

A Study on the Exposure Dose of Frequent Workers and Radiation Workers in a University Hospital

Joo-Ah Lee*

Department of Radiation Oncology, Catholic University, Incheon St. Mary's Hospital

Received: August 16, 2023. Revised: August 30, 2023. Accepted: August 31, 2023.

ABSTRACT

In this study, we tried to provide basic data for radiation safety management by comparing and analyzing the exposure doses of radiation workers and frequent workers at C University Hospital in Incheon. From January 2021 to December 2022, surface dose and deep dose were analyzed for 30 radiation workers and 8 frequent workers who worked at C university hospital in Incheon. Radiation workers were targeted at radiation technicians and nurses working in the radiation oncology department and nuclear medicine department, and frequent visitors were targeted at frequent workers who manage and clean facilities in the same radiation management area. In the radiation worker group, 3.1 per 10,000 radiation technologist, 1.2 per 100,000 nurses, and 4.5 per 1,000,000 frequent workers showed the possibility of developing side effects on the lungs. The probability of radiation oncology was 1.1 per 10,000 for radiation technologist and 5.2 per 1,000,000 for nurses, and the probability of radiation technologist in nuclear medicine was 2.9 per 10,000 and for nurses was 7.1 per 1,000,000. It is hoped that this study can be used as basic data in future revisions on frequent workers, and it is considered that it will be used as basic data in the field of obstacles in relation to the stochastic effect of radiation in the future.

Keywords: Frequent workers, Radiation workers, Radiation-related workers, Deep dose, Shallow dose

I. INTRODUCTION

현대의 의료환경에서는 환자의 정확한 검사 및 치료를 위하여 방사선 발생장치와 방사성동위원소가 널리 사용되어 지고 있다^[1-3]. 3차 의료기관의 병원에서는 방사선 발생장치를 사용하는 방사선종양학과와 방사성동위원소를 인체에 투여하여 검사 및 치료하는 핵의학과에서 근무하는 방사선작업종사자가 있다^[4,5]. 이들은 원자력 안전법 제 2조에 의거하여, 원자력 이용시설에서 운전, 이용 또는 방사성 물질 등의 사용, 저장, 취급, 처리, 처분, 운반 및 그 밖의 오염제거 등 방사선에 피폭되거나 그 염려가 되는 업무에 종사하는 자를 뜻한다^[6]. 또한 방사선관리구역에서는 청소 및 시설관리를 위하여 업무상 출입하는 자 들이 있는데, 이는 원자력 안전

법 시행령에 의거하여 “수시출입자”로 분류된다^[7]. 이들은 일시적인 출입을 하는 사람들을 제외하며, 방사선관계종사자와 방사선작업종사자 외의 사람을 말한다. 2016년 4월 원자력안전위원회는 이러한 수시출입자들의 방사선 안전 관리 측면의 개선이 필요함을 제시하였다^[8]. 즉, 방사선작업종사자의 관리에 준하여 건강 진단 및 방사선피폭선량의 관리를 강화하였다^[9].

따라서 방사선관리구역에서 근무하는 의료기관의 방사선 관련 종사자들은 방사선 피폭의 위험에 더 가깝게 노출되어 있다. 방사선은 저선량이라 하더라도 인체에 장기간 지속적으로 조사되면, 생물학적 영향으로 인한 유전적 변화 및 암, 백혈병 등을 유발할 수 있다^[10]. 즉 ALARA(As Low As Reasonably Achievable)의 원칙에 입각하여 방사선

* Corresponding Author: Joo-Ah Lee

E-mail: rtorange@naver.com

Tel:+82-32-280-6786

Address: 56 Dongsu-ro, Bupyeong-dong, Bupyeong-gu, Incheon

의 피폭을 최소화하기 위한 주의가 필요하다^[11].

각 여러 국가들에서도 국제방사선방어위원회 (International Commission on Radiological Protection, ICRP)에서 제시하는 선량한도를 기준으로 방사선 장애의 피폭준위를 적용하고 있다^[12].

