

# Dose and Image Evaluation according to Changes in Tube Voltage during Chest X-ray Examination according to Automatic Exposure Control

Young-Cheol Joo<sup>1</sup>, Dong-Hee Hong<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Samsung Medical Center

<sup>2</sup>Department of Radiological Science, Shinhan University

Received: November 28, 2022. Revised: December 22, 2022. Accepted: December 31, 2022.

## ABSTRACT

This study was conducted to improve the problems of exposure dose and image reading applied to patients due to the incorrect use of AEC during chest radiography. Images were acquired by dividing the case where AEC was used as the test condition and the case where AEC was not used. As a result of the study, the dose was reduced by 1.17% in 110 kVp without AEC than with AEC, 17.2% decrease at 100 kVp, 30.19% decrease at 90 kVp, and 46.45% decrease at 80 kVp. There was a significant difference in the statistical values according to the tube voltage change in the lung, trachea, and heart SNR average values with AEC and without AEC 110 kVp, but the difference in image quality was insignificant in actual images. When AEC was not applied at the same tube voltage, the dose could be reduced by 17.2% while maintaining the image quality similar to that of with AEC at 100 kVp without AEC. Therefore, rather than relying on AE conditions during chest radiographic examination, it is considered that the conditions should be considered for the examination while lowering the dose by selecting an appropriate tube voltage.

Keywords: Radiology, AEC (Automatic Exposure Control), SNR (Signal to Noise Ratio), Tube voltage, Chest PA

## I. INTRODUCTION

흉부 방사선검사(chest radiography; CXR)는 전체 방사선검사의 60%를 차지할 정도로 빈도수가 높으면서, 흉부 질환을 진단할 수 있는 영상의학과적 검사 중 검사 시간이 가장 짧고, 방법이 간단하며 폐와 심장 질환 등에도 알 수 있는 중요한 검사이다<sup>[1]</sup>. CXR은 건강검진에서 기본 시행하는 검사이기 때문에 개인의 연간누적선량과 관계가 깊다<sup>[7]</sup>.

방사선검사는 최소의 선량으로 최고의 영상을 획득하여 질환 진단에 필요한 결과를 얻어야 하기 때문에 자동노출제어장치(automatic exposure control; AEC)를 사용한다<sup>[7]</sup>. AEC란 이온 전리조를 이용하여 영상의 농도에 필요한 선량이 자동으로 조사될 수 있도록 해주는 제어장치이며<sup>[3]</sup> 실시간으로 피사

체의 이미지를 비교분석함으로써, 피사체에 조사되는 X선을 영상에 도달한 순간 차단할 수 있어, 환자에 조사되는 X선량을 최소화하면서 최적의 영상을 획득할 수 있다. 일반적인 방사선검사에서 동일한 검사, 같은 부위라고 할지라도 환자에 따라 검사조건은 다르게 설정하여야 한다. 그러나 병원에서 검사할 때마다 환자의 상태와 체형을 고려하기는 불가능하기 때문에 검사 조건을 자동으로 설정되는 AEC를 사용하여 검사한다<sup>[8]</sup>.

최소한의 선량으로 영상의 진단적 가치를 유지하기 위해 검사부위의 두께 및 방사선 흡수 정도를 고려해야 하지만, 상황의 어려움으로 특정 부위에서는 AEC를 이용하여 이러한 문제점을 해결하고 있지만<sup>[10]</sup> AEC를 무조건 신뢰할 수 있는 것은 아니다. AEC는 대부분 3개의 이온 전리조로 구성되는

데, 환자와 이온 전리조 위치가 일치하지 않으면 방사선 선량 계산에 오차가 발생하여 환자에게 가해지는 피폭선량이 많아지게 되면서 영상 판독에도 어려움을 겪는다<sup>[8]</sup>.

