

## &lt;원저&gt;

## 진단참고수준 기반 두부 방사선검사의 최적 목표노출지수 설정에 관한 연구

박혜민<sup>1)</sup>·윤용수<sup>2)</sup>·김은혜<sup>1)</sup>·정희원<sup>3)</sup>·김정수<sup>4)</sup><sup>1)</sup>고려대학교 보건안전융합과학과·<sup>2)</sup>동서대학교 방사선학과·<sup>3)</sup>백석문화대학교 방사선과·<sup>4)</sup>대구보건대학교 방사선과

## A Study on Establishment of the Optimal Target Exposure Index for Skull Radiography Based on Diagnostic Reference Level

Hye-Min Park<sup>1)</sup>·Yong-Su Yoon<sup>2)</sup>·Eun-Hye Kim<sup>1)</sup>·Hoi-Woun Jeong<sup>3)</sup>·Jung-Su Kim<sup>4)</sup><sup>1)</sup>Department of Health and Safety Convergence Science, Korea University<sup>2)</sup>Department of Radiological Science, Dongseo University<sup>3)</sup>Department of Radiological Science, Baekseok Culture University<sup>4)</sup>Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

**Abstract** The International Electrotechnical Commission (IEC) 62494-1 has defined the exposure index (EI) that have a proportional relationship with the dose incident on the image receptor, and target exposure index ( $EI_T$ ), deviation index (DI). In this study, an appropriate  $EI_T$  for skull radiography was established through the diagnostic reference level (DRL) and changes in DI were confirmed. Entrance surface dose (ESD) and EI were obtained using the computed radiography system displayed the EI as per IEC on console and skull phantom by experiment based on the national average exposure conditions announced in 2012 and 2019. And appropriate  $EI_T$  was established by applying the DRL in 2012 and 2019. As a results, the  $EI_T$  is changed according to the change in the DRL, and the exposure condition that becomes the ideal DI according to the change in the  $EI_T$  also has a difference of about 1.41 times. DRL is recommended to optimize the patient dose, however it is difficult to measure in real time at medical institutions whereas EI and DI are displayed on the console at the same time as exposure. When the  $EI_T$  is set based on the DRL and the DI is closed to an ideal value, it is useful as a patient dose management tool. Therefore, when the  $EI_T$  is periodically managed along with the revision of the DRLs, the patient dose can be optimized through the EI,  $EI_T$  and DI.

**Key Words:** Diagnostic Reference Level, Exposure Index, Patient Dose, Skull Radiography, Target Exposure Index

**중심 단어:** 진단참고수준, 노출지수, 환자 선량, 두부 방사선검사, 목표노출지수

## 1. 서론

X선이 발견된 1895년 이후 질병의 진단과 치료에 방사선이 중요한 역할을 수행하고 있다[1, 2]. 디지털 의료영상 획득 장치(Digital System)은 1990년대 중반부터 일반방사선검사에 사용되었으며, 넓은 동적 범위와 후처리 기술로 사용자에게 편리함과 동시에 높은 품질의 영상을 획득할 수 있도록

한다. 그러나 디지털 시스템은 후처리를 통해 노출 부족 또는 과다인 영상에 대해서도 진단 가치가 있는 영상으로 보완할 수 있어 실제적인 노출 정도를 육안으로 판별하기 어렵다. 임상 환경에서는 노출 부족으로 인해 재촬영되는 것을 방지하고자 높은 선량으로 검사를 진행하는 경향이 있다[2-4].

이를 보완하기 위해 디지털 시스템의 여러 제조사에서는 독자적인 방법을 적용한 노출지표(Exposure Indicator)를

This work was supported by Dongseo University, "Dongseo Cluster Project" Research Fund of 2021 (DSU-20210004)

Corresponding author: Yong-Su Yoon, Department of Radiological Science, Dongseo University, 47 Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, 47011, Republic of Korea / Tel: +82-51-320-4244 / E-mail: ysyoon@office.dongseo.ac.kr

Received 17 December 2021; Revised 27 December 2021; Accepted 28 December 2021

Copyright ©2021 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

통해 노출의 정도를 콘솔에 제공하고 있다. 각 제조사의 노출지표는 검출기에 입사되는 선량과 비례, 반비례 등으로 서로 다른 관계를 나타내어 사용자에게 혼란을 초래한다[5, 6]. 또한, 사용자가 콘솔에서 수동 조정이 가능하여 원하는 영상 품질이 되도록 수정하는 경우가 많다[7].

