

<원저>

노출지수를 이용한 요추 X선 촬영의 조사야 유효성 평가

박혜민¹⁾·윤용수²⁾·김정수³⁾·정회원⁴⁾¹⁾고려대학교 보건안전융합과학과·²⁾동서대학교 방사선학과³⁾대구보건대학교 방사선과·⁴⁾백석문화대학교 방사선과

Effect of Field Size on the Clinical Exposure Index for Lumbar Spine X-ray Examination

Park Hyemin¹⁾·Yoon Yongsu²⁾·Kim Jungsu³⁾·Jeong Hoiwoun⁴⁾¹⁾Department of Health and Safety Convergence Science, Korea University²⁾Department of Radiological Science, Dongseo University³⁾Department of Radiologic Technology, Daegu Health College⁴⁾Department of Radiological Science, Baekseok Culture University

Abstract The field size of the lumbar spine X-ray examination, which belongs to the most frequent examination in general radiography, is 5 times wider than the width of the lumbar spine. Exposure index (EI) as per International Electrotechnical Commission has a proportional relationship with the dose incident on the image receptor for clinical protocols in addition to RQA5, which is a calibration beam quality. In this study, the effectiveness of the set field size was evaluated through the change of EI according to the size of field during lumbar spine X-ray examinations. Lumbar anterior-posterior and lateral examinations was performed using a whole-body phantom, and the national average exposure conditions of Korea investigated in 2017 were introduced for the X-ray exposure. As a result of comparing the EI displayed on the console of digital radiography system for the three field size in ① 18 × 36 cm² ② 25 × 36 cm² ③ 36 × 36 cm², the EI values showed a tendency to increase as the field size increased. Since the patient dose, such as organ dose around the lumbar spine, increases as the field size becomes larger, thus, if the EI obtained from the field size at a level that does not interfere with diagnosis is set as a reference, the effectiveness of the field size can be evaluated through the EI displayed on the console when the lumbar spine X-ray examination is conducted.

Key Words: Digital Radiography System, Exposure Index, Field Size, Lumbar Examination, Patient Dose

중심 단어: 디지털 방사선 시스템, 노출지수, 조사야, 요추 촬영, 환자 선량

I. 서론

일반 X선 촬영에서 요추 촬영은 외상성 골절, 염증, 종양 등과 같은 병변의 유무를 진단하기 위해 수행된다. 진단 가치가 있는 영상이 되기 위해서는 촬영된 요추 영상에서 척추뼈 몸통(vertebral body)과 척추뼈사이(intervertebral)가 유효하게 나타나야 한다[1]. 2019년 기준으로 국내의 요추 촬영 건수는 약 2,600만 건으로 흉부, 하지, 상지 촬영 다음으로

다빈도 검사 부위에 속하며 주요 촬영 대상이다[2].

모든 X선 촬영에서의 조사야는 진단에 방해가 되지 않는 선에서 가능한 최소범위로 조절하여 조사하여야 하며, 특히 요추와 같은 척추의 경우에는 다른 신체 부위와 비교해 가로 너비가 더 좁으므로 척추 이외의 다른 장기에 불필요한 피폭이 발생 되지 않도록 조사야를 촬영범위에 맞추는 것이 이상적이다. ZETTERBERG LG 등의 연구에서는 요추 촬영에서의 평균 조사야가 아날로그 영상보다 디지털 영상에서 46%

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

Corresponding author: Yongsu 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 16 June 2021; Revised 28 June 2021; Accepted 28 June 2021

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

더 넓다고 보고하고 있다[3]. 또한, 2017년에 수행된 질병관리청의 연구 결과에 따르면 국내 의료기관의 요추 촬영에 대한 조사야는 평균 $31 \times 41 \text{ cm}^2$ 라고 보고되었다[4]. 선행연구에 의하면 제일 크기가 큰 다섯 번째 요추(L5)의 평균 너비가 여성은 $50.4 \pm 4.4 \text{ mm}$, 남성은 $54.5 \pm 4.9 \text{ mm}$ 이므로 국내 평균 요추 촬영 조사야는 요추의 너비보다 약 5배 정도 넓게 조사되고 있는 실정이다[5]. 디지털 방사선 장치는 촬영 후 콘솔에서 영상의 트리밍(trimming)이 가능하므로 임상 환경에서는 신속한 촬영과 잘못된 조사야 설정으로 인한 재촬영을 피하고자 넓은 조사야로 촬영을 진행하는 경향이 있다[6].

