

이동건강검진차량에서 외부의 누설선량 측정

Measurement from Moving Vehicle Health Screening Outside of The Leakage Dose

한범희*, 한상현**, 모은희***, 김종일****

서남대학교 방사선학과/전북대학교 방사선과학기술학과*, 서남대학교 방사선학과**,
원광대학교병원 영상의학과/전북대학교 방사선과학기술학과***, 전북대학교 방사선과학기술학과****

Beom-Hee Han(raphael121215@seonam.ac.kr)*, Sang-Hyun Han(luck2han@seonam.ac.kr)**,
Eun-Hee Mo(mo0428@hanmail.net)***, Chong-Yeal Kim(kimbo@jbnu.ac.kr)****

요약

이동건강 검진차량에서 검진을 받는 환자나 종사자들에 대한 피폭선량이 증가하고 있으나 차량 외부의 누설방사선량에 대한 조사는 아직도 미비하다 할 수 있다. 이에 본 연구에서 실험을 통한 결과는 다음과 같이 나타났다. 누설선량이 가장 많이 발생하는 곳은 출입문에서는 우측으로 1.14±1.75 mR/h, X선 발생기가 근접한 측면에서는 상부로 0.65±1.25 mR/h, X선 발생기와 떨어진 측면에서는 하부로 0.91±1.25 mR/h, 검출기가 인접한 후면에서는 상부가 96.98±158.88 mR/h으로 다양한 위치에서 누설선량이 나타났다. 측정 위치별로는 검출기가 인접한 후면에서 67.48±97.03 mR/h으로 누설선량이 가장 높았다. 진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규정에는 주당 최대누설선량이 모두 만족하였지만 후면에서의 누설선량은 시간당으로 표시될 때는 무시 못 할 누설선량이 측정되었다. 따라서 이동건강검진차량에서 외부의 누설선량은 우리가 간과해서 아니 되며 관심을 가지고 방사선 방어시설의 방어벽 누설선량 기준을 다시 평가하는 기회가 필요하며, 이동건강검진차량을 이용한 X선 촬영이 증가함에 따라 시간당 선량으로 적절한 기준을 정하기 위한 방안과 노력이 요구된다고 하겠다.

■ **중심어** : | 누설선량 | 이동건강검진차량 | 검출기 | 직접촬영 |

Abstract

Checked out by the moving vehicle health checks for patients, practitioners, and the increase in radiation dose outside the vehicle, but an investigation into the leakage of radiation can still be negligible. In this study, through experimental results were as follows: Dose that occurs most often where the leak in the right door 1.14±1.75 mR/h, X-ray generator in terms of proximity to the top 0.65±1.25 mR/h, X-ray generator and away to the bottom in terms 0.91±1.25 mR/h, the adjacent rear detector in the upper part 96.98±158.88 mR/h dose of the leak appeared in various locations. By measuring position from the rear of the adjacent detector 67.48±97.03 mR/h dose had the highest leakage into. Generating device for diagnosis of radiation safety regulations regarding the maximum leakage dose per week, but all met back when it is displayed in the leakage dose Hourly rates do not ignore the leakage radiation dose were measured. Therefore, a mobile health screening in a vehicle outside of the leakage radiation dose to the liver and move on we are not interested twelve barrier leakage radiation dose of defense has a chance to re-evaluate the standards required, and move the vehicle health check using the X-ray increases as the dose per hour, depending on the criteria for choosing the appropriate measures that will require effort.

■ **keyword** : | Leakage Dose | Moving Vehicle Health Check | Detectors | Direct Recording |

I. 서론

정기적인 건강검진은 문헌상으로 1861년 영국에서 최초로 발현되어 20세기 초 미국에서는 과학적이고 광범위한 검사로 발전하였다. 1940년대에 공공보건 영역의 인구집단을 대상으로 X선 촬영을 통한 결핵환자의 선별검사가 시작되어 미국과 영국을 포함한 많은 나라에 확산되었다. 우리나라 집단 건강검진 프로그램은 1953년 '근로기준법'에 따른 근로자 건강검진이 기원이며, 1980년대 이후 공무원 및 사립학교 교직원을 대상으로 건강보험 건강검진이 시작되면서 조직화된 건강검진 사업이 본격적으로 시작되었다고 할 수 있다. 민간 건강검진도 1990년대부터 불붙기 시작하여 2000년대 들어서는 경쟁적으로 검사항목 수를 늘려 고가의 최신 검사를 실시하고 있다[1].