국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission; IEC)에서는 2008년에 IEC 62494-1을 통해 노출지수(Exposure Index; EI)의 개념을 도입하였다[8]. EI는 디지털 시스템에서 획득된 영상의 유효영상영역에 대한 검출기의 응답측정으로 정의된다. 선행 연구에 따르면 EI는 검출기에 입사된 선량과 비례관계를 나타내며, 사용자에게 의한 임의의 조정이 불가능하다고 보고되었다[7-10]. IEC에서는 EI와 함께 목표노출지수(Target Exposure Index; EI<sub>T</sub>)와 편차지수(Deviation Index; DI)에 대한 개념도 정의하였다. EI<sub>T</sub>는 검출기를 적절히 노출시켰을 때의 EI값이며, DI는 설정된 EI<sub>T</sub>에 대한 실제 EI값의 편차를 의미한다[8]. 이들 IEC에 따른 EI, EI<sub>T</sub> 그리고 DI는 몇몇 디지털 시스템 제조사에서 콘솔에 자동으로 표시되도록 제공하고 있다.

진단참고준위(Diagnostic Reference Level; DRL)은 진단 방사선 및 핵의학에서 환자선량의 최적화 도구로서 활용되는 값으로 국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection; ICRP)에 의해 그 사용이 권고되고 있다[11, 12]. 국내에서는 흉부 일반방사선검사에 대해 2008년부터 환자선량 조사 및 평가를 통해 국가 DRL을 정하여 권고하고 있으며, 정기적인 조사를 통해 그 값을 개정하고 있다[13, 14]. 일반방사선검사에서 DRL은 면적선량(Dose Area Product; DAP) 또는, 입사표면선량(Entrance Surface Dose; ESD)의 분포에서 3사분위(75%) 지점의 값으로 지정된다[12-14].

선행 연구들에서는 노출지표 및 IEC에 따른 EI를 환자선량 최적화 도구로 활용하기 위한 시도가 이뤄졌으며, 그 유용성이 확인되었다[4, 7, 10]. 이에 본 연구는 두부 일반방사선검사에 대해 DRL을 기반으로 EI<sub>T</sub>를 설정하고, 그에 따른 DI의 변화를 통해 EI, EI<sub>T</sub> 그리고 DI의 환자선량 최적화 도구로서의 활용 가능성을 확인하는 것을 목표로 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 실험장치

실험에는 디지털 시스템에 속하는 컴퓨터 방사선 영상장치(Computed Radiography system; CR System)를 사용하였다. 사용된 CR system(REGIUS MODEL 110S, KONICA

MINOLTA, INC., Tokyo, Japan)은 IEC에 따른 EI를 표시하는 장치이며, 10 × 12인치 광자극 인광(Photostimulable Phosphor; PSP)형식의 영상수용체(Image Receptor; IR)(REGIUS RC-110, KONICA MINOLTA, INC., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 모든 실험에 방사선 발생장치(GXR-40 system, DRGEM Corporation, Gwangmyeong-si, Korea)로 X선을 조사하였으며, 그리드는 적용되지 않았다. 전리함 방식의 선량계(2026C, Radcal Corporation, California, United States)와 60 cc 전리함을 사용하여 선량을 측정하였다. 해당 선량계는 2018년 11월 27일에 Radcal Corporation으로부터 교정받았다. 인체 모형 팬텀으로 Opaque Skull Phantom(76-618, Cardinal Health Co., Ohio, United States)을 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 두부 일반촬영의 조사조건 및 DRL

국내 두부 일반촬영의 검사 건수는 2017년을 기준으로 약 600만 건으로, 이는 전체 일반촬영 검사 건수인 약 1억 7천만 건에 대해 약 3.53%에 해당한다[15]. 비록 비중은 적으나 얼굴뼈의 골절, 코결골 내의 염증 유무 관찰, 두개골 내 석회와 유무 관찰 등을 위해 중요한 검사이다[16]. 이에 본 연구에서는 두부 일반촬영 중 전후방향(Anterior-Posterior; AP)과 측방향(Lateral; LAT)에 대해 연구를 수행하였다.

두부 AP와 LAT에 대한 우리나라의 DRL은 2012년에 식품의약품안전처에서 발표한 이후 2019년에 질병관리본부에서 재검토를 통해 개정된 값을 발표하였다. 각 기관에서는 DRL 발표와 함께 실제 임상에서 촬영되는 조사조건을 전국 의료기관에 대해 설문 조사 및 수집하여 평균 조사조건도 발표하였다[13-15].

