

&lt;원저&gt;

## 몬테카를로 방법을 이용한 이동형 X선 투시검사 시 수술실 내 공간선량평가

김정훈<sup>1)</sup>·신엄현<sup>2)</sup><sup>1)</sup>부산가톨릭대학교 방사선학과·<sup>2)</sup>동남권원자력의학원 영상의학과

### Spatial Dose Distribution for C-arm Examination within Operation Room Using Monte Carlo Method

Kim Jung-Hoon<sup>1)</sup>·Shin Eom-Hyeon<sup>2)</sup><sup>1)</sup>Department of Radiological Science, College of Health Sciences, Catholic university of Pusan<sup>2)</sup>Department of Radiology, Dongnam Institute of Radiological & Medical Sciences Cancer center

**Abstract** The purpose of this study was to analyze the spatial dose according to the distance by location of medical workers when using a mobile X-ray fluoroscopy device in the operating room through a simulation experiment. The MCNPX program was used for the simulation, and the location of medical workers was set around the operating table, and the spatial dose distribution according to the distance and changes in imaging conditions was evaluated. As a result, The highest score was  $2.74 \times 10^{-4}$  mGy,  $2.72 \times 10^{-4}$  mGy, and  $1.18 \times 10^{-4}$  mGy based on the 10 cm distance from the operating table. Spatial dose depending on the distance 100cm, A point  $5.15 \times 10^{-5}$  mGy is decreased 19% of 10cm, D point  $5.12 \times 10^{-5}$  mGy, 19 % of 10cm, and G pint,  $1.73 \times 10^{-5}$  mGy is reduced by 15% of 10cm. Based on this study, medical-related workers directly or indirectly participating in surgery carry potential risks of radiation exposure during surgery, but there are difficulties in radiation protection due to the nature of their work. Therefore, efforts to reduce exposure suitable for the operating room environment will be required.

**Key Words:** Monte Carlo Method, C-arm, Spatial dose, Surgery, Operating Room

**중심 단어:** 몬테카를로 방법, 이동형 투시장치, 공간선량, 외과의사, 수술실

## 1. 서론

수술실 내 이동형 X선 투시장치의 사용은 절개부위의 최소화, 수술시간 단축, 출혈 감소 등의 이점으로 널리 이용되고 있다[1]. 이러한 이동형 X선 투시장치는 수술 중 실시간으로 수술 부위 및 환자의 상태를 확인할 수 있는 진단 영상을 제공한다. 과거 정복술, 수술기구의 삽입 등 정형외과적 수술에 한정적으로 사용되었으나, 현재에는 신경외과, 마취통증의학과, 성형외과, 치과, 안과 등 많은 분야로 사용 비

중이 증가되고 있다[2]. 건강보험심사평가원에 따르면, 이동형 X선 투시장치는 2018년도 대비 2020년 12월 기준 17% 증가되었으며, 6436대에 이른다고 보고되었다[3].

이동형 X선 투시장치의 사용빈도 증가에 따라 다양한 직종이 협업을 이루는 수술실 내 의료종사자인 의사, 간호사, 방사선사, 임상병리사 등의 방사선 피폭 위험성이 제기되고 있다[4]. 과거 식품의약품안전처에서는 의료방사선 종사자를 위한 안전 가이드라인을 통해, 수술실에서 사용하는 이동형 X선 투시장치를 조작하는 자 외 수술에 참여하는 모든

This paper was supported by RESEARCH FUND offered from Catholic University of Pusan in 2021

Corresponding author: Eom-Hyeon Shin, Department of Radiology, Dongnam Institute of Radiological & medical Sciences Cancer center, 40, Jwadong-gil, Jangan-eup, Gijang-gun, Busan, 46033, Republic of Korea / Tel: +51-720-5981 / E-mail: eomhyeonee@gmail.com

