

## 〈원저〉

## 흉부방사선검사의 목표노출지수 설정을 위한 연구

정회원<sup>1)</sup>·민정환<sup>2)</sup><sup>1)</sup>백석문화대학교 방사선과 · <sup>2)</sup>신구대학교 방사선학과

## A Study to Establish Target Exposure Index for Chest Radiography

Hoi-Woun Jeong<sup>1)</sup>·Jung-Whan Min<sup>2)</sup><sup>1)</sup>Department of Radiological Science, Baekseok Culture University<sup>2)</sup>Department of Radiological Technology, Shingu University

**Abstract** This study purpose to establish an appropriate target exposure index( $EI_T$ ) using dose area product(DAP) and exposure index(EI) based on chest radiography. First, the system response experiment was conducted with radiation quality of RQA5 to compare the dosimetry and dose area product of equipment. Next, EI and DAP were acquired and analyzed while varying the dose in the diagnostic at 70 kVp using a human body model phantom. The signal to noise ratio(SNR) of the obtained results was analyzed in the diagnostic with in the diagnostic reference level(DRL) application range. The DRL at percentage 25% had a dose of 0.17 mGy and EI was 83, and at percentage 75% the dose was 0.68 mGy and EI was 344. As the dose increased, the SNR in the subdiaphragm increased. To set the  $EI_T$ , calibration must first be performed using a dosimeter and set within the DRL range to reflect the needs of the medical institution.

**Key Words**: Exposure Index, Target Exposure Index, Dose Area Product, Diagnostic Reference Level, Signal to Noise Ratio

**중심 단어**: 노출지수, 목표노출지수, 면적선량계, 진단참고준위, 신호 대 잡음비

## I. 서론

디지털 방사선 영상 시스템(Digital Radiography System; DRS)은 동적범위(Dynamic Range)가 넓고, 영상의 후처리가능하여 검사 후 영상을 조절할 수 있는 특징으로 많은 의료기관에서 사용되고 있다[1-2]. 그렇지만 이러한 특징으로 검사조건 설정이 단순해지고 노출 부족으로 인한 잡음 증가를 방지하려는 목적의 노출 조건이 점차 증가되고 있다[2-4].

이러한 문제로 국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission; IEC)에서는 X선 검사가 진행될 때 방사선량이 표시되도록 권고하였다[5]. 많은 DRS는 입사되는 방사선량을 표시하는 방법으로 면적선량계(Dose Area Product; DAP)와 노출지수(Exposure Index; EI)를 적용하고 있다. 이에 IEC는 EI를 선량과 화질의 평가를 위한 참고 값으로 권고를

하고 있다[6]. EI는 DRS에서 영상수용체(Image Receptor)에 입사된 방사선량이 사용자가 관리하고자 하는 선량과 화질을 유지관리 할 수 있도록 지원하는 참고치이다. 선행연구에서 컴퓨터 방사선 촬영 시스템(Computed Radiography; CR)에서 EI의 적용사례를 보고하였다[7]. 또한 임상에서 EI, 목표노출지수(Target Exposure Index;  $EI_T$ )와 편차지수(Deviation Index; DI)를 이용한 의료영상 품질관리의 사례를 보고하였다[8].

적정한 선량관리를 위해 국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection; ICRP)에서는 진단참고준위(Diagnostic Reference Level; DRL)를 적용하여 환자의 방사선 및 핵의학적 검사에서 선량의 최적화를 권고하고 있다[9-10]. 국내에서도 일반엑스선촬영에 대해 선량을 조사하고 평가하여 국가 DRL를 정하여 권고하고 있다[11]. 일반 엑스선촬영에서 DRL은 DAP 또는, 입사표면선량(Entrance

Surface Dose; ESD)은 조사 결과의 3사분위값(75%)의 선량을 표시하여 나타낸다[11].