본 연구에서는 각 검사에 대해서 선량에 따른 EI를 획득하고 EI<sub>T</sub> 설정을 위해 2012년과 2019년에 발표된 두 가지의 국내 평균 조사조건 및 DRL을 이용하였다(Table 1). 이 중 mAs의 경우 저선량부터 고선량 범위의 EI값을 모두 확인하기 위해 최소 1 mAs에서 최대 40 mAs까지 증가시켜가며 조사하였으며, 관전압, 선원과 IR사이의 거리(Source to Image receptor Distance; SID) 및 조사야는 Table 1의 값을 적용하였다.

#### 2) DRL을 통한 EI<sub>T</sub>의 설정

두부 AP와 LAT의 EI<sub>T</sub>설정을 위해 먼저 각 조사조건에서 후방산란선을 포함한 ESD를 측정하였으며, 이때 측정되는 단위는 mR으로 ESD와 DRL의 단위인  $\mu$ Gy로 변환을 위해 1 mR에 대해 8.77  $\mu$ Gy의 환산계수를 적용하였다. ESD는

**Table 1.** Exposure conditions and national DRLs for skull examinations in 2012 and 2019

Protocol	2012					2019				
	kVp	mAs	SID (cm)	Field area (cm×cm)	DRL (μGy)	kVp	mAs	SID (cm)	Field area (cm×cm)	DRL (μGy)
Skull AP	74	25.12	102	29×33	2230	74	25.7	111	27×31	2850
Skull LAT	74	24.12	103	31×36	1870	73	22.8	111	27×31	2480

3회 측정 후 평균값을 사용하였으며, 선량 측정과 동일 조건에서 영상을 획득하였다. 각 검사에 해당하는 룩업테이블(Look-Up Table; LUT)을 선택하여 목적으로 하는 영상 품질을 획득할 수 있도록 후처리 기능이 행해지도록 하였으며, 이때 콘솔에 표시되는 EI값을 확인 및 기록하였다. 이후 ESD와 EI의 관계를 그래프를 통해 나타낸 뒤 1차 추세 방정식을 획득하였다. 각 조건에서 ESD가 DRL값일 때의 EI값을 도출하여 이를 EI<sub>T</sub>로 정하였다.

IEC에서 규정하는 DI 산출 방법은 식 (1)과 같다[8]. 변화되는 검사조건 사이에 새롭게 도출된 EI<sub>T</sub>의 적용 유·무에 따라 변화되는 DI값을 확인하여 EI, EI<sub>T</sub> 그리고 DI의 환자 선량 최적화 도구로서의 유용성을 평가하였다. 이를 위해 1) 2012년 조사조건에서의 EI와 2012 EI<sub>T</sub>의 편차, 2) 2012년 조사조건에서의 EI와 2019 EI<sub>T</sub>의 편차, 그리고 3) 2019년 조사조건에서의 EI와 2019 EI<sub>T</sub>의 편차를 식 (1)을 적용하여 산출하였다.

$$DI = 10 \log_{10} \frac{EI}{EI_T} \quad \text{Eq. (1)}$$

DI의 이상적인 값은 '0'으로 EI와 EI<sub>T</sub>의 값이 동일할 경우이며, DI가 음수면 EI<sub>T</sub>보다 적은 선량이 양수면 EI<sub>T</sub>보다 많은 선량이 노출되었다고 평가할 수 있다[8, 10].

### III. 결과

#### 1. DRL을 통해 설정된 EI<sub>T</sub>

각 검사별 촬영조건에 따라 측정된 ESD와 EI는 Table 2와 같으며, ESD와 EI의 관계는 Fig. 1과 같다. 두 검사 모두에서 ESD 증가에 따라 EI가 증가하는 비례관계를 나타냈다. 도출된 1차 추세 방정식에 DRL을 대입했을 때의 EI값을