국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission; IEC)에서는 IEC 62494-1을 통해 디지털 방사선 장치에 입사된 선량에 비례하여 노출의 정도를 나타내는 노출지수(exposure index, EI)를 정의하고 있다[7]. 현재 몇몇 디지털 방사선 장치(digital radiography system, DR system) 제조사에서는 IEC에 따른 EI가 장치 콘솔에 표시되도록 제공하고 있으며, IEC에서 규정하는 교정선질인 RQA5 선질 외에 다른 선질 및 임상 촬영에 대한 EI도 제공하고 있다[8, 9, 10].

이에 본 연구에서는 다양한 조사야로 요추 촬영을 진행하며, DR system에 표시되는 IEC에 따른 EI값을 통해 조사야의 유효성을 평가할 수 있는지를 알아보려 한다.

II. 대상 및 방법

1. 실험장치

실험에 사용된 DR system(Aero DR-system, KONICA MINOLTA, INC., Tokyo, Japan)은 IEC에 따른 EI를 표시하는 장치를 사용하였으며, 영상 수용체로 14×17 인치의 flat panel detector(FPD)(AeroDR 2 1417S, KONICA MINOLTA, INC., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 방사선 발생장치(Accuray 650R, DK Medical Solutions, Seoul, Korea)로 요추 촬영을 진행하였으며, 반도체 선량계(RaySafe Xi, Unfors RaySafe AB, Billdal, Sweden)를 사용하여 선량을 측정하였다. 요추 촬영을 위한 인체 모형 팬텀으로 전신팬텀(PBU-60, Kyoto Kagaku Co., Ltd, Kyoto, Japan)을 사용하였다.

2. 실험방법

1) IEC 62494-1에 따른 교정 선질에서의 EI

IEC 62494-1에서는 EI가 RQA5 선질에서 교정되어야 한다고 규정하고 있다. 여기서 RQA5 선질은 IEC 61267에서

규정하는 것과 가까운 선질로, 21 mm의 알루미늄(Al) 또는 0.5 mm의 구리(Cu) + 2 mm의 알루미늄으로 구성된 부가 필터를 사용하고, 66 ~ 74 kV의 관전압으로 X선을 조사했을 때 측정되는 반가층이 $6.8 \pm 0.3 \text{ mmAl}$ 이어야 한다[7]

본 연구에 사용된 방사선 발생장치는 부가 필터로 21 mm의 알루미늄을 부착하고, 70 kVp의 관전압으로 조사하였을 때 반가층이 6.84 mmAl이었다. 이를 교정 선질로 하여 관전류 조사시간 곱(mAs)을 2 ~ 50 mAs로 증가시켜가며 DR system에 X선을 조사하고 이때 콘솔에 표시되는 EI값을 확인하였다. IEC에서는 교정조건에서의 EI를 식(1)과 같이 정의하고 있다.

$$EI = C_0 \times K_{CAL} \quad (1)$$

여기서 C_0 는 $100 \mu\text{Gy}^{-1}$ 의 보정계수이며, K_{CAL} 은 교정조건에서 영상 수용체에 μGy 단위로 입사된 공기커마이다. IEC에 의하면 교정조건에서의 EI는 20% 미만의 불확실도를 가져야 한다[7]. 본 연구에서는 설정된 교정조건에서 측정된 영상 수용체의 입사공기커마를 식(1)에 대입하여 EI를 구하고 이를 기준으로 하여 콘솔에 표시된 EI의 불확실도를 평가하였다.

2) 요추 촬영의 조사야 크기에 따른 EI 변화

본 연구에서는 요추의 전후방향(anterior-posterior; AP)과 측방향(lateral; LAT) 촬영을 대상으로 실험을 진행하였다. 2017년에 수행된 질병관리청 정책연구용역과제인 '환자 촬영종류별 진단참고수준 마련'의 최종결과보고서에서는 요추 AP와 LAT 촬영의 국내 평균 조사야를 $31 \times 41 \text{ cm}^2$ 로 보고하고 있다[4].

본 연구에서는 요추 촬영에서 조사야 크기에 따른 EI의 변화를 확인하기 위하여 진단 가치를 훼손하지 않는 범위의 가장 작은 조사야부터 세 단계로 가로 너비를 증가시켜가며 ① $18 \text{ cm} \times 36 \text{ cm}$ ② $25 \text{ cm} \times 36 \text{ cm}$ ③ $36 \text{ cm} \times 36 \text{ cm}$ 의 조사야로 촬영을 진행하였다. 특히, LAT 촬영의 경우에는 조사야가 증가함에 따라 조사중심을 고정한 것과 영상에 맞춰 이동한 것을 비교하여 관찰하였다. DR system의 콘솔에서 영상을 획득할 때에는 요추 AP와 LAT 촬영에 대한 각각의 룩업테이블(look up table; LUT)을 적용하였다.

