

A Comparative Study of Patient Dose and Image Quality according to the Presence or Absence of Grid During Chest PA Radiography using an Auto Exposure Control System

So-min Lee, Han-yong Kim, Dong-hwan Kim, Young-Cheol Joo*

Department of Radiology, Samsung Medical Center

Received: June 06, 2023. Revised: August 30, 2023. Accepted: August 31, 2023.

ABSTRACT

This study compares dose difference between the presence or absence of grid in Chest PA radiography using auto exposure control and compares image quality among presence, absence or virtual grid, and proposes a new clinically useful grid combination for chest radiography. The human body phantom was placed Chest PA position and the dosimeter was placed at T6. The same irradiation conditions and field size were applied. 30 images were obtained in the state in which grid was applied and in the state in which grid was not applied, and an additional 30 images in which the virtual grid was applied to the image without the grid were obtained. Radiation dose was presented to entrance surface dose. The image quality was analyzed by comparing the signal-to-noise and contrast-to-noise ratio. ESD decreased by 48% when the grid was not used, compared to when the grid was used. SNR and CNR increased by 32% and 30% compared to grid use when grid was not used, respectively. In the case of using the virtual grid, it increased by 18% and 16% respectively, compared to the case of using the grid. As a result of this study, it is believed that when using a virtual grid instead of a grid, the quality of the image can be maintained while reducing the patient dose.

Keywords: Chest PA Radiography, Grid, Entrance Skin Dose, Signal-to-Noise Ratio, Contrast-to-Noise Ratio

I. INTRODUCTION

흉부 방사선검사(Chest Radiography)는 대표적인 영상의학과적 검사로서, 폐 실질에서 발생한 질환 및 심장의 형태학적, 기능적 이상 그리고 종격 종양, 대동맥류, 좌심부전 등의 기본적인 질환 확인^[1], 외래 및 입원환자의 경과 관찰, 건강검진 시 기본 검사, 수술 전 선별검사 등의 이유로 검사 빈도가 매우 높다^[2].

방사선검사의 경우 동일한 검사라고 하더라도 환자의 체형에 따라 검사 조건을 다르게 설정해야 하지만 매번 환자의 체형 및 상태를 고려하기 어렵기 때문에 영상의 농도에 필요한 적정 방사선량이

자동으로 조사될 수 있도록 해주는 자동노출제어 (Auto Exposure Control, AEC)를 사용하여 검사하며 이는 방사선검사에서 적용 빈도가 가장 높다^[3].

흉부 방사선검사는 흉곽 내 복잡한 해부학적 구조를 묘사하기 위해 관용도가 매우 높은 영상이 요구되어 고관전압을 사용하며, 이때 발생하는 불필요한 산란선이 영상에 미치는 영향을 최소화하기 위한 많은 방법들이 연구 및 임상에 적용되고 있다.

산란선을 영상 수용체에 도달하지 못하게 하는 방법에는 air-gap 기술과 물리적 격자를 사용하는 방법이 있다. air-gap 기술은 피사체와 영상 수용체 사이에 적당한 간격을 두어 산란선을 감소시키는 방법이다. 물리적 격자는 영상 수용체 앞에 위치하

* Corresponding Author: Young-Cheol Joo E-mail: skulljoo@naver.com
Address: 81, Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul, 06351, Korea

며 피사체를 투과한 1차선은 통과시키고 산란선은 흡수하는 방법으로 산란선을 제거한다^[4]. 현재는 인공지능(Artificial Intelligence, AI)을 기반으로 소프트웨어 후처리를 통해 산란선을 제거하는 가상격자기술(이 기술은 제조업체별로 다양한 이름으로 불리고 있으며 본 연구에서는 ‘Sim-grid’라고 명명함)이 이용되고 있다. Sim-grid는 딥러닝 기술을 통해 방사선검사 영상에서 노이즈가 어느 정도 발생하는지 추정하여 추정된 노이즈만큼 영상에서 제거(subtraction)하는 기술이다^[5]. 산란선 제거를 위해 air-gap 기술이나 물리적 격자를 주로 이용하였으나, 장비의 발달과 컴퓨터 기술의 발전으로 현재는 가상격자에 대한 실용성이 증가하고 있다.

