

<원저>

자동노출제어장치를 이용한 요추 측면 방사선검사 시 환자 중심 위치 변화가 선량과 화질에 미치는 영향

정운찬·주영철

삼성서울병원 영상의학과

Effects of Dose and Image Quality according to Center Location in Lumbar Spine Lateral Radiography Using AEC Mode

Jeong Woon-Chan·Joo Young-Cheol

Department of Radiology, Samsung Medical Center

Abstract The purpose of this study is to consider usefulness of using AEC mode and importance of patient center location in L-spine lateral radiography by comparing dose and image quality according to the change of patient center location with using AEC mode or not. In this study, guide wire is attached to the human body phantom's lumbar spine and the lead ruler is attached to the bottom of the wall detector to find out center location in detector. ESD, mAs, and EI were selected as dose factors, and image quality was compared through SNR. With the lumbar spine located center of the detector, dose factors and image quality were compared according to using AEC mode or not. Afterwards, phantom moved 4 cm and 8 cm back and forth and compared dose factors and image quality. The exposure parameters were 85 kVp, 320 mA, x-ray field size 10×17 inch, and the distance between the center X-ray and the detector was fixed at 100 cm. The center X-ray was perpendicular to the fourth lumbar spine and the only bottom AEC chamber was used. All data were analyzed by independent t-test and ANOVA. As a result of this study, with AEC when the center is matched, ESD was 1.31 ± 0.01 mGy, without AEC was 2.12 ± 0.01 mGy. SNR was shown to be 22.81 ± 1.83 , and 23.44 ± 1.87 respectively. When the phantom's center moves 4 cm, 8 cm forward, and 4 cm, 8 cm backward, ESD were 1.09 ± 0.004 mGy, 0.32 ± 0.003 mGy, 1.19 ± 0.017 mGy, 1.11 ± 0.006 mGy respectively, SNR were 18.29 ± 0.60 dB, 11.11 ± 0.22 dB, 18.98 ± 0.80 dB, 17.71 ± 0.82 dB. Using AEC in L-spine lateral radiography reduced ESD by 38%, EI by 35%, and mAs by 38%, without any difference in SNR ($p < 0.05$). When the phantom's center moves 4 cm, 8 cm forward, and 4 cm, 8 cm backward, ESD was decreasing each 16%, 75%, 9%, 15%, EI was decreasing each 14%, 77%, 15%, 20%, mAs was decreasing each 15% 75% 9%, 15%. SNR was decreasing each 19%, 51%, 17%, 22%.

Key Words: Auto Exposure Control(AEC), Lumbar spine lateral radiography, Center location, Entrance Surface Dose(ESD), Signal to Noise Ratio(SNR)

중심 단어: 자동노출제어장치, 요추 측면 방사선검사, 중심위치, 입사표면선량, 신호대잡음비

1. 서론

요통은 70~90%의 사람들이 일생에 적어도 한번은 경험하게 되며, 요통의 연간 유병률은 15~45%, 특정 시점에서

의 유병률은 평균 30%라 보고하고 있다[1]. 요통에는 다양한 원인들이 존재하며, 척추 감염, 종양, 골절이 의심되거나 신경학적 결손, 안정 시 지속되는 통증, 야간 통증 등의 적색 신호를 동반한 요통 환자에서는 조기에 일반 방사선검사의

Corresponding author: Young-Cheol Joo, Department of Radiology, Samsung Medical Center, 81, Irwon-Ro, Gangnam-Gu, Seoul, 06351, Republic of Korea / Tel: +82-02-3410-2530 / E-mail: skulljoo@naver.com

Received 2 April 2021; Revised 24 April 2021; Accepted 26 April 2021

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

를 실시한다. 요추 측면 방사선검사(lumbar spine lateral radiography; L-spine lateral 검사)는 요추체 및 배열에 대한 기초적인 정보를 제공하여 요추의 불안정 전위 등의 존재를 규명하는데 중요한 검사이며, 검사 빈도 또한, 1,000명당 2.1회에서 4.3회로 매년 증가하는 추세이다[2, 3].

