

◆ 원 저 ◆

## Exposure Index를 이용한 이동형 디지털 X선 장치의 흉부촬영 적정노출조건에 관한 연구

김재인 · 이양섭 · 장동수 · 정민철 · 배승호 · 이관섭 · 하동윤  
서울아산병원 영상의학과

### A Study on the Proper Chest Exposure Conditions of Mobile Digital X-ray Unit by Exposure Index

Jae In Kim · Yang Sub Lee · Dong Soo Jang · Min Cheol Jung ·  
Seung Ho Bae · Kwan Sub Lee · Dong Yoon Ha  
Department of Radiology, Asan Medical Center

#### Abstract

The purpose of this report is recommending a standard indicator which reflects the radiation exposure that is incident on a detector after every exposure event and that reflects the noise levels present in the image data. The experiment was performed with mobile digital X-ray unit and used a acrylic phantom for exposure index measurement. Exposure modality was kVp, mAs, SID. After every exposure, make a data sheet for characteristic curve of detector response. The equipment performed Mobile digital X-ray unit provide the user with values related to the incident exposure(air kerma)to the digital detector. They are showed as a logarithmic function shaped. As a result, DEI means a relative measure of exposure to the detector, as compared to the expected exposure for a particular anatomical view. Radiographic technique is the combination of factors used to exposure an anatomical part to produce a high quality radiography and technique charts used most commonly by radiographers to produce consistently exposure level which patient dose can be kept acceptably low.

**Key Words** : Exposure index, Digital radiography, Digital detector system

---

Received July 14, 2011/ 1st Revised August 04, 2011/ 2nd  
Revised August 26, 2011/ Accepted for Publication September  
06, 2011

Corresponding Author: 김재인  
(138-736) 서울시 송파구 풍납동 388-1번지  
서울아산병원 영상의학팀  
Tel: 02) 3010-8393 Fax: 02) 3010-6416  
E-mail: radioasan@naver.com

## I. 서론

디지털 의료영상은 전통적인 아날로그 방식인 screen /film 시스템에 비해 넓은 dynamic range를 가지며 다양한 후처리기법을 통해 피사체 각각의 조직이 가지고 있는 미세한 X선의 흡수차이를 정확하게 검출할 수 있기 때문에 어떠한 촬영조건에서도 안정화된 디지털 영상을 얻을 수 있는 이점을 가지고 있다.<sup>1</sup> 이러한 디지털 기술의 장점은 방사선 업무를 향상시킬 잠재성을 분명히 가지고 있지만, 실제로는 방사선을 남용할 위험 또한 내포하고 있는 것도 사실이다.<sup>2</sup> 왜냐하면 S/F 시스템에서는 방사선 노출에 따른 영상의 대조도 및 명암 등이 over and under exposure를 암시하는 기준이었지만 디지털 시스템에서는 영상의 대조도 및 명암 등이 방사선 노출량에 크게 영향을 받지 않기 때문이다. 부적절한 노출에 대한 정보는 영상의 밝고 어두운 정도보다는 양자반점과 같은 noise level이나 디지털 신호의 소실 등으로 영상에 나타나게 된다.<sup>3</sup> 즉 낮은 선량에서는 검사자도 쉽게 인지할 수 있는 noise가 발생하지만 높은 선량에서는 SNR이 높은 양질의 영상을 얻게 된다는 것이다. 이러한 이유로 검사자는 noisy한 영상을 피하고 양질의 영상을 얻기 위해 노출량을 점차적으로 올리는 방법을 택하게 되고, 그 결과 환자의 피폭선량은 점차 증가하게 되는 단점이 발생하게 된다.

방사선을 사용하는 경우 허용된 범위의 피폭선량이라 하더라도 가능한 방사선 노출을 줄임으로서 방사선 노출로 인한 확률적 영향과 비확률적 영향의 발생을 감소시킬 수 있기 때문에 대부분의 디지털 의료장비에서는 노출에 대한 정보를 검사자에게 제공하는 시스템을 가지고 있고, 이것을 노출지수(Exposure Index : EI)라 한다.<sup>4</sup> 각 장비제조회사마다 고유의 EI를 가지고 있으며 독자적인 방식으로 노출정보를 나타낸다. 특히 방사선 업무에 있어 자동노출제어시스템(Auto Exposure Control : AEC)이 아닌 manual mode에서는 검사자가 촬영에 대한 노출정보를 인지할 수 있는 중요한 지표로서 활용될 수 있다. 따라서 본 연구는 AEC를 지원하지 않는 이동형 디지털 X선 촬영장치의 EI를 통해 흉부촬영에 대한 디지털 검출기가 가지는 노출에 대한 출력의 특성을 알아보고 촬영 시 필요한 촬영조건을 정량화시키고자 한다.