본 연구에서는 C 대학병원에서 근무하는 방사선 작업종사자와 수시출입자의 피폭선량을 비교 분석함으로써, 방사선 안전관리에 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구대상

2021년 1월부터 2022년 12월까지 C 대학병원에서 근무한 방사선작업종사자 30명과 수시출입자 총 8명을 대상으로 표층선량과 심부선량을 분석하였다.

방사선작업종사자는 방사선종양학과와 핵의학과에서 근무하는 방사선사, 간호사들을 대상으로 하였고, 수시출입자는 동일한 방사선 관리구역에서 시설 관리 및 청소를 하는 수시출입자를 대상으로 하였다. 광자극발광선량계(Optically Stimulated Luminescence Dosimeter)를 왼쪽 가슴 부위에 착용하였으며, 연구에 사용된 선량계(OSLD)는 사전에 계획되지 않은 일반적인 근무환경에서의 총 2년간 개인선량계 단독 측정값으로 역산하여 분석하였다. 또한, 연구대상은 납 차폐복(Apron) 미착용자의 종사자들을 대상으로 하였다. 피폭선량과 폐의 부작용을 산출하기 위하여, 표층선량과 심부선량으로 구분하여 각각 평균과 표준편차를 Table 1~6에 나타내었다.

2. ICRP 103^[12]에 의거한 유발 확률 산출 (폐)

각 그룹별 선량에 따른 폐의 부작용 유발률을 산출하기 위하여 ICRP 103^[12]에 의거한 명목위험계수 (Nominal risk factor)로 분석하였다.

방사선작업종사자의 명목위험계수(nominal risk coefficient)는 $4.2 \times 10^{-2} / \text{Sv}$, 수시출입자는 $5.7 \times 10^{-2} / \text{Sv}$ 를 활용하였으며^[12], 심부선량과 표층선량에 따른 폐의 부작용 유발 확률을 Eq. (1)로 분석하였다.

$$= (\text{Accumulated Radiation dose for two years: Sv}) \times (\text{Tissue Weighting Factor: Lung 0.12}) \times (\text{Nominal Risk Coefficient: } 10^{-2}/\text{Sv}) \quad (1)$$

III. RESULT

1. 방사선작업종사자와 수시출입자의 피폭선량 결과

방사선 관리구역에서 근무하는 방사선종양학과와 핵의학과 방사선작업종사자들과 동일구역에서 근무하는 수시출입자들의 피폭 선량 결과를 Table 1 ~ 2에 나타내었다. 방사선작업종사자들의 직종은 방사선사와 간호사이며, 수시출입자는 시설기사와 청소 업무자들로 각각 심부선량과 표층선량으로 분석하였다.

Table 1. Exposure dose of radiation workers and frequent workers (Deep dose) (unit: mSv)

Classification	Radiological Technologist	Nurse	Frequent Workers
Measurement (mean ± St.D)	61.14 ± 0.63	2.44 ± 0.21	0.66 ± 0.00
Cancer incidence (people)	3.07×10^{-4} 3.1 per 10,000	1.23×10^{-5} 1.2 per 100,000	4.51×10^{-6} 4.5 per 1,000,000

Table 2. Exposure dose of radiation workers and frequent workers (Shallow dose) (unit: mSv)

Classification	Radiological Technologist	Nurse	Frequent Workers
Measurement (mean ± St.D)	57.57 ± 0.59	3.29 ± 0.29	0.67 ± 0.00
Cancer incidence (people)	2.87×10^{-4} 2.9 per 10,000	1.66×10^{-5} 1.7 per 100,000	4.58×10^{-6} 4.6 per 1,000,000

방사선작업종사자들의 심부선량은 Table 1과 같이 방사선사 61.14 ± 0.63 mSv, 간호사 2.44 ± 0.21 mSv, 수시출입자는 0.66 ± 0.00 mSv 였다.