촬영 조건은 2017년 질병관리청 정책연구용역과제 최종결과보고서를 참고하여 국내 평균 요추 촬영 조건을 채택하였다. 요추 AP 촬영의 경우에는 관전압 78 kVp, 관전류 조사시간 곱 36 mAs로 촬영하였으며, LAT 촬영의 경우에는 관전압 85 kVp, 관전류량(관전류×조사시간)은 50 mAs로

촬영하였다. 요추 AP와 LAT 촬영 모두 X선관과 영상 수용체 간의 거리(source to image receptor distance; SID)는 100 cm로 고정하였다[4].

III. 결과

IEC에 따른 교정 선질인 RQA5 조건에서 측정된 선량을 식(1)에 대입하여 구한 기준 EI, 동일 조건에서 콘솔에 표시된 EI, 그리고 그에 따른 표시된 EI의 불확실도를 Table 1에 나타내었다. 본 연구에 사용된 DR system의 교정조건에서의 EI는 모든 선량 범위에서 20% 이내의 불확실도를 가졌다. 따라서 본 연구에 사용된 DR system은 EI를 활용한 선량 평가에 사용할 수 있다고 판단하였다[11].

요추 AP와 LAT 촬영의 조사야 크기에 따른 EI값은 Table 2와 같다. 요추 AP 촬영에서 조사야 크기에 따라 촬영된 영상은 Fig. 1과 같으며, 이때 표시된 EI값은 조사야 크기별로 각각 ① 616.34 ② 742.80 ③ 761.40이다. 요추 LAT 촬영에서 조사야 크기가 증가함에 따라 조사중심을 고정하여 촬영된 영상은 Fig. 2와 같으며, 이때 표시된 EI값은 ① 398.76 ② 434.96 ③ 447.83이다. 마지막으로 요추 LAT 촬영에서 조사야 크기가 증가함에 따라 조사중심을 영상에 맞춰 이동하여 촬영된 영상은 Fig. 3과 같으며, 이때 표시된 EI값은 ① 387.83 ② 418.65 ③ 440.84이다.

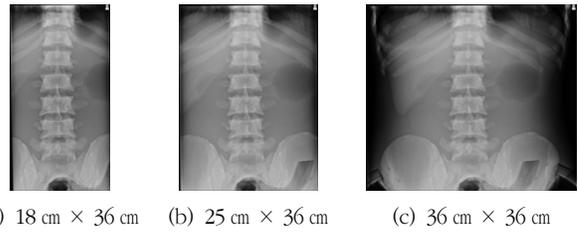


Fig. 1. Lumbar spine anterior-posterior (AP) image

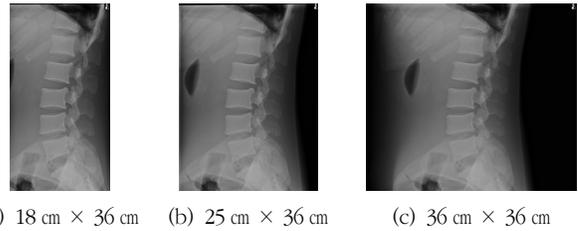


Fig. 2. Lumbar spine lateral (LAT) image (fixed center)

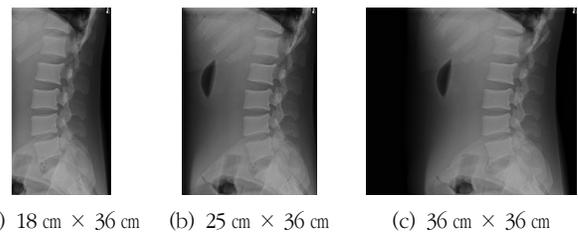


Fig. 3. Lumbar spine lateral (LAT) image (shifted center)

Table 1. EI displayed on the console of DR system at the RQA5 which is calibration beam quality as per IEC 62494-1 and uncertainty of EI for reference value

mAs	Incident air kerma (μGy)	Reference value ^{a)}	Displayed EI	Uncertainty
2	1.33	133	151	13.6%
4	2.73	273	312	14.2%
8	5.61	561	630	12.4%
12	8.94	894	999	11.9%
16	11.52	1152	1286	11.7%
20	14.44	1444	1621	12.3%
25	18.22	1822	2034	11.6%
32	23.40	2340	2623	12.1%
40	29.43	2943	3291	11.8%
50	36.96	3696	4130	11.7%