Received 14 June 2021; Revised 22 June 2021; Accepted 28 June 2021

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

인원이 방사선관계종사자의 범위에 포함된다고 언급하였다[5]. 그러나 2018년 전공의들의 방사선 노출경험 설문조사 결과에 따르면, 응답자의 96.96%(640명)이 수술실, CT실에서 방사선에 노출된 경험이 있으나, 그 중 방사선관계종사자로 등록된 사람은 전체 응답자 중 6.06%(40명)에 불과했다[6]. 또한 과거 김봉희 외 연구에 따르면, 수술실 근무자들의 방사선 방어행위에 대한 인식도는 높은 반면, 수행도가 낮은 것으로 분석되었다[7]. 이처럼 일반적인 의료 방사선을 사용하는 분야 내 방사선관계종사자의 직무피폭에 대한 선행연구는 많이 보고되고 있음에도 불구하고 수술실 내 종사자의 방사선 안전교육 및 피폭 관리는 미비한 실정이다.

이동형 X선 투시장치에서 발생된 X선은 조사야 범위 내 1차선과 환자, 수술실 내 구조물에 의한 2차 산란선으로 구분된다. 수술실 내 의료종사자들의 직무피폭은 직접적인 1차선보다 간접적인 2차 산란선에 의한 피폭이 많이 발생하게 되며, 이동형 X선 투시장치 이용 시, 수술실 내 공간선량 분포를 정확히 파악하는 것은 종사자의 방사선안전관리 측면에서 필수적이다[8].

이에 본 연구는 모의실험을 통해 수술실 내 이동형 X선 투시장치 이용 시, 2차 산란선에 의한 수술실 업무 위치에 따른 공간선량을 평가하고자 하며, 이를 통해 수술실 내 의료종사자의 적극적인 방사선 안전관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 실험 재료

#### 1) 몬테카를로 전산모사

몬테카를로 방법은 통계적인 난수를 무작위적 표본 추출을 통해 문제를 해결하는 방법으로, 본 연구에서는 로스알라무스 국립연구소(Los Alamos National Laboratory)에서 개발된 MCNPX(Monte Carlo-N-Particle Extended, Ver 2.5.0, USA) 프로그램을 사용하였다. 이는 수술실 및 이동형 X선 투시장치의 단순 모사가 가능하며, 관심지점(tally)에 대한 에너지 분포의 계산이 가능하다.

#### 2) X선 에너지 스펙트럼 생성 프로그램

X선 스펙트럼의 적정성 평가를 위해 두 가지의 X선 스펙트럼 생성 프로그램을 이용하였다. 첫 번째, IPEM(Institute of Physics and Engineering in Medicine)에서

다양한 실측 데이터를 기초로 개발된 SRS-78 프로그램을 이용하였다[9]. 두 번째, 영국 런던 암 연구소의 Gavin Poludniowski, Phil Evans이 개발한 SpekCalc 프로그램으로, 이는 이론과 실험 결과를 바탕으로 얻고자 하는 스펙트럼을 보간법으로 추정할 수 있다[10].

### 2. 실험방법

#### 1) 수술실 내 기하학적 구성

##### (1) 수술실 단순모사

보건복지부 ‘의료기관 시설기준 개선방안 연구’에 따르면, 수술실은 일반적으로 장방형을 이루며, 최소폭의 길이가 5 m 이상, 바닥 넓이는 37 m<sup>2</sup>를 권고하고 있다[11]. 본 연구에서는 이를 토대로 6.3 m × 6.3 m × 3 m 의 수술실을 모사하였으며, 내부 조성은 공기(density=0.001293 g/cm<sup>3</sup>)로 구성하였다.

수술 시 환자 테이블은 현재 상용화되어 있는 제품(CXR-70F, Korea)을 참조하여, 2.13 m × 0.55 m × 0.5 m 직사각형 테이블 형태의 탄소섬유(C:67.91%, H:5.7%, N:26.4%, density=1.184 g/cm<sup>3</sup>) 재질로 구성하였으며, 수술실 내부 중앙에 위치시켰다.

##### (2) 모의피폭체

수술 시 환자의 모의 피폭체로서 과거 ICRU 47에서 제시한 30 cm × 30 cm × 15 cm 크기의 직육면체 slab phantom(O:76.2%, C:11.1%, H:10.1%, N:2.6%, density : 1 g/cm<sup>3</sup>)을 구성하였다. 일반적인 수술 환경 내 의료 종사자들의 업무 위치를 고려하여 모의피폭체는 Fig. 1과 같이 수술테이블 상단에 위치하였다.