## II. 실험 기기 및 방법

### 1. 실험 기기

- Equipment :
  - GE Definium AMX 700 mobile radiography
  - EI: Detector Exposure Index ; 이하, DEI
  - Proper chest DEI : 0.2~0.6
- Phantom :
  - Acryl phantom : thickness 7 cm
  - Chest phantom(RS-330, Fluke Biomedical)

### 2. 실험방법

실제 본원에서 사용하고 있는 chest protocol을 선택한 후, 관전압 100 kVp, SID 100 cm에서 촬영장치의 최소 관전류인 0.4~5 mAs까지 총 12 step을 1 step씩 증가하며 촬영하였고 아크릴팬텀을 사용하여 최소 관전류에서 최소의 DEI값이 측정되도록 7 cm두께의 아크릴팬텀 3개를 사용하였다. 노출이 완료되면 각 mAs step마다 검출기에서의 air kerma(Compensated Detector Exposure : CDexp)와 DEI value를 측정하여 data chart를 만들고 이를 통해 횡축에는 DEI value, 종축에는 검출기에서의 CDexp( $\mu$ Gy)를 대수치로 잡은 상대노출지수곡선을 작성하였다. 동일한 실험방법으로 관전압을 10 kVp씩 변화시켜 80~120 kVp 범위를, SID를 10 cm씩 변화시켜 100~180 cm 범위를 측정하여 DEI value를 측정하였다.

이렇게 mAs, kVp, SID의 노출조건인자들의 변화에 따른 검출기의 DEI를 통해 노출조건표를 정량화하고 인체모형팬텀의 흉부촬영을 시행하여 작성된 노출 조건표를 검증하였다.

## III. 결과

### 1. MAs의변화에 따른 노출지수

mAs변화에 따른 검출기 입사선량에 대한 노출지수의 결과는 다음과 같았다(Table 1). 0.64~1.6 mAs까지 총 5 step 정도가 실험대상장치의 software에서 권장하는 적정노출범위인 DEI 0.2~0.6에 적합하였고, 검출기 입사선량에 대한 DEI의 관계는 입사선량에 대해 직선적인 출력관계를 보이는 디지털 특성곡선의 형태로 나타났다(Fig. 1).

Table 1. DEI value according to mAs changing

mAs	CDexp( $\mu$ Gy)	DEI(0.2~0.6)
0.4	0.6	0.15
0.5	0.75	0.18
0.64	0.95	0.23
0.8	1.2	0.29
1.0	1.51	0.37
1.25	1.91	0.46
1.6	2.45	0.6
2.0	3.1	0.75
2.5	3.86	0.94
3.2	4.94	1.2
4.0	6.19	1.51
5.0	7.71	1.88

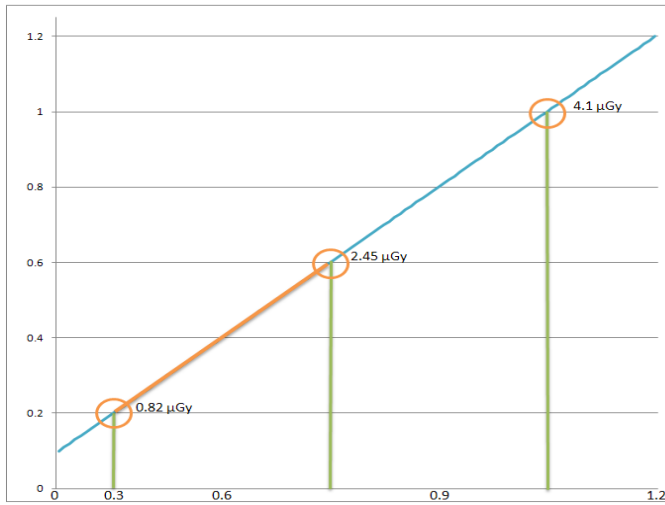


Fig. 1. Relative exposure index according to detector exposure dose in chest protocol

Figure 1에서 DEI는 기준이 되는 입사선량에 대한 상대적 노출비로 나타났다. Chest protocol에서 기준이 되는 DEI 1을 나타내기 위한 검출기 입사선량은 4.1  $\mu$ Gy였고 이 기준입사선량의 20~40% 선량인 0.82 ~2.45  $\mu$ Gy에 대한 DEI를 적정노출범위로 나타냈다.

