

## &lt;원저&gt;

## 자동노출조절장치를 이용한 흉부 방사선검사 시 갑상샘 장기선량 최소화를 위한 새로운 차폐 방법에 관한 연구

주영철<sup>1)</sup>·홍동희<sup>2)</sup>·한범희<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>삼성서울병원 영상의학과·<sup>2)</sup>신한대학교 방사선학과·<sup>3)</sup>방사선과학기술연구소 연구개발팀

### A Study on New Shielding Method for Minimizing Thyroid Organ Dose on Chest Radiography Used Automatic Exposure Control

Young-Cheol Joo<sup>1)</sup>·Dong-Hee Hong<sup>2)</sup>·Beom-Hee Han<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Radiology, Samsung Medical Center

<sup>2)</sup>Dept. of Radiological Science, Shinhan University

<sup>3)</sup>R&D Team of Radiation Science Technology Laboratory

**Abstract** The purpose of this study is to investigate the effect of radiation shielding on the thyroid organ dose and image quality during Chest PA examination using automatic exposure control system. This study was conducted in the patient posture and examination conditions such as Chest PA using human model phantom. An experiment without shielding was set as a control group (non) and the cases of using paper coated with a contrast agent (contrast) and bismuth (bismuth) were used as experimental groups. Compared to non-shielded(non), the dose at bismuth increased about 7% in C(cervical vertebrae)5 and C6 and 14% in C7 and contrast showed dose increases of about 17 to 19% in C5 and C6 and about 21% in C7. As a result of the image quality comparison, when measured in the center of the cervical vertebrae, both SNR and CNR in bismuth increased about 40% higher than non, and contrast showed about 8 to 9% improvement. Compared with soft tissues of the cervix, bismuth reduced SNR by about 15% and CNR by about 13%, in contrast, SNR decreased by 11%, and CNR decreased by about 10%. In the Chest PA using AEC, the method of using the shield in front of the collimator has the advantage to observe the anatomical structure of the neck area well compared to the method using the lead. However, the dose at the neck can be increased by 7-21% depending on shielding materials.

**Key Words:** Chest radiography, Thyroid, Organ dose, Bismuth

**중심 단어:** 흉부 방사선검사, 갑상샘, 장기선량, 비스무스

## I. 서 론

흉부 방사선검사(chest radiography; CXR)는 의료분야에서 가장 많이 이용되는 영상의학과와 대표적인 검사방법으로 전체 방사선검사의 30~60%를 차지할 정도로 빈도수가 높다고 보고되고 있다. CXR은 흉부 질환을 진단할 수 있는 영상의학과적 검사 중 검사 시간이 가장 짧고, 방법이 간

단하며, 다른 영상의학과적 검사법에 비해 낮은 방사선 선량으로 검사가 가능하다[1]. CXR은 복잡한 해부학적 구조와 여러 방사선 감약치를 가진 흉부의 구조를 하나의 2차원 평면영상으로 나타낼 수 있다. 폐 실질에서 발생하는 질환 진단과 함께 심장크기(cardiac size; CS) 및 심흉비(cardiothoracic ratio; CTR)의 측정은 심장의 형태학적 기능 이상 및 종격종양, 대동맥류, 좌심부전 등의 질환 판단에

Corresponding author: Dong-Hee Hong, Department of Radiological Science, Shinhan University, 95, Hoam-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do, 11644 Republic of Korea / Tel: +82-31-870-3415 / E-mail: hansound2@hanmail.net

Received 19 October 2020; Revised 21 October 2020; Accepted 28 October 2020

Copyright ©2020 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

중요한 단서가 된다. 그러하므로 외래 및 입원환자의 경과 관찰 그리고 건강검진 시 기본적으로 시행되고 있으며[2-3], 수술 및 마취관리를 위해 수술 전 선별검사로 다양한 혈액 검사 및 심전도 검사와 함께 CXR은 반드시 시행된다[4-5].

CXR획득을 위한 일반적인 검사법은 환자의 등에서 가슴 방향으로 X선이 조사되는 흉부 후-전방향 검사(chest posteroanterior projection; chest PA)법이 이용된다. 하지만 Chest PA 시 흉부 이외의 목과 하복부 부위에 불필요한 방사선 피폭이 발생할 수 있다. 목과 하복부에 위치한 장기 중 방사선 감수성이 높은 장기로는 갑상샘과 생식선이 있다.