EI의 적용사례의 선행연구와 EI<sub>T</sub>와 DI를 이용한 의료영상 품질관리의 선행연구에서는 DRL을 적용하지 않았지만, DRL을 적용한 EI의 관리에 대한 필요성은 점차 증가하여 두부 일반 방사선 검사에 대해 DRL을 기반으로 EI<sub>T</sub>를 설정에 관한 연구가 보고되기도 하였다[7-8,12]. 그러나 아직 흉부 방사선검사(Chest Radiography)에 대한 연구는 보고되지 않았다. 이에 본 연구에서는 흉부 방사선검사의 DRL을 기반으로 하여 DRS에서 DAP와 EI를 활용한 적정 EI<sub>T</sub>를 설정하는 방법을 연구하고 이 결과를 보고하는 바이다.

## II. 실험기기 및 방법

### 1. 실험기기 및 재료

본 연구에서는 영상의학검사 분야 중 일반촬영검사에서 사용되는 진단용 방사선발생장치와 디지털 의료영상 시스템이 하나로 구성된 시스템(DigitalDiagnost; Philips Medical System, Netherlands)을 사용하였다. 본 장비에는 DAP를 포함하고 있어 검사 시 면적 선량( $\mu\text{Gy} \times \text{m}^2$ )과 EI를 표시하며 테이블에 격자(grid ratio 8:1)의 탈부착이 가능한 장비이다.

영상을 획득하기 위해 인체 모형 팬텀(PBU-60; Kyoto Kagaku, Japan)을 사용하였다. 팬텀의 총 길이는 165 cm, 무게는 50 kg으로 X선 촬영이나, 컴퓨터단층검사(Computed Tomography; CT)시 인체의 해부학적 구조를 확인할 수 있는 구조와 흡수선량을 평가할 수 있도록 조직 등가물질로 구성되어 있다.

장비에서 출력되는 선량의 신뢰성을 검사하기 위해 선량계(MagicMax Universal; iba dosimetry, Germany)를 함께 사용하여 그 측정치를 비교하였다. 영상분석을 위해 ImageJ (Wayne Rasband National Institutes of Health, USA), MATLAB R2019a(MathWorks, USA) 프로그램을 사용하였다.

### 2. 실험 방법

#### 1) 디지털 특성곡선(Digital System Response) 실험

디지털 의료영상 시스템에서 나타나는 면적 선량과 화소 값이 선량계에서 측정된 선량과의 상관관계를 알아보기 위해 디지털 특성곡선을 작성하여 비교하였다. 디지털 특성곡선의 작성을 위해 RQA5 선질(관전압 70 kVp, 부가필터 21 mmAl, 반

가층 6.8 mmAl)을 적용하였으며 X선관과 영상수용체간의 거리(Source to Image Receptor Distance; SID)는 150 cm 이상으로 하였다[13]. 조사야는 영상수용체를 모두 포함하기 위한 크기(43.0 cm × 43.0 cm)로 하였다. 선량계는 후방산란에 의한 영향을 최소화하기 위해 X선관으로부터 75 cm인 곳에 위치시켰다[6]. 관전류는 200 mA로 고정하고, 입사선량을 0.04 mGy부터 2.46 mGy 까지 변화시키면서 각각 3회씩 조사를 실시하였다. 격자를 사용하는 임상 조건과 동일하게 구현하기 위해 격자를 장착한 상태로 검사를 실시하여 선량을 획득하였고, 영상수용체에서 영상, DAP, EI를 획득하였다.

