

## &lt;원저&gt;

## 소아 X선 촬영조건 변화에 따른 소아 및 촬영보조자 선량

장범진·남하윤·신혜민·윤동민·이승국·장인화·김성철

가천대학교 방사선학과

## Doses of Pediatric and X-ray Examination Assistants according to Changes in Pediatric X-ray Exposure Conditions

Beom-Jin Jang·Ha-Yun Nam·Hye-Min Shin·Dong-Min Yun·Seung-Kook Lee·In-Hwa Jang·Sungchul Kim

Department of Radiological science, Gachon University

**Abstract** Although pediatric X-ray examinations are continuously increasing, there are not many studies on the radiation exposure to children and X-ray examination assistants according to X-ray Exposure conditions. Accordingly, we measured the radiation exposure dose of pediatric and X-ray examination assistants according to the standard guidelines and clinical average X-ray Exposure conditions when X-ray examination 10-year-old children. The effective dose and organ dose to pediatric were measured using an Dose area production meter and Monte Carlo-based PCXMC program, and the exposure dose of X-ray examination assistants was measured using an ion-chamber. When performing abdominal supine AP projection, the effective dose to children was up to 2.38 times higher under clinical average X-ray Exposure conditions than the standard guidelines. In addition, during abdominal supine AP projection, the radiation exposure dose to the X-ray examination assistants was highest on the hands at 0.0148 ~ 0.0709 mSv, and exposure dose could be reduced by up to 35% when wearing protective gloves. In conclusion, because the X-ray Exposure conditions used in clinical are unnecessarily high, unnecessary medical radiation exposure could be reduced if appropriate X-ray Exposure conditions and the radiation field area were minimized and the assistant wore shielding gloves.

**Key Words:** Pediatric, Exposure conditions, Effective dose, Organ dose, X-ray examination assistants

**중심 단어:** 소아, 촬영조건, 유효선량, 장기선량, 촬영보조자

## 1. 서론

의료방사선 검사, 특히 X선 촬영의 수요는 최근 들어 급증하고 있으며, 이는 불가피하게 피폭선량의 증가를 초래하고 있다. 미국국립과학원(national academy of sciences)의 이온화 방사선의 생물학적 영향(biological effects of ionizing radiation; BEIR VII report) 보고서에 의하면 저선량 방사선에서 문턱선량 값이 없이 소량의 방사선만으로도 암 발생 위험이 높아질 수 있다는 것을 경고하였다[1]. 또한 성장기 어린이는 어른보다 남은 생애가 길고, 세포분열이 활발하여 잠복기를 거친 후 암이 발생할 가능성이 높기

때문에 소아 방사선검사에서는 방사선 노출에 각별한 주의를 기울여야 한다[2-4]. 소아 환자의 경우는 성인에 비해 검사의 빈도수는 낮지만 적은 양의 전리 방사선에 피폭되더라도 장애가 발생하기 더 쉽고, 치명적인 암의 경우 발생률이 있다. 특히 체구가 작은 소아의 경우 인체 두께에 의한 방사선의 차폐효과가 작아져서 동일한 조건으로 X선을 조사했을 때 상대적으로 소아환자가 받는 선량이 더 클 것으로 예상된다라는 보고도 있다[5]. 또한 BEIR VII report[1]에 의하면 10세 소아에게 0.1 Gy 조사 시 암 발생률은 성인의 암 발생률에 비해 남성의 prostate는 약 1.4배, thyroid는 약 2.4배이며, 여성의 ovary는 약 1.5배, thyroid는 2.5배

Corresponding author: Sung-Chul Kim, Department of Radiological Science, Gachon University, 191 Hambakmoe-ro, Yeonsu-gu, Incheon city, 21936, Republic of Korea / Tel: +82-32-820-4364 / E-mail: ksc@gachon.ac.kr

Received 24 September 2023; Revised 06 October 2023; Accepted 10 October 2023

Copyright ©2023 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

로 증가한다.