전세계적으로 갑상샘암의 발생률은 계속해서 증가하고 있다[6]. 갑상샘암의 원인은 다양하지만 방사선은 대표적인 위험인자로 알려져 있다. 임상에서는 Chest PA 시 최소의 방사선으로 최고의 영상 구현을 위해 자동노출조절시스템(auto exposure control; AEC)을 적용한다. 또한, 적절한 조사야 조절과 방사선 차폐체를 이용한 Chest PA 검사 시 하복부 차폐의 효과는 여러 선행연구들을 통해서 알려져 있고, 임상에서도 매우 유용하게 이용되고 있다.

그러나 갑상샘에 대한 방사선 방어 관련 선행연구들은 유방 및 치과 방사선검사 그리고 흉부 전산화단층촬영(computed tomography; CT)시 방사선 방어를 위한 연구들이 대부분이다.

Chest PA는 이들 검사보다 검사 빈도가 높으며, 검사를 받는 연령층 또한 다양하다. 그리고 갑상샘을 포함한 목 부위는 CXR에서도 일차적 진단을 위해 반드시 포함되어야 하는 부분이다. 일반적으로 방사선차폐를 위해 이용되는 납을 이용한 방사선 방어는 목 부위의 방사선차폐에 효과적이지만 차폐체 뒷면의 질환 관찰은 불가능하다. 또한, 비스무스(bismuth)를 이용한 차폐의 경우 검사의 특성상 환자의 목 부위에 직접적으로 적용하는데 어려움이 있다.

이에 본 연구에서는 AEC를 이용하는 Chest PA 검사 시 갑상샘에 미치는 방사선 선량 최소화를 위한 방법으로 차폐체를 신체부위에 직접 적용하는 방법이 아닌 선속조절기(collimator)에 부착하는 새로운 방식의 효율성과 기존의 납이 아닌 bismuth 와 CT 조영제를 도포한 물질의 차폐체 설치 시 갑상샘 장기 선량에 미치는 영향과 영상에 미치는 영향에 대해 고찰해 보고자 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 인체모형팬텀(Alderson Radiation Therapy

Phantom[radiology support device,inc], phantom)을 대상으로 하였다. X선 발생장치는 XGEO GC 85(Samsung Electronics, Korea)를 이용했다. 선량 측정용 유리선량계 GD-352M(Agc techno glass)를 사용하였고, 선량측정판 독기는 FDG-1000(ASAHI Techno Glass Cororation)을 이용하였다. 영상의 화질 측정은 Image J program(Image processing and analysis in Java, Java, wayne Rasband, USA)를 사용하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 실험방법

Phantom은 흉부 전면부를 영상수용체(detector)와 밀착시킨 Chest PA자세로 위치시켰다.

조사조건은 110 kVp, 320 mA, 50ms, 조사야 크기는 35.56 X 43.18 cm, 중심X선과 detector간 거리(source to image receptor distance; SID)는 180 cm로 고정하였으며, AEC 챔버는 상위 2개만 사용했고, 중심 X선 입사점은 흉추 6번 높이로 설정하였다.

차폐체는 모두 같은 크기로 collimator의 전면 상부에 위치시켰으며, 이 위치는 phantom의 목 부위를 벗어나지 않게 설치하였다.

본 연구에서는 차폐하지 않은 경우는 Non, Bismuth를 사용한 경우는 Bismuth, 조영제를 도포한 종이를 사용한 경우는 Contrast라고 명명하였다(Fig. 1).

bismuth는 1mm 시제품을 이용하였으며, Contrast는 CT 조영제(omnipaque 300)를 도포한 1mm 두께의 종이는 연구자가 직접 1mm 두께의 종이의 앞·뒷면에 조영제를 바르고 1일을 건조시켜 제작하였다.

