

# Comparisons of Image Quality and Entrance Surface Doses according to Care Dose 4D + Care kV in Chest CT

Eun-Bo Kang\*

Department of Radiological Science, Dong-Eui Institute of Technology

Received: January 25, 2022. Revised: February 25, 2022. Accepted: February 28, 2022.

## ABSTRACT

This study compared DLP values along with phantom entrance surface doses and the image quality of chest CT scans made using a Care Dose 4D+Care kV System, scans that are made using only the Care Dose 4D function, and scans that are made with changes made by applying 80 kVp, 100 kVp, 120 kVp, and 140 kVp to the Care Dose 4D and tube voltage to search for methods to maintain the highest image quality with minimal patient doses. It was shown that DLP values decreased 6.727% when scans were taken with Chest Care Dose 4D + Care kV semi 100 and 6.481% when scans were taken with Chest Care Dose 4D + Care kV. With Chest Non as a standard, skin surface doses decreased 16.519% when scans were taken with Chest Care Dose 4D + Care kV semi 100 and 15.705% when scans were taken with Chest Care Dose 4D + Care kV. With comparisons of image quality, when comparisons were made with Chest Non, comparisons made of SNR values and CNR values in all scanning conditions including Care Dose 4D + Care kV showed that there were no significant differences at  $P>0.05$ . Imaging using Chest Care Dose 4D + Care kV in chest CT showed that exposure doses decreased similarly to result values gained from the best conditions through manual adjustments of kV and mAS, and there were no significant differences in image SNR and CNR. If the Chest Care Dose 4D + Care kV function is used, image quality is maintained and patient exposure to radiation can be reduced.

Keywords: Care Dose 4D, Care kV, SNR, CNR.

## I. INTRODUCTION

2021년 국민건강보험공단, 건강보험심사평가원의 건강보험통계자료에 따르면 3/4분기 전국 컴퓨터단층촬영(Computed Tomography, CT) 장비의 보급은 2,163대가 보급되어 있는 것으로 조사되었다<sup>[1]</sup>.

식품의약품안전처가 2007년에서 2011년까지 조사한 발표 자료에 의하면 방사선 건수는 35% 증가하였고, 국민 일인당 방사선 피폭량은 51% 증가한 것으로 발표하였다. 그런데 CT검사에서만 비교한 결과를 보면 2011년 방사선 건수 2억 2천만 건의 2.8%인 600백만 건으로 조사되었지만 2011년 국민 일인당 연간 피폭량 1.4 mSv를 기준으로 0.79 mSv가

피폭되어 56.4%를 차지하는 것으로 발표하였다<sup>[2,3]</sup>.

질병관리청이 발표한 2016 ~ 2019년 4년간 국내 의료방사선 검사 사용량의 분석 자료에 의하면 2016년 기준 국내 총 의료방사선 검사 사용량은 약 3.12억 건에서 2019년 3.74억 건으로 20% 증가한 수치로, 연평균 6.2%씩 증가하는 것으로 조사되었다. 자료에서 CT검사가 차지하는 건수는 1,200만 건으로 3.2%를 차지하였다. 그러나 집단유효선량과 1인당 유효선량을 비교한 자료에 의하면, 2019년 의료방사선에 의한 전체 집단유효선량은 약 125,000 man·Sv이며, CT검사에 의한 집단유효선량은 약 48,600 man·Sv로 38.7%를 차지하는 것으로 가장 높게 조사되었다. 또한 1인당 유효선량에서는 전체 2.42 mSv를 기준으로 0.94 mSv로 조사되어

\* Corresponding Author: Eun-Bo Kang

E-mail: kebwind@dit.ac.kr

Tel\*\*\* - \*\*\*\* - \*\*\*\*

38.7%로 가장 높은 것으로 조사되었다<sup>[4]</sup>. CT장비의 발전에 따른 진단능력의 향상으로 진단에서 CT가 차지하는 비중이 점차 증가되고 있으며 이는 환자의 피폭량의 증가로 이어지고 있는 것이 현실이다.