물리적 격자는 아직도 임상에서 산란선 제거를 위해 매우 유용하게 이용되고 있다. 하지만 물리적 격자는 엑스선(X-ray)속 중심선과 격자의 중심선이 일치하지 않거나 집속거리와 촬영거리가 맞지 않을 경우 cut-off 현상이 발생하게 되는 단점이 있다^[6]. 또한 격자를 구성하는 물질이 대부분 X선을 흡수하는 물질이기 때문에 불필요한 산란선 뿐만 아니라 1차선까지 흡수하게 되어 적절한 품질의 영상 획득을 위해 격자를 사용하지 않을 때 보다 더 많은 조사 조건이 필요하다^[6].

이에 본 연구에서는 AEC를 사용한 흉부 후·전 방향 방사선검사(Chest Posteroanterior Projection, Chest PA) 시 물리적 격자 사용 유·무 및 물리적 격자 없이 가상격자만 적용했을 경우 환자 선량과 영상 품질의 차이를 비교해 보고 Chest PA 시 임상적으로 유용한 새로운 격자 조합을 제안하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구대상

본 연구에서는 Anthropomorphic Chest Phantom (RS-330; FLUKE biomedical, Cleveland, OH, USA)을 대상으로 하였고, 방사선 발생장치는 GC 85A (Samsung Electronics, Korea)를 사용하였다. 화질 평가를 위해 영상분석프로그램(Image J. Ver. 1.53e, National Institutes of Health, USA)을 이용하였다.

2 연구 방법

2.1. 영상 획득 방법

Phantom은 영상수용체와 마주보고 선 자세로 위치시켰다. 선원과 영상수용체간 거리(Source to Image receptor Distance, SID)는 180 cm, 조사야 크기는 17" × 17", 조사 조건은 110 kVp, 320 mA, 1.6 mAs로 설정하였다. 영상 획득은 물리적 격자를 장착한 상태와 제거한 상태에서 각각 30개의 영상을 얻었으며, 물리적 격자를 미적용한 영상에 Sim-grid를 적용하여 30개의 영상을 추가로 획득했다. 본 연구에서는 물리적 격자를 사용한 경우를 ‘Grid’, 사용하지 않은 경우를 ‘Non-grid’, Non-grid 영상에 가상격자를 적용한 경우를 ‘Sim-grid’라고 정의하였고 그 영상은 Fig. 1과 같다.

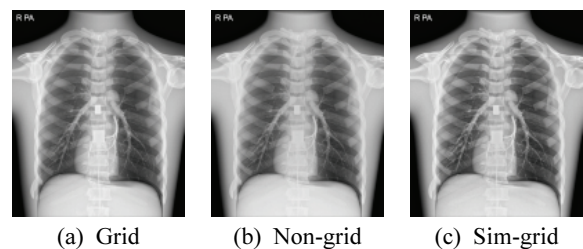


Fig. 1. Acquired Chest Images.

2.2. 선량 측정 방법

방사선량은 RaySafe X2(Raysafe, Sweden)를 사용하여 입사표면선량(Entrance Skin Dose, ESD)을 측정하였다. Fig. 2 - (a)와 같이 측정기는 흉추 6번 부위에 고정하였으며, 각 조건별로 30회 조사하여 획득한 선량 값을 기록하였다.

2.3. 화질 측정 방법

화질 측정 인자는 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)와 대조도 대 잡음비(Contrast to Noise Ratio, CNR)를 이용하였으며, Eq. (1), (2)와 같은 방식으로 계산하였다. 관심영역(Region of Interest, ROI)의 크기는 9 × 9 mm²로 고정하였으며, 다음과 같이 설정하였다.

$$SNR = \frac{(ROI SI_{avg} - Background SI_{avg})}{ROI SD} \quad (1)$$

$$CNR = \left| \frac{(Background SI_{avg} - ROISI_{avg})}{\sqrt{(Background SD^2 - ROISD^2)}} \right| \quad (2)$$

폐야(lung field): Fig. 2 - (b)와 같이 좌측 7번 늑골 아래에서 측정하였다.

늑골(rib field): Fig. 2 - (b)와 같이 좌측 7번 늑골에서 측정하였다.

심장(heart): Fig. 2 - (c)와 같이 흉추 10번 위치에서 늑골과 겹치지 않는 좌측 심장에서 측정하였다.

배경영역(background): Fig. 2 - (d)와 같이 우측 어깨 상단에서 측정하였다.