소아 환자는 방사선에 민감할 뿐 아니라 정서적 안정의 이유로 보조자의 도움 없이는 촬영에 협조하기가 어려운 실정이다. 그럼에도 불구하고 성인의 X선 검사 시 촬영보조자에 관한 연구는 진행된 바 있으나[6-7], 소아 X선 촬영보조자와 관련한 연구는 미비한 상황이며, 촬영보조자로 참여하는 보호자들이 의료방사선에 노출되는 상황에 대한 규제나 관리도 없는 실정이다[8]. 광 등[9]의 연구에 따르면 소아 X선 검사 시 보조자의 방사선피폭이 해로운 영향을 미친다고 생각하는 사람이 45.3%인데, 그렇지 않다고 답한 사람도 17.1%나 차지하고 있는 것과 같이 방사선 피폭에 대한 경각심이 높지 않은 것도 하나의 문제점으로 보여진다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 식품의약품안전처에서 5세 소아 일반 영상의학검사의 표준촬영 가이드라인[10]을 제시하고 있지만, 실제 초등학교 생활 등 외부활동 증가에 따른 검사건수가 증가하는 10세 정도의 촬영에 관한 가이드라인은 없으며[11], 김 등[12]에 의한 식품의약품안전처 보고서에서 표준촬영기법을 제시하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 지금까지 연구가 많지 않은 10세 소아 촬영 시 관전압, 관전류량, 조사야 면적[13] 등 촬영조건변화에 따라서 소아의 유효선량 및 장기선량의 변화에 대해 알아보고, 또한 이러한 촬영조건변화에 따른 촬영보조자의 피폭선량을 측정하여, 불필요한 피폭선량 저감을 위한 방법을 제시하고자 한다.

## II. 실험 재료 및 방법

선량 측정을 위하여 X선 발생장치(REX-525RF, Listem, Korea)의 테이블 위에 10세 소아팬텀(ATOM Dosimetry Verification Phantom Model 706-G, CIRS, Virginia, USA)을 supine 자세로 위치시킨 다음 초점-디텍터 간 거리를 100 cm으로 하였다. 기본 실험의 배치는 김 등[12]이 제시한 10세 소아 영상의학검사 표준촬영기법을 참고하여 두부 전·후면 (Anterior-Posterior; AP)촬영은 비근점을

향하여 X선을 수직 입사하였으며, 복부 바로 누운 AP 촬영은 배꼽 위 2.5 cm 지점에 X선을 수직 입사하였다. 또한 촬영보조자용 팬텀(PBU-50 X-ray Man, Kyoto Kagaku, Japan)을 소아팬텀 옆에 위치시켜서 촬영보조자의 피폭선량을 측정하였다(Fig. 1).

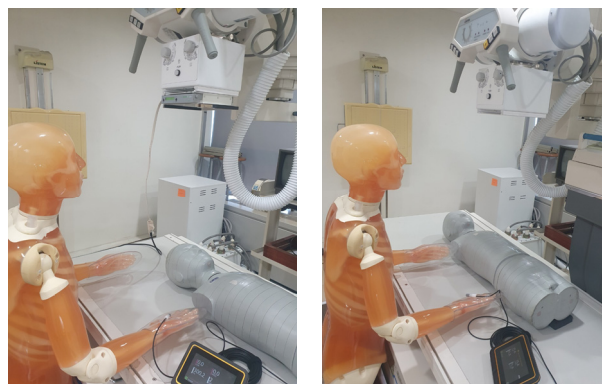


Fig. 1. Dose measurement layout for pediatric X-ray examination, a) skull AP, b) abdomen supine

선량 측정은 김 등이 제시한 표준촬영기법의 관전압, 관전류량으로 선량을 측정하였으며, 또한 실제 임상에서 사용하고 있는 평균촬영조건[12]의 관전압, 관전류량으로 각 각 비교실험을 하였다. X선 조사면적은 임상에서 사용하고 있는 평균촬영조건에 대한 자료가 없어서 표준촬영기법에서 제시된 조사야 면적 두 가지를 임상 평균촬영조건에서도 동일하게 적용하여 실험하였다(Table 1).