**Table 2.** Measured ESD and EI for skull examinations at 2012 and 2019 exposure conditions

mAs	2012 Exposure condition		2019 Exposure condition	
	ESD (μGy)	EI	ESD (μGy)	EI
Skull AP				
1	127	69.84	110	87.00
2	253	145.04	221	123.64
4	510	295.85	436	253.33
8	1017	596.70	874	516.72
12.5	1594	923.02	1367	793.93
16	2029	1198.10	1757	1009.89
20	2555	1473.45	2191	1253.21
25	3175	1840.84	2718	1583.38
32	4060	2315.40	3480	1987.10
40	5080	2892.71	4330	2465.87
Skull LAT				
1	89	126.73	74	123.36
2	180	261.43	144	226.90
4	352	533.25	292	458.67
8	708	1075.52	575	898.44
12.5	1110	1693.88	910	1440.69
16	1422	2140.16	1165	1820.26
20	1785	2667.78	1451	2346.85
25	2206	3303.11	1806	2899.23
32	2835	4268.26	2312	3704.48
40	3520	5225.67	2879	4515.08

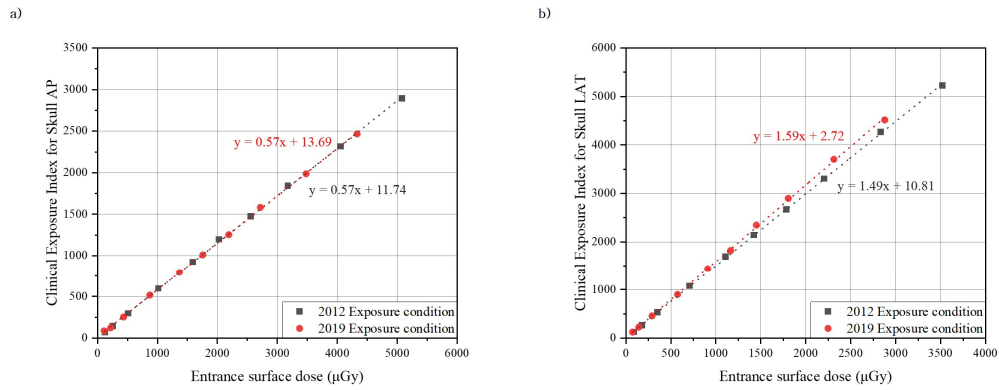


Fig. 1. Relationship between EI and ESD: (a) Skull AP and (b) Skull LAT

Table 3. EI<sub>T</sub> derived from national DRLs for skull examinations

Protocol	2012 EI <sub>T</sub>	2019 EI <sub>T</sub>
Skull AP	1283	1638
Skull LAT	2797	3946

Table 4. Changes in DI according to the new EI<sub>T</sub> for skull examinations

mAs	2012 EI <sub>T</sub> - 2012 Exposure condition	2012 EI <sub>T</sub> - 2019 Exposure condition	2019 EI <sub>T</sub> - 2019 Exposure condition
Skull AP			
1	-12.64	-11.69	-12.75
2	-9.47	-10.16	-11.22
4	-6.37	-7.04	-8.11
8	-3.32	-3.95	-5.01
12.5	-1.43	-2.08	-3.15
16	-0.30	-1.04	-2.10
20	0.60	-0.10	-1.16
25	1.57	0.91	-0.15
32	2.56	1.90	0.84
40	3.53	2.84	1.78
Skull LAT			
1	-1344	-13.56	-15.05
2	-10.29	-10.91	-12.40
4	-7.20	-7.85	-9.35
8	-4.15	-4.93	-6.43
12.5	-2.18	-2.88	-4.38
16	-1.16	-1.87	-3.36
20	-0.21	-0.76	-2.26
25	0.72	0.16	-1.34
32	1.84	1.22	-0.27
40	2.71	2.08	0.59

확인한 결과, 2012년 조사조건에 2012년 DRL을 적용했을 경우, 두부 AP는 1283 그리고 LAT은 2797로 나타났으며, 2019년 조사조건에 2019년 DRL을 적용했을 경우, 두부 AP는 1638 그리고 LAT은 3946으로 나타났다. 이렇게 도출된

각각의 값을 EI<sub>T</sub>로 설정하였으며, 2012년 조사조건 및 DRL에 의해 결정된 EI<sub>T</sub>를 2012 EI<sub>T</sub>, 2019년 조사조건 및 DRL에 의해 결정된 EI<sub>T</sub>를 2019 EI<sub>T</sub>라 명명한다(Table 3).