바쁜 일상을 살아가는 현대인들과 의료시설이 취약한 곳에서는 건강의 중요성을 알고도 시간을 내서 건강상태를 검진 받기란 쉽지 않다. 그러므로 병원에서는 의료서비스 차원에서 이동 검진차량을 이용하여 5대 암(위, 간, 대장, 유방, 자궁암)을 비롯한 각종 검사를 실시하고 있다. 그 중 X선 촬영을 통한 집단 건강검진은 경제성, 신속성, 대량처리 능력을 충족시키고 있으며 찾아가는 이동 의료서비스에서 중요한 부분을 차지하고 있다. 이와 함께 X선 촬영을 통한 집단 건강검진 시스템도 발전하여 간접촬영방식에서 Digital Radiography를 이용한 직접촬영방식으로 기술력이 향상되었고, 의료용 X선 검사는 세계적으로 연간 5~15%씩 증가하고 있다. 이로써 CR, DR 촬영 시 실제적으로 총 선량이 줄고 있다는 근거는 미약하다[2].

이에 본 논문에서는 이동형 집단 검진차량을 임의로 선정하여 차량 외부의 누설선량을 측정하여 검진차량 방사선 방어시설의 차폐정도를 파악하고 이에 대한 분석을 통하여 향후 이동검진차량의 방사선방어에 대한 기준을 삼고자 한다.

II. 실험장치 및 방법

2014년 3월부터 2014년 8월까지 직접촬영장치(DR)를

설치한 이동검진차량 10대를 대상으로 국립보건원에서 검·교정한 고감도 chamber 1800 cc(Model 2026C)를 사용하여 차량 방어벽 외부의 4면을 상부, 하부, 좌측면, 우측면, 중앙으로 구분하여 각각 3회씩 외부방사선량을 측정하여 평균치로 환산하였다. 방어벽의 바깥쪽에서 측정된 방사선 누설선량 및 산란선량의 합계는 주당 2.58×10^{-5} C/kg(주당 100 mR) 이하이어야 한다. 다만, 사람이 통행 또는 거주하지 아니하는 방향에는 방어벽을 설치하지 아니하여도 되고, 방사선 관계자 외의 자가 거주하는 방향에 설치된 방어벽의 바깥쪽에서 측정된 방사선 누설선량 및 산란선량의 합계는 주당 2.58×10^{-6} C/kg(주당 10 mR) 이하이어야 한다[3].

Ion chamber로 측정 시 시간당으로 표시 되므로 모든 단위를 주당으로 환산하여 식품의약품안전청에서 주당 최대누설선량 산출 지침을 적용하는 방법과 측정기로 측정된 순수값을 비교분석하였다. X선 촬영 시 누설선량을 여러 지점에서 동시에 측정할 수 없으므로 각 측정지점에서 누설선량을 측정할 때마다 동일한 촬영조건이 유지되도록 하기 위해 X선 발생장치의 촬영 조건은 가슴촬영조건으로 120 kVp, 320 mA, 18 mAs, 조사야 30×30 cm, 초점-검출기간 거리를 100 cm로 설정하였고, 주당 최대촬영 건수는 평균 100건으로 예상하여 계산식에 적용하였다.

본 연구에서는 이동건강검진차량에서 Digital Radiography를 이용한 직접촬영방식의 시스템을 선택하여 외부의 누설선량을 측정된 결과값과 이 값에 최대동작부하량과 각종 보정인자를 적용한 보정선량률을 산출하여 주당 최대누설선량을 구하고 이를 비교분석하였다. 주당 최대누설선량을 산출하는 방식은 다음과 같다[4].

1. 최대동작부하량 산출방법

한 촬영실에 1대의 진단용방사선발생장치가 설치될 경우 임상에 사용하는 최대 촬영조건(관전류, 조사시간)을 적용하며, 2대의 장치가 설치된 경우 장치 중 용량이 큰 장치를 기준으로 하며 이때 촬영건수는 2대 장치의 총 예상촬영건수를 적용하여 촬영실의 주당최대동작부하를 산출한다.

$$\begin{aligned} < \text{주당최대동작부하량 산출공식}(mA \cdot \text{min}/w) > \\ = \frac{\text{최대관전류}(mA) \times \text{최대조사시간}(sec) \times \text{주당최대촬영건수}}{60} \end{aligned}$$