## 2. SID의변화에 따른 노출지수

관전압 100 kVp, SID 100 cm에서의 적정노출범위

Table 2. DEI value according to SID changing

SID(cm)	CDP( $\mu$ Gy)	DEI(0.2~0.6)
100	1.63	0.4
110	1.35	0.33
120	1.12	0.27
130	0.94	0.23
140	0.81	0.2
150	0.7	0.17
160	0.61	0.15
170	0.54	0.13
180	0.48	0.12

중 median level 0.4를 나타내는 1 mAs를 촬영조건으로 선택한 후 SID의 변화에 따른 검출기 입사선량에 대한 노출지수의 결과는 다음과 같았다(Table 2).

SID가 100~140 cm까지 장치의 software에서 권장하는 적정노출범위인 DEI 0.2~0.6에 적합하였다. SID가 140 cm에서는 DEI가 처음 노출의 절반으로 감소하여 동일노출을 위해서는 두 배의 노출이 필요한 것을 알 수 있었다. SID가 100 cm일 때와 동일한 DEI를 나

Table 3. DEI value according to kVp changing

kVp	CDP( $\mu$ Gy)	DEI(0.2~0.6)
80	0.58	0.13
90	1.01	0.24
100	1.61	0.39
110	2.29	0.54
120	3.13	0.71

Table 4. kVp factor chart

kVp	90	100	110	120
90	1	/1.35	/1.83	/2.46
100	*1.35	1	/1.35	/1.83
110	*1.83	*1.35	1	/1.35
120	*2.46	*1.83	*1.35	1

Table 5. mAs factor chart

mAs	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.25	1.6	2	2.5
0.4	1	/1.24	/1.58	/2.1	/2.6	/3.27	/4.18	/5.1	/6.4
0.5	*1.25	1	/1.25	/1.58	/2.1	/2.6	/3.35	/4.2	/5.34
0.64	*1.56	*1.25	1	/1.25	/1.58	/2.1	/2.63	/3.2	/4.1
0.8	*1.95	*1.6	*1.25	1	/1.25	/1.58	/2.1	/2.58	/3.29
1	*2.44	*2.05	*1.59	*1.25	1	/1.3	/1.63	/2.05	/2.58
1.25	*3.05	*2.55	*1.98	*1.6	*1.25	1	/1.3	/1.6	/2.05
1.6	*4.0	*3.35	*2.6	*2.06	*1.63	*1.3	1	/1.25	/1.56
2.0	*5.0	*4.15	*3.25	*2.59	*2.04	*1.6	*1.25	1	/1.25
2.5	*6.25	*5.2	*4.07	*3.24	*2.54	*2.04	*1.57	*1.25	1

타내기 위해서는 SID가 10 cm씩 증가할수록  $\pm 1$  step의 mAs보정이 필요하였다.

### 3. kVp의 변화에 따른 노출지수

관전압 100 kVp, SID 100 cm에서의 적정노출범위 중 median level 0.4를 나타내는 1 mAs를 촬영조건으로 선택한 후 kVp의 변화에 따른 검출기 입사선량에 대한 노출지수의 결과는 다음과 같았다(Table 3).

관전압 90~110 kVp까지 장치의 software에서 권장하는 적정노출범위인 DEI 0.2~0.6에 적합하였다. 관전

압이 100 kVp일 때와 동일한 DEI를 나타내기 위해서는 관전압이 10 kVp씩 증가할수록  $\pm 2$  step의 mAs 보정이 필요하였다.

### 4. 촬영조건의 정량화

노출조건인자들의 DEI value를 통해서 검출기 입사선량에 대한 상대 노출값을 수치화하여 횡축을 현재 사용 중인 촬영조건인자로, 종축을 새로운 촬영조건인자로 설정하고 각 노출조건인자들에 대한 가감 factor를 구해서 촬영조건을 정량화하였다(Table 4, 5, 6). 노출

