

A Study on the Safety of a Screening X-ray Laboratory Using Containers in accordance with the COVID 19 Outbreak

Jae-Seok Kim

Department of Radiology, Ajou University Hospital of Korea

Received: August 17, 2020. Revised: August 27, 2020. Accepted: August 31, 2020.

ABSTRACT

When a radiation generating device is installed in an export container due to COVID-19, the purpose of this study was to measure the space dose in the radiation room and to study the effectiveness of the shielding wall in the laboratory. Air dose measurement method was set behind the X-ray tube, 50 cm, 100 cm, 200 cm, and measured 12 locations. The dose values before and after the use of the movable radiation shielding wall were compared by measuring 3 locations behind the X-ray tube using the movable radiation shielding wall. The measured values were 50 cm on the left behind the X-ray tube: 1.446 μ Sv, behind the X-ray tube: 0.545 μ Sv, and 50 cm on the right behind the X-ray tube: 1.466 μ Sv. Measurements behind the radiation barrier were 0.190 μ Sv, 0.204 μ Sv, and 0.191 μ Sv. As a result of performing the corresponding sample t test of the average value according to the use of movable barrier walls, $p < 0.001$ was found. As a result of the actual measurement, the medical exposure of the examiner due to the shielding wall in the laboratory decreased to 82.3%. In order to reduce occupational exposure in screening radiological laboratories, it is recommended that sufficient separation from radiation sources and the use of shielding walls are recommended.

Keywords: Corona-19, Container screening clinic, Radiation defense, Radiation room dose distribution

I . INTRODUCTION

코로나 바이러스(sars-cov-2)는 2019년 12월 우한에서 처음 발생한 뒤 전 세계로 확산된 새로운 유형의 호흡기 감염질환이다. COVID-19은 감염자의 비말(침방울)이 인체의 호흡기나 눈, 코, 입의 점막으로 침투될 때 감염된다. 감염되면 약 2~14일의 잠복기를 거친 뒤 발열 (37.5도) 및 기침이나 호흡곤란 등 호흡기 증상, 폐렴이 주 증상으로 나타나지만 무증상 감염 사례도 드물게 나오고 있다.^[1] 2020년 2월 15일 아주대학교병원 감염관리팀은 COVID-19 감염병 확산을 방지하기 위해 응급실 내원객과 외래환자 및 보호자의 병원 내 감염을 방지하기 위하여 선별진료소를 설치하였으며, 호흡기내과, 영상의학과, 감염내과, 임상병리과가 설치되었다.

COVID-19의 임상역학적 의심 환자를 진단하기 위해서는 중합 효소 연쇄반응 검사 (Polymerase Chain Reaction, PCR) 결과를 기다리는 동안 흉부 침범을 신속하게 평가하기 위한 방사선학적 평가가 필수적이다. 최근 COVID-19 방사선학적 관점은 주로 전산화 단층촬영 (Computed Tomography, CT) 결과에 초점을 맞추고 있는데, 이는 흉부 X-선 검사보다 CT가 COVID-19의 1 차 진단 방법으로 사용되며 민감도가 우수하다.^[2]

그럼에도 불구하고, 모든 환자에게 과도한 방사선 노출뿐만 아니라 의무적으로 수행해야 하는 검사실의 소독 절차 및 감염 격리를 고려할 때, 코로나 대유행 시기 동안 CT를 수행하는 것은 쉽지 않다.^[3] 본원은 특히 환자의 움직임 줄이고 이동식 X-ray 장치를 사용하고 있으므로 교차 감염의 위험

* Corresponding Author: Jae-Seok Kim

E-mail: m4f5r@aumc.ac.kr

Tel: +82-10-2222-3818

Address: Ajou University Hospital, World cup-ro 164, Young tong-gu, Suwon, Korea

을 최소화하여 PCR의 결과와 비교하여 더 빠른 결과를 얻어내기 위하여 흉부 X-선 검사는 무엇보다도 중요시 되고 있다.