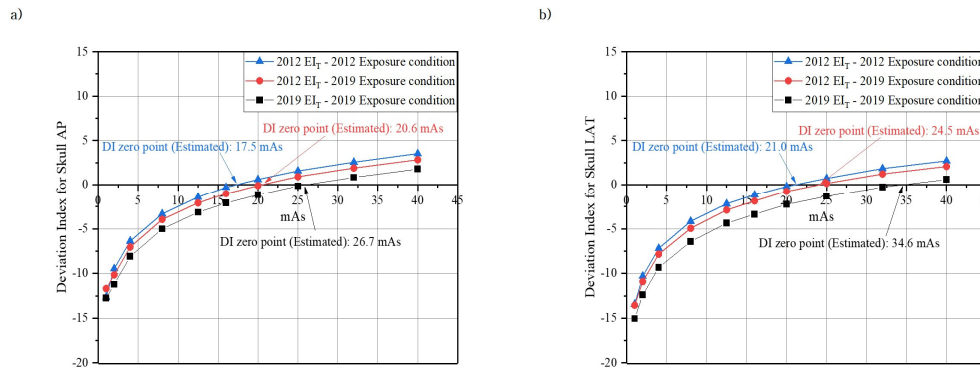


Fig. 2. DI changes for 2012 EI<sub>T</sub> and 2019 EI<sub>T</sub>: (a) Skull AP and (b) Skull LAT

## 2. EI<sub>T</sub>의 변화에 따른 DI 변화

새롭게 설정된 EI<sub>T</sub>에 대해 변화되는 DI값을 Table 4에 나타내었으며, mAs와 DI의 관계를 Fig. 2에 나타내었다. 획득된 그래프의 로그 추세 방정식을 통해 각 조사조건에 대해 EI<sub>T</sub>를 적용했을 경우 DI가 이상적인 값인 0이 되는 mAs를 추정하였다. 그 결과, 두부 AP의 경우 2012년 조사조건에 대해 2012 EI<sub>T</sub>를 적용했을 때 DI가 0이 되는 지점은 17.5 mAs, 2019년 조사조건에 대해 2012 EI<sub>T</sub>를 적용했을 때 DI가 0이 되는 지점은 20.6 mAs, 그리고 2019년 조사조건에 대해 2019 EI<sub>T</sub>를 적용했을 때 DI가 0이 되는 지점은 26.7 mAs이다. 두부 LAT의 경우에는 DI가 0이 되는 지점은 동일한 순서대로 각각 21.0 mAs, 24.5 mAs, 그리고 34.6 mAs로 확인되었다.

## IV. 고찰

본 연구는 일반방사선검사 중 두부 AP와 LAT에 대해 DRL을 기반으로 EI<sub>T</sub>를 설정하고, EI, EI<sub>T</sub> 그리고 DI의 환자선량 최적화 도구로서의 유용성 확인을 위해 수행되었다. 임상에서 수시로 변화하는 조사조건과 DRL의 개정에 따른 EI<sub>T</sub> 변화를 확인하기 위해 식품의약품안전처에서 2012년에 그리고 질병관리본부에서 2019년에 발표한 평균 조사조건 및 DRL을 바탕으로 하였다[13, 14].

선행 연구에 따르면, EI, EI<sub>T</sub>, DI를 환자선량 모니터링 도구로 활용하기 위해서는 각 검사마다 조사조건에 따른 ESD와 EI의 관계를 파악해야 한다고 보고하고 있다[10]. 본 연구에서도 ESD와 EI의 관계를 파악하고 ESD가 DRL일 때의 EI를 EI<sub>T</sub>로 정하여 환자선량을 최적화하는 데에 활용하고자 하였다. Table 1에서 확인할 수 있듯이 2012년에 비해 2019년 DRL이 두부 AP와 LAT 검사 모두에서 증가하였다. 관전

압 감소, SID 증가, 조사야 감소에도 불구하고 2019년 DRL이 2012년보다 큰 값으로 제시되었다[13, 14].

2012년 DRL 조사 연구 보고서에 따르면, DRL 전국 조사 시 데이터 획득에 사용된 digital system의 분포에 대해 평판형 검출기(Flat Panel Detector)를 사용하는 디지털 방사선 영상장치(Digital Radiography system; DR system)는 35%, CR system은 46% 그리고 필름/스크린 시스템은 19%로 보고되었다. 이들 중 CR system의 3사분위 값이 DR system 및 필름/스크린 시스템보다 두부 AP와 LAT 검사 모두에서 약 1.4배 높게 나타났다[13]. 2019년 DRL 조사 연구 보고서에 따르면, 2012년과 마찬가지로 DR system은 83.5%, CR system은 16.5%가 데이터 획득에 사용되었으며, 두부 AP와 LAT 검사 모두 CR system의 3사분위 값이 DR system보다 약 2배 높게 나타났다 [14]. 이처럼 2019년이 2012년보다 CR system에서의 선량 차이가 높게 나타난 것이 하나의 DRL 결정 요소로 작용하여 두 검사 모두에서 2012년보다 2019년 DRL이 높게 결정된 것으로 보여진다. DRL을 적용하여 EI<sub>T</sub>를 설정한 결과 DRL의 차이에 따라 두 검사 모두에서 2012 EI<sub>T</sub>보다 2019 EI<sub>T</sub>가 높은 값으로 도출되었다[13, 14].