#### 2) 선량 측정방법

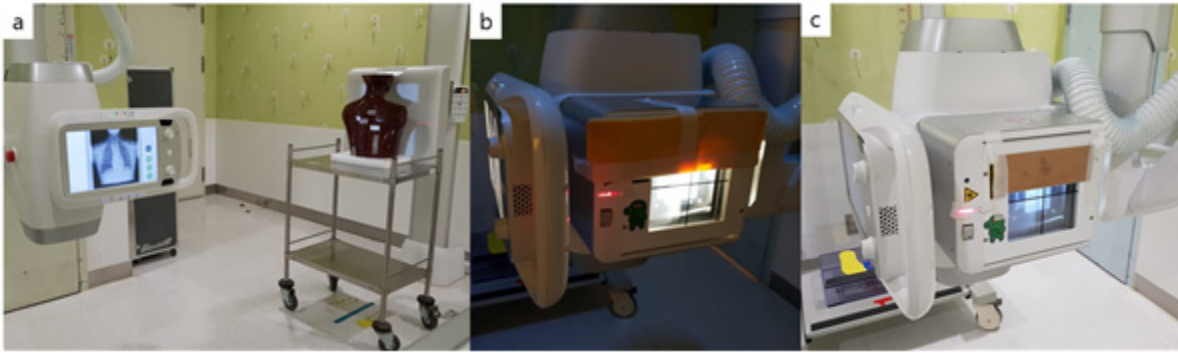
선량 측정을 위한 유리선량계는 경추 5~7번 높이에서 phantom의 전면부 갑상샘 위치에 각각 좌·우 1개씩 동일한 높이에 삽입하였다.

유리선량계는 pre heating과정을 거친 후 방사선 조사 전 선량계 고유의 선량값을 측정하였고, 방사선 조사 후 선량계의 측정치에서 조사 전 값을 뺀 값을 갑상샘 위치에서의 선량으로 설정하였다.

선량 측정은 1회 측정 시 10회 조사 후 선량계의 평균값을 이용하였으며, 대조군과 실험군 각각 30회씩 측정하였다.

#### 3) 화질 분석방법

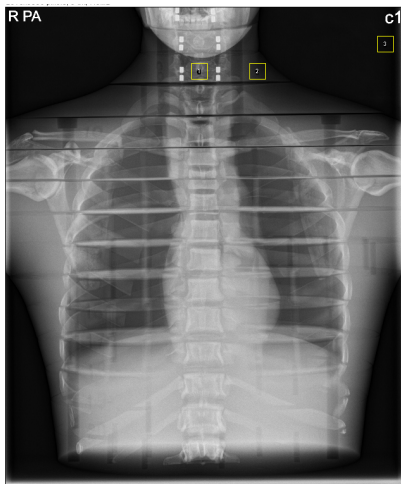
본 연구에서는 화질 측정을 위해 신호대잡음비(signal to



**Fig. 1.** Experimental method and feature of applied shield material on the front of collimator  
 'a' is an experiment, Phantom was placed in chest PA position, SID was fixed at 180 cm, 'b' is a bismuth installed in front of the collimator, 'c' is the state which installed the paper coated with CT contrast agent.

noise ratio; SNR)와 대조도대잡음비(contrast to noise ratio; CNR)를 이용하였다. 화질 측정을 위한 관심 영역은 경추 7번의 중심과 좌측 연부조직으로 설정하였으며, background 자료는 영상의 좌측 상단에서 측정하였다(Fig. 2).

일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 통해 비교하였으며, 사후분석으로 Duncan을 적용하였다. 통계프로그램은 SPSS(version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA)를 사용하였고, 통계적 유의수준 95%의 신뢰구간으로 설정하였다.



**Fig. 2.** SNR and CNR measurement for image quality comparison  
 SNR and CNR were measured for image quality comparison, ROI was set at the center of the C7 vertebrae and the left soft tissue, and the background noise was measured at the upper left.

#### 4) 자료 분석방법

측정된 선량값과 SNR, CNR값은 기술통계로 나타냈다. 갑상샘의 선량값은 좌·우 두 곳에서 측정된 값의 합에 대한 평균값을 평가하였다. 갑상샘 선량에 대한 평균 비교 시 경추 각 위치의 좌·우에서 측정된 값의 합에 대한 평균값으로 비교 분석하였다. 대조군과 실험군 선량의 평균값 비교는

### III. 결 과

#### 1. 대조군과 실험군의 갑상샘 장기선량

경추 5번 높이의 갑상샘 좌·우 위치에서 측정된 선량은 non의 경우  $318.96 \pm 7.07$ ,  $325.10 \pm 25.44 \mu\text{Gy}$ 로 나타났다. bismuth에서는  $323.96 \pm 38.55$ ,  $365.83 \pm 70.43 \mu\text{Gy}$ , contrast는  $367.00 \pm 8.9$ ,  $392.96 \pm 13.63 \mu\text{Gy}$ 이었다.