방사선방호의 생물학적 근거는 ICRP 2007년 권고에서 깊이 다루고 있으며, ICRP 103(2007a)의 유전적 영향에 대한 부분과 낮은 선량에서 암 위험에 대한 ICRP 99(2005c)의 견해에서 낮은 선량이나 낮은 선량률에서 방사선 방호의 현실적 목적을 위한 신중한 근거로 문턱 없는 선형모델을 유지한다고 하였다<sup>[5]</sup>. ICRP 87에 따르면 CT검사는 환자에게 상대적으로 높은 선량을 줄 수 있으며, 반복적인 검사로 인한 누적 조직 흡수선량(10 ~ 100 mGy/절차)은 역학연구로부터 암 확률을 증가시키는 것으로 알려진 선량준위에 근접하거나 초과한다고 하였으며, 이에 대한 환자선량 관리의 중요성을 이야기하였다<sup>[8]</sup>. 방사선 의학과와 CT검사를 하는 방사선사는 개별 환자와 수행할 검사에 대해 기술변수를 적절하게 선택함으로써 환자선량을 감소시키는 가능성에 대해 유념해야 한다고 하였다<sup>[8]</sup>.

본 연구는 Chest CT에서 Care Dose 4D+Care kV System을 사용하여 검사할 때와 CARE DOSE 4D 기능만을 사용했을 때, 그리고 Care Dose 4D와 관전압을 각각 80 kVp, 100 kVp, 120 kVp, 140 kVp로 변화를 주고 검사했을 때의 DLP값과 입사표면선량, 화질을 비교하여 최소의 환자선량으로 가장 최상의 화질을 유지할 수 있는 방법을 찾아보고자 하였다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 검사 방법

RS-111T Thorax Phantom(RSD, US)을 사용하여 Somatom Definition Flash CT scanner(simens, German)로 Chest CT 검사를 하였다. 검사는 폐첨부상연에서 늑골 횡경막각(costophrenic)까지 3회 스캔하였다. Chest non(A group), Chest Care Dose 4D(B group), Chest Care Dose 4D+Care kV(C group), Chest Care Dose 4D+Care kV Semi 140(D group), Chest Care Dose 4D+Care kV Semi 120(E group),

Chest Care Dose 4D+Care kV Semi 100(F group), Chest Care Dose 4D+Care kV Semi 80(G group)의 조건으로 검사하여 각각의 CTDIvol, DLP 평균값을 비교하였다. CTDIvol(Volume CTDI)은 Eq. (1)에 의한 수식으로 계산되며, 슬라이스 당 노출되는 선량의 측정값이다. DLP(Dose Length Product)는 Eq. (2)에 의한 수식으로 계산되며 모든 영상에 대한 총 선량의 측정값이다. 입사표면선량을 비교하기 위하여 RS-111T Thorax Phantom의 오른쪽, 왼쪽 가슴부위와 칼돌기(xiphoid process)의 3부위에서 TLD-100을 이용하여 선량을 측정하여 비교하고 각각의 검사에서 화질의 변화를 비교하였다.

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{Pitch Factor} \quad (1)$$

$w$ : weight factor

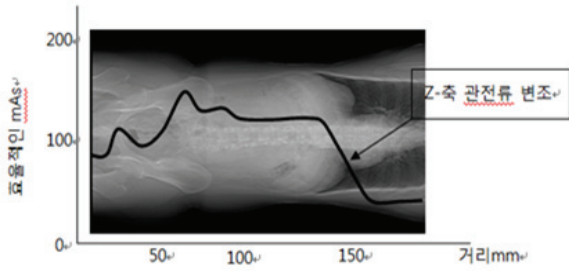
$$DLP(mGy \cdot cm) = CTDI_{vol} \cdot Scan length \quad (2)$$

### 2. Care kV

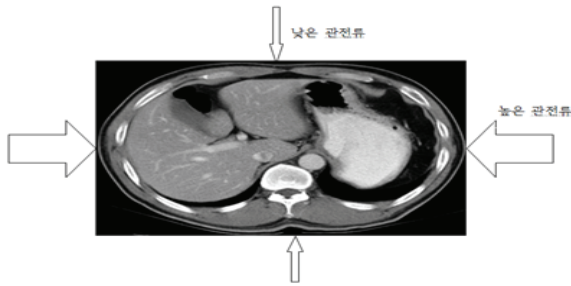
Care kV는 각각의 환자에 맞게 자동으로 관전압을 조정하는 system으로 Care kV는 70 kV, 80 kV, 100 kV, 120 kV, 140 kV의 총 5가지 관전압을 설정할 수 있다. 환자 체중 75 kg을 기준으로 관전압을 자동 조정하여 스캔할 수 있으며, Topogram 검사 시 환자의 체적을 자동으로 컴퓨터가 계산하여 kV 값을 결정한다<sup>[9]</sup>.