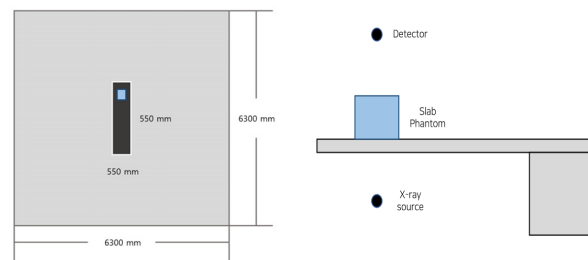


Fig. 1. Description of the geometry in the operating room

##### (3) 이동형 X선 투시장치 단순모사

본 연구에서는 이동형 X선 투시장치를 모사하기 위하여 건강보험심사평가원 공공데이터를 근거로 국내에서 가장 많이 이용되고 있는 Zen-2090pro(Genoray, Korea)를 선정하였다. Table 1과 같이 이동형 X선 투시장치의 세부정보

를 토대로, X선관, 검출기 등을 단순 모사하였다. 또한 모의 피복체 중앙을 기준으로 X선관을 under tube 방식으로 위치시켰다.

**Table 1.** Specification of C-arm

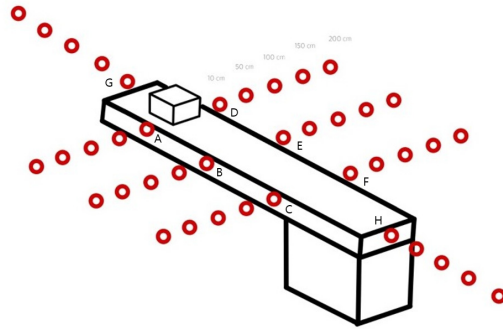
Specification	ZEN-2090 Pro
Target Material	Tungsten
Anode Angle	16 degree
Anode Type	Stationary
Inherent Filtration	0.8 mmAl
Addition Filtration	2 mmAl
kV range on Fluoroscopy	40-110 kV
mA range on Fluoroscopy	0.2-6 mA/10mA
kV range on Radiography	40-110 kV
Max value of Radiography current	20 mA
mAs	0.4-100 mAs

2) 이동형 X선 투시장치의 에너지 스펙트럼 분석

현재 상용화된 이동형 X선 투시장치는 자동노출제어(AEC, Auto Exposure Control)의 사용을 통해 환자의 수술부위, 자세, 체격 등에 따라 다양한 촬영조건이 결정된다. 이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 관전압을 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 kVp로 변화 시키면서 관전압 조건에 따른 X선 에너지 스펙트럼을 획득하였다. 이를 SpekCalc, SRS-78의 에너지 스펙트럼 간 비교 분석을 위해 정규화(Normalization) 작업을 진행하였고 평균에너지, 특성에너지 등을 비교 분석하였다.

3) 수술실 내 이동형 X선 투시장치 사용 시 공간선량 평가

수술 시에는 일반적으로 환자를 중심으로 상, 하, 좌, 우로 집도의, 보조의, 마취과 의사, 간호사 등이 위치하여 업무를 수행한다. 이러한 점을 고려하여 2012 European ORAMED project에서는 의료기관 내 중재적 시술 시, 수술 테이블을 중심으로 의료진의 수정체 및 사지 말단선량을 측정하였다[12]. 본 연구에서는 이를 참조하여 세로 2,130 mm, 가로 550 mm 크기의 수술 테이블을 Fig. 2와 같이 일정 간격으로 나누어 A~H 지점을 설정하였다. 설정된 지점에서 공간선량 분포를 확인하기 위해 바닥으로부터 1 m 높이에서 수술 테이블과의 거리를 표면방사선량률 측정 기준인 10 cm를 포함하여 50, 100, 150, 200 cm까지 거리별로 공간선량을 평가하였다.