2. 보정선량률(R.V) 산출방법

진단용방사선발생장치를 사용할 때의 최대촬영조건(관전류, 조사시간)에서 방사선방어시설의 누설선량을 측정하고자할 때 측정된 측정값에 측정 시 온도(23 ℃), 기압(1025 hPa) 및 측정기의 교정계수(1.04), 시간응답 특성 교정계수(0.85) 등 보정인자를 적용하여 보정선량률을 산출한다. 온도, 기압 및 측정기의 교정계수, 시간응답 특성 교정계수는 방사선 방어시설의 검사성적서에 표기되어 있다.

$$\begin{aligned} < \text{보정선량률: R.V}(mR/\text{min}) > \\ = MV \times \frac{273.15+t}{293.15} \times \frac{1013}{P} \times CF \times \frac{1}{T.R} \end{aligned}$$

M.V : 누설선량 측정값(측정선량율)
t : 누설선량 측정시 온도(℃)
P : 누설선량 측정시 기압(hPa)
C.F : 측정기의 표준선원(Cs-137)에 대한 교정계수
T.R : 측정기의 시간응답 특성 교정계수

3. 주당 최대누설선량 산출방법

주당누설선량은 보정된 보정선량율에 주당최대동작부하량과 임상에 사용한 최대 관전류를 적용하여 산출한다.

$$\begin{aligned} < \text{주당최대누설선량}(mR/w) > \\ = \frac{R.V(mR/\text{min}) \times \text{주당최대동작부하량}(mA \cdot \text{min}/\text{week})}{\text{최대관전류}(mA)} \end{aligned}$$

III. 결 과

1. 출입문 누설선량

이동 건강검진차량의 외부 누설선량은 4면에서 측정할 수 있다. 즉 출입문, X선 발생기가 근접한 측면, X선 발생기와 떨어진 측면, 그리고 검출기가 인접한 후면이다. 우선 출입문의 누설선량을 측정한 결과 가장 많은 누설선량이 측정된 곳은 우측으로 평균 1.44±1.75 mR/h

나타났고, 중앙에서 가장 낮은 누설선량이 측정되어 평균 0.29±0.33 mR/h으로 나타났다[표 1][그림 1]. 주당 최대누설선량은 평균 0.002 mR/w으로 방사선 관계자가 거주하는 방향에서 방어벽 누설선량의 기준(100 mR/w 이하)을 만족하고 있다[표 2].

표 1. 출입문 누설선량 (단위:mR/h)

측정위치 병원명	상부	하부	좌측	우측	중앙
A병원	1.47	0.87	1.03	1.17	0.17
B병원	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C병원	0.0	0.1	0.0	0.13	0.0
D병원	2.73	3.03	0.8	4.4	0.73
E병원	0.53	0.83	0.4	0.33	0.17
F병원	2.0	3.41	7.62	4.41	0.1
G병원	0.12	0.1	0.21	0.1	0.23
H병원	0.31	0.1	0.32	0.3	0.41
I병원	0.4	1.3	0.21	0.5	1.02
J병원	0.2	0.13	0.11	0.1	0.12
M±SD	0.78±0.95	0.99±1.25	1.07±2.32	1.14±1.75	0.29

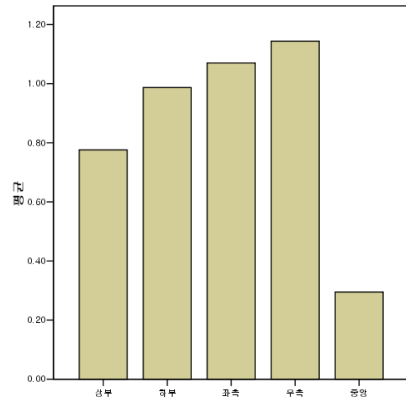


그림 1. 출입문 누설선량

표 2. 출입문 주당 최대누설선량 (단위:mR/w)

측정위치	상부	하부	좌측	우측	중앙	평균
누설선량	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002

2. 측면(X선 발생기) 누설선량

X선 발생기가 근접한 측면의 누설선량을 측정한 결과 가장 많은 누설선량이 측정된 곳은 상부로 평균 0.65±1.25 mR/h 나타났고, 좌측에서 가장 낮은 누설선량이 측정되어 평균 0.38±0.49 mR/h로 나타났다[표 3] [그림 2]. 주당 최대누설선량은 평균 0.002 mR/w으로 방사선 관계자 외의 자가 거주하는 방향에서 방어벽 누설선량의 기준(10 mR/w 이하)을 만족하고 있다[표 4].

