

## 〈원저〉

# 비스무스 차폐체 개발을 통한 소아 방사선검사의 피폭에 관한 연구

김훈<sup>1,2)</sup>·김용근<sup>2)</sup>·김준년<sup>2)</sup>·위승현<sup>2)</sup>·박은경<sup>1,3)</sup>·채명준<sup>1,4)</sup>·백부길<sup>1,5)</sup>·김은혜<sup>1)</sup>·임청환<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>한서대학교 보건의료학과·<sup>2)</sup>한림대학교 동탄성심병원 영상의학과·<sup>3)</sup>천안충무병원 심장검사실·

<sup>4)</sup>호원대학교 방사선관리실·<sup>5)</sup>한림대학교 동탄성심병원 방사선종양학과

## Pediatric Radiation Examination by Development of Bismuth Shield Research on Radiation Exposure

Hoon Kim<sup>1,2)</sup>·Yong-Keun Kim<sup>2)</sup>·Joon-Nyeon Kim<sup>2)</sup>·Seung-Hyun Wi<sup>2)</sup>·Eun-Kyung Park<sup>1,3)</sup>·

Myung-Jun Chae<sup>1,4)</sup>·Bu-Gil Baek<sup>1,5)</sup>·Eun-Hye Kim<sup>1)</sup>·Cheong-Hwan Lim<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Radiological Science, Hanseo University

<sup>2)</sup>Dept. of Radiology, Hallym University Dongtan Sacred Heart Hospital

<sup>3)</sup>Dept. of Cardiology Laboratory, Cheonan Chungmu Hospital

<sup>4)</sup>Dept. of Radiation Management, Houwon University

<sup>5)</sup>Dept. of Radiation Oncology, Hallym University Dongtan Sacred Heart Hospital

**Abstract** Currently, with the development of technologies, X-ray examinations for medical examinations at hospital is increasing. This study was conducted to help reduce radiation exposure by measuring the exposure dose received by pediatric patients and the spatial dose of the X-ray room. Dosimeters were installed in the eyeball, thyroid gland, breast, gonads and 4 directions at a distance of 30 cm, 40 cm, 50 cm from the phantom. The dose was measured ten times each, before, and after the application of the bismuth shield under the examination conditions of the head, chest, and abdomen of pediatric patients. Under the condition of head examination, when a shielding was applied, the dose reduction rate was 68.58% for the eyeball, 72.88% for the thyroid, 84.2% for the breast, and 72.36% for the gonad. The chest examination showed reductions of 19.56% eyeball, 56.98% thyroid, 1.21% breast, and 0.68% gonad. The abdominal examination showed reduction rates of 2.6% eyeball, 10.67% thyroid, 19.85% breast, and 82.02% gonad. Spatial dose decreased by 62.25% at 30 cm, 61.16% at 40 cm, and 68.68% at 50 cm. When the bismuth shield was applied, there was a decrease in dose across all examinations, as well as a reduction in spatial dose. Continued research on the use of bismuth shields will help radiological technologists achieve their goal of dose reduction.

**Key Words:** Pediatric, Sensitive to radiation, Spatial dose, Shield, Bismuth Shielding

**중심 단어:** 소아, 방사선 감수성, 공간선량, 차폐, 비스무스 차폐체

## 1. 서론

현재 의료의 발달과 편리한 접근성으로 국민의 삶의 질은 향상되었으며, 의료보험제도 개선 및 향상에 따라 의료기관에서 진료 및 건강진단을 위해 방사선검사 횟수가 증가하고 있다. 의

료방사선을 이용한 국민 1인당 평균 연간 검사 건수는 2016년 6.1건에서 2019년 7.2건으로 증가하였으며, 이에 따른 평균 피폭선량은 2016년 1.96 mSv에서 2019년 2.42 mSv로 증가하였다. 미국, 유럽과 같은 선진국들과 비교하여 높은 증가율이 나타나고 있다. 일반방사선검사는 전산화단층검사, 치과방사선

Corresponding author: Cheong-Hwan Lim, Department of Radiological Science, Hanseo University, 46 Hanseo 1-ro, Haemi-myeon, Seosan-si, Chungcheongnam-do, 31962, Republic of Korea / Tel: +82-41-660-1056 / E-mail: lch116@hanseo.ac.kr