**Fig. 2.** Points of workers for spatial scattering dose evaluation in the operating room

모의실험 내 관심지점(tally)은 F5 tally를 이용하여, 설정된 각 지점 좌표에서 반경 1 cm 구에 입사되는 광자플루언스율(particles/cm<sup>2</sup>·sec·electron)을 획득하였다. 모의실험의 반복 횟수(nps)는 16×10<sup>8</sup>번 이상 수행하였으며, 결과에 대한 불확도(uncertainty)를 3% 이내로 줄였다.

수술실 내 의료종사자의 직무피폭을 추정하고자, 각 관전압에 따른 촬영조건(5 mA, 1 sec)을 기준으로 획득한 입자 플루언스율을 식(1)에 대입하여, 흡수선량률(Gy/h·e)으로 산출하였다[13].

$$\dot{D} = \frac{\Phi \times E \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J/MeV} \times \mu_m}{\rho_m \times 1 \frac{\text{J/kg}}{\text{Gy}}} \quad (1)$$

$\dot{D}$  : 흡수선량률 (Gy)

$\mu_m/\rho_m$  : 물질의 질량에너지흡수계수 (cm<sup>2</sup>/kg)

$\Phi$  : 입자 플루언스율 (particles/cm<sup>2</sup>·sec)

E : 에너지 (MeV/photon)

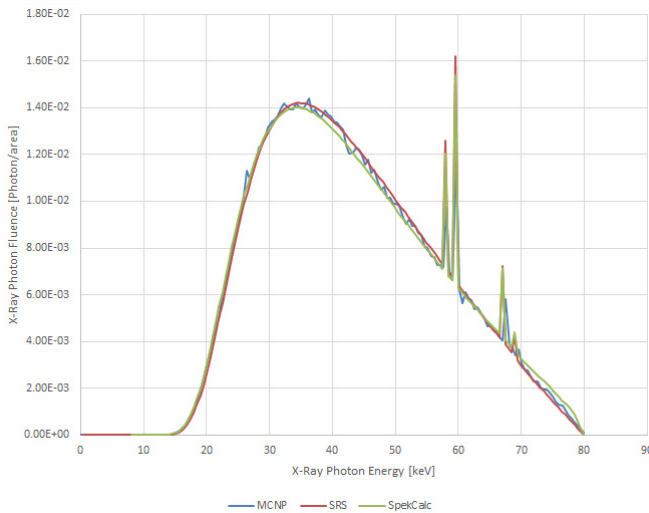
III. 결과

1. 이동형 X선 투시장치의 X선 스펙트럼 분포

첫 번째로, 관전압에 따른 평균 에너지의 경우 Table 2와 같이 SRS, SpekCalc 과 모의실험 내 산정한 스펙트럼과의 상대오차는 모든 조건에서 0.5% 이내로 나타났다. 두 번째로, 특성 X선의 경우, Fig. 3과 같이 관전압 80 kVp 이상부터 58.1, 59.6, 67.6, 69.6 keV에서 측정되었으며, 1% 이내의 상대오차를 나타냈다.

**Table 2.** MCNPX, SRS, SpekCalc average Energy & Characteristic Peak

	MCNPX		SRS		SpekCalc	
	mean	characteristic Peak	mean	characteristic Peak	mean	characteristic Peak
40 kVp	28.5	-	28.2	-	28.6	-
50 kVp	32.5	-	32.4	-	32.8	-
60 kVp	36.2	-	36.2	-	36.5	-
70 kVp	39.6	-	39.7	-	39.9	-
80 kVp	43	58.1, 59.6, 67.6, 69.6	43.3	58, 59.5, 67, 69	43.3	58, 59.5, 67, 69
90 kVp	46.1	58.1, 59.7, 67.6, 69.6	46.6	58, 59.5, 67, 69	46.6	58, 59.5, 67, 69
100 kVp	48.9	58.2, 59.7, 67.7 69.7	49.6	58, 59.5, 67, 69	49.5	58, 59.5, 67, 69
110 kVp	51.5	58.2, 59.7, 67.7 69.7	52.3	58, 59.5, 67, 69	52.2	58, 59.5, 67, 69