‘방사선 구역’이라 함은 진단용 방사선 발생 장치를 설치한 장소 중 외부방사선량이 1주당 0.3mSv (30mrem)이상인 곳으로서 방어벽, 방어 칸막이 등의 구획물에 의하여 구획된 곳을 말하며 현재 시행 중인 선별진료소 또한 방사선 구역의 표지를 해야 할 의무를 갖고 있는 방사선 구역이다.

우리나라에서는 ‘진단용 방사선 발생 장치의 안전관리에 관한 규칙’에 따라 방사선 차폐시설의 설계 시에 설정된 주당 최대 동작 부하량을 초과한 경우 지체 없이 방사선 방어시설 검사를 실시하도록 권고하고 있다. 하지만 현재 신속한 감염경로의 차단이라는 국가적인 숙제 앞에 의료진 및 관계기관의 의료로 인한 방사선 피폭은 관심도가 낮은 편이며, 적어도 방사선을 다루고 있는 의료진들은 방사선 발생 장치의 허용선량에 대하여 관심을 두고 최대한 환자의 안전과 외부로의 방사선 누설 및 검사자의 안전에 대한 기준을 마련하여 설치를 해야 하겠다. 이에 본 연구는 첫 번째 과제로 COVID-19로 인해 수출용 컨테이너에 방사선 발생장치를 설치한 코로나 선별진료소의 경우 선별 방사선검사실 내의 방사선량의 선량분포를 측정하여 이동식 방사선 방어벽의 설치 여부에 대한 효용성 및 공간선량에 대한 연구를 토대로 선별진료소 내의 방사선 방어에 대한 연구를 하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. Experimental Objects And Devices

연구에 사용된 측정장치는 Survey Meter로 모델명: RADCOPS K3로 측정범위 Background (0.1 μ Sv/h ~30mSv/h이며 측정 방사선의 종류는 X-ray 그리고 Gamma ray이다. Fig. 1(a) 응답시간은 자동으로 설정하였다. 제품번호는 Mirae-2113258이며 교정일자 2020.01.16. 한국 인정기구 인정 (주) 코라솔. Korea. 2016 교정을 받은 상태이다.

Phantom은 아주대학교병원 선별진료소에서 흉부 검사시와 같은 환경에서 흉부 모형 팬텀을 적용하

여 실험을 실시하였다. 인체 흉부 모형 팬텀은 Chest Phantom N1 (kyoto kagaku co.,LTD. 2017. Japan) 모델로 30 × 30 × 30 (cm)의 Phantom을 사용했다.



(a) Survey meter (b) Chest phantom

Fig. 1. Survey meter & Chest phantom.

Fig. 1 (b) X-선 촬영 장치는 Carestream Revolution Mobile X-ray DRXR-1 제품으로 정격전압 100 ~ 240 V, 주파수 50~60Hz 소비전력 1.44kW, 최고사용 관전압 150kV 관전류 400mA로 중량은 575kg이다.(Carestream Healthcare, Inc 150 Verona street Rochester.NY 14608. 2016. U.S.A) 선별진료소의 특성상 고용량의 변압기 사용이 어려우며 제공되는 소비전력이 낮은 관계로 이동식 X-선 발생 장치를 사용한다. 촬영조건은 성인 60kg 기준으로 85kVp 6.3mAs로 이동식 검출기 (Detector)에 격자 (Grid)를 장착하여 X-선을 노출했다.

선별진료소는 감염병의 차단이라는 상황에서 선별진료소를 신축하거나 병원 내 기존 건물을 리모델링하는 것은 감염관리 측면과 현실적인 비용 측면에서 부합되지 않는 상황이므로 현재 우리나라 대부분의 선별진료소를 운영 중인 병원에서는 수출용 컨테이너를 사용 중이다. 현재 본원에서 사용 중인 컨테이너는 일반 DRY 수출용 컨테이너 20FT 컨테이너로 길이 6096mm, 폭 2438mm, 높이 2591mm, 무게 1320kg으로 재질은 Steel (철재)로 만들어졌으며, 여닫이 문 하나와 창문 두 개로 Fig. 2와 같이 구성되어 있다.