Received 24 May 2024; Revised 3 June 2024; Accepted 11 June 2024

Copyright ©2024 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

검사, 유방영상검사, 투시조영검사, 혈관중재시술 등에서 비율이 71.6%로 가장 높았고, 제일 빈번하게 시행되어지는 검사인 것을 알 수 있었다[1]. 또한, COVID-19로 인한 2020년에서 2022년에 의료방사선을 이용한 국민 1인당 평균 연간 검사 건수는 2020년 5.9건에서 2021년 6.4건, 2022년에는 6.8건으로 변화하였으며, 이에 따른 평균 피폭선량은 2020년 2.46 mSv에서 2022년 2.75 mSv로 증가하였다. 일반방사선검사는 전산화단층검사, 치과방사선검사, 유방영상검사, 투시조영검사, 혈관중재시술 등에서 비율이 80.2%로 가장 높았고, 빈번하게 시행되어지는 검사인 것으로 확인할 수 있었다[2].

2022년도 응급의료 통계연보에 따르면 전체 연령층에서 소아는 평균 11%에 해당하는 인구 십만 명당 11,682건으로 총 약 103만 명의 소아가 167개 응급의료센터를 방문하였으며, 소아는 집 또는 놀이시설에서의 낙상이나 이물질을 삼키거나 코, 귀에 집어넣는 등의 생활 속 안전사고에 노출되어 응급실을 찾는 소아 환자가 급격히 증가한 것으로 파악되었다. 이러한 소아의 진단을 위해 두개골과 단순 흉·복부 일반방사선검사를 주로 시행하고 있다[3].

소아는 성인에 비해 방사선 감수성이 약 10배 민감하고, 기대수명이 늘어남에 따라 방사선으로부터 유해한 영향이 발현될 시간이 많고 소아피폭의 경우 생애 사망위험이 성인에 비해 2~3배 높은 것으로 알려져 있다[4]. 또한, 소아의 방사선검사는 협조가 어렵고 움직임에 의한 재검사가 많다는 특징이 있다. 원활한 검사를 위해 동원되는 방사선사와 검사보조자(보호자)는 검사 진행 중 발생하는 방사선으로 인한 간접적인 피폭을 받을 수 밖에 없다. 병원에서 연간 평균 피폭선량은 방사선사가 0.86 mSv로 가장 높고, 장시간 지속적으로 저 선량의 방사선에 노출은 피폭에 의한 장애가 문제가 될 수 있다[5]. 최적화된 선량관리를 위해 방사선사의 자세로는 검사 시 납치마(apron)의 착용, 관심 부위(region of interest; ROI)에 국한된 적절한 조사선량의 사용, 방사선 감수성이 민감한 장기(안구, 갑상샘, 유방, 생식샘 등)에 방사선차폐 등 다양한 방법을 시행하여 적절한 차폐를 통한 최대한의 선량 감소가 요구된다[6].

현재 차폐체 물질로 주로 사용되는 납(lead, Pb)은 인체에 유해한 중금속으로서 고온(300℃)에서 액체화하여 유독가스가 발생된다. 납으로 오염된 토양은 식물과 동물에 영향을 미치고 인체에 축적되어 심각한 신경계 질환을 일으킬 수 있다[7]. 납은 무게가 무겁고, 착용이 어려워 방사선사가 장시간 착용 시 근·골격계 질환을 발생시킬 우려가 있다[8]. 이러한 단점들이 있으므로 새로운 방사선 차폐체가 연구와 함께 제시되고, 제품화되고 있다. 이중 대표적인 Bismuth재질 차폐체는 관심 영역(ROI)인 장기의 표면 위에 배치하면 30 kVp에서 최대 60.49%의 방사선차폐 성능을 보여주고, 방사선으로부터 눈, 갑상샘,

유방과 같은 표면 장기를 보호한다[9]. 그러나 현재 소아의 방사선검사에서의 적용은 활성화되지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 가볍고 사용하기 용이하며, 선량 감소 효과가 우수하고, 가공이 편리한 Bismuth로 아크릴 차폐체를 제작하여 소아 방사선검사 시 피폭선량과 검사실의 공간선량 감소에 어떠한 효과를 내어 검사에 유용한지 제시하고자 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 차폐체의 제작

가로 60 cm, 세로 85 cm, 높이 28 cm, 두께 5 mm의 아크릴 모형에 Bismuth 소재의 RADPAD<sup>®</sup>, 5511 & 5300, USA(a)를 부착하여 사용하였고, 소아의 두부, 흉부, 복부검사의 위치에 따라 패드를 탈착과 부착할 수 있도록 제작하였다(b), (Fig. 1).