위와 같은 선량 및 영상 판독에 생기는 문제점을 개선하고자 본 연구에서는 흉부 방사선 검사 시 AEC 적용 유·무에 따른 화질 및 선량 비교를 하여 AEC의 필요성에 대한 문제와 AEC를 사용하지 않고 더 나은 화질이나 비슷한 영상의 질을 얻고 환자에게 가해지는 피폭선량을 줄이고자 연구를 진행하였다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 연구 대상

Fig 1과 같이 X선 발생장치는 XGEO GC85 (Samsung, Seoul, Korea), 팬텀은 PBU-50 (Kyoto Kagaku, Japan)을 사용하였고 영상평가를 위한 프로그램으로는 Image J (Ver. 1.46r, National Institutes of Health, USA)을 사용하였다.



Fig. 1. Experimental method and dosimeter location.

### 2. 연구 방법

#### 2.1. 영상 획득 방법

Fig 1과 같이 영상 획득 방법은 팬텀의 자세를 흉부 후전방향 촬영(chest posteroanterior projection; chest PA)과 같은 자세로 위치시키고 검사조건은 검출기와의 거리 180 cm, 조사야(field size)는 43 × 43 cm, 팬텀의 흉추 7~8번 사이에 가로로 선량계를

설치한 후 영상을 얻었다.

본 연구에서는 AEC를 사용한 경우(with AEC method; with AEC)와 AEC를 사용하지 않은 경우(without AEC method; without AEC)로 구분하여 영상을 획득 하였으며, 각각의 영상획득 방법은 아래와 같다.

#### (1) with AEC에서 영상획득 방법

with AEC에서 검사조건은 설정된 110 kVp, 320 mA, 50 msec를 기준으로 촬영을 하였다. AEC 챔버는 척추를 제외하고 폐를 기준으로 하기 위해 상위 2개만 사용을 하였다.

#### (2) without AEC에서 영상획득 방법

without AEC에서 검사조건은 화질 및 선량 비교를 위해 without AEC 촬영을 할 때 관전류는 0.6 mAs(320 mA, 2 msec)로 고정시키고 관전압을 110 kVp와 100 kVp, 90 kVp, 80 kVp로 설정 후 촬영을 하였다.

#### 2.2. 선량 측정 방법

Fig 2와 같이 선량값 측정을 위한 선량계는 흉추 7~8번 높이에 가로로 위치시켰으며 선량 측정은 with AEC (110 kVp)와 without AEC (110 kVp, 100 kVp, 90 kVp, 80 kVp)의 조건별로 각 10회씩 측정하고 측정값을 비교분석 하였다.



Fig. 2. PBU-50 is attached transverse to the dosimeter in position 7th~8th to the thoracic spine.

### 2.3. 화질 측정 방법

화질 측정은 image J를 이용해 신호대잡음비 (signal to noise ratio; SNR)를 총 30번을 측정하여 구하였다. 관심영역(ROI) 크기는  $60 \times 60 \text{ mm}^2$ , 평가를 위한 관심영역으로 오른쪽 폐(right lung)와 기관(trachea) 및 심장 음영 부분(heart rear space)을 설정하였으며, background 자료는 영상의 우측 상단으로 설정하고 Fig. 3, Eq. (1)과 같은 방법으로 SNR 값을 구하였다.

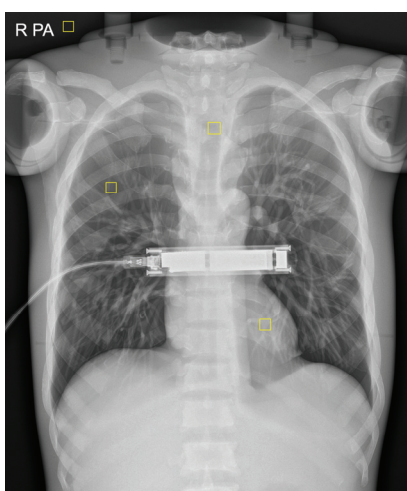


Fig. 3. ROI for SNR measurement. SNR was measured for image quality comparison.