경추 6번 높이에서는 non의 경우 좌측  $327.13 \pm 57.73$ , 우측  $347.00 \pm 4.92 \mu\text{Gy}$ 이었으며, bismuth에서는  $360.06 \pm 34.34$ ,  $363.70 \pm 16.31 \mu\text{Gy}$ , contrast는  $385.66 \pm 19.47$ ,  $417.53 \pm 29.64 \mu\text{Gy}$ 로 나타났다.

경추 7번 좌·우측의 선량은 non의 경우  $338.03 \pm 4.50$ 과  $339.06 \pm 8.58 \mu\text{Gy}$ 이었으며, bismuth에서는  $380.83 \pm 20.98$ ,  $391.33 \pm 9.53 \mu\text{Gy}$ , contrast는  $397.60 \pm 18.62$ ,  $425.20 \pm 14.75 \mu\text{Gy}$ 로 측정되었다(Table 1).

#### 2. 대조군과 실험군의 화질 측정

7번 경추 중심에서 측정된 SNR 값은 non의 경우  $5.06 \pm 0.06$  dB, bismuth는  $7.14 \pm 0.48$  dB, contrast는  $5.52 \pm 0.06$  dB로 나타났으며, CNR은 non에서는  $7.08 \pm 0.08$  dB, bismuth는  $9.88 \pm 0.66$  dB, contrast는  $7.71 \pm 0.09$  dB이었다.

연부조직에서 SNR은 non의 경우  $3.15 \pm 0.14$  dB, bismuth는  $2.68 \pm 0.07$  dB, contrast는  $2.81 \pm 0.06$  dB이었으며, CNR

**Table 1.** Result of descriptive statistics on thyroid organ dose of control and experimental groups (unit :  $\mu\text{Gy}$ )

Dosimeter location	N	Thyroid organ dose by material of shield( $\mu\text{Gy}$ )								
		Non			Bismuth			Contrast		
		Mean $\pm$ SD	Min	Max	Mean $\pm$ SD	Min	Max	Mean $\pm$ SD	Min	Max
C5	RT	325.10 $\pm$ 25.44	305.00	363.00	365.83 $\pm$ 70.43	339.00	732.00	392.96 $\pm$ 13.63	371.00	405.00
	LT	318.96 $\pm$ 7.07	308.00	329.00	323.96 $\pm$ 38.55	278.00	375.00	367.00 $\pm$ 7.96	357.00	380.00
C6	RT	347.00 $\pm$ 4.92	342.00	355.00	363.70 $\pm$ 16.31	345.00	397.00	417.53 $\pm$ 29.64	309.00	439.00
	LT	327.13 $\pm$ 57.73	33.00	361.00	360.06 $\pm$ 34.34	316.00	403.00	385.66 $\pm$ 19.47	365.00	415.00
C7	RT	339.06 $\pm$ 8.58	326.00	353.00	380.83 $\pm$ 20.98	358.00	411.00	397.60 $\pm$ 18.62	371.00	420.00
	LT	338.03 $\pm$ 4.50	329.00	345.00	391.33 $\pm$ 9.53	376.00	401.00	425.20 $\pm$ 14.75	406.00	446.00

\* Mean $\pm$ SD is organ dose on thyroid, Organ dose of thyroid was measured insert glass dosimeter on left and right side of C5-C7 vertebrae.

**Table 2.** Result of descriptive statistics of SNR and CNR on neck level for control and experimental groups (unit : dB)

Measure location		Spine center			Soft tissue		
Measure method	N	Mean $\pm$ SD	Min	Max	Mean $\pm$ SD	Min	Max
SNR	Non	5.06 $\pm$ 0.06	4.98	5.17	3.15 $\pm$ 0.14	3.01	3.37
	Bismuth	7.14 $\pm$ 0.48	4.57	7.31	2.68 $\pm$ 0.07	2.61	3.01
	Contrast	5.52 $\pm$ 0.06	5.41	5.61	2.81 $\pm$ 0.06	2.71	2.91
CNR	Non	7.08 $\pm$ 0.08	6.97	7.24	4.22 $\pm$ 0.19	4.04	4.52
	Bismuth	9.88 $\pm$ 0.66	6.41	10.12	3.68 $\pm$ 0.10	3.59	4.14
	Contrast	7.71 $\pm$ 0.09	7.55	7.83	3.79 $\pm$ 0.08	3.67	3.92

\* This study was used SNR and CNR for image quality comparison at image of control and experimental group. SNR and CNR was measured on center and left side soft tissue of C7 vertebrae.