**Fig. 3.** Comparison of X-ray Spectrum Distributions at 80 kVp

**2. 수술실 내 이동형 X선 투시장치 사용 시 공간선량 분포**

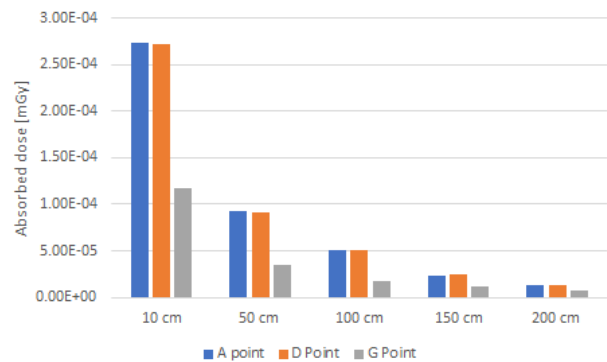
1) 거리에 따른 공간선량 분포

거리에 따른 공간선량 분포 결과, 표면방사선량률로 정의된 수술 테이블과의 10 cm 거리에서 80 kVp 관전압 기준, A point  $2.74 \times 10^{-4}$  mGy, D point  $2.72 \times 10^{-4}$  mGy, G point  $1.18 \times 10^{-4}$  mGy으로 수술 집도의, 보조의, 마취의가 위치하는 지점에서 가장 높은 공간선량 분포를 나타내었다(Table 3). 앞선 결과를 통해 상대적으로 높은 선량분포를 나타낸 A, D, G 지점의 거리에 따른 공간선량은 100 cm 기준 A point  $5.15 \times 10^{-5}$  mGy으로 10 cm 대비 19%, D point  $5.12 \times 10^{-5}$  mGy으로 10 cm 대비 19%, G point  $1.73 \times 10^{-5}$

mGy으로 10 cm 대비 15% 감소되었다. 그 외 거리별 공간선량 분포는 Fig. 4와 같이 거리역자승법칙에 따라 점차 감소하였다.

**Table 3.** Absorbed dose at 10 cm point when using a portable X-ray fluoroscopy device

Location	Absorbed dose (mGy)
A point	$2.74 \times 10^{-4}$
B point	$7.39 \times 10^{-5}$
C point	$2.49 \times 10^{-5}$
D point	$2.72 \times 10^{-4}$
E point	$7.20 \times 10^{-5}$
F point	$2.35 \times 10^{-5}$
G point	$1.18 \times 10^{-4}$
H point	$9.52 \times 10^{-6}$



**Fig. 4.** Distribution of absorbed dose according to distance from A, D, and G points

2) 관전압 조건에 따른 공간선량 분포

수술 부위 및 자세에 따른 검사 조건변화를 고려하여 관전압 조건에 따른 거리별 공간선량을 비교 분석하였다. 그 결과, 앞서 평가한 결과와 유사하게 수술 집도의, 보조의, 마취의가 위치하는 A, D, G 지점에서 높은 선량 분포를 나타내었다. 관전압에 따른 선량 변화는 수술 테이블과의 10 cm 거리에서 관전압 110 kVp 기준, A point에서  $1.11 \times 10^{-3}$  mGy으로 40 kVp의 선량 대비 약 219배 높은 선량을 보였으며, D point에서  $1.22 \times 10^{-3}$  mGy으로 40 kV의 선량 대비 275배 높은 선량 분포를 나타내었다. 또한 G point에서는 관전압 조건 110 kVp 사용 시  $5.08 \times 10^{-4}$  mGy으로 40 kVp의 선량 대비 245배 높은 선량을 보였다. 이러한 결과에 따라 이동형 X선 투시촬영장치의 관전압 증가에 따른 X선 강도의 증가로 인해 공간선량도 전체적으로 증가함을 알 수 있었다(Fig. 5). 관전압별 거리에 따른 공간선량 분포는 앞선 결과와 동일하게 거리역자승법칙에 따라 점차 감소하였다.