요추 주변에는 생식선, 신장, 소장 등 조직가중치가 높은 장기들이 있기 때문에 환자들이 안심하고 검사를 받을 수 있도록 환자 중심의 방사선안전관리를 지속적으로 수행해야 한다[4]. 국제방사선방호위원회(international commission radiological protection; ICRP)에서는 ‘피폭 발생 가능성, 피폭자 수 및 개인선량 크기는 경제적, 사회적 인자를 고려해 합리적으로 달성할 수 있는 한 낮게 유지해야 한다.’는 방호최적화 원칙을 제시하였다[5]. 방사선 검사의 진단적 가치를 유지하면서 최소한의 선량으로 검사하기 위해서는 환자 검사부위의 두께 및 X선 흡수 정도를 고려해야 하지만 [6], 현실적인 어려움으로 인해 특정 부위에서는 자동노출 제어장치(auto exposure control; AEC)를 이용하여 이러한 문제점을 해결하고 있다.

AEC는 이온챔버(ion chamber)를 통해 선량이 검사 목적에 가장 적합한 광학적 농도를 동일하게 획득할 수 있도록 방사선량이 제어되는 장치로서[7], 영상 구현 시 재현성 향상뿐만 아니라 피폭선량 저감이 가능하다는 점에서 요구도가 점차 증가하고 있고, 국제적으로 사용이 권고되고 있다 [8]. AEC는 발생한 X선이 영상수용체(detector)에 도달하기 전에 이온챔버를 이용하여 X선에 의한 이온화 전류를 검출하는 방식이기 때문에, 검사부위와 이온챔버의 위치를 일치시키는 것이 무엇보다 중요하다[7].

하지만, AEC에 관한 선행 연구들은 이온챔버의 조합에 따른 선량 및 화질 변화에 관한 연구가 대부분이었다. L-spine lateral 검사는 방사선검사 중 방사선 선량이 매우 높은 검사이고, 대부분 이온챔버를 가운데 있는 1개만 이용한다. 하지만, 이온챔버는 고정되어 있고, 검사자의 마음대로 위치를 조정할 수 없으며, 요추부 통증 환자의 특성상 환자의 체형, 움직임, 호흡 등으로 인해 AEC를 이용한 L-spine lateral 검사 시 목적부위와 이온챔버를 일치시키는데 어려움이 있다.

이에 본 연구에서는 L-spine lateral 검사 시 AEC 적용 유·무와 AEC 적용 시 환자위치 변화에 따른 선량과 화질 비교를 통해, L-spine lateral 검사 시 AEC 사용의 유용성 및 환자위치의 중요성에 대해 고찰하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 인체모형팬텀(Whole Body Phantom PBU-50 [PH-2, KYOTO KAGAKU, JAPAN])을 이용하였다. 방사선발생장치는 GC 85A(Samsung Electronics, Korea)를 사용하였고, 입사표면선량(entrance surface dose; ESD)은 Unfos Xi(RaySafe, Sweden)로 측정하였으며, 화질평가를 위해 영상분석프로그램(Image J Ver. 1.53e, National Institutes of Health, USA)을 이용하였다.

2. 연구방법

1) 실험 방법

Phantom의 요추 중심에 가이드와이어를 부착하여 요추 중심의 위치를 표시하였다. 방사선발생장치 벽측 detector 하단에 납 자를 부착하고, phantom을 바른 측면자세로 위치시켰다. 납 자와 가이드 와이어를 이용해 요추중심과 detector 중심의 거리변화를 확인하였다. 조사조건은 85 kV p, 320 mA, 선원-영상수용체간 거리(source to image receptor distance; SID)는 100 cm, 조사야 크기는 10×17 인치를 사용하였다. AEC 이온챔버는 중앙 하단 1개만 사용했고, density 0, 감도 Middle로 설정하였다. 중심 X선은 4번째 요추를 향해 수직입사하였다. 본 연구의 선량 인자는 ESD, 노출지수(exposure Index; EI), 관전류량(milli ampere seconds; mAs)으로 설정하였으며, ESD 측정 시 선량계 이온 챔버를 X선의 방향의존성을 고려하여 가로 방향으로 2~3번째 요추 높이에 부착하였다[Fig. 1a]. 화질인자는 신호 대 잡음 비(signal to noise ratio; SNR)를 이용하였고, SNR 측정은 Image J 프로그램을 사용하였으며, 요추체에 1 × 1 cm²의 관심영역(region of interest; ROI)을 설정하여 신호강도의 평균값과 표준편차를 구하고, 오른쪽 상단에 1 × 1 cm²의 배경영역(background ROI)를 설정하여 신호강도 평균값을 구하여 식(1)과 같은 방식으로 구하였다[Fig. 1b].