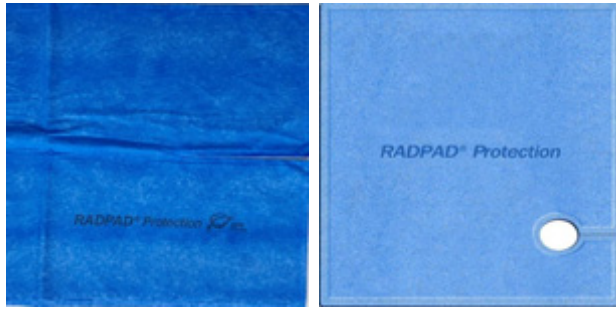
### 2. 연구 방법

진단용 방사선발생장치로는 AccE GC85A DR, SAMSUNG, Korea(a)를 사용하였고, Body Phantom(b)을 이용하여 선량 측정지점(c)에 선량측정계를 위치하여 공간선량을 측정하는데 경기도 소재 D의료기관에서 사용하는 소아의 두부검사, 흉부검사, 복부검사의 검사조건을 설정하여 실시하였다. 선량측정계는 Unfors PSD, RaySafe, USA(d)를 사용하였다(Fig. 2).

차폐체 적용에 따른 소아의 두부, 흉부, 복부로 각각 나누어 검사조건을 설정하였고, 방사선 감수성이 민감한 안구, 갑상샘, 유방, 생식샘 4부위에 선량계를 부착 후 차폐체 적용 전과 후의 선량 값을 각 10회씩 측정하였다. 또한, 비용대비 효율성이 높아 임상에서 가장 많이 시행하는 Infantogram 검사의 조건으로 30 cm, 40 cm, 50 cm 거리에 0°, 90°, 180°, 270° 위치에 선량계를 두어 차폐체 적용에 따라 10회씩 측정하였다.

### 3. 실험 조건

- 1) 소아 두부검사 조건은 70 kVp / 12.8 mAs / 320 mA / SID 130 cm으로 설정하였고, Tube의 위치를 두부에 위치하였다.
- 2) 소아 흉부검사 조건은 100 kVp / 3.2 mAs / 320 mA / SID 130 cm으로 설정하였고, Tube의 위치를 흉부에 위치하였다.
- 3) 소아 복부검사 조건은 68 kVp / 8 mAs / 320 mA / SID 130 cm으로 설정하였고, Tube의 위치를 복부에 위치하였다.



(a) Bismuth - RADPAD<sup>®</sup>, 5300(L) & 5511(R)



(b) Acrylic shielding

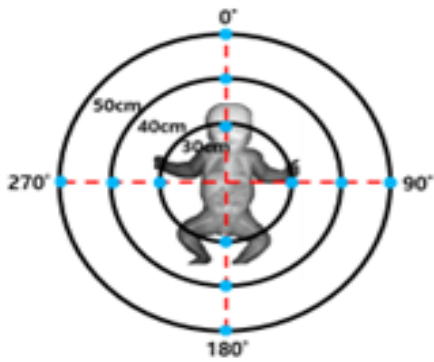
Fig. 1. Self-made bismuth shielding body(a,b)



(a) AccE GC85A DR of X-ray Unit



(b) Body Phantom



(c) Measurement Point



(d) RaySafe<sup>®</sup> Unfors PSD

Fig. 2. Materials & measurement(a,b,c,d).

4) 검사실 내 공간선량 측정 조건은 65 kVp / 8 mAs / 320 mA / SID 130 cm으로 설정하였고, Tube의 위치를 Infantogram 검사의 Center인 배꼽 위 3 cm로 위치하였다.

#### 4. 자료 분석

Body Phantom의 안구, 갑상샘, 유방, 생식샘 4부위와 30 cm, 40 cm, 50 cm 거리의 0°, 90°, 180°, 270° 위치에 선량계를 설치 후 Bismuth 차폐체 대조군(적용 전)과 실험군(적용 후)의 유효선량 및 공간선량을 측정하여 비교하였다. 측정값은 SPSS Ver. 27을 이용하여 정규성 검정 Shapiro-wilk test와 비모수 검정 Wilcoxon signed-rank test을 통해 분석하였고,  $p < 0.05$ 일 경우 Bismuth 차폐체 적용 전과 후의 차이가 유의한 것으로 판단하였다.

### III. 결과

#### 1. 두부검사 시 부위별 선량

소아 두부검사 조건에서 차폐체 적용 전과 후의 피폭선량 감소율은 안구 68.58%, 갑상샘 72.88%, 유방 84.2%, 생식샘 72.35%이었으며, 통계학적으로 모두 유의하였다( $p < 0.05$ ),

(Table 1).