컨테이너 방사선 선별진료소의 장비위치 및 구성은 검출기 (Detector) Holder 사용하여 Fig. 3과 같

이 검출기를 고정하였으며 검출기(Detector) Holder의 컨테이너 세로 측 중심에 위치시켰으며, 세로 측 검출기 중심은 Size 1219cm 이고, 폭은 45cm이다.

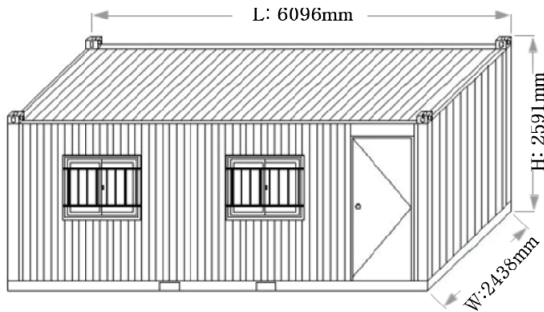


Fig. 2. General DRY export container 20FT container.

팬텀의 위치는 Chest Stand를 이용하여 촬영실에서 X-선관 장치의 조사야 조절기구로 방사하는 X선 조사야 중앙점에 위치시켰으며, 초점 - 피사체(팬텀) 표면 간 거리는 150cm이었다.

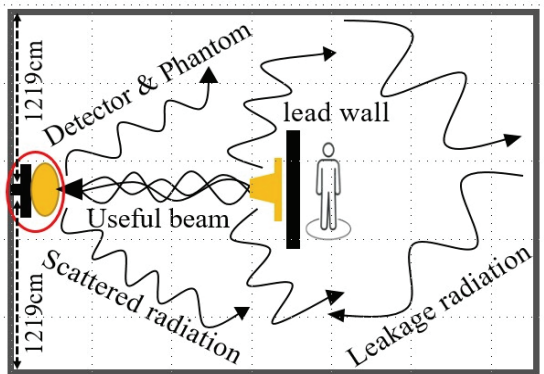


Fig. 3. Schematic drawing of radiation generation and internal structure of screening x-ray laboratory.

2. Dose measurement

측정 방법은 2012년 보건복지부에서 발행한 ‘방사선 방어시설 검사 가이드라인’⁴⁾의 기술 기준을 토대로 실제 흉부 검사와 동일한 조건으로 촬영을 했으며 지면에서의 검출기 (Detector) holder를 150cm에 위치시키고 검출기 (Detector)와 X-선관과의 거리는 150cm, 선속조절 (Beam Collimation)은 17inch × 17inch로 하였으며 흉부 팬텀은 디텍터와 밀착시켰다. 또한 흉부 팬텀의 정중앙에 중심선을

맞추어 실험하였다.

측정 지점은 X-선관에서 검사자가 있는 뒤쪽으로 이동식 차폐벽을 사용하지 않았을 때를 Fig. 4와 같이 12곳을 측정하였으며, 이와 대조군으로 이동식 차폐벽을 사용한 후 차폐벽 뒤에서 3곳을 측정하였다. 측정은 Survey Meter를 켜고 배후 방사선 (background)을 측정하였고, 배후 방사선 (background)에서 측정 Peak치 값을 빼서 산출하였다.

흉부 팬텀의 위치는 지면으로부터 150cm로 정하였으며, Fig. 4와 같이 X-선관의 발생방향의 뒷면 정중앙에서 좌측 50cm (1), 정중앙 (2), 우측 50cm (3), X-선관 정중앙에서 좌측 50cm 뒤 50cm (4), X-선관 정중앙에서 뒤 50cm (5), X-선관 뒤 정중앙에서 우측 50cm 뒤 50cm (6), X-선관 정중앙에서 왼쪽 50cm 뒤 100cm (7), X-선관에서 정중앙 뒤 100cm (8), X-선관 정중앙에서 우측 50cm 뒤 100cm (9), X-선관 정중앙에서 좌측 50cm 뒤로 200cm (10), X-선관 정중앙에서 뒤 200cm (11), X-선관 정중앙에서 우측 50cm 뒤 200cm (12)로 측정하였으며, 이동식 차폐벽을 설치한 후 차폐벽 바로 뒤 X-선관 정중앙에서 좌측 50cm 지점 (13)과 정중앙 지점 (14) 우측 50cm 지점 (15)에서의 선량을 측정하였다. 측정점마다 50번씩 측정하여 결괏값을 산출하였다.