Table 6. SID factor chart

SID(cm)	100	110	120	130	140	150	160	170	180
100	1	*1.16	*1.35	*1.56	*1.81	*2.10	*2.44	*2.83	*3.28
110	/1.16	1	*1.16	*1.35	*1.56	*1.81	*2.10	*2.44	*2.83
120	/1.35	/1.16	1	*1.16	*1.35	*1.56	*1.81	*2.10	*2.44
130	/1.56	/1.35	/1.16	1	*1.16	*1.35	*1.56	*1.81	*2.10
140	/1.81	/1.56	/1.35	/1.16	1	*1.16	*1.35	*1.56	*1.81
150	/2.10	/1.81	/1.56	/1.35	/1.16	1	*1.16	*1.35	*1.56
160	/2.44	/2.10	/1.81	/1.56	/1.35	/1.16	1	*1.16	*1.35
170	/2.83	/2.44	/2.10	/1.81	/1.56	/1.35	/1.16	1	*1.16
180	/3.28	/2.83	/2.44	/2.10	/1.81	/1.56	/1.35	/1.16	1

조건표를 통해 각 노출 조건 인자의 변화에 따른 DEI를 예상해 볼 수 있었고, 인체모형팬텀과 실제 임상에 적용한 결과 노출 조건표에 의한 예상 DEI는 측정된 DEI와 동일하게 나타났다.

#### IV. 고찰 및 결론

방사선 촬영이란 피사체에 X선을 조사시켜 검출기에 피사체 정보를 농도의 차이로 나타내는 것을 말한다. 피사체인 환자를 촬영하고자 할 때에는 적절한 X선량에 의해 노출을 시행해야하는데 이것을 노출조건이라 한다. 검사자는 노출조건에 대해 충분한 이해가 있어야만 진단적 가치가 높은 양질의 영상을 얻을 수 있으며 환자에 대한 피폭선량을 최소화 할 수 있을 것이다. 그렇기 때문에 노출조건을 적절하게 조절하고 선택하여 촬영한다는 것은 방사선 촬영에 있어 가장 우선 시 되어야 할 사항이라 하겠다.<sup>5~9</sup> 하지만 디지털시스템의 임상환경에서는 노출조건을 선택함에 있어 어떤 기준이 되는 논리적인 방법이 아닌 AEC 등의 자동노출에 많이 의존하고 있으며 노출조건을 검사자가 직접 결정해야 하는 manual mode에서도 경험적인 방법을 통해 방사선 노출이 이루어지고 있는 실정이다. 디지털검출기의 넓은 dynamic range, 후처리 등의 장점을 통해서 노출조건으로부터 자유로울 수 있기 때문이다. 하지만 동일한 환자를 검사할지라도 촬영공간에 따라 SID 등 많은 변수가 적용되는 이동형 X선 검사 또는 grid technique 검사에서는 동일한 노출조건이 상황에 따라 under

exposure가 될 수도 있고 over exposure되기도 한다.<sup>10~14</sup> 이는 검사를 수행하는 검사자 개개인의 검사 숙련도에 따라 촬영환경이 달라지기 때문이기도 하며 동일한 검사자가 동일한 환자를 검사한다 할지라도 촬영환경이나 노출조건인자들이 서로 동일하지 않기 때문에 발생하는 현상이다. 특히 임상에서 가장 기초가 되는 흉부촬영의 경우 후전면의 흉부 X선 영상은 촬영방법이 표준화되어 있기 때문에 추적검사와 비교검사를 쉽게 할 수 있지만, 이동형 전후면 흉부 X선 영상은 SID에 의한 폐의 체적이 다르게 나타나기 때문에 영상판독에 주의를 기울여야 하고 본 연구에서 작성된 노출조건표 또한 노출조건인자들이 가변적이지 않은 동일한 상태에서 측정된 결과이므로 검사 시 마다 노출조건인자들이 상이하게 달라진다면 실제 임상적용에 어려움이 따르기 때문에 진단적 가치가 높은 영상을 얻고 부적절한 노출로 인한 환자의 피폭선량 저감화를 위해서도 표준화된 촬영방법과 기준노출의 설정은 필요하다 하겠다.