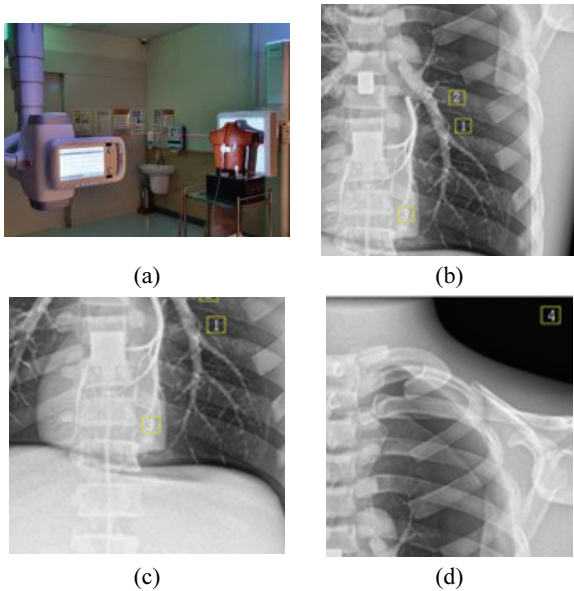


Fig. 2. Image acquisition method.

(a) is experimental images. The phantom was placed in chest PA position, SID was 180 cm, central ray is thoracic spine 6th. (b) to (d) are images SNR and CNR measurement for image comparison.

2.4. 자료 분석 방법

본 연구에서 수집된 자료는 Shapiro-Wilk 검정을 통해 정규성을 확인했으며($p > 0.05$), 각 그룹별 평균값 비교를 위해 모수적 통계방법을 적용하였다. Grid 유·무에 따른 ESD 비교는 독립표본 t 검정 (independent t-test)을 사용하였고, SNR과 CNR은 일원배치분산분석(one-way ANOVA)를 이용하였으며, 사후검정(host-hoc)으로는 Duncan을 실시하였다.

통계프로그램은 SPSS(version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA)를 사용하였고, 유의수준(α)은 0.05, 유의

확률(p)은 0.05이하를 유의한 것으로 설정하였다.

III. RESULT

1. Grid, Non-Grid 여부에 따른 입사 표면 선량 비교 결과

ESD 평균값은 Table 1과 같이 Grid의 경우 $49.30 \pm 0.39 \mu\text{Gy}$ 이었으며, Non-grid에서는 $25.69 \pm 0.32 \mu\text{Gy}$ 로 나타났고, 두 값의 차이는 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$).

Table 1. Comparison of dose value, ESD according to with or without grid

Grid Type	n	mean \pm SD (μGy)	min	max	t	p
Grid	30	49.30 ± 0.39	48.67	50.19	254.109	0.01
Non-grid		25.69 ± 0.32	25.06	26.42		

2. Grid, Non-Grid 및 Sim-grid 사용 시 SNR 비교 결과

Lung, Rib, Heart에서 측정한 SNR값은 Table 2와 같이 Grid에서는 각각 $4.88 \pm 0.07 \text{ dB}$, $7.00 \pm 0.08 \text{ dB}$, $17.72 \pm 0.30 \text{ dB}$ 이었으며, Non-grid의 경우 $6.52 \pm 0.07 \text{ dB}$, $9.23 \pm 0.11 \text{ dB}$, $17.71 \pm 0.30 \text{ dB}$ 로 나타났으며, Sim-grid에서는 $6.38 \pm 0.05 \text{ dB}$, $8.72 \pm 0.10 \text{ dB}$, $19.40 \pm 0.37 \text{ dB}$ 로 측정되었다. 모든 해부학적 구조에서 각 그룹의 SNR의 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며($p < 0.01$), 사후분석 결과 모든 위치에서 각 그룹의 평균값은 독립적인 그룹으로 나타났다.

3. Grid, Non-Grid 및 Sim-grid 사용 시 CNR 비교 결과

각 그룹의 Lung, Rib, Heart 부위에서 측정한 CNR의 평균값은 Table 3과 같이 Grid의 경우 $6.81 \pm 0.09 \text{ dB}$, $9.80 \pm 0.10 \text{ dB}$, $24.68 \pm 0.41 \text{ dB}$ 이었고, Non-Grid에서는 $9.07 \pm 0.09 \text{ dB}$, $12.84 \pm 0.15 \text{ dB}$, $24.68 \pm 0.41 \text{ dB}$ 로 측정되었으며, Sim-grid를 적용한 경우에는 $8.90 \pm 0.06 \text{ dB}$, $12.17 \pm 0.14 \text{ dB}$, $27.10 \pm 0.50 \text{ dB}$ 로 나타났다. 각각 해부학적 구조물에서 측정된 그룹별 CNR의 평균값은 통계적으로 차이가 있었으며($p < 0.01$), Lung과 Rib, Heart에서 측정된 CNR의 모집단은 모두 개별적인 그룹으로 사후분석 결과 나타났다.