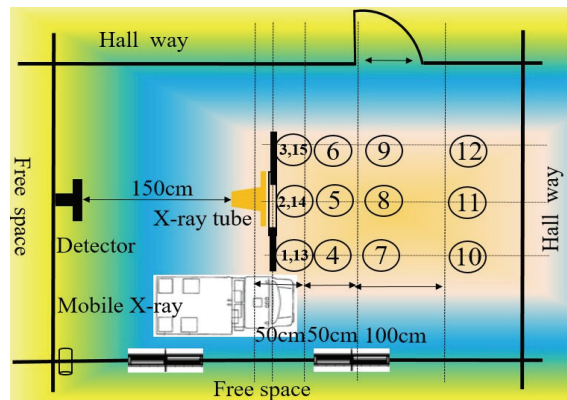


Fig. 4. Schematic drawing of dosimeter location for measuring of radiation dose.

이동식 차폐벽을 사용하지 않은 그룹을 A(1~3)와 이동식 차폐벽을 사용한 그룹 B(13~15)로 구분하여 결과를 분석하였으며 결과 분석은 통계 프로그램 SPSS ver 24 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 통해

두 그룹 간에 측정 방사선량을 비교 분석하였다. 95% 신뢰구간 (CI)에 해당하는 수준에서 유의한 차이를 검증하기 위해 대응 표본 t 검정 (Paired T

test)을 사용하였으며, 유의 수준은 *p < 0.05 (양측)으로 설정하였다.

Table 1. Measured dose by 15 measuring points (μSv), (n = 50)

No. of Measuring Location	Without mobile lead wall										Use of mobile lead wall				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Average Value of Measured Dose	1.446	0.545	1.466	0.403	0.402	0.398	0.295	0.296	0.302	0.21	0.202	0.202	0.190	0.204	0.191

Table 2. Results of T test, before and after the use of movable radiation barrier

	T - test equality of the means					
	p value(both)	Average	Standard Deviation	Std.error difference	95% CI of the difference	
					Lower	Upper
Behind the left side of X-ray tube	<0.000	1.256	0.125	0.017	1.220	1.291
Behind the X-ray tube	<0.000	0.341	0.0373	0.005	0.330	0.351
Behind the right side of X-ray tube	<0.000	1.275	0.120	0.016	1.241	1.309

*p < .05, **p < .01,***p < .001

III. RESULTS

측정값은 Table 1과 같이 X-선관 정중앙에서 좌측 50cm : 1.45 정중앙 : 0.54,우측 50cm : 1.46, X-선관 왼쪽 뒤 50cm : 0.403, X-선관 뒤 50cm : 0.402, X-선관 우측 뒤 50cm : 0.398, X-선관 왼쪽 뒤 100cm : 0.295, X-선관 뒤 100cm : 0.296, X-선관 우측 뒤 100cm : 0.302, X-선관 좌측 뒤 200cm : 0.21, X-선관 뒤 200cm : 0.202, X-선관 우측 뒤 200cm : 0.202로 측정되었고, 방사선 방어용 벽 뒤에서 측정값은 X-선관 좌측 50 cm : 0.19 ,정중앙 : 0.204, 우측 50cm : 0.191μSv였다.