$$SNR = \frac{Background\ Avg - ROI\ Avg}{ROI\ S.D} \quad (1)$$

Background Avg : 배경의 평균 신호값

ROI Avg : 관심영역의 평균 신호값

ROI S.D : 관심영역의 표준편차

### 2.4. 자료 분석 방법

본 연구에서 획득한 자료는 기술통계를 제시하였으며, 조건 변화에 따른 선량값 비교는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, 사후검정으로는 Tukey Ba를 시행하였다. SNR의 평균값 비교는 Kruskal-Wallis를 사용하였고, 사후검정으로

는 Tukey Ba를 시행하였다. 통계프로그램은 SPSS (version 28.0, SPSS, Chicago, IL, USA)를 사용하였고, 유의수준( $\alpha$ )은 0.05, 유의확률(p)은 0.05이하를 유의한 것으로 설정하였다.

## III. RESULT

### 1. AEC 사용 유·무에 따른 선량 평가 결과

Table 1과 같이 with AEC를 사용한 영상에서 측정된 선량은  $31.43 \pm 0.46 \mu\text{Gy}$ 이었고, without AEC에서는 110 kVp  $31.06 \pm 0.47 \mu\text{Gy}$ , 100 kVp 선량  $26.00 \pm 0.24 \mu\text{Gy}$ , 90 kVp 선량  $21.94 \pm 0.43 \mu\text{Gy}$ , 80 kVp 선량  $16.83 \pm 0.64 \mu\text{Gy}$ 로 나타났다.

### 2. AEC 사용 유·무에 따른 폐 위치에서 SNR에 대한 평균비교 결과

Table 2와 같이 폐 위치에서 SNR의 평균값은 with AEC의 경우  $2.83 \pm 0.00 \text{ dB}$ 이었고, without AEC 110 kVp는  $2.83 \pm 0.18 \text{ dB}$ , 100 kVp  $2.81 \pm 0.19 \text{ dB}$ , 90 kVp  $2.71 \pm 0.08 \text{ dB}$ , 80 kVp  $2.78 \pm 0.09 \text{ dB}$ 로 측정되었다. 각각의 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.01$ ).

### 3. AEC 사용 유·무에 따른 기관 위치에서 SNR에 대한 평균비교 결과

Table 3과 같이 기관 위치에서 SNR의 평균값은 with AEC의 경우  $5.24 \pm 0.03 \text{ dB}$ 이었고, without AEC 110 kVp는  $5.24 \pm 0.04 \text{ dB}$ , 100 kVp는  $5.21 \pm 0.03 \text{ dB}$ , 90 kVp는  $5.08 \pm 0.16 \text{ dB}$ , 80 kVp는  $5.35 \pm 0.19 \text{ dB}$ 로 측정되었다. 각각의 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.01$ ).

### 4. AEC 사용 유·무에 따른 심장 위치에서 SNR에 대한 평균비교 결과

Table 4와 같이 심장 위치에서 SNR의 평균값은 with AEC의 경우  $5.03 \pm 0.03 \text{ dB}$ 이었고, without AEC 110 kVp는  $5.03 \pm 0.03 \text{ dB}$ , 100 kVp는  $5.01 \pm 0.03 \text{ dB}$ , 90 kVp는  $4.89 \pm 0.18 \text{ dB}$ , 80 kVp는  $5.11 \pm 0.21 \text{ dB}$  측정되었다. 각각의 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.01$ ).