**Table 3.** Result of compare of thyroid organ dose of control and experimental groups (unit :  $\mu\text{Gy}$ )

Cervical spine location	Protection material	n	Radiation dose of each thyroid location		
			Mean $\pm$ SD*	F	P*
C5	Non	30	322.03 $\pm$ 15.85 <sup>a</sup>	30.947	0.01
	Bismuth		344.90 $\pm$ 46.16 <sup>b</sup>		
	Contrast		379.97 $\pm$ 9.77 <sup>c</sup>		
C6	Non	30	337.06 $\pm$ 28.24 <sup>a</sup>	49.947	0.01
	Bismuth		361.88 $\pm$ 25.18 <sup>b</sup>		
	Contrast		401.60 $\pm$ 21.84 <sup>c</sup>		
C7	Non	30	338.55 $\pm$ 6.23 <sup>a</sup>	299.294	0.01
	Bismuth		386.08 $\pm$ 12.30 <sup>b</sup>		
	Contrast		411.40 $\pm$ 14.86 <sup>c</sup>		

\* mean $\pm$ SD is sum of thyroid organ dose on left and right side at each cervical spine.

\*\* p-value calculated by One-way ANOVA, post-hoc used DUNCAN, p-value<0.05

은 non에서는 4.22 $\pm$ 0.19 dB, bismuth는 3.68 $\pm$ 0.10 dB, contrast는 3.79 $\pm$ 0.08 dB로 측정되었다(Table 2).

### 3. 대조군과 실험군의 선량값

경추 5~7번 높이의 좌·우에서 측정된 선량을 합한 후 그에 대한 평균값을 비교 분석한 결과, 경추 5번에서의 평균 선량은

non의 경우 322.03 $\pm$ 15.85  $\mu\text{Gy}$ , bismuth는 344.90 $\pm$ 46.16  $\mu\text{Gy}$ , contrast는 379.97 $\pm$ 9.77  $\mu\text{Gy}$ 로 나타났다.

경추 6번 높이에서 non의 평균 선량은 337.06 $\pm$ 28.24  $\mu\text{Gy}$  이었고, bismuth는 361.88 $\pm$ 25.18  $\mu\text{Gy}$ , contrast는 401.60 $\pm$ 21.84  $\mu\text{Gy}$ 이었다.

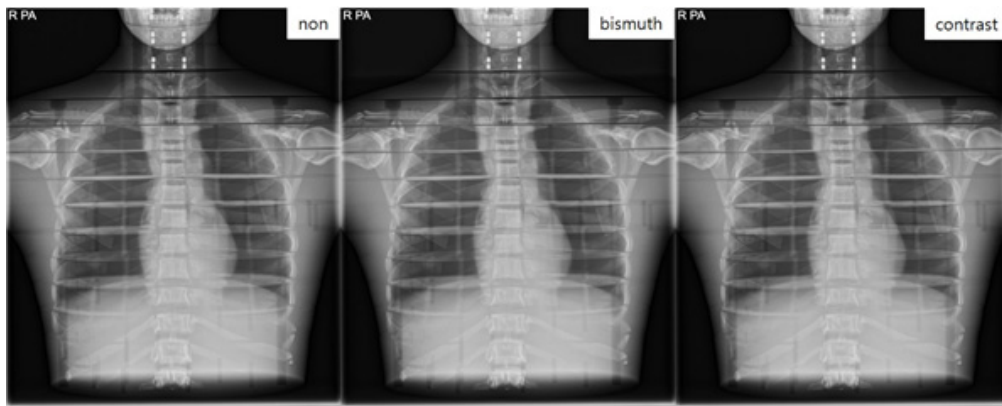
경추 7번의 경우 non의 평균 선량은 338.55 $\pm$ 6.23  $\mu\text{Gy}$ , bismuth는 386.08 $\pm$ 12.30  $\mu\text{Gy}$ , contrast는 411.40 $\pm$ 14.86