2. 방사선종양학과와 방사선작업종사자와 수시출입자의 피폭선량 결과

방사선작업종사자 그룹에서 방사선종양학과와 핵의학과 종사자들을 분류하여 Table 2 ~ 6에 나타내었다. 방사선종양학과 방사선작업종사자의 심부

선량은 Table 3과 같이 방사선사 2.16 ± 0.05 mSv, 간호사 1.03 ± 0.09 mSv, 수시출입자는 0.66 ± 0.00 mSv였다.

Table 3. Radiation exposure dose of radiation workers working in the Department of Radiation Oncology and dose of frequent workers (Deep dose) (unit: mSv)

Classification	Radiological Technologist	Nurse	Frequent Workers
Measurement (mean ± St.D)	2.16 ± 0.05	1.03 ± 0.09	0.66 ± 0.00
Cancer incidence (people)	1.09 × 10 ⁻⁴ 1.1 per 10,000	5.19 × 10 ⁻⁶ 5.2 per 1,000,000	4.51 × 10 ⁻⁶ 4.5 per 1,000,000

Table 4. Radiation exposure dose of radiation workers working in the Department of Radiation Oncology and dose of frequent workers (Shallow dose) (unit: mSv)

Classification	Radiological Technologist	Nurse	Frequent Workers
Measurement (mean ± St.D)	2.16 ± 0.05	1.42 ± 0.15	0.67 ± 0.00
Cancer incidence (people)	1.09 × 10 ⁻⁵ 1.1 per 100,000	7.16 × 10 ⁻⁶ 7.2 per 1,000,000	4.58 × 10 ⁻⁶ 4.6 per 1,000,000

3. 핵의학과 방사선작업종사자와 수시출입자의 피폭선량 결과

핵의학과 소속의 방사선작업종사자의 심부선량은 Table 5와 같이 방사선사 58.98 ± 0.76 mSv, 간호사 1.41 ± 0.43 mSv, 수시출입자는 0.66 ± 0.00 mSv였다.

총 2년 동안 피폭선량으로 인하여 발생될 폐의 부작용 유발률을 분석하기 위하여 ICRP 103에 의거한 명목위험인자를 활용하였다^[12]. 방사선 선량에 대한 명목 위험 계수는 전체 인구에 대하여 수시출입자는 Sv당 5.7%, 방사선작업종사자는 Sv당 4.2%를 사용하였고, 폐의 조직가중치는 0.12로 유발 확률을 Eq. (2)로 산출하였다^[12].

방사선작업종사자의 피폭선량 중 심부선량으로 인한 폐의 부작용 유발 확률에 관한 계산식은 아래의 Eq. (2)와 같다.

$$= 0.06114 \text{ Sv (Accumulated Radiation Dose for two years)} \times 0.12 \text{ (Tissue Weighting Factor}_{Lung}) \times 0.042 \text{ /Sv (Nominal Risk Coefficient)} \quad (2)$$

Table 1 ~ 6과 같이 방사선작업종사자 그룹의 방사선사는 10,000당 3.1명, 간호사는 100,000당 1.2명, 수시출입자는 1,000,000당 4.5명이 폐에 부작용을 발생할 확률이 있음을 나타냈다.

Table 5. Radiation exposure dose of radiation workers working in the Department of Nuclear Medicine and dose of frequent workers (Deep dose) (unit: mSv)

Classification	Radiological Technologist	Nurse	Frequent Workers
Measurement (mean ± St.D)	58.98 ± 0.76	1.41 ± 0.43	0.66 ± 0.00
Cancer incidence (people)	2.92 × 10 ⁻⁴ 2.9 per 10,000	7.11 × 10 ⁻⁶ 7.1 per 1,000,000	4.51 × 10 ⁻⁶ 4.5 per 1,000,000

특히, 방사선종양학과 방사선사는 10,000당 1.1명, 간호사는 1,000,000당 5.2명의 확률이었으며, 핵의학과 방사선사는 10,000당 2.9명, 간호사는 1,000,000당 7.1명의 확률로 산출되었다.