선행연구에 따르면, CR 및 DR system의 IR의 재료 물질에 따라 최적의 흡수 효율이 나타나는 X선 에너지 범위가 다르므로 이에 대한 차이를 고려해야 한다[10]. 또한, CR system의 경우 높은 X선 에너지 범위보다 100 kVp 미만에서 더 나은 영상 품질을 나타낸다고 보고되었다[17]. 이처럼 사용되는 digital system의 종류에 따라 EI값에 차이가 있으므로 EI를 통해 환자 선량을 관리하고자 하는 사용자는 장치의 종류와 그에 따른 특성을 미리 파악할 필요가 있다.

DI는 EI와 EI<sub>T</sub>가 동일한 값일 때 가장 이상적이다[8]. EI<sub>T</sub>가 DRL에 의해 설정될 경우, DI가 이상적인 값인 0에 가까울수록 환자 선량이 DRL과 근접한 것이라 평가할 수 있다.

DRL의 경우 전국 의료기관의 현황을 토대로 결정되어 정부 기관에 의해 권고되는 값이므로 영상의 진단 가치를 훼손하지 않는 범위에서 환자 선량을 최적화하기 위한 수단이다 [11-15]. 그러나 임상 환경에서는 검사와 동시에 실제 선량을 측정하는 데에 어려움이 있다. 따라서 각 검사 프로토콜에 대한  $EI_T$ 를 DRL을 통해 적절히 설정해 둔다면 검사와 동시에 콘솔에 실시간으로 표시되는 DI값을 통해 환자 선량 최적화를 이뤄낼 수 있을 것이라 생각된다. 이에 본 연구에서는 모든 선량 범위에서 DI를 평가하여 본 실험 조건에서의 DI가 0이 되는 최적의 mAs값을 확인하였다.

이는 평균적인 조사조건에 따라  $EI_T$ 가 적절하게 매칭되었을 때와 그렇지 않을 때의 차이를 확인하기 위한 것으로, 2012년 조사조건에 대해 2012  $EI_T$ 를 적용하여 DI를 도출한 뒤, 2019년 조사조건으로 변화되었음에도 2012  $EI_T$ 로 유지되었을 때의 DI를 확인하였다. 이후 2019년 조사조건에 대해 2019  $EI_T$ 로 적절하게  $EI_T$ 가 개정되었을 때의 DI도 확인하였다. 본 연구 결과, 조사조건에 따라  $EI_T$ 가 적절히 설정되지 않은 경우와 설정된 경우의 DI 차이는 두부 AP는 1.06 그리고 LAT는 1.49의 차이를 보였다. DI가 1.49 차이를 보인다는 것은 식 (1)에 의해 EI와  $EI_T$ 의 차이가 약 1.41배라는 것으로 사용자가 DI를 통해 환자 선량 관리를 할 경우  $EI_T$ 가 적절하게 관리되었을 때보다 그렇지 않을 경우 최대 1.41배의 환자 선량 평가 오류를 범할 수 있음을 시사한다. 따라서  $EI_T$ 의 적절한 설정이 EI,  $EI_T$ , DI를 통한 환자 선량 최적화 관리에 중요한 역할을 하므로  $EI_T$ 의 주기적인 관리 및 개정이 이뤄져야 한다.

본 연구는 단일 제조사의 장치와 단일 팬텀에 대한 실험이라는 점과 측정에 사용된 선량계의 교정이 3년 전에 이뤄졌다는 한계점이 있다. 실제 의료기관에서는 교정 주기에 맞춰 교정된 선량계를 이용하여  $EI_T$ 를 설정해야 한다. 또한, 향후 여러 제조사의 장치와 환자 두께의 변화에 따른 연구도 수행될 필요가 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 두부 일반방사선 검사에서 DRL을 기반으로  $EI_T$ 를 설정하여 EI,  $EI_T$ , 그리고 DI를 통해 최적화된 환자 선량 관리가 이뤄질 수 있음을 확인하였음에 의미가 있다.