### 1. 소아 장기선량 계산

두부 AP 및 복부 바로 누운 AP 촬영 시 촬영조건변화에 따른 유효선량과 장기선량은 면적선량계(KermaX Plus, IBA Dosimetry, Schwarzenbruck, Germany)와 정확성 및 유효성이 충분히 검증된[14-15] 몬테카를로시뮬레이션 기반의 PCXMC dose calculations ver. 2.0.1.4 (STUK, Finland)을 사용하여 총 6개 부위의 장기선량과 유효선량(ICRP 103 기준)을 계산하였다. PCXMC 프로그램에서 팬

Table 1. Dose measurement exposure conditions

Exposure method	Skull AP				Abdomen supine			
	kV	mAs	Min. field size(cm <sup>2</sup> )	Max. field size(cm <sup>2</sup> )	kV	mAs	Min. field size(cm <sup>2</sup> )	Max. field size(cm <sup>2</sup> )
Standard guidelines	85	6.4	20 × 25	25 × 30	75	6.3	25 × 30	35 × 35
Clinical mean exposure conditions	70	16			69	14		

텀 data 항목은 10세 팬텀의 키 140 cm, 몸무게 32 kg으로 실험용 팬텀의 사양을 사용하였으며, 몬테카를로 시뮬레이션 파라미터로 프로그램에서 권고하는 최댓값인 최대 에너지는 150 keV, X선 광자 수는 20,000으로 세팅하였다. 두부 및 복부 부위별 촬영조건으로 면적선량을 각각 5회씩 측정하여 평균값을 PCXMC 프로그램의 Input dose value값으로 사용하였다(Fig. 2).

## 2. 촬영보조자 선량 측정

촬영보조자의 선량은 두부 AP 및 복부 바로 누운 AP촬영 시 촬영보조자의 위치는 두부측면과 복부측면에 위치시키면서 촬영조건별 피폭선량을 측정하였다. 전리함 선량계(chamber; 10×6-0.6, Reader; AGT-AD, Radcal, USA)를 이용하여 손(X선 차폐용 장갑 착용 시, X선 차폐용 장갑 미착용 시), 흉부, 갑상선, 안구위치에서 각각 5회씩 측정하였다. Model 10×6-0.6 전리함선량계로 측정한 이유는 저선량부터 고선량까지 측정이 가능하면서, 30 keV의 에너지 측정이 가능하고, 측정기 크기가  $\phi 9 \text{ mm} \times 21 \text{ mm}$ 로 작기 때문에 측정위치에 따른 정확한 선량 측정이 가능하기 때문에 본 실험에 사용하였다. 실험에 사용한 X선 차폐용 장갑은 무납제품인 Kiran사의 CNXPG20 (납당량 0.02 mm at 60 kV)을 사용하였다.

## III. 결 과

### 1. 소아장기선량

두부 AP촬영 시 표준촬영조건으로 촬영 시는 조사면적에 따른 유효선량은  $20 \times 25 \text{ cm}^2$  및  $25 \times 30 \text{ cm}^2$ 에서 각각 0.0227, 0.0334 mSv였다. 하지만 임상에서 사용 중인 평균 촬영조건으로 촬영했을 경우에는 각각 0.0433, 0.0557 mSv로 표준촬영조건에 비해 최대 2.45배 증가하였다(Table 2). 장기선량은 인체 상부에 위치한 thyroid에서 가장 높게 나타났다.

및 복부 바로 누운 AP촬영 시 유효선량은 표준촬영 ( $25 \times 30 \text{ cm}^2$ )에서는 0.0737 mSv로 최소로 나타났고, 임상 평균촬영조건 ( $35 \times 35 \text{ cm}^2$ )에서 0.1752 mSv로 2.38배의 차이가 나타났으며, 장기선량은 Testicles과 Ovaries에서 가장 높게 나타났다(Table 3). 특히 Testicles 은 최대 1.0941 mSv로 나타나 차폐가 필요해 보였다.