#### 2. 흉부검사 시 부위별 선량

소아 흉부검사 조건에서 안구 19.55%, 갑상샘 56.99%, 유방 1.22%, 생식샘 0.77%의 감소율이 나타났다. 안구와 갑상샘에서는 통계적으로 유의하였으나( $p < 0.05$ ), 유방과 생식샘에서는 통계적으로 유의하지 않게 나타났다( $p > 0.05$ ), (Table 2).

#### 3. 복부검사 시 부위별 선량

소아 복부검사 조건에서 안구 2.76%, 갑상샘 10.58%, 유방 19.83%, 생식샘 82.02%의 감소율이 나타났고, 갑상샘, 유방, 생식샘에서 통계학적으로 유의하였다( $p < 0.05$ ), (Table 3).

#### 4. 검사실내 공간선량 분포

- 1) 인체모형 팬텀으로부터 30 cm 이내 검사실 공간선량은 0° =57.54%, 90° =43.60%, 180° =23.36%, 270° =73.96%의 감소율이 나타났다(Table 4). 0°, 90°, 180°, 270°에서 통계학적으로 유의하였다( $p < 0.05$ ), (Table 5).
- 2) 인체모형 팬텀으로부터 40 cm이내 검사실 공간선량은 0° =58.26%, 90° =62.31%, 180° =63.76%, 270° =60.82%

**Table 1.** Average dose and SPSS p-value of skull study

Unit :  $\mu$ Sv

Division	Non Shielding	Shielding	Z score	p-value
EYEBALL	319.96	100.53	6.78	.000
THYRIOD	763.63	207.08	14.07	.000
BREAST	15.16	2.40	0.38	.000
GONAD	3.58	0.99	0.32	.000

**Table 2.** Average dose and SPSS p-value of chest study

Unit :  $\mu$ Sv

Division	Non Shielding	Shielding	Z score	p-value
EYEBALL	7.62	6.13	0.98	.005
THYRIOD	67.20	28.90	1.72	.000
BREAST	202.23	199.77	23.44	.114
GONAD	6.49	6.44	0.88	.877

**Table 3.** Average dose and SPSS p-value of abdomen study

Unit :  $\mu$ Sv

Division	Non Shielding	Shielding	Z score	p-value
EYEBALL	2.54	2.47	0.23	.395
THYRIOD	5.20	4.65	0.69	.033
BREAST	27.03	21.67	0.46	.000
GONAD	130.86	23.53	1.41	.000

Table 4. Average dose of each degree

Unit :  $\mu$ Sv

30 cm	Non shielding	Shielding	40 cm	Non shielding	Shielding	50 cm	Non shielding	Shielding
0°	11.73	4.98	0°	2.18	0.91	0°	2.98	0.76
90°	6.72	3.79	90°	1.99	0.75	90°	1.69	0.60
180°	5.76	4.41	180°	1.49	0.54	180°	1.02	0.27
270°	4.34	1.13	270°	2.45	0.96	270°	1.39	0.53

Table 5. Z(standard deviation) and p-value

Unit :  $\mu$ Sv

30 cm	Z score	P-value	40 cm	Z score	P-value	50 cm	Z score	P-value
0°	3.01	.005	0°	0.22	.000	0°	0.43	.000
90°	3.58	.030	90°	0.50	.000	90°	0.49	.000
180°	1.69	.000	180°	0.46	.000	180°	0.40	.000
270°	1.50	.005	270°	0.51	.000	270°	0.62	.002

의 감소율이 나타났고(Table 4). 0°, 90°, 180°, 270°에서 통계학적으로 유의하였다( $p < 0.05$ ), (Table 5).

- 3) 인체모형 팬텀으로부터 50 cm이내 검사실 공간선량은 0° =74.50%, 90° =64.50%, 180° =73.53%, 270° =61.87%의 감소율이 나타났고(Table 4). 0°, 90°, 180°, 270°에서 통계학적으로 유의하였다( $p < 0.05$ ), (Table 5).