선량 인자 및 화질의 비교는 각 조건에서 30회씩 측정된 데이터와 영상을 이용하였다.

$$SNR = (background ROI_{mean} - ROI_{mean}) / ROI_{SD} \quad (Eq. 1)$$

(1) AEC 적용 유·무에 따른 선량과 화질평가

Detector의 중심과 phantom의 중심이 일치되게 고정시킨 후 AEC 유·무에 따른 선량과 화질평가를 진행하였다.

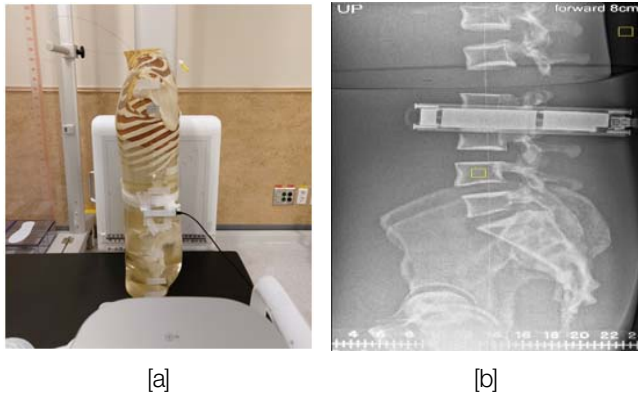


Fig. 1. Experiment of the changing Center of Phantom in Detector and measurement point

[a] Shows the ESD measurement location in phantom(L4). [b] Measured dose factor with centers moved(F4, B4, F8, B8) and show SNR measurement of evaluation point in L-spine lateral image

AEC를 사용한 경우를 with AEC, 그렇지 않은 경우를 without AEC라 정의하였고, 두 조건에서 선량 인자(ESD, EI, mAs)와 SNR을 비교하였다.

(2) 환자 중심위치 변화에 따른 선량과 화질평가

AEC를 적용한 상태에서 phantom을 detector중심에서 배 쪽으로 4 cm(F4), 8 cm(F8), 등 쪽으로 4 cm(B4), 8 cm(B8) 씩 이동시킨 후 측정된 선량 인자(ESD, EI, mAs)와 SNR을 비교하였다[Fig. 1b].

2) 자료 분석 방법

본 연구에서는 각 실험조건에서 획득한 데이터의 평균값을 이용하였다.

AEC 적용 유·무에 따른 선량 인자와 SNR의 평균값 차이는 독립표본 *t* 검정(independent *t*-test)을 이용하여 비교

분석하였다.

With AEC에서 팬텀의 위치 변화에 따른 선량 인자와 화질에 대한 평균값 비교분석은 일원배치 분산분석(ANOVA)을 이용하였고, 사후검정으로는 Duncan을 시행했다.

통계프로그램은 SPSS(version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA)를 사용하였고, 유의수준(α)은 0.05, 유의확률(p)은 0.05이하를 유의한 것으로 설정하였다.

III. 결 과

1. AEC mode 적용 유·무에 따른 선량 인자 및 화질 비교

AEC 적용 유·무에 따른 ESD 평균값은 with AEC에서는 1.31 ± 0.01 mGy, without AEC는 2.12 ± 0.01 mGy이었고, EI 값은 with AEC 193.77 ± 2.52 , without AEC 300.15 ± 1.41 이었으며, 관전류는 with AEC의 경우 22.60 ± 0.49 mAs, without AEC는 36.80 ± 0.40 mAs으로 나타났다.

SNR은 with AEC는 22.81 ± 1.83 dB, without AEC는 23.44 ± 1.87 dB로 나타났다.

선량 인자는 두 집단간의 평균값이 통계적으로 유의한 차이가 있었으나($p < 0.01$), SNR의 평균값 차는 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$), <Table 1>.

2. 환자 중심위치 변화에 따른 선량인자 및 화질 비교

환자 중심위치 변화에 따른 ESD는 F4는 1.09 ± 0.004 mGy, B4는 1.19 ± 0.017 mGy, F8은 0.32 ± 0.003 mGy, B8은 1.11 ± 0.006 mGy이었고, EI는 F4의 경우 163.17 ± 0.914 , B4는

Table 1. Result of dose factor and SNR depending on using AEC.

group	AEC	<i>n</i>	mean±SD	min	max	<i>t</i>	<i>P</i>
ESD (mGy)	with	30	1.31 ± 0.01	1.28	1.34	-232.350	0.01
	without		2.12 ± 0.01	2.08	2.14		
EI	with	30	193.77 ± 2.52	189.05	199.90	-201.175	0.01
	without		300.15 ± 1.41	296.05	302.38		
mAs	with	30	22.60 ± 0.49	22.00	23.00	-120.909	0.01
	without		36.80 ± 0.40	36.00	37.00		
SNR (dB)	with	30	22.81 ± 1.83	16.22	24.51	1.310	0.968
	without		23.44 ± 1.87	16.60	25.10		

1. ESD is entrance surface dose, EI is exposure index, mAs is mili ampere sec, AEC is auto exposure control.
 2. 'with' is the case with AEC mode, 'without' is the case without AEC mode.
 3. 'p' is result of independent *t*-test.