^{a)} Reference value was calculated as per equation (1)

Table 2. Clinical EI values according to the field size of lumbar AP and LAT examinations

Field size (cm ²)	Lumbar spine AP	Lumbar spine LAT	
		Fixed center	Shifted center
18 × 36	616.34	398.76	387.83
25 × 36	742.80	434.96	418.65
36 × 36	761.40	447.83	440.84

IV. 고 찰

본 연구에서는 IEC 62494-1에 따라 EI를 표시하는 DR system을 통해 요추 AP와 LAT 촬영 시 콘솔에 표시되는 EI값을 통해 설정된 조사야의 적절성을 평가할 수 있는지를 확인하고자 하였다.

IEC에 따르면 DR system의 영상 수용체에 입사된 선량과 EI값은 비례 관계를 가져야 한다. 또한, 고정선질인 RQA5에서의 EI값은 식 (1)에 의해 영상 수용체에 입사된 공기커마에 C_0 를 곱한 값에 대해 20% 이내의 불확실도를 가져야 한다[7]. 본 연구에 사용된 DR system의 콘솔에 표시된 EI값은 입사되는 선량에 비례하여 EI값이 증가하였으며, RQA5에서의 불확실도가 모든 선량 범위에서 20% 이내였다.

본 연구에서 모든 요추 AP와 LAT 촬영에서 조사야 증가에 따라 EI값이 증가하는 경향을 나타냈다. 조사야 ①에 비해 ②는 1.39배, ③은 2배의 면적으로 조사가 이루어진다. 그에 따른 EI값의 증가 비율은 요추 AP 촬영에서 조사야 ①에 비해 ②는 1.21배, ③은 1.24배로 나타났다. 요추 LAT 촬영의 경우, 조사중심을 고정한 것은 조사야 ①에 비해 ②는 1.09배, ③은 1.19배로 나타났으며, 조사중심을 영상에 맞추어 이동한 것은 조사야 ①에 비해 ②는 1.08배, ③은 1.14배로 나타났다. 이는 IEC에 따른 EI는 영상 수용체에 입사된 공기커마와 비례 관계를 가져야 하므로, 조사야가 증가함에 따라 영상 수용체에 입사되는 공기커마 값이 증가하여 나타난 결과로 판단된다. 선행연구에서도 흉부 검사 시 넓은 조사야에서의 EI값이 좁은 조사야에서의 EI값 보다 모든 선량 범위에서 더 높게 나타났으며, 최적의 EI를 획득하기 위해 꼭 필요한 부분만 포함한 조사야를 설정하는 것이 필요하다고 보고하고 있다[12, 13].

IEC에 따르면 제조사마다 검사 부위, 검사 방법, LUT 설정 등에 따라 EI를 도출하기 위한 관심값(value of interest, VOI)이 다르나 자동 선택되는 범위의 중간값을 이용하여 산출하도록 권고하고 있다[7]. 본 연구의 요추 LAT 촬영에서 조사중심을 고정했을 때의 EI값이 영상에 맞춰 이동했을 때의 EI값 보다 모든 조사야 범위에서 다소 높게 나타났다. 피사체에 의한 감약 없이 영상 수용체에 1차선이 직접 닿은 부분의 면적이 Fig. 3의 조사중심을 이동한 영상보다 Fig. 2의 조사중심을 고정한 영상에서의 더 넓게 나타났다. 이에 따라 조사중심을 고정했을 때의 EI값이 더 높게 나타난 것으로 생각된다. 해당 DR system의 제조사에서 정한 IEC에 따른 EI 도출방식을 명확히 알 수는 없으나 요추 LAT의 두 가지 조사 방법을 통해 조사영역 전체를 VOI로 설정하여 EI

값을 도출하는 것으로 유추된다.

선행연구에 따르면, 요추 촬영 시 조사야 크기가 클수록 주변 장기 선량이 증가하며, 조사야 크기 증가에 따라 조사야 안팎의 장기 선량에 명확한 차이가 있다고 보고하고 있다. 또한, 조사야 크기가 작을수록 화질이 좋아진다고 보고하고 있다[14]. 국가 조사에 따르면, 요추 촬영이 흉부, 하지, 상지 촬영 다음으로 다빈도 검사 부위에 속하기 때문에 환자 선량에 유의할 필요가 있다 [2]. IEC에 따른 EI는 조사야가 증가함에 따라 그 값이 증가한다. 따라서, 적절한 조사야로 촬영을 수행했을 때 콘솔에 표시된 EI값을 하나의 기준으로 정한다면 임상에서 요추 촬영 시 EI를 통해 환자 선량을 모니터링할 수 있을 것이다.