### 3. Care Dose 4D

Care Dose 4D 시스템은 Fig. 1과 같이 참조 관전류량에 기초한 방식으로 환자의 체형이나 관심부위 크기에 따라서 선량의 강약을 조절할 수 있게 설계되었다. Topogram을 통해 얻어진 정보를 통해 환자의 체형과 목적하는 부위의 두께에 따라 관전류의 세기가 감소하거나 증가한다<sup>[10]</sup>.



(a) z-axis tube current modulation



(b) x-y axis tube current modulation

Fig. 1. Care Dose 4D.

#### 4. 검사조건

Table 1. Reference scanning protocol parameters

Scan method	mAs	kV
Chest Non (A group)	110	120
Chest Care Dose 4D (B group)	108	120
Chest Care Dose 4D + Care KV (C group)	167	100
Chest Care Dose 4D + Care KV Semi 140 (D group)	74	140
Chest Care Dose 4D + Care KV Semi 120 (E group)	107	120
Chest Care Dose 4D + Care KV Semi 100 (F group)	167	100
Chest Care Dose 4D + Care KV Semi 80 (G group)	423	80

#### 5. 영상 화질 평가

영상의 SNR, CNR에 대해 5군데 ROI를 지정하여 CT number와 noise의 평균을 이용하여 각각 Eq. (3), Eq. (4)의 식을 이용하여 구하고 평균값의 차이 검정은 SPSS Statistics Version 19를 이용해서 One-way ANOVA 분석을 하였다.

$$SNR = \frac{CT_{No lung}}{SD_{lung}} \quad (3)$$

$$CNR = \frac{CT_{No lung} - CT_{No background}}{SD_{background}} \quad (4)$$

### III. RESULT

#### 1. CTDIvol and DLP 의 측정 비교

Chest CT촬영에서 A group, B group, C group, D group, E group, F group, G group의 조건으로 3회 검사하여 각각의 평균 CTDIvol, DLP 값을 측정하여 비교하였다. Table 2와 같이 DLP값은 F group으로 검사하였을 때 6.727%, C group으로 검사하였을 때 6.481% 감소하는 것으로 나타났으며, G group으로 검사하였을 때는 6.234% 증가하는 것으로 나타났다.

Table 2. CTDIvol and DLP measurements

Scan method	Mean of CTDIvol (mGy)	Mean of DLP (mGy·cm)	Rate of change(%)
A group	7.38	283.9	0
B group	7.35	282.8	-0.387
C group	6.90	265.5	-6.481
D group	7.29	280.7	-1.127
E group	7.29	280.6	-1.162
F group	6.88	264.8	-6.727
G group	8.31	301.6	+6.234

#### 2. 입사표면선량 비교

입사표면선량 측정에서 Table 3과 같이 A group을 기준으로 F group으로 검사하였을 때 16.519%, C group으로 촬영하였을 때 15.705% 감소하는 것으로 나타났다. G group에서는 16.611% 증가하는 것으로 측정되었다.

Table 3. Measurement of entrance surface dose

(Unit: mGy)

scan method	Rt.	Lt.	X,P	Mean	Rate of change(%)
A group	8.754	6.676	10.740	8.723	0
B group	8.982	8.882	8.817	8.894	1.968
C group	8.340	5.333	8.387	7.353	-15.705
D group	7.407	5.932	9.772	7.704	-11.681
E group	7.785	5.896	9.224	7.635	-12.472
F group	6.713	6.635	8.497	7.282	-16.519
G group	10.420	10.210	9.887	10.172	16.611

**3. SNR의 비교**

SNR과 CNR을 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 5군데에 ROI를 설정하여 CT number와 noise를 측정하여 평균값을 비교 하였다.

CT number와 noise를 이용하여 SNR의 평균값을 구한 결과 Table 4와 같이 A group에서 11.462, B group에서 10.975, C group에서 10.323, D group에서 10.686, E group에서 10.629, F group에서 9.777, G group에서 9.384의 값을 얻었다. One-way ANOVA 분석 결과 집단 간 유의확률(p)이 0.998로 나타났으며, 유의수준 0.05하에서 SNR값의 차이는 없다고 할 수 있다.