이동식 차폐벽을 설치하지 않고 선량 분포도를 X-선관을 기준으로 좌측 50cm와 정중앙 부분 그리고 우측 50cm로 나누어 양쪽 가 쪽 부분과 정중앙의 선량 분포를 살펴보면 X-선관 바로 뒤에서의 선량분포도는 정중앙에서 0.911μSv 정도로 낮은 선량으로 측정되었다. 또한 X-선관으로부터 50cm뒤의

선량은 양측을 비교해 볼 때 정중앙에서 거의 비슷한 수준으로 측정이 되었다.

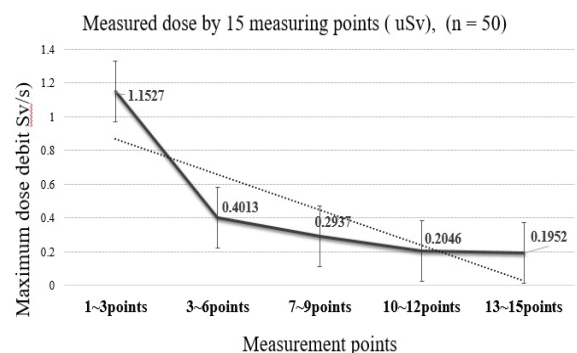


Fig. 5. Correlation with scattered dose for the distance of 15 measuring points.

Fig. 5와 같이 이동식 차폐벽을 사용하지 않은 그룹 A (1~3)와 이동식 차폐벽을 사용한 그룹 B (13~15)로 구분한 결과, A그룹과 B그룹의 차이는 0.957 μSv/h로 측정되었고, A와 B의 선량 평균에 대한 대응표본 t 검정은 Table 2의 결과와 같이 유의한 차이를 나타냈다.

IV. DISCUSSION

현재 전 세계는 COVID-19로 인해 사회적으로 심각한 의료의 붕괴를 겪고 있다. 하지만 우리나라는 체계화된 의료체계와 법을 기반으로 전 세계의 보건 의료료를 선도하고 있고 의료의 역수출이 진행되고 있는 상황이다. 이와 동시에 드라이브 스루 (Drive Through) 와 선별진료소를 확대 운용한 결과 지역감염의 수는 지속적으로 안정적인 상황이다.^[5]

Decree-law^[6]는 2002년 연구에서 이동식 X-선 장치가 설치된 곳에서는 방사선 노출에 대비되지 않는다면 환자와 보호자 의료진을 보호하기 위해 특별한 방사선 방호 조치를 고려해야 하며 여기에는 납 앞치마 및 기타 개인 보호 장비가 포함되어야 한다고 발표했다. ALARA 원칙 (합리적으로 달성할 수 있는 한 낮음)에 따라 모든 피폭은 피폭 근로자 (20mSv/년)와 일반인 (1mSv)에 대해 설정된 국가 선량 한도를 고려하여 정당화되고 가능한 한 낮게 유지되어야 한다고 설명했다.

방사선 방어의 기본적인 목표는 방사선 피폭으로부터 기대되는 이익을 고려하는 상황에서 피폭된 사람에게 결정적 영향이 나타나지 않도록 방지하고 확률적 영향의 가능성을 수용 가능한 수준으로 관리할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 그러한 이유로 현재 COVID-19 시대의 선별 방사선검사실은 복합적인 (검사자 피폭, 감염관리, 환자격리 등) 체계의 수립이 필요하며, 관련된 기준이 무엇보다도 시급하다고 본다.

António Abrantes^[7]에 의하면 이동식 X-선 산란 선량 연구에서 연조직에서의 인체조직의 감쇠 계수에 의존하며, 약 80kVp에서는 광전 효과와 콤프턴 효과라고 입증하였으며, 77kVp에서 81kVp 사이의 변화는 Compton 효과와 광전 효과 사이의 전환 때문에 60kVp 이하의 저관전압 영역보다는 산란선이 2배 이상 높게 측정이 된다고 보고 하였고, 전압과 노출값은 상관관계가 있고, 정비례함을 확인했다. 선별진료소는 이동식 X-선 장치를 사용하며, 흉부 검사의 경우 80kVp 이상을 설정하기 때문에 산란선이 저에너지 관전압에 비해 2배 이상 많을 것으로 사료된다.