#### IV. 고 찰

방사선사는 국제방사선방호위원회(international commission on radiological protection; ICRP)가 1977년 권고에 제시한 방사선 방호의 기본개념 “ALARA(As Low As Reasonably Achievable) 원칙(모든 피폭은 사회적 경제적 요인을 고려에 넣으면서 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 억제해야 한다.)”의 기본 정신에 의하여 피폭선량을 제한하며 업무를 진행하여야 한다[10]. 최근 늘어나고 있는 방사선검사로 인한 방사선 피폭이 인공방사선의 약 90%를 차지하고 있으므로 방사선사는 본인을 포함한 검사보조자(보호자), 환자의 직·간접적인 피폭선량 감소시켜 최대의 의료서비스를 제공해야 할 의무가 있다[11,12].

현재 기존의 차폐 방식인 Lead 차폐는 장시간 착용의 문제점과 방사선관계종사자(의사, 방사선사, 간호사)의 근골격계 질환의 유발 등 여러 가지 측면에서 어렵다[13]. 이에 본 연구는 Bismuth 차폐체를 제작하여 소아의 민감한 장기에 대한 피폭선량과 검사실의 공간선량 감소를 실제 사용되는 소아 두부, 흉부, 복부검사 프로토콜을 적용하여 차폐체 사용 유·무에 따른 선량을 비교 분석하였고 거리에 따른 각도 변화에 Bismuth 차폐체의 유용성을 평가하였다.

소아의 두부검사 조건에서는 Bismuth 차폐체 적용 전·후의 피폭선량 감소율은 안구 68.58%, 갑상샘 72.88%, 유방 84.2%, 생식샘 72.35%의 감소율이 나타났다. 소아 흉부검사 조건에서는 안구 19.55%, 갑상샘 56.99%, 유방 1.22%, 생식샘 0.77%의 감소율이 나타났다. 소아 복부검사 조건에서는 안구 2.76%, 갑상샘 10.58%, 유방 19.83%, 생식샘 82.02%의 감소율이 나타났다. 이는 강세식 등(2016)의 두부에서 수정체의 전면과 측면을 동시에 차폐한 경우 약 67%의 감소를 나타낸 선행연구와 일치하고 있으며[14], 소아 흉부방사선검사 시 방어거구를 사용할 때에 입사표면선량과 심부선량이 감소되어 차폐기구의 유용성을 확인할 수 있었다는 연구와도 같은 맥락을 나타냈다[15]

인체모형 팬텀으로부터 30 cm이내 검사실 공간선량은 0° =57.54%, 90° =43.60%, 180° =23.36%, 270° =73.96%의 감소율이 나타났다. 40 cm이내 검사실 공간선량은 0° =58.26%, 90° =62.31%, 180° =63.76%, 270° =60.82%의 감소율이 나타났다. 50 cm이내 검사실 공간선량은 0° =74.50%, 90° =64.50%, 180° =73.53%, 270° =61.87%의 감소율은 도상록 등(2017)의 수술실에서 방사선차폐기 사용 유·무에 따른 공간선량분포의 측정에서 각 방향 모두에서 감소한 연구와 일치하였다[16].

Bismuth 차폐체를 사용한 본 연구는 소아가 아닌 Body Phantom을 이용하였고 심부 장기가 아닌 표면 선량만 측정된 것과 국한된 검사 자세로 측정된 제한점이 있었으나 두부, 흉부, 복부검사 모두에서 X-ray 선량의 피폭감소효과를 볼 수 있었고, 높은 관전류를 사용하는 두부검사에서도 가장 높은 선량 감소가 있었다. 상대적으로 적은 선량을 사용하는 흉부검사에서는 다른 검사에 비해 선량감소가 뚜렷하지 않았기 때문에 추가적인 차폐 연구를 한다면 유의미한 선량감소의 효과가 있을 것이라고 판단된다. 소아뿐만 아니라 성인에게도 Bismuth 차폐체를 적용하여 CT 등 다른 방사선검사에도 이용한다면 환

자에게 검사부위 이외에 불필요한 피폭선량을 줄일 수 있을 것이다.

## V. 결론

본 연구에서는 Bismuth 차폐체 적용 전과 후의 소아 두부, 흉부, 복부검사 조건에 따른 방사선 감수성이 민감한 안구, 갑상샘, 유방, 생식샘 4부위의 선량과 거리와 각도(위치)에 따른 공간선량을 측정하였다. Bismuth 차폐체를 적용한 경우에 유의미한 피폭선량의 감소가 있었다. 또한, 수평, 수직적으로 거리에 따라 공간선량 감소가 있었다. 본 연구를 시작으로 Bismuth 차폐체에 대한 연구가 활성화되리라 기대할 수 있으며, 피폭선량 경감으로 안전한 방사선을 실천할 수 있을 것이라 사료된다.