또한, 수시출입자의 피폭선량 중 심부선량으로 인한 폐의 부작용 유발 확률은 Eq. (3) 으로서, 1,000,000당 4.5명의 확률임을 나타내었다.

$$= 0.00066 \text{ Sv (Accumulated Radiation Dose for two years)} \times 0.12 \text{ (Tissue Weighting Factor}_{Lung}) \times 0.057 \text{ /Sv (Nominal Risk Coefficient)} \quad (3)$$

Table 6. Radiation exposure dose of radiation workers working in the Department of Nuclear Medicine and dose of frequent workers (Shallow dose) (unit: mSv)

Classification	Radiological Technologist	Nurse	Frequent Workers
Measurement (mean ± St.D)	55.41 ± 0.70	1.87 ± 0.59	0.67 ± 0.00
Cancer incidence (people)	2.77 × 10 ⁻⁴ 2.8 per 10,000	9.42 × 10 ⁻⁶ 9.4 per 1,000,000	4.58 × 10 ⁻⁶ 4.6 per 1,000,000

IV. DISCUSSION

원자력 안전법의 규제하에 관리되는 방사선작업자와 수시출입자로 분류된 그룹간의 피폭선량을 연구하였다. 폐의 부작용 유발률의 연구 결과 방사선 작업종사자들 중 방사선사 그룹이 가장 높았고, 간호사, 수시출입자 순으로 산출되었다. 이는 방사선 작업종사자에 해당되는 핵의학과 소속의 방사선사들이 방사성동위원소의 주사업무 과정에서 많이 피폭되는 원인임을 선행연구^[13]를 통하여 알 수 있다.

의료기관에서 방사선을 이용한 검사 및 치료는 크게 증가하고 있지만, 의료기관 종사자들의 방사선 노출은 더 늘어나는 실정이다^[14]. 영상의학 검사에 사용되는 방사선이 대부분 전리방사선을 사용하고 있어서 그 생물학적 영향은 더 크다^[9]. 방사선종사자들의 피폭선량에 관한 선행연구들이 있지만^[13,14], 직업상의 저선량 방사선에 관한 폐의 부작용 유발 확률을 분석하였다는 점에서 저자의 연구는 의미가 있다. 2022년 한국원자력의학원 국가방사선비상진료센터의 약 17년 동안 코호트 연구의 분석에 의하면, 17만명의 방사선작업종사자들 중 호흡계통의 질환이 29.5 % 발생하였다고 보고하였다^[15]. 본 연구의 결과 가장 높은 피폭선량인 핵의학과 방사선작업종사자 방사선사들의 선량과 비교하였을 때, 폐의 부작용 유발확률이 10,000당 2.9명 이었으며 이는 성^[15]등의 연구 종사자 기준으로 무려 49.3 %의 발생률이다. 즉, 장기적인 기간으로 고려 해볼 때, 만성장해의 위험성을 일깨워준다. 특히 인체 조직 중 폐는 IAEA-TECDOC-870^[16]에서 발표한 바와 같이 방사선 부작용으로 인한 식도염 및 폐렴을 유발할 가능성이 크기 때문에, 본 연구에서 폐의 부작용에 관한 유발확률을 분석하였다.

2016년 10월 수시출입자의 연간 선량한도를 조정하여, 매년 건강진단을 통하여 방사선 피폭에 의한 건강관리 및 직장교육 또는 기본교육을 통하여 수시출입자에 대한 안전교육을 보다 체계적으로 강화하였다^[17]. 반면, 저자의 연구 결과 수시출입자의 2년 누적 선량이 0.66 ± 0.00 mSv로 미비하였다. 원자력 안전법 시행령에 따른 임상실습학생들도 수시출입자로 분류 되어진다^[7]. 방사선학과 임상실

습기간 동안 개인선량계(OSLD)로 측정된 이^[8]의 연구와 동일 기간으로 산출하여 선량을 비교해보면 임상 실습학생의 선량이 0.91 ± 0.06 mSv로 일반인의 방사선 선량한도에 해당되는 연간 1 mSv에도 미치지 못하는 선량이다. 이는 임상 실습의 현장 상황을 고려하지 못한 현 실정이며, 원자력안전법 개정 이후 2년 동안 적용된 수시출입자 제도의 개정이 필요한 부분이다^[7]. 또한 시설기사, 환경미화원에 비하여 더 높은 것을 알 수 있다. 즉, 수시출입자로 규정된 그룹 속 에서도 각각의 업무 및 환경 그리고 방사선관리구역에 따라서 차이가 있음을 파악할 수 있다.