Table 2. Comparison of SNR result by grid type

location	Grid Type	n	mean ± SD (dB)	min	max	F	p
Lung	Grid	30	4.88±0.07 ^a	4.78	5.07	6550.069	0.01
	Non-grid		6.52±0.07 ^c	6.39	6.67		
	Sim-grid		6.39±0.05 ^b	6.30	6.48		
Rib	Grid	30	7.01±0.08 ^a	6.88	7.19	4283.622	0.01
	Non-grid		9.23±0.11 ^c	8.99	9.46		
	Sim-grid		8.72±0.10 ^b	8.55	8.94		
Heart	Grid	30	17.72±0.31 ^a	17.78	18.24	1438.436	0.01
	Non-grid		23.01±0.48 ^c	22.10	23.84		
	Sim-grid		19.39±0.37 ^b	18.70	20.34		

Table 3. Comparison of CNR result by grid type

location	Grid Type	n	mean ± SD (dB)	min	max	F	p
Lung	Grid	30	6.81±0.09 ^a	6.68	7.06	6817.265	0.01
	Non-grid		9.07±0.09 ^c	8.88	9.28		
	Sim-grid		8.90±0.06 ^b	8.79	9.03		
Rib	Grid	30	9.80±0.11 ^a	9.62	10.04	4396.643	0.01
	Non-grid		12.85±0.15 ^c	12.53	13.16		
	Sim-grid		12.18±0.14 ^b	11.94	12.47		
Heart	Grid	30	24.68±0.41 ^a	23.95	25.36	1499.612	0.01
	Non-grid		31.90±0.63 ^c	30.73	33.02		
	Sim-grid		27.10±0.50 ^b	26.16	28.37		

IV. DISCUSSION

국제 방사선 방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)는 의료 피폭에 대하여 직무피폭과 마찬가지로 정당화되어야 하며, 최적화 원칙에 따라 방사선 피폭은 사회적, 경제적인 요소들을 감안하여 합리적으로 달성 가능한 한 감소시켜야 한다(As Low As Reasonably Achievable, ALARA)고 권고하고 있다⁷⁾. 흉부 방사선 검사는 검사 건수가 많고 점점 증가하는 추세를 보이고 있으므로 영상의 품질은 유지하되 선량을 줄일 수 있는 방법에 대하여 항상 고민해야 한다.

의료 피폭은 환자에게 주는 이득이 방사선에 의한 위해보다 많기 때문에 방사선량의 제한을 두고

있지는 않지만, 전반적인 의료피폭 저감화를 위해 진단참고수준(Diagnostic Reference Level, DRL)을 각 국가에 맞게 적용하도록 ICRP는 권고한다. 국내의 Chest PA 진단참고수준은 2007년에 설정되었으며 그 값은 340 μ Gy이고, 영국은 120 μ Gy, 미국은 250 μ Gy이다⁸⁾. 선행 연구에 따르면, 실제 환자를 대상으로 한 Chest PA 의 ESD는 100±170 μ Gy로 측정되었다. 본 연구에서는 AEC를 사용하는 흉부 방사선 검사에서 Grid (49.30 μ Gy)가 Non-grid (25.69 μ Gy)보다 선량이 약 91.9% 높게 나타났다. 본 연구와 유사한 선행 연구에서 측정된 ESD는 본 연구의 Grid 보다는 약 50.7%, Non-grid 보다는 약 74% 높게 나타났다⁹⁾. 박한솔 등의 선행 연구에서는 물리적 격자와 AEC를 사용한 Chest PA 시 SNR, CNR값은 늑골과 겹치지 않는 폐야에서 9.6 dB, 심

장 음영 부분에서 각각 14.14 dB로 측정되었다^[10]. 본 연구의 Grid, Non-grid, Sim-grid 상태에서 SNR값을 비교해 보면, 늑골과 겹치지 않는 폐야에서는 각각 4.48 dB, 6.52 dB, 6.39 dB이었고, 늑골과 겹치는 폐야는 7.01 dB, 9.23 dB, 8.72 dB, 심장에서는 17.72 dB, 23.01 dB, 19.39 dB로, Non-grid가 Grid보다 약 32% 높은 값으로 나타났다. 이는 격자를 사용하지 않아 영상에 전반적으로 산란선이 영상 수용체와 AEC 센서에 도달했고, 격자를 사용한 검사 대비 AEC 센서에 들어온 1차선의 양이 화질적으로 충분하지 않음에도 불구하고 AEC 센서에 누적되는 엑스선의 총량은 빠르게 적절한 농도값에 도달했기 때문이라고 사료된다.