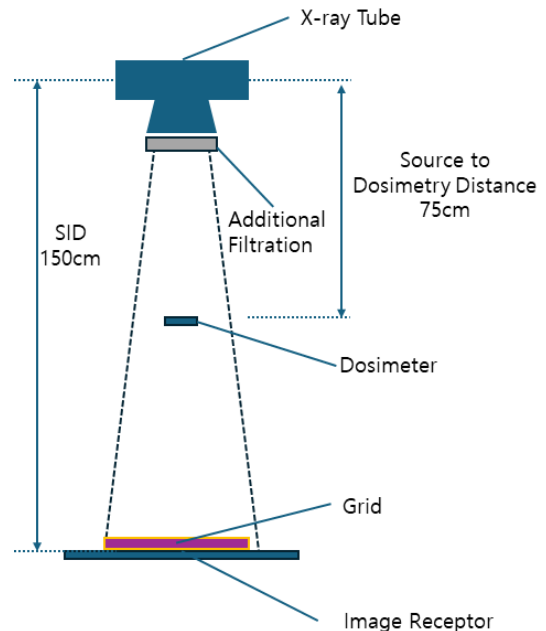


Fig. 1. Geometry for Digital System Response

본 연구에 사용된 기기는 DAP와 EI의 정보는 제공하지만 입사표면선량(Entrance Surface Dose; ESD)의 정보는 제공하지 않는다. 그래서 DAP를 다음의 식을 사용하여 ESD로 변환하여 ESD를 계산하였다[14].

$$DAP = \left( \frac{ESD}{BSF} \right) \times A_{FID} \times \left( \frac{FSD}{FID} \right)^2 \quad \text{식(1)}$$

BSF : back scatter factor

A<sub>FID</sub> : focus image receptor distance at the DAP position

FSD : focus skin distance

FID : focus image receptor distance

2) 인체 모형 팬텀 영상 획득

X선관에서 인체 모형 팬텀의 검사 SID를 150 cm 유지하였다. 팬텀은 흉부 후·전 방향 자세로 하였으며 관전압은 70 kVp, 입사선량은 0.04 mGy부터 2.46 mGy까지 순차적으로 변화시키면서 실험을 실시하였다[Fig. 2]. 실험으로 통해 획득된 영상의 헤더(header) 정보를 통해 영상, DAP, EI를 획득하여 분석하였다. 영상 분석은 팬텀의 오른쪽 폐야, 왼쪽 폐야, 심장, 기관 분기부, 횡격막하 등에서 각각 관심영역(Region of Interest; ROI)을 256 × 256 화소(Pixel)로 설정 한 후 선량에 변화에 따른 영상의 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio; SNR)를 구해 실시하였다[Fig. 3][15].

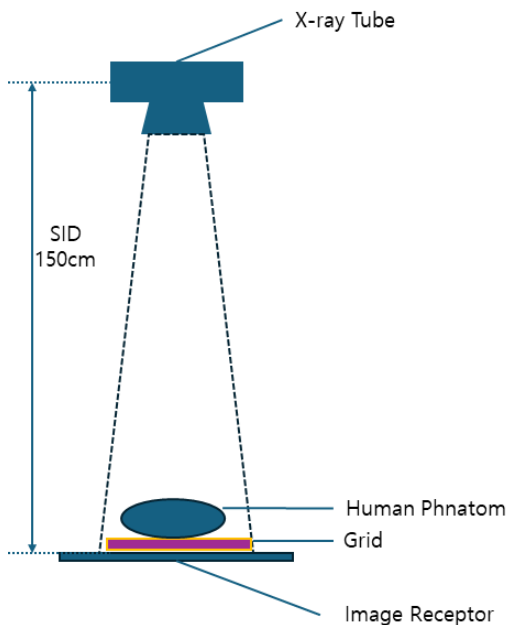
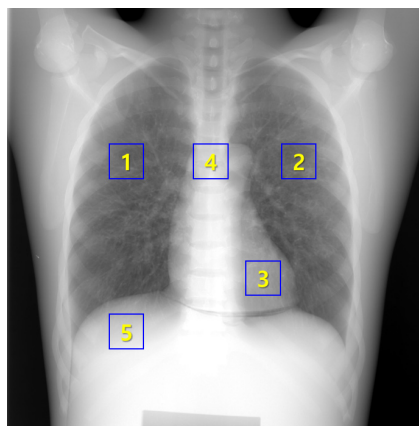