Table 1. Result of radiation dose comparison of with AEC and each kVp on without AEC

exposure condition	n	mean ± SD (μGy)	min	max	F	p
with AEC		31.43 ± 0.46 <sup>d</sup>	30.82	32.43		
	110	31.06 ± 0.47 <sup>d</sup>	30.28	31.78		
without AEC	10	26.00 ± 0.24 <sup>c</sup>	25.52	26.48	1749.813	0.01
	100	26.00 ± 0.24 <sup>c</sup>	25.52	26.48		
	90	21.94 ± 0.43 <sup>b</sup>	21.46	22.51		
	80	16.83 ± 0.64 <sup>a</sup>	15.07	17.24		

1. With AEC, the irradiation conditions were 110 kVp, 320 mA, and 50 ms. In the case of without AEC, the same mA and ms as with AEC were applied, and only the kVp was changed from 110 to 80.  
 2. The average comparison between each group was calculated through one-way ANOVA, and Tukey B was applied post-hoc.

Table 2. Result of SNR comparison of with AEC and each kVp on without AEC at the lung

exposure condition	n	mean ± SD (dB)	min	max	χ <sup>2</sup>	p	Phost-hoc
with AEC		2.83 ± 0.01 <sup>c</sup>	2.80	2.89			
	110	2.83 ± 0.18 <sup>c</sup>	2.80	2.90			
without AEC	10	2.81 ± 0.19 <sup>b</sup>	2.75	2.87	609.723	0.01	a<b<c
	100	2.81 ± 0.19 <sup>b</sup>	2.75	2.87			
	90	2.71 ± 0.08 <sup>a</sup>	2.49	2.82			
	80	2.78 ± 0.09 <sup>b</sup>	2.49	2.82			

1. With AEC, the irradiation conditions were 110 kVp, 320 mA, and 50 ms. In the case of without AEC, the same mA and ms as with AEC were applied, and only the kVp was changed from 110 to 80.  
 2. The average comparison between each group was calculated through Kruskal-Wallis test.

Table 3. Result of SNR comparison of with AEC and each kVp on without AEC at the trachea

exposure condition	n	mean ± SD (dB)	min	max	χ <sup>2</sup>	p	Phost-hoc
with AEC		5.24 ± 0.03 <sup>c</sup>	5.17	5.34			
	110	5.24 ± 0.04 <sup>c</sup>	5.04	5.39			
without AEC	10	5.21 ± 0.03 <sup>b</sup>	5.09	5.31	461.998	0.01	a<b<c<d
	100	5.21 ± 0.03 <sup>b</sup>	5.09	5.31			
	90	5.08 ± 0.16 <sup>a</sup>	4.62	5.27			
	80	5.35 ± 0.19 <sup>d</sup>	5.03	5.65			

1. With AEC, the irradiation conditions were 110 kVp, 320 mA, and 50 ms. In the case of without AEC, the same mA and ms as with AEC were applied, and only the kVp was changed from 110 to 80.  
 2. The average comparison between each group was calculated through Kruskal-Wallis test.

Table 4. Result of SNR comparison of with AEC and each kVp on without AEC at the heart

exposure condition	n	mean ± SD (dB)	min	max	χ <sup>2</sup>	p	Phost-hoc
with AEC		5.03 ± 0.03 <sup>c</sup>	4.97	5.19			
	110	5.03 ± 0.03 <sup>c</sup>	4.94	5.16			
without AEC	10	5.01 ± 0.03 <sup>b</sup>	4.91	5.12	319.286	0.01	a<b<c<d<e
	100	5.01 ± 0.03 <sup>b</sup>	4.91	5.12			
	90	4.89 ± 0.18 <sup>a</sup>	4.39	5.09			
	80	5.11 ± 0.21 <sup>d</sup>	4.78	5.46			

1. With AEC, the irradiation conditions were 110 kVp, 320 mA, and 50 ms. In the case of without AEC, the same mA and ms as with AEC were applied, and only the kVp was changed from 110 to 80.  
 2. The average comparison between each group was calculated through Kruskal-Wallis test.