표 3. 측면(X선 발생기) 누설선량 (단위:mR/h)

측정위치 병원명	상부	하부	좌측	우측	중앙
A병원	0.57	0.2	0.63	0.53	0.8
B병원	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C병원	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D병원	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E병원	0.07	0.2	0.13	0.67	0.5
F병원	0.2	0.71	0.12	0.3	0.2
G병원	1.0	0.4	1.52	2.21	2.0
H병원	0.31	0.8	0.5	0.22	0.3
I병원	0.21	0.3	0.12	0.2	0.3
J병원	4.11	1.5	0.8	0.6	0.71
M±SD	0.65± 1.25	0.41± 0.47	0.38± 0.49	0.47± 0.65	0.48± 0.60

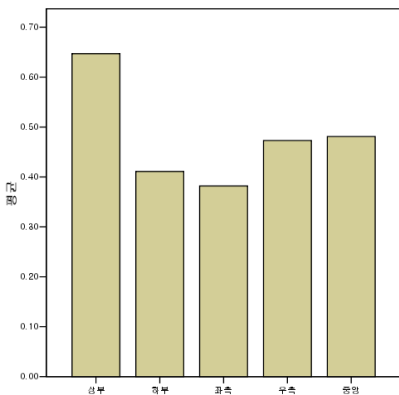


그림 2. 측면(X선 발생기) 누설선량

표 4. 측면(X선발생기)주당 최대누설선량 (단위:mR/w)

측정위치	상부	하부	좌측	우측	중앙	평균
누설선량	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

3. 측면 누설선량

X선 발생기와 떨어진 측면의 누설선량을 측정한 결과 가장 많은 누설선량이 측정된 곳은 하부로 평균 0.91±1.25 mR/h 나타났고, 중앙에서 가장 낮은 누설선량이 측정되어 평균 0.44±0.71 mR/h로 나타났다[표 5] [그림 3]. 주당 최대누설선량은 평균 0.001 mR/w으로 방사선 관계자 외의 자가 거주하는 방향에서 방어벽 누설선량의 기준(10 mR/w 이하)을 만족하고 있다[표 6].

표 5. 측면 누설선량 (단위:mR/h)

측정위치 병원명	상부	하부	좌측	우측	중앙
A병원	0.07	0.1	0.17	0.1	0.2
B병원	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C병원	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D병원	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E병원	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F병원	0.12	0.2	0.2	0.31	0.1
G병원	0.1	2.32	2.7	0.81	2.2
H병원	1.5	1.1	0.31	2.3	0.22
I병원	3.61	1.9	2.2	1.2	1.12
J병원	2.8	3.51	1.02	1.4	0.6
M±SD	0.82± 1.35	0.91± 1.25	0.66± 0.99	0.61± 0.79	0.44± 0.71

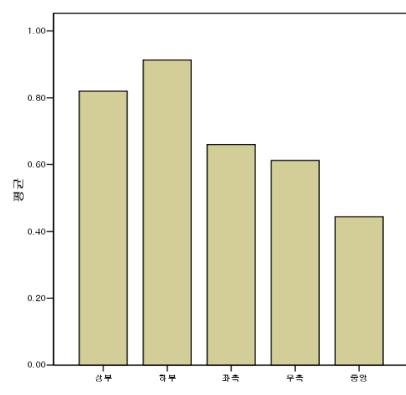


그림 3. 측면 누설선량

표 6. 측면 주당 최대누설선량 (단위:mR/w)

측정위치	상부	하부	좌측	우측	중앙	평균
누설선량	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001

4. 후면(검출기) 누설선량

검출기가 인접한 후면의 누설방사선량을 측정된 결과 가장 많은 누설선량이 측정된 곳은 상부로 평균 96.98±158.88 mR/h 나타났고, 중앙에서 가장 낮은 누설선량이 측정되어 평균 40.28±44.38 mR/h로 나타났다[표 7][그림 4]. 주당 최대누설선량은 평균 0.128 mR/w으로 방사선 관계자 외의 자가 거주하는 방향에서 방어벽 누설선량의 기준(10 mR/w 이하)을 만족하고 있다[표 8].