## V. 결론

본 연구를 통해 두부 일반방사선 검사에 대해 두 가지의 국내 평균 조사조건과 DRL을 바탕으로  $EI_T$ 를 설정하고 그에 따른 DI의 변화를 확인하였다. 연구 결과, DRL이 증가함에 따라 설정된  $EI_T$ 의 값도 증가하였으며, 그에 따라 DI가

이상적인 값인 0이 되는 선량 조건도 증가하였다. 또한, 본 연구에 사용된 장치의 경우, 조사조건과  $EI_T$ 가 적절히 매칭되었을 때와 그렇지 않을 때의 DI값이 최대 1.49의 차이를 나타냈으며, 이는 DI를 통해 환자 선량을 평가할 때 최대 1.41배의 평가 오류를 범할 수 있는 결과임을 확인하였다. 따라서, EI,  $EI_T$ , 그리고 DI를 환자 선량 최적화 도구로서 활용하기 위해서는 각 기관의 환경에 따라 국가 또는 기관 자체의 DRL을 바탕으로 DRL의 개정과 함께  $EI_T$ 도 주기적으로 관리되는 것이 중요하다.

## REFERENCES

- [1] Kim JS, Seo DN, Choi IS. National data analysis of general radiography projection method in medicine imaging. *J Radio Sci Technol*. 2014;37:169-75.
- [2] Doi K. Diagnostic image over the last 50 years: Research and development in medical imaging science and technology. *Phys Med Biol*. 2006;51:R5-R27.
- [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.
- [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.
- [5] Jeong HW, Min JW. A case study of application of exposure index in computed radiography by using human chest phantom. *J Radio Sci Technol*. 2018; 41(6):533-8.
- [6] AAPM Report NO 116, An exposure indicator for digital radiography. American Association of Physicists in Medicine; 2009.
- [7] Park HM, Yoon YS, Kim JM, Kim JS, Jeong HW, Tanaka N, et al. Use of clinical exposure index and deviation index based on national diagnostic reference level as dose-optimization tools for general radiography in Korea. *Radiat Prot Dosimetry*. 2020; 191:439-51.
- [8] IEC 62494-1, Ed 1.0. Medical electrical equip-

- ment-Exposure index of digital X-ray imaging system-Part 1: Definitions and requirements for general radiography. International Electrotechnical Commission; 2008.
- [9] Park HM, Yoon YS, Roh YH, Kim SJ, Na CY, Han TH, et al. Evaluation of image receptor characteristics in computed radiography system using exposure index in International Electrotechnical Commission ( I ). J Radio Sci Technol. 2019;42:291-9.
- [10] Park HM, Yoon YS, Tanaka N, Kim JS, Kim JM, Morishita J. Feasibility of displayed exposure index in IEC standard framework as a dose optimisation tool for digital radiography systems. Radiat Prot Dosimetry. 2020;189:384-94.
- [11] ICRP Publication 60. Managing patient dose in digital radiology. International Commission on Radiological Protection; 1991.
- [12] ICRP Publication 135. Diagnostic reference levels in medical imaging. International Commission on Radiological Protection; 2017.
- [13] KFDA Radiation Safety Management Series No. 30. Guideline for diagnostic reference levels in general radiography. Korea Food & Drug Administration; 2012.
- [14] KCDC Medical Radiation Series No. 16. Guideline for diagnostic reference levels. Korea Centers for Disease control and Prevention; 2019.
- [15] 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.
- [16] The Korean Society of Medical Imaging Technology. Textbook of radiographic positioning and clinical diagnosis. 6th ed. Seoul: Chung Ku Publisher; 2019.
- [17] Seeram E, Davidson R, Bushong S, Swan H. Radiation dose optimization research: Exposure technique approaches in CR imaging-A literature review. Radiography. 2013;19(4):331-338.

구분	성명	소속	직위
제1저자	박혜민	고려대학교 보건안전융합과학과	박사 / 연구원
교신저자	윤용수	동서대학교 방사선학과	교수
공동저자	김은혜	고려대학교 보건안전융합과학과	박사 대학원생
공동저자	정희원	백석문화대학교 방사선과	교수
공동저자	김정수	대구보건대학교 방사선과	교수