**Table 4.** Result of compare of SNR and CNR on neck level for control and experimental groups

Measure location		Spine center			Soft tissue		
Measure method	<i>n</i>	mean±SD	<i>F</i>	<i>p</i>	mean±SD	<i>F</i>	<i>p</i>
SNR	Non	5.06±0.06a	433.791	0.01	3.15±0.01c	166.400	0.01
	Bismuth	7.14±0.48b			2.68±0.07a		
	Contrast	5.52±0.06c			2.81±0.06b		
CNR	Non	7.08±0.08a	429.590	0.01	4.22±0.19c	123.295	0.01
	Bismuth	9.88±0.66b			3.68±0.10a		
	Contrast	7.71±0.09c			3.79±0.08b		

(unit : dB)

This study was used SNR and CNR for image quality comparison at image of control and experimental group. SNR and CNR was measured on center and left side soft tissue of C7 vertebrae.



**Fig. 3.** compare image quality on image applied each shield material

\* Images were taken same exposure conditions(110 kVp, 320 mA, 50ms, AEC chamber used only upper 2). The non was not applied shield material in front of collimator. Bismuth was installed to cover only the neck level on the front of the collimator. The contrast is a coating of contrast media used for computed tomography on paper. It was installed on the front of the collimator to cover only the neck.

μGy로 측정되었다.

경추 5~7번 모두 non과 bismuth, contrast의 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보였으며( $p<0.01$ ), 사후 분석에서도 모두 다른 그룹으로 나타났다(Table 3).

#### 4. 대조군과 실험군의 SNR과 CNR

경추 7번의 중심과 연부조직에서의 SNR과 CNR은 Non과 Bismuth, Contrast 모두 평균값의 차이가 통계적으로 유의하였으며( $p<0.01$ ), 사후분석에서도 SNR, CNR 모두 독립적인 그룹으로 나타났다(Table 4), (Fig. 3).

### IV. 고 찰

과거 자연방사선의 비율이 높았지만, 현재는 자연방사선

과 인공방사선의 비율이 1:1의 수준까지 증가하였다[7]. 의료에서 사용되는 인공방사선으로 인한 장해를 최소화하기 위해 방사선방어관련 국제기구 및 각 국가별 진단용 방사선검사에 대하여 진단에 참조할 만한 환자피폭선량 진단참고준위 권고치를 확립하여 권고하고 있다. CXR의 각 국가별 진단참고준위는 0.13~0.4 mGy 수준이며, 우리나라의 경우 0.34 mGy이다[8]. CXR의 검사의 특성상 기도를 포함하는 목 부위도 방사선에 노출되게 된다. 목 부위에 위치하고 있는 갑상샘은 방사선 감수성이 높은 장기로 알려져 있다.

갑상샘암 발생율은 전 세계적으로 증가하고 있다. 갑상샘암의 원인은 명확하게 알려져 있지 않지만, 방사선은 대표적인 위험인자로 알려져 있다. 100 mSv 이상의 방사선에 노출된 경우 소아와 청소년에서 갑상샘암 발생률이 증가하였지만, 아직 성인에서는 선량과의 관련성이 없으며, 100 mSv 미만의 저선량 방사선에 노출된 경우 갑상샘암의 발생

과 유의한 상관관계를 보이지 않는다[6]. 방사선 피폭으로 인한 장애는 비확률적영향과 확률적영향으로 구분된다. 이중 확률적 영향에 대한 위험에 문턱 선량이 없다고 믿기 때문에 일반인이 받는 선량이 증가함에 따라 위험도 증가한다.

소아의 경우 방사선으로 인한 갑상샘암 발생율은 성인에 비해 민감하다. 이러한 이유로 많은 선행연구들이 소아 CXR에 초점이 맞추어져 있다. 소아 CXR검사 시 갑상샘 차폐 유·무에 따른 갑상샘 선량차이 연구결과에 의하면 적극적인 차폐 시 약 28.07  $\mu$ Gy의 ESD 감소 효과가 있었다[9]. 이와 유사한 외국 연구에 의하면 갑상샘 차폐 전 ESD는 0.068 mGy이었으나 차폐 후 0.001 mGy까지 감소했다고 보고하였다[10]. CXR에서는 목 부위를 포함시키는 이유는 목 주변의 림프절 및 기도의 주행 그리고 갑상샘의 간접적 관찰 등의 목적이 있다.