표 7. 후면(검출기) 누설선량 (단위:mR/h)

측정위치 병원명	상부	하부	좌측	우측	중앙
A병원	77.47	25.75	31.17	71.07	65.37
B병원	1.27	1.77	1.4	2.43	3.43
C병원	27.03	13.73	9.63	33.0	23.3
D병원	31.77	20.6	22.93	34.7	31.8
E병원	30.13	13.53	16.2	34.1	23.0
F병원	213.4	299.6	444.1	315.7	130.0
G병원	514.0	192.2	129.8	130.7	101.9
H병원	20.8	19.2	17.3	19.8	16.9
I병원	4.9	4.0	6.7	5.5	3.2
J병원	49.0	35.3	27.9	21.3	4.0
M±SD	96.98± 158.88	62.57± 100.35	70.71± 136.23	66.83± 95.14	40.29± 44.38

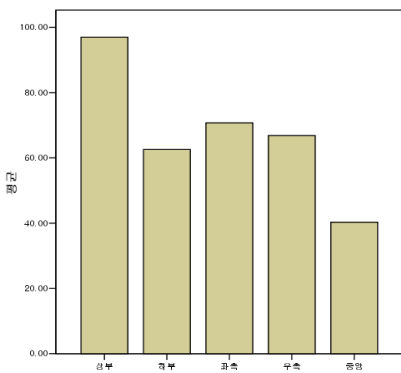


그림 4. 후면 누설선량

표 8. 후면(검출기) 주당 최대누설선량 (단위:mR/w)

측정위치	상부	하부	좌측	우측	중앙	평균
누설선량	0.184	0.119	0.134	0.127	0.076	0.128

5. 측정위치별 누설선량

측정위치별 누설선량을 살펴보면 가장 많은 누설선량이 측정된 곳은 검출기가 인접한 후면으로 평균 67.48±97.03 mR/h 나타났고, X선 발생기가 근접한 측면의 누설선량은 가장 낮게 측정되어 평균 0.48±0.56 mR/h로 나타났다[표 9][그림 5]. 주당 최대누설선량은 평균 0.033 mR/w으로 방사선 방어시설의 방어벽 누설선량 기준을 모두 만족하고 있다[표 10].

표 9. 측정위치별 누설선량 (단위:mR/h)

측정위치	출입문	측면 (X선발생기)	측면	후면 (검출기)	M±SD
누설선량	0.85± 1.16	0.48±0.56	0.69± 0.85	67.48± 97.03	17.38± 33.4

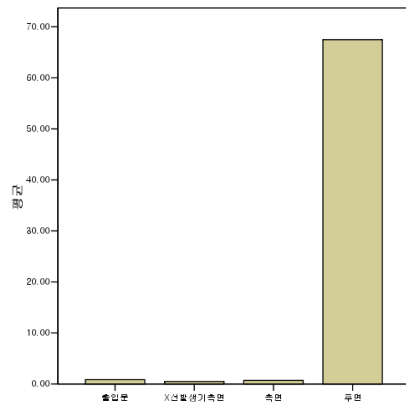


그림 5. 측정위치별 누설선량

표 10. 측정위치별 주당 최대누설선량 (단위:mR/w)

측정위치	출입문	측면 (X선발생기)	측면	후면 (검출기)	평균
누설선량	0.002	0.001	0.001	0.128	0.033

IV. 고 찰

치료중심의 의료에서는 증상이 있는 환자가 의료기관에 직접 찾아오지만 건강검진에서는 건강한 사람을 대상으로 의료서비스를 받도록 초청 또는 직접 방문하

여 진료를 받도록 유도하는 것이다. 우리나라는 지난 25년간 국가차원에서 건강검진을 실시하고 있으며, 2007년 7월 기준으로 2,635개의 검진기관이 신고하였고 [5], 이동검진차량을 보유한 검진기관 또한 증가한 추세이다. 또한 기술력의 향상으로 간접촬영에서 Digital Radiography를 이용한 직접촬영방식으로 바뀌었다. 100 mm 간접촬영은 필름의 크기가 작아 해상도 및 진단능이 직접촬영에 비해 현저히 저하되고 피폭선량은 116 mrem으로 직접촬영의 35 mrem에 비해 3배이다 [6]. 따라서 간접촬영은 모두 직접촬영으로 교체됐으며, 2010년 이후 간접촬영은 법적으로 폐지되었다.

본 연구의 결과 시간당 측정에서는 후면에서 누설선량이 67.48 mR/h으로 상당히 높게 나타났고, 이를 주당으로 환산할 경우 평균 0.033 mR/w으로 누설선량 기준 (10 mR/w 이하)을 만족하였다. 선행 연구가 부족하여 비교하기 어려우나 지연상(2008)의 이동검진차량의 외부 누설선량에서 평균 313.6 mR/w의 결과 보다는 상당히 낮은 선량이다[7]. 또한 본 연구와 대상과 측정방법이 다르지만 안봉선 외(1998)의 논문에서 일반흉부정면 촬영의 산란선량은 11.98 mGy/h, 위장 투시검사 시(1분간 투시조건하에서) 산란선량은 423.08 mGy/h, CT촬영 시 산란선량 2.26~9.71 mGy/h의 분포와 비교한 결과 이동건강검진차량에서 후면의 누설선량의 발생은 경시할 수 없다(공기 중 선량에서 1 R은 1 Gy로 판단한다)[8].