촬영방법으로는 조사야를 최대한 개방한 상태가 검출기의 크기와 동일하도록 SID를 조절하였다. 실험에 사용된 이동형 디지털 X-선 장치는 조사야의 최대개방이 검출기 크기와 동일해지는 SID가 105 cm이었다. 이를 통해 검사 시 마다 조사야를 조정하는 불편함을 피할 수 있어 효율적인 업무처리가 가능하리라 생각되며 동일조건하에서 SID가 100 cm 정도일 때 촬영조건을 가장 최소화 할 수 있어 환자의 피폭선량을 낮추는 효과도 기대해 볼 수 있겠다. 기준노출조건 설정은 SID

100~110 cm으로 표준화된 촬영방법을 통해 정해졌고, 관전압은 120 kVp에서 mAs를 가장 최소화 할 수 있었지만 낮은 mAs 값에 의해 noise가 발생하기 때문에 100 kVp로 정하였다. mAs는 실험장치의 적정 DEI 0.2~0.6 중 median value인 0.4를 나타내는 1 mAs로 정하였으며 적정 DEI의 범위를 0.3~0.5로 수정하여 노출조건에 대한 의식을 고취시키는 방법을 선택하였다. 위의 방법으로 실제 임상에 적용시켜 본 결과 기존 흉부촬영 노출조건 100 kVp, 1.6 mAs를 100 kVp, 1 mAs로 평균 2 step정도의 mAs를 줄일 수 있었으며, 추적검사에 대한 비교를 쉽게 할 수 있었지만 많은 변수에 따라 사칙연산에 의거하는 계산절차가 따르기 때문에 실제 임상에서 적용하기에는 많은 어려움이 수반되었다. 하지만 이렇게 표준화된 촬영법과 정량화된 촬영조건을 이용하여 DICOM정보에서 노출조건을 공유할 수 있었고 이동형 흉부 X선 촬영 시 검사자에게 노출에 대한 정보를 사전에 제공함으로써 불필요한 피폭을 줄이는 데 많은 도움이 되었으며 노출조건을 결정함에 있어 논리적이고 정형화된 방법으로 표준화를 추구한다는 측면에서 생각해보면 임상에서 꼭 정립되어야 할 필요성이 있다고 사료된다.

## 참고문헌

- Kim JM. Description of Digital Characteristic Curves. *Journal of Radiological and Science and Technology* 2007; 30: 67-73.
- Dong KR, Lee SJ, Kweon DC, Goo EH, Jung JE, Lee KS. Actual Condition of Quality Control of X-ray Imaging System in Primary Care Institution: focused on Gwangju Metropolitan City. *J Korea Asso Radiat Prot* 2010; 35: 34-42.
- Im DC, Dong KR, Park YS, Kim CB, Ryu YH. Image Quality Management Using ALVIM Phantom. *Korean J Digit Imaging Med* 2009; 11: 18-23.
- Ramirez-Jimenez FJ, Lopez-Callejas R, Benitez-Read JS, Pacheco-Sotelo JO. Considerations on the measurement of practical peak voltage in diagnostic radiology. *Br J Radiol* 2004; 77: 745-50.
- Swets JA. ROC analysis applied to evaluation of medical imaging techniques. *Invest Rad* 1979; 14: 109-21.
- Ardran GM, Crooks HE. Checking Diagnostic X-ray beam quality. *Br J Radiol* 1968; 41: 183-98.
- Schaefer-Prokop C, Neitzel U, Venema HW, Uffmann M, Prokop M. Digital chest radiography: an update on modern technology, dose containment and control of image quality. *Eur Radiology* 2008; 18: 1818-30.
- Park CH. Analysis of Space Radiation Dose Rate using portable X-ray Generating Device for Abdomen. *Korean J Digit Imaging Med* 2010; 12: 97-101.
- Kroft LJM, Veldkamp WJH, Mertens BJA, Delft JPA, Geleijns J. Dose reduction in digital chest radiography and perceived image quality. *The British Journal of Radiology* 2007; 16: 984-8.
- Stevens MA, Mccullough PA, Tobin KJ. Prospective trial of prevention measures in patients at high risk for contrast nephropathy. *J of Am Coll Cardiol* 1999; 33: 403-11.
- Bergh B, Felix R. WWW-based access to radiological patient data: two years of experience. *Stud Health Technol Inform* 1999; 64: 217-29.
- Ryu YH, Kweon DC, Goo EH, Dong KR, Choi SH, Jang YI. Comparative Analysis of pre and Post Digital X-ray Equipment Construction and Web-Based Wireless Network Environment Construction for Medical Screening Vehicles. *Korean J Digit Imaging Med* 2010; 12: 103-11.
- Solomon R, Werner C, Mann D, Elia JD, Silva P. Effect of saline mannitol and furosemide on acute decrease in renal function induced by radio contrast agents. *N Eng J of Med* 1994; 331: 1416-7.
- Kim JM, Seok JY. The patient dose calculation model on the Exell program. *Journal of Radiological and Science and Technology* 2002; 25: 35-8.