Fig. 2. Geometry for Human Phantom Study



- ROI size : 256 X 256
- 1 : Rt lung
  - 2 : Lt Lung
  - 3 : Heart
  - 4 : Carina of trachea
  - 5 : Sub diaphragm

Fig. 3. Location of ROI at Chest Radiography

$$SNR = \frac{Lesion SI}{Background Noise SD} \quad \text{식(2)}$$

Lesion SI : 중심부의 신호강도  
Background Noise SD : 백그라운드 신호강도의 표준편차

III. 결과

1. 디지털 특성곡선

조사선량이 증가함에 따라 선량계에 의해 측정된 선량과 장비에서 획득된 DAP는 매우 높은 선형 상관관계( $R^2 = 0.9952$ )를 나타내며 비례하였다. 측정된 선량의 범위는 0.04 mGy부터 2.50 mGy까지의 범위이며 이때 DAP의 범위는  $0.54 \mu\text{Gym}^2$  부터  $35.15 \mu\text{Gym}^2$ 까지의 범위였다[Fig. 4].

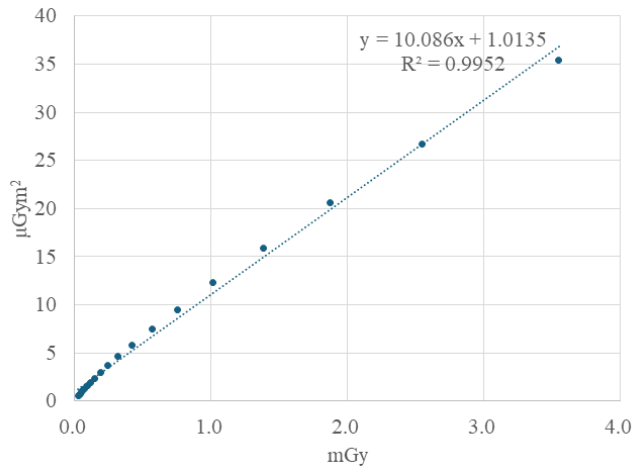


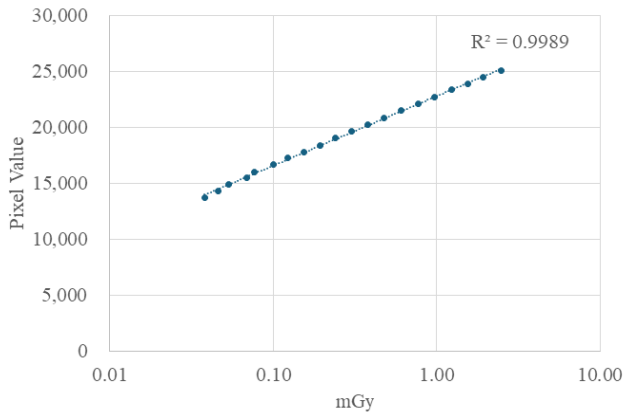
Fig. 4. Relationship between radiation dose and DAP.

DAP와 동시에 획득된 평균 화소 값은 선량 및 DAP가 지수적 증가를 나타냄에 따라 이산적으로 증가를 하였으며 매우 높은 상관관계( $R^2 = 0.9989$ )를 나타내었다. 이때 획득된 평균 화소 값의 범위는 13,683 부터 25,085까지의 범위이며 흡수선량, DAP와 각각 로그(log)적 상관관계를 나타내었다 [Fig 5 (a), (b)].