본 연구가 추후 수시출입자들에 관한 개정에서 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

본 연구의 제한점으로 C 대학병원의 규모 특성상 수시출입자의 대상자 수가 적은 아쉬움이 있다. 하지만, 방사선작업종사자들과 수시출입자의 피폭 선량을 비교 분석하고, 폐의 부작용 확률을 분석하였다는 점에서 의의가 있다고 할 수 있겠다. 각 그룹별, 직종별 피폭선량은 국제방사선방호위원회에서 권고되는 선량보다는 적은 피폭선량이었다. 물론 그로 인하여 급성 장해를 유발할 선량은 아니지만, 직업적인 업무의 특성과 그 외 추가적인 피폭 상황을 고려해 보았을 때 개인별 피폭선량에 관심과 최소화하기 위한 노력과 주의가 필요하겠다.

V. CONCLUSION

C 대학병원에서 근무하는 방사선작업종사자와 수시출입자의 피폭선량을 비교 분석함으로써, 방사선 안전관리에 기초자료를 제공하고자 하였다. 방사선관리구역에서 종사하는 방사선작업종사자와 수시출입자들의 피폭 선량으로 직종별 폐의 부작용 유발 확률을 분석하였다. 방사선작업종사자 그룹의 방사선사는 10,000당 3.1명, 간호사는 100,000당 1.2명, 수시출입자는 1,000,000당 4.5명이 폐의 부작용 발생률이 있음을 나타냈다.

방사선 종사자들에 대한 피폭선량측정에 항상 관심을 기울이며, 피폭의 최소화를 위한 관심과 노력이 필요하겠다. 본 연구는 방사선 피폭선량이 폐에 부작용을 유발할 확률을 분석하여 향후 방사선

의 확률적 영향과 관련된 유용한 자료로 활용될 것이라 기대한다.