선별진료소에서의 공간 선량은 X-선관에서 정중앙 뒤의 선량은 좌우 50cm 떨어진 선량에 비해 3분의 1 수준이었다. 이는 방사선 차폐기구나 이동식 방사선 방어벽이 없는 경우의 촬영에서 X-선관의 정후방 밖에서 검사자가 촬영하는 것보다 X-선관 정후방에서 검사하는 것이 방사선 피폭을 줄일 수 있는 방법이라는 것을 확인했으며, 혹시 이동식 차폐벽이나 방사선 방어벽이 마련되지 않았을 경우는 X-선관 후방에서 200cm 이상 거리를 두고 촬영을 하는 것을 권고하는 바이다. 측정선량으로 본다면 0cm에서 50cm의 감소율은 65%, 0cm에서 100cm의 감소율은 74%, 0cm에서 200cm의 감소율은 82.3%로 측정됨을 확인할 수 있었다.

방사선의 입사 강도는 일반적 규칙에 따라서 선원으로부터의 거리가 피사체 직경의 5배 이상인 경우 선원은 점 선원으로 간주 될 수 있고, António Abrantes^[7]의 연구에서 X선관으로부터 가장 먼 거리에서 측정된 값을 기준으로 측정한 값은 1 m 미만에서의 이론적 측정값은 거리 역 자승 법칙에 의하여 성립하기 시작한다고 하였고 본 논문의 실험은 X-선관의 후방에서 나타나는 후방 산란 선량과 누설 선량이므로 X-선관 후방의 결괏값은 Fig. 6에서 보듯이 거리 역 자승 법칙을 따르지 않고 있음을 확인 할 수 있었다. 이는 튜브의 방향과 관련이 있다고 생각하며 흉부 촬영 시 후방에서의 선량이 X-선관 옆에서의 누설 선량과 산란 선량과는 차이가 있다고 생각된다.

또한 대형병원의 경우 응급실 환자의 COVID-19 선별을 위하여 내원하는 모든 내원객에게 흉부 엑스레이를 실시하고 있고, 이로 인해 선별진료소의 촬영 건수가 본원의 경우 2020년 3월부터 7월까지 하루 평균 (24시간) 150건을 감안 한다면, 선별진료소 방사선사 주 8시간 근무자의 방사선 피로도 와 코로나 감염의 위험성, 감염관리와 관계한 Level D 복장으로 인해 직업적 피로도가 더욱 가중될 것으로 사료되며, 적절한 순환 근무의 형태를 취하여야 할 것이다.

이동식 차폐벽을 사용한 지점과 X-선관 뒷면 50cm 지점을 대응 표본 t 검정을 실시해 본 결과 유의한 차이를 보였으며, 실측한 결과 검사실 내에

서의 차폐벽으로 인한 검사자의 직업 피폭은 82.3% 감소시킬 수 있었다. 또한 차폐벽을 사용한 뒤 차폐벽 뒤의 선량은 0.195 μ Sv로 차폐벽을 사용하지 않았을 때와 비교해 보면 X-선관 뒤 2cm에서의 측정값 0.204 μ Sv로 이런 관점으로 볼 때 차폐벽을 사용한 뒤 2cm 떨어진 지점에서 측정하면, 방사선 피폭이 거의 없을 것으로 사료되며, 일반적으로 X-선관 가까운 곳에서의 누출 방사선을 제거하는 목적으로 이동식 차폐벽을 사용하기에 고비용의 차폐벽을 사용할 수 없다면, 검사자나 보호자, 이송요원 등은 엑스레이 발생원에서 200cm 이상 거리를 유지할 것을 권고하는 바이다.

V. CONCLUSION

선별진료소 방사선 검사실 내에서의 이동식 차폐벽을 사용함으로써 의료 피폭은 82.3%로 감소시킬 수 있으며 차폐벽이 없을 경우 검사자의 촬영거리는 X-선관 후방에서 200cm 이상 이격하여 촬영하는 것을 권고하는 바이다.