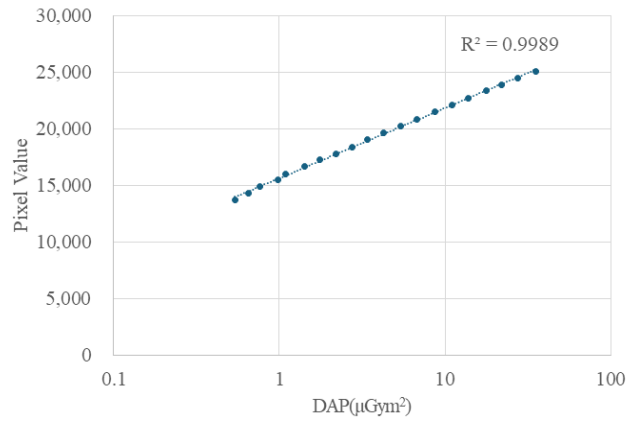
2. 인체 모형 팬텀 실험의 선량과 화질 특성

1) ESD와 EI

선량계의 나타난 선량과 DAP와의 관계가 직선형 비례인 것을 확인하여 이후 선량 분석에는 식(1)을 적용한 ESD를



(a) Relationship between radiation dose(mGy) and pixel value



(b) Relationship between DAP(μGym²) and pixel value

Fig. 5. Relationship between radiation dose and pixel value

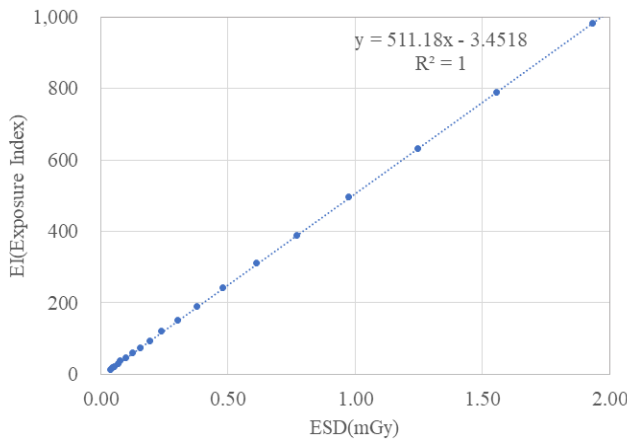


Fig. 6. Relationship between ESD and EI at phantom study.

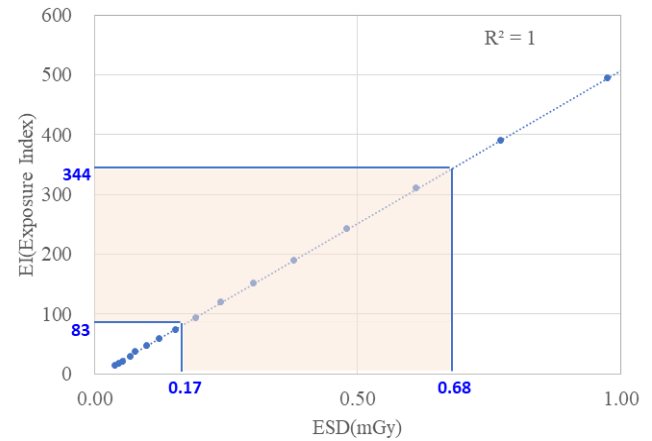


Fig. 7. Relationship between ESD and EI in phantom studies (DRL range indicated)

적용하여 나타내었다. ESD와 EI는 직선형 상관관계를 나타내었다[Fig. 6].

질병관리청에서 제시하는 흉부 방사선검사의 DRL의 범위를 적용하여 25%(0.17 mGy)에서 EI의 값은 83이고, 75%(0.68 mGy)에서의 EI 값은 344로 나타났다[Fig. 7][11].

## 2) 영상의 화질 특성

팬텀을 통해 획득한 영상의 화질을 평가하기 위해 오른쪽 폐야, 왼쪽 폐야, 심장, 횡격막하, 기관 분기부에서 검사 조건별 SNR을 식(2)을 적용하여 구하였다<Table 1>. 폐야는 오른쪽 폐야의 SNR은 0.19 mGy에서 6.0을 나타내었지만 선량 변화에도 불구하고 변화가 발생되지 않았다. 왼쪽 폐야의 SNR은 0.19 mGy에서 5.7로 나타났고 선량변화에 변화가 없었다. 심장의 SNR은 0.19 mGy에서 17.8이었고 선량이 증가함에 따라 증가는 하였으나 그 변화의 폭이 매우 적었다. 횡격막하에서는

0.19 mGy에서 SNR은 37.0이었고 0.61 mGy에서 47.5이 되었다. 선량이 증가함에 따라 SNR도 증가하였으며 선량이 증가할수록 그 변화의 폭은 감소하였다. 기관분기부의 SNR은 0.19 mGy에서 16.6이었고 선량이 증가함에 따라 증가하였으나 그 변화의 폭이 적었다[Fig. 8].