**4. CNR의 비교**

CT number와 noise를 이용하여 CNR의 평균값을 구한 결과 Table 5와 같이 A group에서 22.818, B group에서 12.782, C group에서 21.812, D group에서 16.276, E group에서 22.278, F group에서 17.574, G group에서 18.042의 값을 얻었다. One-way ANOVA 분석 결과 집단 간 유의확률(p)이 0.922로 나타났으며, 유의수준 0.05하에서 CNR값의 차이는 없다고 할 수 있다.

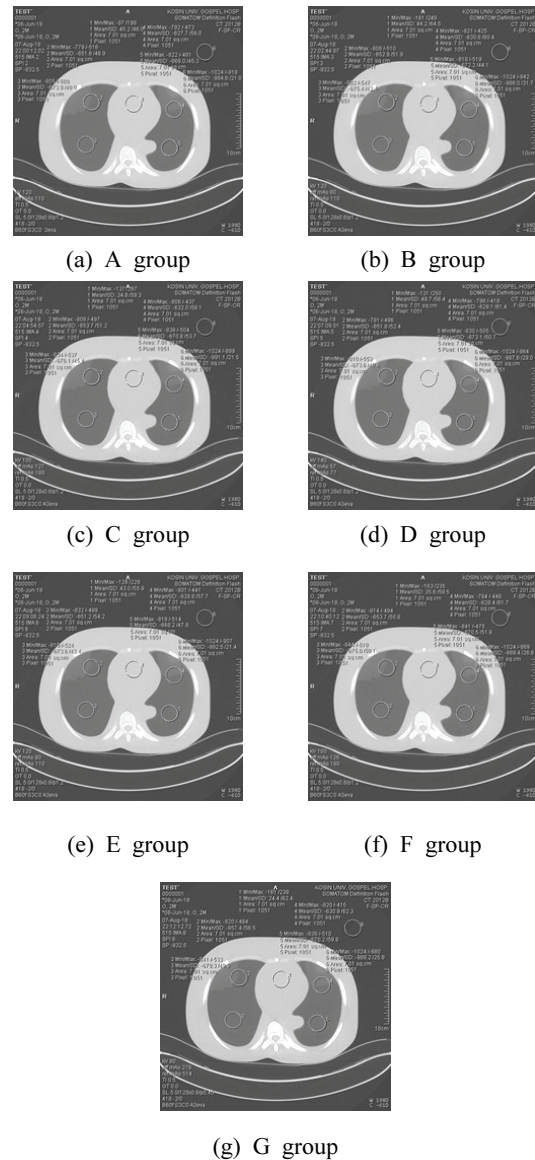


Fig. 2. Measurement of SNR.

Table 4 Measurement of SNR

Scan method	1	2	3	4	5	Mean
A group	0.982	13.323	16.847	11.208	14.768	11.426
B group	0.685	12.579	15.929	10.440	15.242	10.975
C group	0.587	12.767	14.892	10.878	12.491	10.323
D group	0.881	12.438	16.591	10.246	13.276	10.686
E group	0.769	12.014	15.520	10.894	13.949	10.629
F group	0.598	11.715	13.473	10.184	12.919	9.777
G group	0.391	11.635	13.613	10.126	11.207	9.394

Table 5 Measurement of CNR

Scan method	1	2	3	4	5	Mean
A group	49.514	16.333	15.271	17.471	15.504	22.818
B group	32.498	10.507	9.798	11.211	9.899	12.782
C group	47.716	15.643	14.651	16.702	14.898	21.812
D group	35.769	11.579	10.828	12.362	10.845	16.276
E group	48.387	15.948	14.901	17.004	15.154	22.278
F group	38.246	12.526	11.731	13.470	11.899	17574
G group	39.248	12.821	11.972	13.848	12.325	18.042

#### IV. DISCUSSION

UNSCEAR(2000)는 인공 방사선에 의한 피폭 기여의 95% 이상이 의료에 의한 방사선 이용 때문이라고 하였다. 또한 1985~1990년과 1991~1996년 기간의 평가에서 세계적으로 인구는 10%가 증가하였으나 환자의 의료피폭으로 인한 연간 1인당 유효선량은 35%, 집단선량을 50%가 증가하였다고 결론을 내렸다. 그리고 이러한 의료피폭의 증가 원인으로 선진국과 개발도상국 모두에서 CT 사용이 빠르게 증가한 것이 주요 원인이라고 하였다<sup>[11]</sup>.