### 2. 촬영보조자 선량

두부 AP촬영 시 촬영보조자의 선량은 낮은 촬영조건 및 얇은 피사체 특성으로 손을 제외하고는 거의 측정되지 않

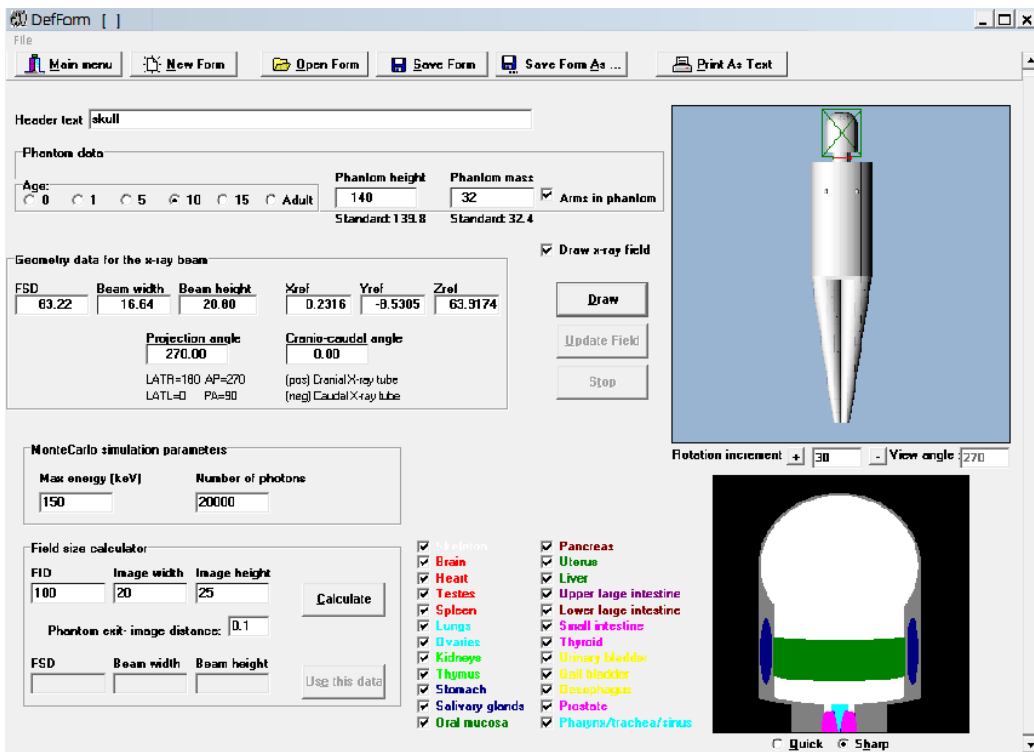


Fig. 2. Calculation of pediatric organ dose using Monte Carlo-based PCXMC

있으며, 낮은 납당량의 방어용장갑을 착용하더라도 최대 0.0157 mSv인 피폭선량이 0.0009 mSv로 낮게 측정되었다 (Table 4).

복부 바로 누운 AP촬영 시는 조사면적이 증가하기 때문

에 Skull 촬영시보다 보조자의 선량이 높게 나타났다. 오른 손의 경우 최소 0.0139 mSv에서 최대 0.0670 mSv로 4.8배 차이를 나타냈으며, 차폐용 장갑 착용 시는 최대 35%로 감소시킬 수 있었다(Table 5).

**Table 2.** Pediatric organ dose during skull AP projection according to exposure conditions

Exposure method	Field size (cm <sup>2</sup> )	DAP (mGycm <sup>2</sup> )	Effective dose (mSv)	Organ dose (mSv)					
				Thyroid	Lung	Breast	Ovaries	Testicles	Bone marrow
Standard guidelines	20 × 25	179,0 ± 0,11	0,0227	0,2373	0,0025	-	-	-	0,0290
	25 × 30	264,2 ± 0,12	0,0334	0,4831	0,0081	0,0020	-	-	0,0333
Clinical mean exposure conditions	20 × 25	326,1 ± 0,16	0,0433	0,4557	0,0034	0,0020	-	-	0,0436
	25 × 30	501,2 ± 0,09	0,0557	0,9663	0,0098	0,0020	-	-	0,0508

**Table 3.** Pediatric organ dose during abdominal supine AP projection according to exposure conditions

Exposure method	Field size (cm <sup>2</sup> )	DAP (mGycm <sup>2</sup> )	Effective dose (mSv)	Organ dose (mSv)					
				Thyroid	Lung	Breast	Ovaries	Testicles	Bone marrow
Standard guidelines	25 × 30	219,3±0,15	0,0737	-	0,0024	-	0,1247	0,4163	0,0252
	35 × 35	338,5±0,16	0,0979	-	0,0042	-	0,1674	0,4976	0,0330
Clinical mean exposure conditions	25 × 30	425,2±0,08	0,1307	0,0002	0,0043	0,0027	0,3011	1,0792	0,0536
	35 × 35	654,3±0,09	0,1752	0,0002	0,0132	0,0030	0,3407	1,0941	0,0681