Table 1. SNR according to radiation dose based on body part

mGy	SNR				
	Rt lung	Lt lung	Heart	Carina of trachea	Sub diaphragm
0.19 (25%)	6.0	5.7	17.8	16.6	37.0
0.24	6.0	5.7	18.1	16.8	40.3
0.30	6.0	5.7	18.1	17.0	42.8
0.38	6.0	5.7	18.2	17.1	45.4
0.48	6.0	5.8	18.4	17.2	46.8
0.61 (75%)	6.0	5.8	18.5	17.2	47.5

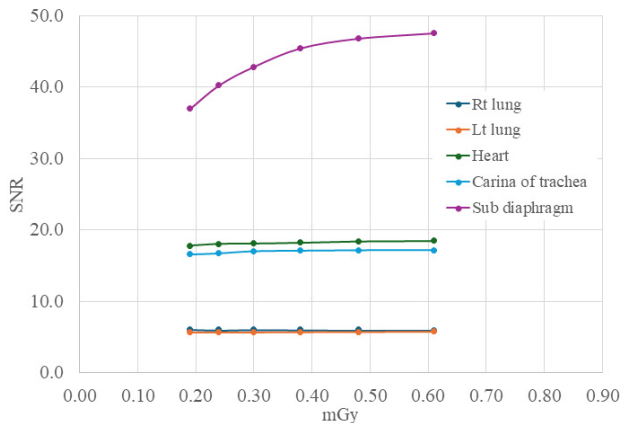


Fig. 8. Relationship between radiation dose and SNR based on body part

### IV. 고 찰

본 연구에서는 일반촬영 검사 중 흉부 전·후 방향 검사에 대해 질병관리본부의 DRL을 기준으로  $EI_T$ 를 선정하려는 일련의 과정을 나타내는 것을 목적으로 하고 있다. 그렇게  $EI$ 를 적용하여 의료영상의 관리를 시행하기 위해서는  $EI$ 는 영상수용체가 사용되도록 지정된 범위에서 교정되어야 한다. 교정 조건은 RQA5 선질을 적용하고, 공기커마 값을 측정해야 한다[6,14]. 특히 최근 몇몇 장비들은  $EI$ , DAP, ESD 등을 표시하는 경우가 많기에 본 연구에서는 가장 먼저 RQA5 선질의 선량과 장비에서 표현되는 DAP,  $EI$ 와의 관계를 확인하는 실험을 실시하였고 입사선량과 장비에서 표현되는 선량이 매우 높은 상관관계를 나타내는 것을 확인할 수 있었다[Fig. 4].

본 연구에서 적용된 의료영상기기는  $EI$ 와 DAP 정보를 제공하지만, ESD는 제공하지 않는다. 그렇지만 우리나라의 DRL기준은 ESD를 기준으로 한 내용이기 때문에 식(1)을 적용하여 DAP를 ESD로 변환하여 분석하였다.

우리나라에서 영상의학 검사 중 일반촬영에 대해 DRL을 처음 발표한 것은 2012년이다[16]. 이때 흉부 방사선검사의 경우 ESD 기준 0.34 mGy였다. 이후 2019년에 이를 개정하여 발표하였고, 2023년에 전국의 의료기관을 대상으로 검사 자료를 조사, 수집하여 발표하였다[11,18-19]. 2019년의 흉부 방사선검사의 DRL은 0.40 mGy였고, 2023년의 흉부 방사선검사의 DRL은 백분율 25%는 0.17 mGy, 백분율 75%는 0.68 mGy였다. 이에 본 연구에서는 선량과  $EI$ 와의 관계 그래프를 작성 후 0.17 mGy에 해당하는  $EI$ 는 83, 0.68 mGy에 해당하는  $EI$ 는 344로 산정하게 되었다. 그래서  $EI$  83부터 344의 구간을  $EI_T$ 의 범위로 제안을 한다[Fig. 7]. DRL의 기준은 백분율 75%로 하는 것이지만 의료기관의 특성과 검사환경이 차이가 발생할