## REFERENCES

- [1] Kim KP. Assessment of radiation exposure of Korean population by medical radiatio (Number of national medical radiation cases and exposure dose for 2016–2019). Korea Disease Control and Prevention Agency. [Internet]. 2021 [cited 2021 March 02] Available from <https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20305050000&bid=0003>
- [2] Jee YM. 2020–2022 National medical radiation evaluation annual report. Korea Disease Control and Prevention Agency. [Internet]. 2024 [cited 2021 February 19] Available from <https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20305050000&bid=0003>
- [3] Jung KH. 2020 National emergency medical information network statistical yearbook. National Emergency Medical Center. [Internet]. 2023 [cited 2023 January 26] Available from [https://www.e-gen.or.kr/nemc/statistics\\_annual\\_report.do?brdclscd=01](https://www.e-gen.or.kr/nemc/statistics_annual_report.do?brdclscd=01).
- [4] Hall EJ. Lessons we have learned from our children: Cancer risks from diagnostic radiology. *Pediatr Radiol*. 2002;32(10):700–6. DOI: 10.1007/s00247-002-0774-8
- [5] Kll JW, Lim KR, Kim HJ, Kim JH, Song SK, Na SR, et al. Personal exposure dose for radiation-related workers in medical institutions in 2020. *The Korean Association for Radiation Protection*. 2021;2021(11):617–8. Available from <https://www.earticle.net/Article/A404058>.
- [6] Image green. Pediatric radiation exposure. Image Green. [Internet]. 2012 [cited 2012] Available from <http://www.imagegreen.org/info4/index.html?sgubun=3>.
- [7] Ye SH, Kim HJ, Jeong-Choi KY, Kim JE, Park SW, Lee YM, et al. Parkinson’s disease among Firefighters: A focused review on the potential effects of exposure to toxic chemicals at the fire scene. *Korean Journal of Biological Psychiatry*. 2017;24(1):19–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.22857/kjbp.2017.24.1.003>.
- [8] Matsuda M, Suzuki T. Evaluation of lead aprons and their maintenance and management at our hospital. *Journal of Anesthesia*. 2016;30(3):518–21. DOI: 10.1007/s00540-016-2140-2.
- [9] Yu L, Pereira ALC, Tran DNH, Santos AMC, Losic D. Bismuth oxide films for X-ray shielding: Effects of particle size and structural morphology. *Materials Chemistry and Physics*. 2021;260(15):124084. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.124084>.
- [10] ICRP. The optimisation of radiological protection: Broadening the process. Stockholm: SAGE Publications Ltd; 2007.
- [11] Chu SS. Current status of radiation safety management by radiation medical use. *Journal of Radiation Protection and Research*. 1990;15(1):39–46. Available from <https://www.riss.kr/link?id=A2062150>.
- [12] Seong DW. Radiation exposure in diagnostic areas: Issues and countermeasures. *Journal of the Korean Medical Association*. 2011;54(12):1246–7.
- [13] Han SH, Han BH, Lee SH, Hong DH, Kim GJ. Evaluation of radiation shielding rate of lead aprons in nuclear medicine. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2017;40(1):41–7.
- [14] Kang SS, Kim CS, Kim JH. Radiation exposure evaluation of visual organs using bismuth shielding material on head CT scan. *The Journal of the Korea Contents Association*. 2016;16(7):451–6.
- [15] Lee JH, Lim HS, Lee SY. The evaluation and development of head and neck radiation protective device for chest radiography in 10 years children. *Journal*

Of Radiation Protection And Research, 2015;40(2):118-23. DOI: <https://doi.org/10.14407/jrp.2015.40.2.118>  
 [16] Do SL, Cho PK, Kim SJ, Jung DK, 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;40(4):549-56. DOI: <https://doi.org/10.17946/JRST.2017.40.4.03>

구분	성명	소속	직위
제1저자	김훈	한서대학교/한림대학교 동탄성심병원	박사대학원생/방사선사
공동저자	김용근	한림대학교 동탄성심병원	방사선사
공동저자	김준년	한림대학교 동탄성심병원	방사선사
공동저자	위승현	한림대학교 동탄성심병원	방사선사
공동저자	박은경	한서대학교/천안충무병원	박사대학원생/방사선사
공동저자	채명준	한서대학교/호원대학교	박사대학원생/방사선안전관리자
공동저자	백부길	한서대학교/한림대학교 동탄성심병원	박사대학원생/방사선사
공동저자	김은혜	한서대학교	조교수
교신저자	임청환	한서대학교	교수