본 연구에서 Grid와 Non-grid, Sim-grid의 CNR값을 비교해 본 결과 늑골과 겹치지 않는 폐야에서는 각각 6.81 dB, 9.07 dB, 8.90 dB이었고, 늑골과 겹치는 폐야에서는 9.08 dB, 12.85 dB, 12.18 dB로 나타났으며, 심장에서는 24.68 dB, 31.9 dB, 27.1 dB로 Non-grid가 Grid보다 약 30% 큰 값으로 관찰되었다. 이 결과 또한 산란선이 AEC 센서에 미친 영향 때문이라고 사료된다.

선행 연구와 본 연구의 SNR, CNR값을 비교하면, 본 연구에서 물리적 격자를 사용한 경우의 SNR 값보다 약 7% 큰 값으로 나타났고, Sim-grid를 사용한 SNR 값보다 약 7% 작은 값으로 나타났다. CNR 값은 물리적 격자를 사용한 경우보다 약 24% 작은 값으로 나타났고, Sim-grid를 사용한 경우보다 약 29% 큰 값으로 나타났다^[10]. 선행 연구에서 인체모형 팬텀으로 실험한 결과 Sim-grid를 사용한 경우 격자가 없는 영상 대비 평균 146%의 대조도 향상이 있었고, 23%의 선량 감소가 있었다^[11]. 또한, 실제 환자를 대상으로 실험한 선행 연구 결과 영상의 학과 판독의 3명을 대상으로 진행한 정성적 평가에서는 큰 차이가 있지 않았고 방사선량은 18% 감소시킬 수 있었다^[12].

위의 결과들을 종합해 볼 때, AEC를 사용하는 Chest PA 검사 시 물리적 격자 대신 Sim-grid를 사용한다면 영상품질의 차이 없이 환자 선량 감소의 효과 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 다만, 정량적 평가에서는 Non-grid가 Sim-grid보다 약간 높게

나타났으나 그 값의 차이가 영상의 품질의 우수성에 영향을 미치는 차이는 아니라고 생각된다.

본 연구의 제한점은 한 가지 장비로만 실험이 진행되었고, 인체모형 팬텀을 대상으로 실험하였기 때문에 실제 환자에게 적용 시 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. CONCLUSIONS

본 연구는 Chest PA 시 격자 유·무에 따른 환자 선량과 영상 품질에 관한 연구를 통해 환자 선량을 저감할 수 있는 방법을 제시하고자 하였고, 그 결과는 다음과 같다.

본 연구 결과, ESD는 Non-grid가 Grid에 비해 약 48%의 감소효과가 있었으며, SNR과 CNR은 Non-grid가 Grid보다 약 32%, 30% 증가하였고, Sim-grid가 Grid에 비해 18%, 16% 높게 나타났다.

정량적 평가에서는 Non-grid가 Sim-grid보다 약간 높게 나타났으나 그 값의 차이가 영상의 품질의 우수성에 영향을 미치는 차이는 아니라고 생각되며, 임상에서 흉부 후·전 방향 방사선검사 시 물리적인 격자 대신 Sim-grid와 AEC를 적극적으로 사용한다면 환자 선량은 감소시키면서 영상의 품질은 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] J. S. Kim, Y. C. Joo, S. K. Lee, "Effect of High Tube Voltage and Scatter Ray Post-processing Software on Image Quality and Radiation Dose During Chest Anteroposterior Radiography", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 44, No. 4, pp. 295-300, 2021. <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2021.44.4.295>
- [2] Y. C. Joo, D. H. Hong, B. H. Han, "A Study on New Shielding Method for Minimizing Thyroid Organ Dose on Chest Radiography Used Automatic Exposure Control", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 43, No. 5, pp. 323-329, 2020.
- [3] S. S. Choi, A Study on the Dose and Image Evaluation According to the use of Automatic Exposure Control in Chest Radiography, Department of Radiological Science, The Graduate School of

Hanseong University, pp. 2, 2019.