**Table 4.** X-ray examination assistants dose during skull AP projection according to exposure conditions

Exposure method	Field size (cm <sup>2</sup> )	Organ dose (mSv)						
		Rt. hand	Lt. hand	Rt. protection glove	Lt. protection glove	Chest	Thyroid	Eyeball
Standard guidelines	20 × 25	0,0009 ± 0,45	0,0009 ± 0,54	-	-	-	-	-
	25 × 30	0,0087 ± 0,4	0,0078 ± 0,45	-	-	-	-	-
Clinical mean exposure conditions	20 × 25	0,0009 ± 0,41	0,0017 ± 0,32	-	-	-	-	-
	25 × 30	0,0157 ± 0,31	0,0148 ± 0,31	0,0009 ± 0,24	0,0009 ± 0,31	0,0002 ± 0,26	-	-

**Table 5.** X-ray examination assistants dose during abdominal supine AP projection according to exposure conditions

Exposure method	Field size (cm <sup>2</sup> )	Organ dose (mSv)						
		Rt. hand	Lt. hand	Rt. protection glove	Lt. protection glove	Chest	Thyroid	Eyeball
Standard guidelines	25 × 30	0,0139 ± 0,00	0,0157 ± 0,03	0,0002 ± 0,00	0,0001 ± 0,00	0,0001 ± 0,00	-	-
	35 × 35	0,0365 ± 0,01	0,0374 ± 0,04	0,0165 ± 0,06	0,0183 ± 0,04	0,0007 ± 0,02	-	-
Clinical mean exposure conditions	25 × 30	0,0244 ± 0,13	0,0252 ± 0,12	0,0087 ± 0,15	0,0087 ± 0,20	0,0002 ± 0,21	-	-
	35 × 35	0,0670 ± 0,16	0,0748 ± 0,15	0,0331 ± 0,15	0,0340 ± 0,23	0,0015 ± 0,25	0,0007 ± 0,27	0,0006 ± 0,19

## IV. 고 찰

증가되고 있는 소아 방사선촬영에 따른 불필요한 피폭선량을 줄이기 위해 우리나라 및 외국에서도 여러 노력을 기울이고 있다[10,16].

하지만 실제 촬영 조건변화에 따라서 소아 장기선량 및 소아 촬영시 꼭 필요한 보조자의 피폭선량에 대한 국내 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 소아 두부 AP 및 복부 바로 누운 AP촬영시 촬영조건에 따른 소아선량 및 보조자 선량에 대해 알아 보았다.

소아 두부 AP 촬영 시의 유효선량은 0.0227~0.0557 mSv로 0.025 mSv인 Earl 등[17]의 보고와 비슷하게 나타났다지만 복부 바로 누운 AP촬영시의 유효선량은 0.0737~0.1752 mSv로 Earl 등의 결과보다 5.6~13.4배 높게 나타났다. 복부 바로 누운 AP촬영 시의 유효선량이 높은 이유는 관전압 및 mAs의 값이 우리나라에서 더 높게 사용하고 있기 때문으로 사료된다.

표준촬영조건과 실제 임상에서 사용 중인 평균 촬영조건에서의 유효선량은 두부 AP검사의 경우 최대 2.45배 높게 나타났으며, 복부 바로 누운 AP촬영에서는 2.38배 높게 측정되었다. 이는 실제 임상에서 사용하는 관전압, 관전류 등 조건이 높았기 때문이며, 조사야 면적이 커질수록 선량이 증가하는 것을 알 수 있었다. 주요장기선량은 소아특성상 피사체의 크기가 작기 때문에 검사부위에 가까운 장기선량만 영향을 받고 멀리 위치한 장기에는 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있었다.