Table 2. Result of dose factor and SNR depending on center location.

group	distance(cm)	n	mean±SD	min	max	F	P
ESD (mGy)	0	30	1,31±0,015 ^c	1,28	1,34	35957,240	0,01
	F4		1,09±0,004 ^p	1,08	1,10		
	B4		1,19±0,017 ^d	1,17	1,23		
	F8		0,32±0,003 ^a	0,32	0,33		
	B8		1,11±0,006 ^c	1,10	1,12		
EI	0	193,77±2,525 ^d	189,05	199,90	31323,733	0,01	
	F4	163,17±0,914 ^c	161,90	165,24			
	B4	163,26±2,583 ^c	159,52	169,51			
	F8	45,64±0,936 ^a	42,24	47,14			
	B8	153,30±0,878 ^b	151,43	154,76			
mAs	0	22,60±0,48 ^d	22,00	23,00	13453,983	0,01	
	F4	19,00±0,000 ^b	19,00	19,00			
	B4	20,43±0,504 ^c	20,00	21,00			
	F8	5,53±0,071 ^a	5,40	5,70			
	B8	19,00±0,000 ^b	19,00	19,00			
SNR (dB)	0	22,81±1,38 ^a	16,22	24,51	523,135	0,01	
	F4	18,29±0,60 ^c	16,91	19,32			
	B4	18,98±0,80 ^p	16,15	20,69			
	F8	11,11±0,22 ^c	10,50	11,57			
	B8	17,71±0,82 ^d	16,34	19,02			

1. ESD is entrance surface dose, EI is exposure index, mAs is mili ampere sec, AEC is auto exposure control.
2. Distance is the location of phantom's center from detector center, '0' is center of detector that lumbar spine is placed in the center of the AEC chamber, 'F' is the anterior movement of the lumbar spine from the center of AEC chamber, 'B' is the posterior movement of the lumbar spine that makes the ventral part of the phantom is located in the center of the chamber.
3. 'p' is result of one-way ANOVA, The Post-hoc test used Duncan.

163.26±2.583, F8은 45.64±0.936, B8은153.30±0.878이 있으며, 관전류량은 F4에서 19.00 mAs, B4의 경우 20.43±0.50 mAs, F8은 5.53±0.07 mAs, B8은 19.00 mAs로 측정되었다.

SNR의 평균값은 F4는 18.29±0.60 dB, B4는 18.98±0.80 dB, F8은 11.11±0.22 dB, B8은17.71±0.82 dB로 나타났다.

선량 인자와 화질 모두 각 그룹간의 평균값 비교 결과 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며 ($p<0.01$), 각 그룹간 독립적인 그룹으로 나타났다(Table 2).

IV. 고 찰

요통은 병원에 방문하는 사람들의 주요 원인 증상 중에서도 다섯 번째 빈도를 차지할 정도로 매우 흔하게 발생한다. 평생 동안 80%의 사람들이 한 번 이상 요통을 경험하고 있고,

매년 근로자의 50%가 요통을 경험하는 것으로 보고된다[9]. 방사선검사는 척추 질환 진단에 일반적이고 우선적으로 사용되는 영상 진단법이다. 질병관리본부에서 조사한 X선 검사종류별 ESD를 보면, L-spine lateral 검사 시 8.44 mGy로 모든 일반 방사선검사 중 가장 높은 것으로 나타났다[10]. 그리고 L-spine lateral 검사의 환자 선량은 0.75~97.00 mGy로 병원 간의 차이가 방사선검사 중 가장 크다는 선행 연구가 있었다[11]. 따라서 L-spine lateral 검사에서 방사선사는 최소한의 선량으로 최적의 영상을 얻기 위해 노력해야 한다.