수 있고 본 연구는 인체 모형 팬텀을 대상으로 실시하여 실제 인체를 대상으로 하는 의료기관의 현실과 다소 차이가 발생할 수 있기에 어느 특정값을 제시하기보다는 적용할 수 있는 범위를 제시하고자 백분율 25%부터 75%까지의 구간을 본 연구에서는 제시한다. 이 구간에서 영상의 품질을 평가하고자 SNR을 구하였다(Table 1)[Fig. 8]. 좌우 폐야에서의 SNR은 변화가 없었지만 심장과 기관 분기부에서는 입사되는 선량이 증가할수록 아주 미세한 증가가 나타났다. 그렇지만 횡경막하 부분에서는 입사되는 선량이 증가하면 SNR이 증가하였는데 선량이 증가할수록 그 변화의 폭은 감소하였다. DRS은 영상처리 과정을 거치면서 영상을 일정한 품질로 유지하기에 대조도(Contrast)에 영향을 크게 미치는 좌·우 폐야, 기관 분기부, 심장 등에서의 영상 품질은 선량의 변화에 영향을 받지 않고 일정한 값을 나타내는 것으로 판단된다[20]. 그러나 횡경막하의 경우 입사성에 영향을 크게 받기 때문에 선량이 증가할수록 SNR이 향상되는 결과가 유발된 것이다. 하지만 횡경막하 부분에서는 진단에 활용될 수 있는 정보량이 크지 않기에 각 의료기관과 의료진이 추구하는 바에 따라 선량을 조절할 수 있을 것이다. 화질을 보다 중요시 한다면 다소 높은 선량의 범위를 선택하고 피폭선량을 감소를 보다 더 중요시 한다면 낮은 선량에 해당하는 값을 선정하는 것이 좋은 선택일 것이다.

본 연구는 성인 흉부 방사선검사를 대상으로 실시한 연구조사이다. 하지만 질병관리청에서는 5세, 10세에 대한 DRL과 인체 각 부위에 대한 DRL을 제시하였다[11]. 5세, 10세의 DRL 선정에 대한 연구와 다양한 인체 검사 범위에 대한 연구가 추가적으로 필요하다.

### V. 결론

의료기관에서 일반촬영 중 흉부 방사선검사의 적정 선량 및 영상 관리를 위해  $EI_T$ 를 산정할 때 장비에서 제공하는 DAP, ESD가 적정 유효범위인지 확인을 해야 한다. 정확한 DAP 혹은 ESD를 바탕으로 질병관리청과 같은 공인된 기관에서 제시한 DRL을 참고로 의료기관의 상황에 맞는 적정  $EI_T$ 를 산정하고 이를 관리하려는 노력이 필요할 것이다.

### REFERENCES

[1] Doi K, Diagnostic image over the last 50 years: Research and development in medical imaging science and technology. Phys Med Biol, 2006;51(13):R5. DOI:

- <https://icrp.org/10,1088/0031-9155/51/13/R02>
- [2] ICRP Publication 93. Managing patient dose in digital radiology; 2003. Retrieved from [https://icrp.org/docs/P093\\_Korean\\_X.pdf](https://icrp.org/docs/P093_Korean_X.pdf)
- [3] Seo DN, Jang SG, Kim JM, Sung DW, Kim HJ, Yoon YS, et al. A comparative assessment of entrance surface doses in analogue and digital radiography during common radiographic examinations. *Radiat Prot Dosimetry*. 2014;158:22-7. DOI: 10.1093/rpd/nct189
- [4] Cohen MD, Cooper ML, Piersall K, Apgar BK. Quality assurance: Using the exposure index and the deviation index to monitor radiation exposure for portable chest radiographs in neonates. *Pediatr Radiol*. 2011;41:592-601. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00247-010-1951-9>
- [5] IEC 60601-1-3, Ed 2.0. Medical electrical equipment - Part 1-3: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral Standard: Radiation protection in diagnostic X-ray equipment. International Electrotechnical Commission; 2008.
- [6] IEC 62494-1, Ed 1.0. Medical electrical equipment-Exposure index of digital X-ray imaging system-Part 1: Definitions and requirements for general radiography. International Electrotechnical Commission; 2008.
- [7] Jeong HW, Min JW. A case study of application of exposure index in computed radiography by using human chest phantom. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2018;41(6):533-8. DOI: <https://doi.org/10.17946/JRST.2018.41.6.533>
- [8] Jeong HW, Min JW. A study on quality control for medical image by using deviation index of digital radiology. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2020;43(2):115-21. DOI: <https://doi.org/10.17946/JRST.2020.43.2.115>
- [9] ICRP Publication 60. Managing patient dose in digital radiology. International Commission on Radiological Protection; 1991.
- [10] ICRP Publication 135. Diagnostic reference levels in medical imaging. International Commission on Radiological Protection; 2017.
- [11] KCDC Medical Radiation Series No. 28. Guideline for diagnostic reference levels. Korea Centers for Disease control and Prevention; 2023.
- [12] Park HM, Yoon YS, Kim EH, Jeong HW, KIM JS, et al. A study on establishment of the optimal target exposure index for skull radiography based on diagnostic reference level. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2012;35(2):109-17. DOI: <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2021.44.6.599>
- [13] Jeong HW, Min JW, Kim JM, et al. Performance characteristic of a CsI(Tl) flat panel detector radiography system. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2012;35(2):109-17. Retrieved from [http://ocean.kisti.re.kr/IS\\_mvpopo212L.do?method=list&poid=ksrs1&kojic=BSSGBL&sVnc=v35n2&sFree=](http://ocean.kisti.re.kr/IS_mvpopo212L.do?method=list&poid=ksrs1&kojic=BSSGBL&sVnc=v35n2&sFree=)
- [14] Han JB, Choi NG, Sung HJ. Comparative study of radiation exposure using entrance skin dose calculation technique in diagnostic X-ray radiography. *The Journal of the Korea Contents Association*. 2020;10(2):258-67. DOI: <https://doi.org/10.5392/JKCA.2011.11.12.357>
- [15] Kim KW, Min JW, Lyu KY, Kim JM, Jeong HW, Lee JA, et al. Comparison study on CNR and SNR of thoracic spine lateral radiography. *J Radiol Sci Technol*. 2013;36(4):273-80. Retrieved from <https://koreascience.kr/article/JAKO201303536814176.pdf>
- [16] IEC 61267, Ed 1.0. Medical diagnostic X-ray equipment radiation conditions for use in the determination of characteristics. International Electrotechnical Commission; 1994.
- [17] KFDA Radiation Safety Management Series No. 30. Guideline for diagnostic reference levels in general radiography. Korea Food & Drug Administration; 2012.
- [18] KCDC Medical Radiation Series No. 16. Guideline for diagnostic reference levels. Korea Centers for Disease control and Prevention; 2019.
- [19] Do KH. Development of the diagnostic reference level of general radiography: Twelve area including brain, chest, pelvis, etc. Korea Centers for Disease control and Prevention Research Report No.11-1352159-000916-01; 2017.
- [20] Seeram E. Digital radiography physical principles and quality control. 2nd edition. Berlin: Springer; 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3244-9>

구분	성명	소속	직위
제1저자	정회원	백석문화대학교	부교수
공동저자	민정환	신구대학교	부교수
교신저자	정회원	백석문화대학교	부교수