촬영보조자 피폭선량은 소아와 가깝게 위치하는 손 부위에서의 선량이 두부 AP촬영에서는 최대 0.0153 mSv, 복부 바로 누운 AP촬영에서는 0.0709 mSv가 측정되어 산란선의 발생이 많은 복부 바로 누운 AP촬영 시 촬영보조자의 피폭선량이 4.63배 증가하였으며, 다른 위치에서의 피폭선량 영향은 크게 나타나지 않았다. 촬영보조자에게 차폐용 장갑을 착용시킨 경우에는 그렇지 않은 경우에 비해 약 35%로 차폐 효과가 있었다. 이러한 결과는 곽 등[9]의 보고에서 소아 방사선촬영 시 방어복 착용이 방사선피폭을 줄일 수 있다고 생각하는 사람이 67.6%였지만, 방사선사가 촬영보조자를 위하여 방사선피폭을 줄이기 위해 노력하지 않는다가 17.6%나 차지하고 있는 것을 보면 알 수 있듯이 보조자에 대한 방사선 저감을 위해 더 많은 노력이 필요함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 일부 검사 부위의 촬영 방법에 한정적으로 실험을 진행하였다. 또한 2014년 이후 소아촬영조건에 대한

연구가 없었으며, 기존 연구에서 병원 규모 등에 따른 촬영 조건에 대한 자료가 없기에 실험에 적용한 촬영조건이 지금과는 다소 차이가 발생 할 수 있다는 것은 연구의 제한점으로 보인다. 전리함선량계는 크기가 작아 인체 부위별 선량 측정에 유리한 TLD 등 보다 저선량을 측정할 수 있는 장점 때문에 본 실험에서 적용하였지만, 에너지 의존성에 따른 낮은 에너지의 산란선 측정에는 일부 제한점이 있었던 것으로 사료된다. 추후 다양한 부위의 여러 촬영 방법별로 관련 연구를 지속적으로 한다면 최소의 선량으로 좋은 영상을 제공할 수 있는 연구의 방향성을 제시하는데 중요한 역할이 될 것이라 기대된다.

## V. 결 론

본 연구는 X선 촬영 시 조사야 면적에 따른 소아의 장기선량과 차폐용 장갑 착용 유무에 따른 보조자의 피폭선량을 측정해 보고자 하였다.

방사선에 민감한 소아 X선 촬영 시는 적절한 관전압, 관전류의 촬영조건을 적용해야 하며, 조사야 면적을 최소화하면 유효선량 최대 32%정도 낮출 수 있었다. 또한 소아촬영 특성상 촬영보조자의 손이 소아에 가깝게 위치하기 때문에 차폐용 장갑은 꼭 착용하여 촬영보조자의 불필요한 의료피폭을 줄일 수 있도록 해야 할 것이다.

## REFERENCES

- [1] BEIR VII Report: Health risks from exposure to low levels of ionising radiation: BEIR VII Phase 2. The National Academies Press, Washington DC; 2006. Retrieved from <https://nap.nationalacademies.org/read/11340/chapter/1>
- [2] Jung AY. Medical radiation exposure in children and dose reduction. *Journal of the Korean Medical Association*. 2011;54(12):1277-83. DOI: <https://doi.org/10.5124/jkma.2011.54.12.1277>
- [3] Rhee DB, Kim JK, Lee JM. A study on the comparison of radiation exposure dose and image quality of phantom chest radiography using radiographic assist device. *New Physics: Sae Mulli*. 2018;68(7): 801-11. DOI: <https://doi.org/10.3938/NPSM.68.801>
- [4] Jeung SH, Han BH, Jung HR. Evaluation of image