#### IV. DISCUSSION

임상에서는 동일 촬영 부위에 같은 두께라 하더라도 X선 흡수 정도의 차이에 따라 같은 농도의 영상을 형성하는 건 어렵다. 그래서 영상들 간의 화질 변화를 최소화하고 노출의 적정화를 갖고자 AEC를 사용한다<sup>[7]</sup>. 그러나, 흉부검사에서 많이 사용되고 있는 AEC의 기능을 전적으로 신뢰해서는 안 되며, 검사부위와 전리조 센서 위치가 일치해야 적정한 검사조건으로 환자의 피폭선량 최소화 및 최적화를 이룰 수 있다고 보고하고 있다<sup>[8]</sup>. 본 논문은 AEC가 가지고 있는 문제점의 해결방안을 찾고자 실험을 하였고 이러한 문제점에 대비해 AEC를 사용하지 않고도 선량을 줄이며 영상의 질이 비슷하게 평가되는 것을 목표로 실험하였다. 연구를 진행하기 전 다른 연구와의 비교를 위해 차이점을 두었다. 흉부검사에서 kVp의 변화에 따라 mAs도 변화하는데 본 연구에서는 mAs의 변화 없이 AEC에서 설정한 값을 그대로 유지하면서 실험하였다.

본 연구 결과 without AEC 110 kVp가 with AEC 보다 선량은 1.17% 감소하였고 100 kVp에서는 17.2% 감소, 90 kVp에서는 30.19% 감소, 80 kVp에서는 46.45% 감소하였다. 폐와 기관, 심장에서 SNR의 평균값의 차이는 with AEC와 without AEC 110 kVp에서 관전압 변화에 따른 통계적인 수치에서는 유의한 차이가 있었으나 실제 영상에서 화질의 차이는 미비하였다.

연구의 결과를 통해 with AEC를 사용했을 때 without AEC를 사용했을 때 보다 높은 선량을 받는다는 것을 알 수 있고 영상 화질을 비교해도 비슷한 영상의 질을 얻을 수 있는 것을 알 수 있지만 관전류를 고정함으로써 피사체까지의 도달하는 시간이 짧아지면서 낮은 관전압 일수록 피사체가 받는 X선이 일정하지 않아 편차가 커지는 것을 볼 수 있었다. 환자에게 적은 선량을 주고자 낮은 관전압을 사용하는 것은 좋은 방법이지만 알맞은 화질을 얻지 못해 많은 촬영을 하는 것은 좋지 않으므로 적절한 관전압을 찾아 촬영하는 것을 권장한다.

본 연구의 제한점으로는 실제 환자가 아닌 팬텀으로 진행하여 실제 환자가 받는 피폭선량 및 영상의 화질의 차이가 발생할 것으로 사료된다.

#### V. CONCLUSION

본 연구는 non AEC를 이용해서 AEC를 사용했을 때보다 선량을 줄이고 비슷한 영상의 질이나 더 우수한 영상의 질을 얻는 것을 목적으로 진행하였다. 본 연구결과 동일한 관전압에서 AEC를 적용하지 않은 경우 특히 without AEC 100 kVp에서는 with AEC와 유사한 화질을 유지하면서 선량을 17.2% 감소시킬 수 있었다. 그러므로 AEC를 적용하지 않고 Chest PA 영상획득 시 적절한 관전압을 선택하길 권장한다.