1회의 방사선 검사로 인한 환자의 암발생 확률은 매우 작지만, 선진국에서는 매년 1회 이상의 검사를 받기 때문에 이에 대한 누적 리스크는 증가한다. 확률적 영향의 문턱 없는 선형모델을 가정한 계산에서는 일반인 집단의 방사선 검사에 의한 피폭으로 인한 암사망 비율이 전체 암사망률의 수 % 수준에 이를 수 있다고 평가한다<sup>[12]</sup>. 이러한 원인으로 인해 의료에서의 방사선사용에 대해 방사선방호의 최적화와 올바른 정당화가 필수불가결한 방사선방호의 원칙임을 적시하고 있다<sup>[7]</sup>.

현대의 다중검출컴퓨터단층촬영(Multi Detector Computed Tomography, MDCT)은 여러 새로운 선량 감축 도구가 상용화 되어 있으며, 이는 선량을 감축할 잠재력이 있지만 실제로 환자선량 감축은 시스템을 어떻게 사용하는가에 달려 있다. 방사선의 학자와 CT를 운영하는 방사선사는 환자선량과 영상품질 사이의 관계를 이해하고 진단을 위한 선량이 필요 이상으로 높을 수도 있다는 것을 인지하고

있어야 하며, 또한 모든 진단업무에서 최상의 영상 품질을 요구하는 것은 아니며 품질 수준은 진단 업무에 따라 다르다는 것을 이해하고 있어야 한다<sup>[13]</sup>. 광영콘 등<sup>[14]</sup>은 Care kV System을 이용한 연구에서 뇌혈관검사에서 Care kV System의 사용에 따라 63%의 선량감소 효과가 있었다고 하였으며, 석종민 등<sup>[15]</sup>은 복부 간 CT검사서 Care Dose 4D검사 기법의 사용에 의해 영상의 화질을 저하시키지 않고 환자 선량이 감소되는 효과를 얻을 수 있다고 하였다.

본 연구에서는 Chest CT에서 Care Dose 4D + Care kV System을 사용하여 검사할 때와 CARE DOSE 4D 기능만을 사용했을 때, 그리고 Care Dose 4D와 관전압을 각각 80 kVp, 100 kVp, 120 kVp, 140 kVp로 변화를 주고 검사했을 때의 DLP값과 입사표면선량, 화질을 비교하여 최상의 조건을 알아보았다. DLP값은 Chest Care Dose 4D + Care kV semi 100으로 검사하였을 때 6.727% 감소하였고 Chest Care Dose 4D + Care kV 로 검사하였을 때 6.481%로 가장 많이 감소하는 것으로 나타났다. Chest Care Dose 4D+Care kV Semi 80으로 검사하였을 때는 6.234% 증가하는 것으로 나타났다. 입사 표면선량 측정에서는 Chest Non을 기준으로 Chest Care Dose 4D + Care kV semi 100으로 검사하였을 때 16.519% 로 가장 많이 감소하였고, Chest Care Dose 4D + Care kV 로 검사하였을 때 15.705% 로 다음으로 많이 감소하는 것으로 나타났다. Chest Care Dose 4D+Care kV Semi 80에서는 16.611% 증가하는 것으로 측정되었다. 화질 평가를 위한 SNR 비교에서는 One-way ANOVA 분석 결과 집단 간 유의확률이 0.998로 나타났으며, 유의수준 0.05하에서 SNR값의 차이는 없다고 할 수 있으며, CNR 비교에서도 유의확률이 0.922로 유의수준 0.05하에서 CNR값의 차이는 없다고 할 수 있다.

#### V. CONCLUSION

Chest CT에서 Chest Care Dose 4D + Care kV를 사용해서 검사한 결과 수동으로 kV와 mAs를 조정해서 얻은 최상의 조건의 결과 값과 비슷하게 피폭 선량이 감소한 것으로 나타났으며, 영상의 SNR과

CNR에서도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Chest Care Dose 4D + Care kV 기능을 적절하게 사용하면 영상의 화질을 유지하면서 환자피폭을 줄일 수 있는 좋은 방법이라 생각된다.