Reference

- [1] Leslie Dietz, Patrick F. Horve, a David "2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations To Reduce Transmission", American society for microbiology, Vol. 5, No. 2, pp. e00375, 2020.
<http://dx.doi.org/10.1128/mSystems.00245-20>
- [2] Wenjing Yang & Arlene Sirajuddin & Xiaochun Zhang & Guanshu Liu & Zhongzhao Teng & Shihua Zhao & Minjie Lu "The role of imaging in 2019 novel coronavirus pneumonia (COVID-19)", European Society of Radiology, 2020.
<https://doi.org/10.1007/s00330-020-06827-4>
- [3] Andrea Giovagnoni, "Facing the COVID-19 emergency: we can and we do", La Radiologia Medica, Vol. 125, No. 4, pp. 337-338, 2020.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11547-020-01178-y>
- [4] K. H. Ma, S. J. Kang, "Radiation defense facility inspection guidelines NO. 322012.11", Publication registration number 11-1470550-000331-14, pp 2-4, 2012.
- [5] A strong shield K-prevention model to prevent

Corona 19, <http://www.motie.go.kr>

- [6] Decree-law n.º 180/2002. Portugal: Diário da República I Série-A N.º182 (8 de agosto de 2002)
- [7] António Abrantes, Carina Rebelo, Patrick Sousa, Sónia Rodrigues, "Scatter Radiation Exposure During Mobile X-Ray Examinations" Healthcare Executive Alliance Special Supplement, Vol. 17, No. 1, pp. 68-72, 2017.
<https://healthmanagement.org/c/healthmanagement/issuearticle/scatter-radiation-exposure-during-mobile-x-ray-examinations>

COVID 19 유행에 따른 컨테이너를 이용한 선별 X-선 검사실의 안전성에 대한 고찰

김재석

아주대학교병원 영상의학과

요 약

COVID-19로 인해 수출용 컨테이너에 방사선 발생 장치를 설치한 경우 방사선실의 공간선량을 측정하고 검사실 내의 차폐벽의 효용성에 대하여 연구하고자 하였다.

측정 지점은 X-선관에서 검사자가 있는 뒤쪽으로 이동식 차폐벽을 사용하지 않았을 때를 12곳을 측정하였으며, 이와 대조군으로 이동식 차폐벽을 사용한 후 차폐벽 뒤에서 3곳을 측정하였다. 측정은 Survey Meter를 켜고 배후 방사선(Background)을 측정하였고, 배후 방사선(Background)에서 측정 Peak치 값을 빼서 산출하였다. 이동식 차폐벽 없이 X-선관 뒤, 50cm, 100cm, 200cm로 설정하여 12 곳을 측정하였고, 이동식 방사선 차폐벽을 사용하여 X-선관 뒤에서 3곳을 측정하여 이동식 방사선 차폐벽의 사용 전후의 선량값을 비교하였다. 이동식 차폐벽의 사용 여부에 따라 측정된 선량의 평균값을 대응표본 t 검정을 통하여 결과값 $p < 0.05$ (양측)로 검증하였다. 측정값은 X-선관 뒤 좌측 50cm : 1.446 μ Sv, X-선관 뒤 : 0.545 μ Sv, X-선관 뒤 우측 50cm : 1.466 μ Sv, 방사선 방어용 벽 뒤에서 측정값은 0.190 μ Sv, 0.204 μ Sv, 0.191 μ Sv였다.

실측한 결과 검사실 내에서의 차폐벽으로 인한 검사자의 의료 피폭은 82.3%로 감소시킬 수 있었다. 선별 방사선 검사실에서의 직업 피폭을 감소시키기 위해서는 방사선 발생원으로부터 충분한 이격과 차폐벽의 사용을 권고하는 바이다.

중심단어: COVID-19, 선별진료소, 컨테이너, 방사선 방어

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	김재석	아주대학교병원 영상의학과	방사선사