- [4] Y. I. Kim, D. M. Kwon, Y. K. Kim, et al, *Analog & Digital · PACS Medical imaging informatics*, DAEHAKSULIM, pp. 65-73, 80, 2016.
- [5] S. Y. Ahn, K. J. Chae, J. M. Goo, "The Potential Role of Grid-Like Software in Bedside Chest Radiography in Improving Image Quality and Dose Reduction: An Observer Preference Study", *Korean Journal of Radiology*, Vol. 19, No. 3, pp. 526-33, 2018. <http://dx.doi.org/10.3348/kjr.2018.19.3.526>
- [6] S. H. Choi, "A Study on Dose and Image Quality in DR System Evaluation According to Use of the Grid", Department of Radiological Science, The Graduate School of Health Promotion, pp. 8-11, 2012.
- [7] S. S. Choi, C. H. Lim, S. H. Jung, "A Study on the Using of Automatic Exposure Control in the Chest Radiography", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 42, No. 1, pp. 19-24, 2019. <https://doi.org/10.17946/JRST.2019.42.1.19>
- [8] Guidelines for the diagnosis reference level of the Korea Centers for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health for X-ray, 2019.
- [9] S. T. Kim, B. H. Han, "Evaluation of the Patient Dose in Case of Standard Radiographic Examinations Using CR and DR", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 33, No. 3, pp. 173-178, 2010.
- [10] H. S. Park, M. S. Kim, H. M. Jung, J. W. Lee, "A Study on the Optimization of Image Quality and Dose in Chest PA Digital Radiography", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 11, No. 1, pp. 56-61, 2017. <https://doi.org/10.7742/jksr.2017.11.1.55>
- [11] B. W. Lee, J. Y. Song, D. W. Kim, H. H. Oh, "Improving the Image Quality with a Novel Software -based Scatter Correction: SimGrid™ Technology", *Medical Imaging R&D, Health & Medical Equipment Business*, Samsung Electronics Co., Ltd, 2017.
- [12] Roy F. Riascos, Mina F. Hanna, Susan D. John. "Improved non-grid image quality by utilizing simulated grid, No. SimGrid™) in obese patient chest X-ray", *Samsung Electronics Co., Ltd.*, 2019.

자동 노출 조절장치를 사용한 흉부 후·전 방향 방사선 검사 시 격자 유·무에 따른 환자 선량과 영상품질 비교 연구

이소민, 김한용, 김동환, 주영철*

삼성서울병원 영상의학과

요 약

본 연구는 자동노출조절장치를 사용하는 흉부 후·전 방향 방사선검사(Chest PA) 시 격자 사용 유·무 및 가상격자 사용에 따른 선량과 영상 품질의 차이 비교를 통해, Chest PA 시 임상적으로 새로운 격자 조합을 제안하고자 한다. 본 연구는 인체모형팬텀을 대상으로 Chest PA 자세에서 진행했다. 선량계는 흉추 6번 높이에 위치하였고, 조사 조건은 110 kVp, 320 mA, 1.6 mAs, SID는 180 cm, 조사야 크기는 17" × 17"로 동일하게 적용하였다. 물리적 격자를 적용한 상태와 미적용 상태에서 각각 30개의 영상을 얻었고, 물리적 격자 미적용 영상에 가상격자를 적용한 영상 30개를 추가로 획득하였다. 선량은 입사표면선량(ESD)을 측정하였고, 화질은 신호대잡음비(SNR)와 대조도대잡음비(CNR)를 측정하여 비교 분석하였다. 본 연구 결과 ESD는 물리적 격자를 사용하지 않을 경우 약 48%의 감소 효과가 있었다. SNR은 물리적 격자 미사용 시가 사용 시보다 약 32% 증가하였고, 가상격자를 사용한 경우에는 격자 사용 시 보다 약 18% 증가하였다. CNR은 물리적 격자 미사용 시가 사용 시보다 약 30% 증가하였고, 가상격자를 사용한 경우에는 격자 사용 시보다 약 16% 증가하였다. 본 연구의 결과, 물리적인 격자 대신 가상격자 사용 시 영상의 품질은 유지하되, 환자 선량은 감소시킬 수 있을 것으로 생각된다.

중심단어: 흉부 후·전방향검사, 격자, 입사표면선량, 신호대잡음비, 대조도대잡음비

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	이소민	삼성서울병원 영상의학과	방사선사
(공동저자)	김한용	삼성서울병원 영상의학과	방사선사
	김동환	삼성서울병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	주영철	삼성서울병원 영상의학과	방사선사