 High Pitch Mode와 Wide Coverage Volume Axial Mode를 각각 50명 총 100명의 환자를 대상으로 시행하였으며, 각 프로토콜로부터 얻은 영상을 이용하여 환자의 피폭선량을 비교하였다. 각 영상에 ROI를 설정해 SNR과 CNR을 산출하여 영상의 화질을 비교하였다. High Pitch Mode에 비해 Wide Coverage Volume Axial Mode를 사용하여 검사하였을 때 환자의 피폭선량이 13.07% 감소하였고, SNR과 CNR이 향상되었다. Wide Coverage Volume Axial Mode는 고속 회전 스캐너를 이용하여 조사시간을 줄이고, 저선량 기술인 ASi R-V를 통해 High Pitch Mode를 사용했을 때보다 환자의 피폭선량이 감소하고 영상의 화질 또한 향상되는 유용한 검사라 할 수 있다.

중심단어: 선천적 심장질환, High Pitch Mode, Wide Coverage Volume Axial Mode, 피폭선량, SNR, CNR

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	박기석	해운대 백병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	김동현	부산가톨릭대학교 방사선학과	교수