## Reference

- [1] <http://opendata.hira.or.kr/op/opc/olapInfraEquipmentStatInfo.do>
- [2] <http://www.mfds.go.kr>.
- [3] The Catholic University of Korea, "Development of guidelines for justification process and optimization of clinical protocol in radiation exposure from CT scan", Radiation Safety Division, National Institute of Food & Drug Safety Evaluation, 1475006214, 2011. <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=TRKO201200007179&dbt=TRKO&rn=>
- [4] K. P. Kim, "Assessment of Radiation Exposure of Korean Population by medical radiation", Korea Disease Control and Prevention Agency, 2020. <https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20305050000&bid=0003>
- [5] J. Valentin, "Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk", *Annals of the ICRP*, Vol. 35, No. 4, pp. 1-140, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2005.11.002>
- [6] ICRP, 2007a. Biological and epidemiological information on health risks attributable to ionising radiation: a summary of judgements for the purposes of radiological protection of humans. Annex A to 2007 Recommendations.
- [7] ICRP 105, "ICRP Publication 105. Radiation protection in medicine", Vol. 37, No. 6, pp. 1-63, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2008.08.001>
- [8] ICRP, *Managing Patient Dose in Computed Tomography*, ICRP Publication 87. *Ann. ICRP*, Vol. 30, No. 4, 2000.
- [9] Y. G. Kwak, C. Y. Kim, S. P. Jeong, "Research on Dose Reduction During Computed Tomography Scanning by CARE kV System and Bismuth", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 14, No. 8, pp. 233-242, 2014. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2014.14.08.233>
- [10] J. M. Seok, W. J. Jeon, Y. J. Park, J. Lee, "Dose Reduction and Image Quality Assessment of the CareDose 4D Technique on Abdomen Liver Computed Tomography", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 11, No. 3, pp. 109-115, 2017. <https://doi.org/10.7742/jksr.2017.11.3.109>
- [11] UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes*, United Nations, New York, Vol. 1, p. 1-89, 2000.
- [12] NAS/NRC, *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII Phase 2. Board on Radiation Effects Research*, National Research Council of the National Academies, Washington, D.C. 2006.
- [13] J. Valentin, "Managing patient dose in multi-detector computed tomography(MDCT). ICRP Publication 102", *Annals of the ICRP*, Vol. 37, No. 1, pp. 1-79, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2007.09.001>

# Chest CT에서 Care Dose 4D+Care kV에 따른 화질과 입사표면선량 비교

강은보

동의과학대학교 방사선과

## 요 약

본 연구는 Chest CT에서 Care Dose 4D+Care kV System을 사용하여 촬영할 때와 CARE DOSE 4D 기능만을 사용했을 때, 그리고 Care Dose 4D와 관전압을 각각 80 kVp, 100 kVp, 120 kVp, 140 kVp로 변화를 주고 검사했을 때의 DLP값과 팬텀의 입사표면선량, 화질을 비교하여 최소의 선량으로 가장 최상의 화질을 유지할 수 있는 방법을 찾아보고자 하였다. DLP값은 Chest Care Dose 4D + Care kV semi 100으로 촬영하였을 때 6.727%, Chest Care Dose 4D + Care kV 로 촬영하였을 때 6.481% 감소하는 것으로 나타났다. Chest Non을 기준으로 입사표면선량에서 Chest Care Dose 4D + Care kV semi 100으로 검사하였을 때 16.519%, Chest Care Dose 4D + Care kV 로 검사하였을 때 15.705% 감소하는 것으로 나타났다. 영상의 화질에 대한 비교에서 Chest Non과 비교해서 Care Dose 4D + Care kV를 포함한 모든 촬영조건에서 SNR값과 CNR값을 비교한 결과  $P>0.05$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Chest CT에서 Chest Care Dose 4D + Care kV를 사용해서 촬영한 결과 수동으로 kV와 mAS를 조정해서 얻은 최상의 조건의 결과 값과 비슷하게 피폭선량이 감소한 것으로 나타났으며, 영상의 SNR과 CNR에서도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Chest Care Dose 4D + Care kV 기능을 사용한다면 영상의 화질을 유지하면서 환자피폭을 줄일 수 있는 좋은 방법이라 생각된다.

중심단어: Care Dose 4D, Care kV, 신호 대 잡음비, 대조도 대 잡음비

## 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	강은보	동의과학대학교 방사선과	조교수