- quality when using grid during child chest x-ray examination. *Korean Association for Radiation Protection*. 2017;40(3):371-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2017.40.3.03>
- [5] Park SH, Lee CS, Kim WR, Lee JK. Investigation of organ dose difference of age phantoms for medical X-ray examinations. *J. Korea Asso. Radiat. Prot.* 2003;28(1):35-42. Retrieved from [https://www.jrpr.org/upload/pdf/BSBOB5\\_2003\\_v28n1\\_35.pdf](https://www.jrpr.org/upload/pdf/BSBOB5_2003_v28n1_35.pdf)
- [6] Heo YJ, Kim KT, Cho CH, Kang SM, Park JK, Kang SS, et al. Measurement of comparison to scattering dose space according to the presence or absence of protective clothing in the x-ray room. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2012;6(4):313-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2012.6.4.313>
- [7] Seo SY, Han MS, Kim CG, Jeon MC, Kim YK, Kim GJ. A study on the usefulness of a fusion model designed cloak shield to reduce the radiation exposure of the assistant during CT of severely injured patient. *Journal of the Korea Convergence Society*. 2017;8(9):211-6. DOI: <https://doi.org/10.15207/JKCS.2017.8.9.211>
- [8] Kim CB, Dong KR. Radiation shoot young child: Environment and real fact Radiation shoot young child. *J. of Advanced Engineering and Technology*. 2014;7(4):185-90. Retrieved from [file:///C:/Users/GC/Downloads/KCI\\_FI001950175%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/GC/Downloads/KCI_FI001950175%20(1).pdf)
- [9] Kwak JH, Jeong JB. A study on the guardian's perception of attending patient in pediatric radiography. *J. Korean Soc. Radiol.* 2014;8(4):189-201. DOI: <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2014.8.4.189>
- [10] Ministry of Korean Food & Drug Safety. Standard guidelines for pediatric general radiology examinations), Radiation Safety Management Series No.35; 2013. Retrieved from [https://www.mfds.go.kr/brd/m\\_1060/view.do?seq=12327&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm\\_seq\\_1=0&itm\\_seq\\_2=0&multi\\_itm\\_seq=0&company\\_cd=&company\\_nm=&page=92](https://www.mfds.go.kr/brd/m_1060/view.do?seq=12327&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=92)
- [11] Kang AR, Lee IJ, Ahn SM. Comparison of ESD and major organ absorbed doses of 5-year-old standard guidelines and clinical exposure conditions. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2017;40(3):355-61. DOI: <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2017.40.3.01>
- [12] Kim HS, Park SM, Lee SY, Baek SM, Chae SY, Park JH, et al. Development of the diagnostic reference level of pediatric radiography (10 years old). Ministry of Korean Food & Drug Safety, 14171Radiation430; 2014. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201500007469>
- [13] Kim JH, Sung DW, Kim JW, Shin JH, Lee SK, Jung KI, et al. Nationwide survey of the x-ray beam collimator utilization in general diagnostic radiograph. *Progress in Medical Physics*. 2013;24(2):119-26. DOI: <https://doi.org/10.14316/pmp.2013.24.2.119>
- [14] Tapiovaara M, Siiskonen T. PCXMC A Monte Carlo program for calculating patient doses in medical xray examinations. 2nd ed, Report STUK-A139 2008, Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland (STUK); 2008. Retrieved from [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=PCXMC+A+Monte+Carlo+program+for+calculating+patient+doses+in+medical+x%E2%80%90ray+examinations+\(2nd+Ed.\)&publication\\_year=2008&](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=PCXMC+A+Monte+Carlo+program+for+calculating+patient+doses+in+medical+x%E2%80%90ray+examinations+(2nd+Ed.)&publication_year=2008&)
- [15] Servomaa A, Tapiovaara M. Organ dose calculation in medical X-ray examinations by the program PCXMC. *Radiat Prot Dosimetry*. 1998;80:213-9. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032509>
- [16] Johnson K. Reducing unnecessary skull radiographs in children: A multidisciplinary audit. *Clin Radiol*. 2004;59(7):616-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crad.2003.11.019>
- [17] Earl VJ, Potter AOG, Perdomo AA. Effective doses for common paediatric diagnostic general radiography examinations at a major Australian paediatric hospital and the communication of associated radiation risks. *J Med Radiat Sci*. 2023;70(1):30-9. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmrs.632>

구분	성명	소속	직위
제1저자	장범진	가천대학교 방사선학과	학부생
공동저자	남하윤	가천대학교 방사선학과	학부생
공동저자	신혜민	가천대학교 방사선학과	학부생
공동저자	윤동민	가천대학교 방사선학과	학부생
공동저자	이승국	가천대학교 방사선학과	학부생
공동저자	장인화	가천대학교 방사선학과	학부생
교신저자	김성철	가천대학교 방사선학과	정교수