성인 CXR은 적절한 화질의 영상 구현과 선량 감소를 목적으로 대부분 AEC를 적용하고 있다. AEC는 환자를 투과한 방사선이 detector에 위치한 이온챔버가 환자 선량을 조절한다. 본 연구 결과, 실험군에서 갑상샘 선량 증가 원인은 AEC의 특징 때문으로 사료된다. bismuth와 contrast의 차폐 비교 결과 contrast가 bismuth에 비해 약 10%정도 높은 선량 차폐 효과가 있는 것으로 나타났으며, 화질의 경우에는 수치적인 차이는 있으나 무시할 수 있을 정도의 차이라고 생각되며, 이 경우 contrast를 도포하여 차폐체로 사용하는 것도 가능할 것으로 생각된다.

본 연구는 CXR 검사 시 갑상샘 선량 감소를 위한 새로운 차폐 방법과 bismuth를 대체할 수 있는 차폐 방법을 제안한 점 그리고 AEC를 적용하는 검사에서 차폐체의 적용이 환자의 피폭선량을 증가시킬 수 있다는 점을 제시했다는 점에서 의의가 있다.

본 연구의 제한점으로는 실제 환자가 아닌 팬텀으로 진행되었다는 점이다. 그리고 차폐체 적용 시 AEC 이온챔버의 변화에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 AEC를 적용한 Chest PA 검사 시 갑상샘 부위의 선량 감소를 위한 새로운 방법 및 차폐체 적용의 유용성과 갑상샘 선량감소 효과를 제시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

일반적으로 AEC가 적용되는 Chest PA 검사에서는 collimator 앞에서 차폐체를 이용하는 방법은 기존의 납을 이용하는 방법과 비교했을 때 목 부위의 해부학적 구조물은 기존과 큰

차이가 없음을 알 수 있었다. 하지만 목 부위에서의 선량은 위치와 차폐체에 따라서 7~21%까지 증가될 수 있다. 그러므로 AEC를 적용하는 검사에서 환자 선량 감소를 위해 차폐체를 이용하는 경우에는 차폐체가 선량에 영향을 미칠 수 있음을 고려해야 할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- [1] Kim DH, Ko SJ, Kang SS, et al. Computer-aided diagnosis for pulmonary tuberculosis using texture features analysis in digital chest radiography. *The Journal of the Korea Contents Association*, 2011; 11(11):187-93.
- [2] Veldhamp WJH, Kroft LJM, Geleijns J. Dose and perceived image quality in chest radiography. *European Journal of Radiology*. 2009;72(2): 209-17.
- [3] Choi SS, Lim ChW, Jung SH. A study on the using of automatic exposure control in the chest radiography. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2019;42(1):19-24.
- [4] Joo YC, Kim GH. Comparison of cardiac size and cardiac thoracic ratio in pregnant and non-pregnant women of normal Korean women using chest X-ray. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2018;41(3):223-9.
- [5] Park JH, Lim HJ, Cho HC, et al. Analysis of 1968 cases of preoperative laboratory screening test results. *Korean Journal of Anesthesiology*. 1999;36: 923-8.
- [6] Kim CS. Thyroid cancer and radiation. *International Journal of Thyroidology*. 2015;8(1):1-7.
- [7] Sung DW. Radiation exposure in diagnostic areas: issues and countermeasures. *J Korean Med Assoc*. 2011;54(12):1246-7.
- [8] Chung MJ, Lee KW, Lee BY, Kim HJ, Lim HK. Diagnostic reference level of patient dose during a plain chest radiography examination in Korea. *J Korean Soc Radiol*. 2010;62:523-8.
- [9] Lee JH, Lim HS, Lee SY. The evaluation and development of head and neck radiation protective device for chest radiography in 10 years children. *Journal*

of Radiation Protection and Research, 2015;40(2):  
118-23.  
[10] Vahid K, Mansour Z, Mehrdad G, Nasin Sh, Zahra

FN. Dose reduction to the thyroid gland in pediatric  
chest radiography. International Journal of Pediatrics,  
2016;4(7):2183-91.

구분	성명	소속	직위
제1저자	주영철	삼성서울병원	방사선사
공동저자	한범희	방사선과학기술연구소	연구원
교신저자	홍동희	신한대학교	조교수