본 연구는 단일 제조사의 디지털 시스템을 이용하여 단일 조사 부위에 관해서만 연구를 수행한 것으로, 다른 시스템이 갖는 특성을 확인할 필요가 있다. 또한, 조사야의 변경에 따라 콘솔에 표시되는 EI값만 확인한 것으로, IEC에서 규정하는 목표노출지수(target exposure index, EI_T)나 편차지수(deviation index, DI)를 통해 임상에서 요추 촬영의 적절한 조사야 설정을 위해 EI를 보다 더 유용하게 이용할 수 있는 방법을 제시할 필요가 있다.

그럼에도, 일반 X선 촬영에서 주요한 검사인 요추 촬영에 대해 조사야와 IEC에 따른 EI의 관계를 밝히고 적절한 조사야 설정 및 환자 선량 모니터링 도구로서의 유용성을 확인하였으므로 큰 의의가 있다. 추후 이미 선행연구[15]가 진행된 흉부, 복부 일반촬영 외에도 골반, 고관절, 사지 등 다양한 부위의 최적 EI값에 대한 검토도 이뤄져야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구를 통해 요추 촬영에서 조사야 크기가 증가함에 따라 표시되는 EI값도 증가하는 것을 확인하였다. 조사야 크기 증가에 따라 환자에게 입사되는 선량이 증가하므로 적절한 크기의 조사야로 촬영되었을 때의 EI값을 기준으로 설정한다면, 매 요추 촬영 시 마다 콘솔에 표시되는 EI값을 통해 촬영된 조사야의 수준을 관리할 수 있다. EI를 이용하여 임상적으로 진단 유용한 영상해부학적, 병태생리학적 정보를 포함하면서 가능한 한 작게 조사야의 크기를 설정해야 한다.

REFERENCES

[1] The Korean Society of Medical Imaging Technology. Textbook of radiographic positioning and clinical diagnosis. Seoul: Chung-Ku Publisher; 2019.

[2] Kim KP. Assessment of radiation exposure of Korean population by medical radiation, Research Report No. 11-1790387-000030-01. Osong: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2020.

[3] Zetterberg LG, Espeland A. Lumbar spine radiography - poor collimation practices after implementation of digital technology. The British Journal of Radiology. 2011;84:566-9.

[4] Do KH. Development of the diagnostic reference level of general radiography: Twelve area including Brain, chest, pelvis, etc. Research Report No. 11-1352159-000916-01. Osong: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2017.

[5] Zhuo SH, McCarthy ID, McGregor AH, Coombs RRH, Hughes SPF. Geometrical dimensions of the lower lumbar vertebrae - analysis of data from digitised CT images. European Spine Journal. 2000;9:242-8.

[6] Kenichi K. Efforts to protect radiation and reduce radiation exposure in FPD systems. Innervation, 2012;27:14-8.

[7] 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. Geneva: International Electrotechnical Commission; 2008.

[8] 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). Journal of Radiological Science and Technology. 2019;42(4):291-9.

[9] 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. Radiation Protection Dosimetry. 2020;191(4):439-51.

[10] 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. 2018;41(6):533-8.

[11] 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. Radiation Protection Dosimetry. 2020;189(3):384-94.

[12] 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. 2020;43(2):115-21.

[13] Zhang M, Chu C. Optimization of the radiological protection of patients undergoing digital radiography. Journal of Digital Imaging. 2012;25:196-200.

[14] Kim JK, Kim JK. Evaluation on organ dose and image quality of lumbar spine radiography using glass dosimeter. Journal of Radiological Science and Technology. 2016;39(1):1-11.

[15] Yoon YS, Park HM, Kim JM, Kim JS, Roh YH, Tanaka N, et al. Proper management of the clinical exposure index based on body thickness using dose optimization tools in digital chest radiography: A phantom study. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021;18(10):5203.

구분	성명	소속	직위
제1저자	박혜민	고려대학교 보건안전융합과학과	박사대학원생
교신저자	윤용수	동서대학교 방사선학과	교수
공저자	정희원	백석문화대학교 방사선과	교수
공저자	김정수	대구보건대학교 방사선과	교수