검사 조건을 환자별로 최적화하기 위해서는 환자 검사부위의 두께 및 X선 흡수 정도를 보정 해주는 AEC를 사용한다. 하지만 모든 방사선검사 시 AEC를 사용하는 것이 장점만 있는 것은 아니다. 선행 연구에서는, 척추 유합술 환자의 몸속 금속 물질이 이온챔버에 겹치는 경우와 심한 척추 측만으로 이온챔버 위치에 요추 등과 같은 골 조직이 겹치는 경우 그리고 복부검사 시 환자자세가 잘못된 경우 등 이온

챔버의 위치와 검사부위가 일치하지 않으면 과 피폭이 되고 보고하였다[12, 13]. 이와 같은 선행연구의 결과를 종합해 볼 때 X선 흡수 차가 큰 척추와 복부의 연부조직이 인접해 있는 L-spine lateral 검사 시 AEC를 적용하는 경우 이온챔버와 요추부를 일치시키는 것은 환자 선량과 화질에 매우 중요한 영향을 미칠 것으로 사료된다.

요추 측면 방사선검사 시 AEC를 적용했던 선행 연구결과에 의하면 영상의 품질에 영향을 주지 않으면서 면적선량을 61% 감소시킨다는 결과가 있었는데[14], 본 연구의 결과에서도 AEC 적용했을 경우 ESD는 약 38%, EI와 관전류량은 각각 35%, 38% 감소하는 것으로 나타났으며, SNR은 두 그룹간의 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. AEC를 적용한 L-spine lateral 검사 시 환자 중심위치 변화에 따른 선량인자를 비교한 결과, ESD는 중심이 일치했을 때를 기준으로 B4<B8<F4<F8 순으로 감소하였고, F8에서 75% 감소로 가장 차이가 크게 나타났다. EI는 F4=B4<B8<F8 순으로 F4와 B4는 각각 14%, 15%로 동일 집단으로 나타났고, F8에서 77%로 다른 그룹들과 차이가 크게 나타났다. 관전류량은 B4<F4=B8<F8 순으로 변화를 보였다. 환자 중심위치에 따른 선량 인자 값들은 중심이 일치 되었을 때와 비교했을 때는 B4 위치에서 평균값의 변화가 가장 작았으며, F8에서 가장 큰 차이가 나는 경향을 보였으며, 특히 F4와 B8의 선량 인자는 ESD는 B8이, EI는 F4가 높았지만, 관전류량은 같았다. B8이 중심에서 F4보다 두 배 떨어졌는데 비슷한 결과가 나온 것으로 보았을 때, L-spine lateral 검사 시 환자 중심위치가 뒤로 이동했을 때가, 앞으로 이동할 때보다 영향이 적은 것으로 사료 된다. 이는 L-spine lateral 검사 시 환자 중심이 뒤로 갔을 때 복부가 이온챔버에 위치하여 중심 이동에 의한 이온화 전류의 영향이 최소화되는 것으로 생각된다. 특히 F8에서 선량인자가 다른 대조군에 비해 압도적으로 줄었는데, 이는 환자 중심이 전방으로 이동 시 발생한 X선이 환자에 투과되지 않고 그대로 조사되는 부분이 생겨 이러한 영향으로 추정된다.

SNR은 중심이 일치했을 때와 비교했을 때, B4(17%)<F4(19%)<B8(22%)<F8(51%) 순으로 감소하였으며, F8을 제외한 다른 대조군 간의 큰 차이는 없었고, F8일 때 크게 감소하였다. 이는 X선이 직접 이온챔버에 영향을 주어 일찍 X선을 차단시켜 양질의 영상을 형성하기에 충분한 광자의 양 부족으로 인한 결과로 사료된다. 이와 유사한 선행연구에 따르면, AEC 사용 시 검사 조건 및 선량에 가장 큰 영향을 미치는 환자 측 인자는 체부면적과 체부 전후 크기라고 주장하였는데[15], 본 연구에서도 이온챔버에 위치한 환자 부위가 달라질 때 검사조건의 차이가 있는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과를 통해 임상에서 L-spine lateral 검사 시 AEC를 적용하는 것이 환자선량 감소와 화질 향상을 위해 도움이 되는 것을 알 수 있었고, AEC를 적용하는 경우 이온챔버에 환자 부위를 일치시키는 것이 중요하며, 환자를 중심에 위치시키기 어려운 경우, 환자를 전방보다는 후방으로 위치시켜 검사하는 것이 선량 감소와 화질 향상을 위해 도움이 될 것으로 생각된다.