Reference

- [1] H. J. Kim, W. J. Chung, J. H. Cho, "A Study of Image Quality Improvement Through Changes in Posture and Kernel Value in Neck CT Scanning", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 5, No. 4, pp. 59-66, 2011.
<http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2011.5.2.059>
- [2] S. J. Kang, "Changes in CT Number and Noise Level according to Pitch in Spiral Image Acquisition", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 14, No. 7, pp. 981-989, 2020.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2020.14.7.981>
- [3] C. H. Baek, S. J. Lee, D. H. Kim, "Diagnostic X-ray Spectra Detection by Monte Carlo Simulation", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 12, No. 3, pp. 289-295, 2018.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2018.12.3.289>
- [4] S. J. Lee, Y. I. Jang, C. H. Baek, "Design of Gamma Camera with Diverging Collimator for Spatial Resolution Improvement", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 13, No. 4, pp. 661-666, 2019.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2019.13.4.661>
- [5] S. J. Lee, C. H. Baek, "Digital Position Acquisition Method of PET Detector Module using Maximum Likelihood Position Estimation", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 1, pp. 1-7, 2021. <https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.1.1>
- [6] S. M. Jeon, Y. K. Lee, S. M. Ahn, "A Study on the Exposure Dose of Workers and Frequent Workers in the Radiology Department", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 3, pp. 355-359, 2021.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.3.355>
- [7] B. W. Lee, "A Study on the Guarantee of Learning Rights of Radiology Students in Nuclear Safety Act", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 45, No. 2, pp. 159-164, 2022.
<https://doi.org/10.17946/JRST.2022.45.2.159>
- [8] J. A. Lee, "Analysis of Individual Exposure Dose of Workers and Clinical Practice Students in Radiation Management Area", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 17, No. 11, pp. 383-388, 2017. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2017.17.11.383>
- [9] S. Y. Lee, Y. H. Seoung, "Evaluation of Effective Dose with National Diagnostic Reference Level using Monte-Carlo Simulation", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 7, pp. 1041-1047, 2021.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.7.1041>
- [10] K. T. Um, M. S. Lee, S. J. Kang, "The Study of Effectiveness in a Modified Rib Oblique Projection View Using a Chest Phantom", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 12, No. 4, pp. 525-532, 2018.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2018.12.4.525>
- [11] S. Y. Cha, J. Y. Park, Y. K. Lee, J. H. Kim, J. H. Choi, "Quality of Image and Exposure Dose According to kVp, mA and Iterative Reconstruction in Computed Tomography", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 40, No. 3, pp. 385-392, 2017.
<https://doi.org/10.17946/JRST.2017.40.3.05>
- [12] ICRP Publication 103, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37, Vol. 2-4, 2007.
- [13] K. J. Sung, C. K. Kong, K. R. Dong, "A Study on the Management of Radiation Workers Exposure Dose", *Journal of Radiation Industry*, Vol. 14, No. 3, pp. 273-285, 2020.
- [14] S. S. Kang, K. T. Kim, S. C. Noh, B. J. Jung, J. K. Park, "The Study on Design of Customized Radiation Protective Layer for Medical Radiation Dose Reduction", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 8, No. 6, pp. 333-338, 2014.
<http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2014.8.6.333>
- [15] H. J. Seoung, D. R. Lee, S. J. Park, W. I. Jang, G. R. Bae, S. H. Park, S. Y. Jung, S. W. Seo, "Status and characteristics of diseases other than cancer among radiation workers", *Journal of the Korean association for Radiation Protection*, Vol. 12, No. 3, pp. 618-619, 2022.
<https://www.earticle.net/Article/A421714>
- [16] International Atomic Energy Agency "Methods for Estimating the Probability of Cancer from

Occupational Radiation Exposure", International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria 3-7 July 1995.

- [17] J. A. Lee, "Reading and influence of personal dose meter in University Hospital C", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 16, No. 3, pp. 357-363, 2022.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2022.16.3.357>

일개 대학병원의 수시출입자와 방사선작업종사자의 피폭선량에 관한 고찰

이주아*

가톨릭대학교 인천성모병원 방사선종양학팀

요 약

본 연구에서는 인천 C대학병원에서 방사선작업종사자와 수시출입자의 피폭선량을 비교 분석하여 방사선 안전관리를 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다. 2021년 1월부터 2022년 12월까지 인천 소재 C대학병원에서 근무하는 방사선작업종사자 30명과 수시출입자 8명을 대상으로 표면선량과 심부선량을 분석하였다. 방사선작업종사자는 방사선종양학과와 핵의학과에서 근무하는 방사선사 및 간호사를 대상으로 하였으며, 수시출입자는 동일 방사선관리구역 내 시설관리 및 청소업무를 수행하는 수시출입자를 대상으로 하였다. 방사선작업종사자는 방사선사 100,000당 3.1명, 간호사 100,000당 1.2명, 수시출입자 1,000,000당 4.5명이 폐에 부작용이 생길 가능성을 보였다. 방사선종양학과 방사선사는 10,000당 1.1명, 간호사의 경우 1,000,000명당 5.2명이었고, 핵의학과 방사선사는 10,000명당 2.9명, 간호사의 경우 1,000,000명당 7.1명이었다. 본 연구가 향후 수시출입자에 관한 개정 시 기초자료로 활용될 수 있기를 바라며, 향후 방사선의 확률론적 영향과 관련된 장해 분야의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

중심단어: 수시출입자, 방사선작업종사자, 방사선관계종사자, 심부선량, 표층선량

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	이주아	가톨릭대학교 인천성모병원 방사선종양학팀	방사선사