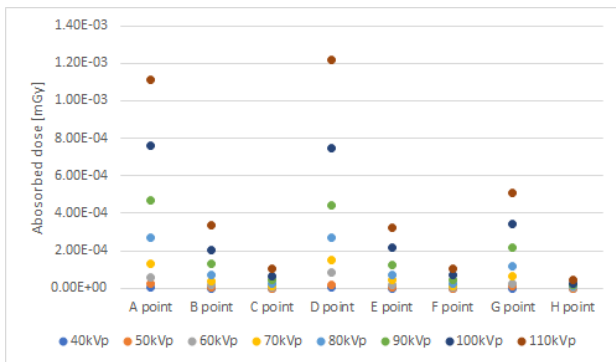


Fig. 5. Distribution of absorbed dose according to tube voltage and distance at each point

IV. 고 찰

수술실 내 이동형 X선 투시장치는 수술 시 다양한 이점을 제공하지만, 무분별한 사용은 방사선 피폭으로 인한 방사선 장애의 우려가 있다. 그러나 현재 국내 의료기관별로 수술실 의료종사자의 방사선관계종사자의 등록 절차가 이뤄지지 않는 등 방사선 안전관리에 대한 관리가 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 수술실 내 이동형 X선 투시장치 사용 시, 불규칙한 산란선에 대한 공간선량 분포를 평가하고자 모의실험을 진행하였다.

본 연구의 결과에 따르면, 첫 번째, 모의실험에서 평가한 광자 스펙트럼의 경우 기존 SRS, SpekCalc 프로그램과 비교 시 모든 조건에서 0.5% 이내의 상대오차를 나타내었으며, 이는 모의실험 내 모사한 이동형 X선 투시촬영장치의

선원항에 대한 신뢰성을 확보한 것으로 판단된다.

두 번째, 거리에 따른 공간선량평가 결과, 모든 관전압 조건에서 거리가 멀어짐에 따라 감소하는 양상을 나타내었으며, 이는 거리역자승법칙에 따른 것으로 분석된다. 과거 도상록 외 연구에서는 수술실 이동형 X선 투시장치 사용 시 50 cm 이내 범위에 선량이 집중되어 분포한다고 보고하였으며, 본 연구에서도 이와 상응한 결과로 100 cm 지점에서 80% 이상의 선량 감소효과가 나타났다[14]. 또한 김민정 외 연구에서는 이동형 X선 투시촬영 시, 환자 및 X선관과 가장 근접 거리에 있는 집도의, 보조의 등에 대해 방사선 피폭을 줄이기 위해 거리를 둘 것을 제안하고 있다[15]. 그러나 수술 중 감염의 위험과 수술 진행 과정의 효율성 문제로 현실적 어려움이 있으며, 실시간 투시 촬영을 통해 시행하는 수술 이외에는 가급적 일정 거리를 유지하여야 할 것으로 사료된다[16].

세 번째, 관전압에 따른 공간선량평가 결과, 관전압이 증가함에 따라 공간선량 분포가 증가되는 양상을 보였으며, 특히 A point, D point, G point이 상대적으로 높은 선량을 보였다. 이러한 결과는 관전압 증가에 따른 X선 평균 에너지 증가에 기인한 것이며, X선관 및 모의피폭체와 가장 근접하게 위치하므로 2차 산란선의 영향이 가장 높은 것으로 판단된다. 또한 일반적으로 수술 집도의, 보조의, 마취의가 항상 위치하는 지점으로 피부표면, 수정체, 표재성 장기 등에 2차 산란선이 흡수될 수 있다. 이에 따라 수술실 내 의료종사자들은 이동형 X선 투시장치에 의한 방사선 피폭에 대해 간과해서는 안될 것이며, 적극적인 방사선 방호를 위한 노력이 필요하다. 하지만, 김봉희 외 연구에 따르면, 수술실 내 종사자의 방호기구 중 납 안경 착용에 대한 인식 수준이 낮다고 보고되고 있으며, 수술실 의료종사자에 대한 방사선 방호 교육이 필요하다고 생각된다[7]. 추후 수술실 내 의료종사자들이 노출되는 실제 장기선량에 대한 평가와 방사선 방호에 대한 추가적인 연구를 통해 선량 저감화를 위한 지속적인 노력이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 보수적인 선량평가를 위하여 마취의를 포함한 수술실 내 의료종사자들과 가장 근접한 위치에 X선원 및 모의피폭체를 두었다. X선원 위치에 따라 공간선량분포 결과가 상이할 수 있으나 전체적인 경향성은 판단할 수 있었다. 이를 바탕으로 추후 연구에서는 수술부위에 따라 모의피폭체 및 X선원의 위치를 설정한다면 수술실 환경에 적합한 방사선 방호대책 수립 시 중요한 기초자료가 될 것이다.