#### Reference

- [1] Y. Ch. 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. <https://doi.org/10.17946/JRST.2020.43.5.323>
- [2] B. S. Kang, "Assessment of dose effects on image quality at chest computed radiography", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 5, No. 6, pp. 421-426, 2011. <https://doi.org/10.7742/jksr.2011.5.6.421>
- [3] J. S. Jung, B. W. Choi, S. H. Kim, Y. M. Kim, J. N. Shim, H. S. Ahn, D. E. Jin, J. S. Lim, S. H. Kang, "Effect of Automatic Exposure Control Marker with Chest Radiography in Radiation Reduction", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 37, No. 3, pp. 177-185, 2014.
- [4] S. S. Choi, Ch. H. Lim, S. H. Jung, "A Study on the Dose and Image Evaluation According to the use of Automatic Exposure Control in 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>
- [5] J. K. Park, B. J. Jung, H. H. Park, S. Ch. Noh, S. S. Kang, "The Study for Optimal Exposure Condition of Chest Examination of Digital Radiography System", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 10, No. 2, pp. 109-115, 2016. <https://doi.org/10.7742/jksr.2016.10.2.109>
- [6] 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. 55-61, 2017. <https://doi.org/10.7742/jksr.2017.11.1.55>
- [7] J. S. Lee, S. J. Ko, S. S. Kang, J. H. Kim, D. H. Kim, C. S. Kim, "Quantitative Evaluation of Image Quality using Automatic Exposure Control & Sensitivity in the Digital Chest Image", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 13, No. 8, pp. 275-283, 2013. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.08.275>
- [8] B. J. Ahn, "A comparative study for resolution and density of chest imaging using film/screen, CR and DR", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 4, No. 1, pp. 25-30, 2010. <https://doi.org/10.7742/jksr.2010.4.1.025>
- [9] E. K. Lee, H. W. Jeong, J. Wh. Min, "Evaluation and Comparison of Signal to Noise Ratio According to Change of Kernel size of Heart Shadow on Chest Image", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 11, No. 6, pp. 443-451, 2017. <https://doi.org/10.7742/jksr.2017.11.6.443>
- [10] W. Ch. Jeong, Y. Ch. Joo, "Effects of Dose and Image Quality according to Center Location in Lumbar Spine Lateral Radiography Using AEC Mode", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 44, No. 2, pp. 85-90, 2021. <https://doi.org/10.17946/JRST.2021.44.2.85>
- [11] S. H. Jeung, B. H. Han, H. R. Jung, "Evaluation of Image Quality When Using Grid During Child Chest X-Ray Examination", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 40, No. 3, pp. 371-376, 2017. <https://doi.org/10.17946/JRST.2017.40.3.03>

# 자동노출제어장치 유·무에 따른 흉부 후·전방향 검사 시 관전압 변화에 따른 선량 및 영상평가

주영철<sup>1</sup>, 홍동희<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>삼성서울병원 영상의학과

<sup>2</sup>신한대학교 방사선학과

## 요 약

본 연구는 흉부 방사선검사 시 AEC의 잘못된 사용으로 환자에게 가해지는 피폭선량 및 영상관독의 문제점을 개선하고자 연구를 진행하였다. 검사조건으로 AEC를 이용한 경우와 AEC를 사용하지 않은 경우로 구분하여 영상을 획득 하였으며 0.6 mAs를 고정시키고 110, 100, 90, 80 kVp의 조건으로 촬영하였다. 연구 결과 without AEC 110 kVp가 with AEC보다 선량은 1.17% 감소하였고 100 kVp에서는 17.2% 감소, 90 kVp에서는 30.19% 감소, 80 kVp에서는 46.45% 감소하였다. 폐와 기관, 심장에서 SNR의 평균값의 차이는 with AEC와 without AEC 110 kVp에서 관전압 변화에 따른 통계적인 수치에서는 유의한 차이가 있었으나 실제 영상에서 화질의 차이는 미비하였다. 동일한 관전압에서 AEC를 적용하지 않은 경우 특히 without AEC 100 kVp에서는 with AEC와 유사한 화질을 유지하면서 선량을 17.2% 감소시킬 수 있었다. 그러므로 흉부 방사선 검사 시 AEC 조건에 의존하기보다 적절한 관전압 선택으로 선량을 낮추면서 검사하는데 조건을 고려해 보아야 할 것으로 사료된다.

중심단어: 자동노출제어장치(AEC), 신호대잡음비(SNR), 관전압, 흉부검사

## 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	주영철	삼성서울병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	홍동희	신한대학교 방사선학과	교수