연구의 제한점은 phantom을 대상으로 진행하였기 때문에, 체질량지수(body mass index; BMI)변화에 따른 선량 인자와 화질의 변화는 고려되지 않았다. 그러므로 추후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 L-spine lateral 검사 시 AEC 적용 유·무와 AEC 적용 시 환자 중심위치가 선량과 화질에 미치는 영향을 알아보기 위해 시행하였다.

본 연구의 결과, L-spine lateral 검사 시 AEC 적용하는 경우 SNR의 차이 없이 ESD는 38%, EI는 35%, 관전류량은 38%의 감소 효과가 있었다.

AEC 적용 시 환자 중심위치 변화에 따른 선량과 화질의 차이는 환자가 전·후 방향으로 4 cm 정도의 움직임에서는 선량과 화질의 큰 차이가 없었으나, 8 cm 정도의 움직임에서는 선량과 화질에 큰 영향을 미쳤으며, 특히, 환자의 중심위치가 전방으로 이동 시 선량과 화질의 저하가 더 심해지는 것으로 나타났다.

REFERENCES

- [1] Andersson GBJ. Epidemiology of low back pain. Acta Orthopaedica Scandinavica. 1998;Sup281:28-31.
- [2] Ko HY, Kim JS, Sung DH, Chung SG, Choi KH, Park YG, et al. Diagnosis and treatment of low back pain. A Clinical Practice Guideline from Korean Association of Pain Medicine. 2011;10(1):1-37.
- [3] Wang JH, Han SY, Kim HS, Park SM, Lee SY, Back SM, et al. Guidelines for patient dose recommendation in abdominal, pelvic and lumbar radiology (Civil Guide). Ministry of Food and Drug Safety. 2011:88-93.
- [4] Kim JK, Kim JK. Evaluation on organ dose and im-

age quality of lumbar spine radiography using glass dosimeter. Korean Society of Radiological Science. 2016;39(1):1-11.

[5] ICRP. The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP. 2007;37(2-4).

[6] Ullman G, Sandborg M, Dance DR, Hunt R, Carlsson GA. The influence of patient thickness and imaging system on patient dose and physical image quality in digital chest imaging. Radiation Protection Dosimetry. 2005;114(1-3):294-7.

[7] Kim KT. A study of sensor for automatic exposure control system for minimization of dose creep [master's thesis]. Kimhae: The Dept. of Health Science and Technology, Inje University; 2015.

[8] Kwon SM, Park CH, Park JG, Son WH, Jung JE. The effect of Source to Image-Receptor Distance(SID) on radiation dose for digital chest radiography. The Korean Society of Radiology. 2014;8(4):203-10.

[9] Kim SK, Kim HS, Jung SS. Degrees of low back pain, knowledge of and educational needs for low back pain in patients with chronic low back pain. J Muscles Jt Health. 2017;24(1):55-65.

[10] Jung EK, Park O, Lee HK, Lee BY, Lee JE, Gil JW, et al. Diagnostic reference level guidelines-General radiography. Ministry of Food and Drug Safety. 2019:27-45.

[11] Kim YH, Choi JH, Kim SS, Lee CH, Cho PK, Lee YB et al. A Study on the Utilization of Diagnostic Equipments and Patient Dose for Diagnostic Radiological Procedures in Korea. Korean journal of medical physics. 2005;Vol.16 Issue 1:10-5.

[12] Kim KW, Kwon YR, Seo SW, Kwon KT, Oh JY, Son SY, et al. Comparison of exposure dose by using AEC mode of abdomen AP study in radiography. Journal of Radiological Science and Technology. 2015;38(3):205-11.

[13] Jung JS, Choi BW, Kim SH, Kim YM, Shim JN, Ahn HS, et al. Effect of automatic exposure control marker with chest radiography in radiation reduction. Korean Society of Radiological Science. 2014;37(3):177-85.

[14] Chung YH, Kwon SA, Jeong SH. Usefulness of auto exposure control mode in digital flat-panel system for reduction of dose area product: Phantom study of the lumbar spine. European Society of Radiology [Internet]. 2011.

[15] Chung HB. Analysis of AEC dose according to BMI and Body size in Abdomen X ray [master's thesis]. Sungnam: The Dept. of Radiological Science, Graduate School of Public Health, Eulji University; 2017.

구분	성명	소속	직위
제1저자	정운찬	삼성서울병원	방사선사
교신저자	주영철	삼성서울병원	방사선사/박사