V. 결 론

모의실험을 통해 이동형 X선 투시장치 사용 시 수술실 내

의료종사자의 위치별 거리에 따른 공간선량을 분석하였다. 본 연구의 결과를 통해 일반적으로 집도의, 보조의, 마취의가 위치하는 지점의 경우, 상대적으로 높은 선량 분포를 보인다는 것을 확인하였다. 이에 따라 이동형 X선 투시장치 사용 시 최대한의 원거리 유지와 방사선 차폐 방안이 마련되어야 할 것이다. 또한 의료기관별로 수술실 내 의료종사자들의 방사선 안전관리를 위한 의무적인 방사선관계종사자 등록 절차를 통해 지속적인 선량 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

[1] Kim JW, Kim JJ. Radiation exposure to the orthopaedic surgeon during fracture surgery. *Journal of the Korean Orthopaedic Association*. 2010 Apr; 45(2):107-13.

[2] Bae SY, Kim JO, Yu JD, Yoon SY, Jeong JW. Radiation exposure from fluoroscopy during orthopaedic surgical procedures. *Journal of The Korean Fracture Society*. 2001 Oct;14(4):792-8.

[3] Health Insurance Review&Assessment Service. 2020 Status of equipment retention in medical institutions. *Healthcare Bigdata Hub*; 2021.

[4] Seong KJ, Kong CG, Dong KR. A Study on the management of radiation workers exposure dose. *Journal of Radiation Industry*. 2020 May;14(3): 273-85.

[5] Ministry of Food and Drug Safety. Safety Guidelines for Medical Radiation Staff. No.40; 2014.

[6] Korea Intern Resident Association. Radiation Exposure Experience Survey; 2018.

[7] Kim BH, Kim JJ. A study on knowledge, perception, self-efficacy, and performance on radiation protection among perioperative workers in terms of radiation protection. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2017 May;18(5):343-54.

[8] Jung HM, Won DY, Kwon TG, Jung JE. Measurement of space dose distribution during exposure Micro Computed Tomography (Micro-CT) for scattering rays. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2013 Feb;7(1):45-50.

[9] Cranley K, Gilmore BJ, Fogarty GWA, Deponds L. IMPEM report 78: Catalogue of diagnostic X-ray spectra and other data. *The Institute of Physics and Engineering in Medicine*; 1997.

[10] Bujila R, Omar A, Poludniowski G. A validation of SpekPy: A software toolkit for modelling X-ray tube spectra. *European Journal of Medical Physics*. 2020 Jun;75:44-54.

[11] Aisan Institute for Bioethics and Health Law. Improvement of facility standards in medical institutions. *Ministry of Health and Welfare Report*; 2013.

[12] ICRP, 2010. Radiological protection in Fluoroscopically Guided Procedures outside the Imaging Department. *ICRP Publication 117, Annal of the ICRP*. 2010; 40(6).

[13] Lee DY, Lee JS. Evaluation of the space scattered dose according to the position of the radiation workers in mammography room. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2016 Aug;39(3):297-303.

[14] Do SL, Cho PK, Kim SJ, Kyung JD. Measurement of spatial scattered dose distribution according to presence or absence of radiation shielding in the operating room. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2017 Dec;40(4):549-56.

[15] Kim MJ, Kim JH. Radiation exposure and protection for eyes in pain management. *Anesthesia & Pain Medicine*. 2017;12(4):297-305.

[16] Choi JG, Kim GS, Kim BG, Ahn NJ, Kim HS, Kim SG, et al. Improvement way for mobile X-ray examinations by rule revision about safety management of diagnosis radiation occurrence system. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2007;30(1):53-9.

구분	성명	소속	직위
제1저자	김정훈	부산가톨릭대학교 방사선학과	교수
교신저자	신엄현	동남권원자력의학원 영상의학과	방사선사