따라서 이동건강검진차량에서 외부의 누설선량은 우리가 간과해서는 아니 되며 관심을 가지고 방사선 방어 시설의 방어벽 누설선량 기준을 다시 평가하는 기회가 필요하며, 이동건강검진차량을 이용한 X선 촬영이 증가함에 따라 시간당 선량으로 적절한 기준을 정하기 위한 방안과 노력이 요구된다고 하겠다.

V. 결론

이동 건강검진차량의 방사선 방어시설의 방어벽 누설선량 정도를 연구한 결론은 다음과 같다. 누설선량이 가장 많이 발생하는 곳은 출입문에서는 우측으로

1.14±1.75 mR/h, X선 발생기가 근접한 측면에서는 상부로 0.65±1.25 mR/h, X선 발생기와 떨어진 측면에서는 하부로 0.91±1.25 mR/h, 검출기가 인접한 후면에서는 상부가 96.98±158.88 mR/h으로 다양한 위치에서 누설선량이 나타났다. 측정위치별로는 검출기가 인접한 후면에서 67.48±97.03 mR/h으로 누설선량이 가장 높았다. 진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규정에는 주당 최대누설선량이 모두 만족하였지만 후면에서의 누설선량은 시간당으로 표시될 때는 무시 못 할 누설선량이 측정되었다. 이동건강검진차량에서 방사선 검사를 할 경우 후면에서는 검진종사자나 피검자가 인접해 있지 말아야 할 것이며, 향후 이동검진차량의 방사선 차폐시설을 갖추는데 있어 각별한 관심이 필요하리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] 나동진, 김태진, 김남용, “종합 건강검진센터 운영 실태에 관한 고찰”, 병원경영연구소 논문집, 제4권, 제2호, pp.97-117, 1999.
- [2] 김정민, 김성철, “X선 진단시 피폭선량을 반으로 줄이기 위한 Cu filter의 두께”, 대한방사선기술학회지, 제24권, 제1호, pp.17-22, 2001.
- [3] 의료법, 진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규칙, 방사선 방어시설 검사기준(제4조 제3항 관련)
- [4] 식품의약품안전청, 주당 최대누설선량 산출지침.
- [5] 국민건강보험공단, 사이버민원센터 교육자료.
- [6] 성동욱, “간접촬영과 직접촬영의 비교”, 식품의약품안전청 용역연구, 2004.
- [7] 지연상, “이동 검진 차량의 방사선 방어시설에 대한 실태와 고찰”, 대한의료영상기술학회지, 2008.
- [8] 안봉선, 이규은, 선종렬, “X선 촬영시 피폭선량 및 실내공간선량에 관한 연구”, 대한방사선기술학회지, 제21권, 제2호, pp.26-30, 1998.

저 자 소 개

한 범 희(Beom-Hee Han)

정회원



- 2009년 2월 : 한서대학교 방사선학과(방사선학석사)
- 2011년 2월 : 전북대학교 방사선과학기술학과(박사수료)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 서남대학교 방사선학과 교수

<관심분야> : 방사선물리, 방사선계측, 방사선관리

한 상 현(Sang-Hyun Han)

정회원



- 2008년 2월 : 건양대학교 보건학과(보건학석사)
- 2014년 2월 : 충북대학교 의용생체공학과(박사수료)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 서남대학교 방사선학과 교수

<관심분야> : 핵의학, 방사선학, 보건학

모 은 희(Eun-Hee Mo)

정회원



- 2009년 8월 : 한서대학교 방사선학과(방사선학석사)
- 2013년 8월 : 전북대학교 방사선과학기술학과(이학박사)
- 1995년 1월 ~ 현재 : 원광대학교 병원 영상의학과

<관심분야> : 방사선치료학, 초음파

김 종 일(Chong-Yeal Kim)

정회원



- 1996년 2월 : 전북대학교 물리학과(이학사)
- 1991년 2월 : Univ. of Texas at Austin(핵물리학박사)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 방사선과학기술학과 교수

<관심분야> : 핵물리학