

우리나라 응급의료센터 응급구조사의 직업적 방사선 노출

이현경¹ · 박정임^{2*}

¹국립농업과학원 농업공학부 농업안전보건팀, ²순천향대학교 환경보건학과

Occupational Radiation Exposure of Emergency Medical Technicians in Emergency Medical Centers in Korea

Hyeongyeong Lee¹ · Jeongim Park^{2*}

¹*Agricultural Health and Safety Division, Department of Agricultural Engineering,
National Institute of Agricultural Sciences*

²*Department of Environmental Health Sciences, Soonchunhyang University*

ABSTRACT

Objectives: This study aims to investigate the occupational radiation exposures of emergency medical technicians(EMTs) in emergency medical centers in Korea. The results will provide a basis for developing prevention programs to minimize adverse health effects relating to radiation exposure among emergency medical technicians working in this area.

Methods: Radiation exposure doses were measured for twenty-two EMTs working in six emergency medical centers. Thermo Luminescent Dosimeters(TLD) were placed on three representative body parts, including chest, neck, and a finger. Measurements were conducted over the entire working hours of the participants for four weeks. Dosimeters were analyzed according to a standard method by a KFDA-designated lab. Detection rate, annual radiation exposure dose, and relative levels to dose limits were derived based on the measured doses from the dosimeters. SPSS/Win 18.0 software(IBM, US) was used for statistical analysis.

Results: Detection rates were 45.5%, 36.4%, and 45.5% for the dosimeters sampled from chest, neck, and a finger, respectively. The average annual doses were 2.39 ± 3.44 mSv/year(range 0.38-10.0 mSv/year) for the chest, 2.72 ± 3.05 mSv/year(2.00-11.34) for the neck, and 20.98 ± 17.57 mSv/year(1.25-53.50) for the hand dose. The average annual eye dose was estimated to 3.61 ± 2.37 mSv/year(1.50-8.34). The exposure dose levels of EMTs were comparable to those of radiologists, who showed relatively higher radiation dose among health care workers, as reported in another study.

Conclusions: EMTs working in emergency medical centers are considered to be at risk of radiation exposure. Although the radiation exposure dose of EMTs does not exceed the dose limit, it is not negligible comparing to other professionals in health care sectors.

Key words: emergency medical center, emergency medical technician(EMT), occupational radiation exposure

I. 서 론

응급의료센터(emergency department center)의 의료 종사자는 중증환자, 외상환자의 초기 안정화와 현장 처치의 검토, 연속적인 응급처치, 진단 검사, 입원치

료 혹은 응급수술 등 다양한 업무를 긴박하게 수행한다. 따라서 직무 수행 중에 다양한 유해요인에 노출될 위험이 크다(Dorevitch et al., 2000). 응급의료센터는 결핵균 등의 생물학적 유해인자, 전리방사선 등의 물리적 유해인자, 소독제 등의 화학적 유해인자와

*Corresponding author: Jeongim Park, Tel: 041-530-1269, E-mail: jeongim@sch.ac.kr

Department of Environmental Health, Soonchunhyang University, 22 Soonchunhyang-ro, Sinchang-myeon, Asan-si, Chungnam

Received: August 28, 2017, Revised: September 12, 2017, Accepted: September 19, 2017

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

더불어 스트레스, 피로, 폭력 등의 유해요인이 있다 (Wilburn et al., 2004; Ramsay et al., 2006). 응급의료센터에서는 질병 진단과 치료에 이동식 방사선 촬영(X-ray) 및 전산화단층 촬영(Computer Tomography, CT) 등을 필수적으로 사용한다. 이 기기들의 사용은 응급의료종사자의 방사선 노출 위험을 야기한다. 2015년까지 배출된 1급 응급구조사는 13,913명이다. 권역응급의료센터, 전문응급의료센터, 지역응급의료센터, 지역응급의료기관에 종사하는 인원은 약 760명이다. 이들은 응급의학 전문의, 간호사와 더불어 응급의료센터의 중요한 구성원이다(Ministry of Health and Welfare(MHW), 2016). 의사의 직접적인 통제아래에 환자평가 및 검사(심전도 검사, 혈액 검사 등)와 환자처치(기본 심폐소생술, 외상환자 세척 및 드레싱 등), 병원 내 역할(일반 행정업무 등)을 수행한다(Lee, 2011). 특히 자발호흡이 없는 응급환자의 경우 백밸브마스크(Bag Valve Mask, BVM)를 이용한 호흡을 보조하기 위하여 방사선 촬영 및 CT 촬영 시 환자와 매우 밀착하게 된다. 이 경우 손등에 직접적인 노출과 산란된 방사선에 의한 간접적인 방사선 노출 우려가 더욱 크다(Yoon et al., 2005).

국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 X선과 감마선 노출과 위암, 대장암, 폐암, 피부 기저세포암, 여성 유방암, 갑상선암 발생의 인과관계를 제시하였다(IARC, 2001). 방사선 노출의 건강피해는 급성 영향과 만성 영향으로 구분된다. 고선량의 급성영향은 방사선 피폭 후 수주 이내에 나타나는 영향으로 피부의 수포, 궤양, 혈액상의 변화, 치사 등이 발생한다. 저선량의 만성 영향은 수개월, 수십 년 이상의 기간이 경과된 후 발생하며 백내장이나 암 등이 대표적이다(Nuclear Regulatory Commission, NRC, 2006).

직업적 방사선 노출에 대한 국내 선행연구는 방사선 피폭 위험도가 높은 의료인으로 분류되는 방사선사(Kang et al., 2013), 정형외과 의사(Kim et al., 2010; Jung et al., 2012), 심장내과 의사(Park et al., 2012) 등을 대상으로 이루어졌다(Han et al., 2007; Yoon et al., 2014). 국외에서는 혈관조형술을 실시하는 의사(Ramos et al., 2010; Sulieman et al., 2014), 간호사(Langmack, 1998), 핵의학실의 생태학자, 방사선 약학자, 간호사(Kubo et al., 2014)를 대상으로 연구가 이

루어졌다. 그러나 응급의료센터 응급구조사들에 대한 직업적 방사선 노출량 측정이나 방사선 노출 방안에 대한 조사는 국내외 모두 거의 없다.

국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)는 직업적 방사선 노출로 인한 의료종사자들의 건강피해를 최소화하기 위하여 직업적 피폭선량 한도를 제시하고 각 나라별로 기준을 설정하도록 권고하고 있다(ICRP, 2007). 우리나라는 ICRP 60 권고기준에 따라 방사선 관계종사자는 유효 선량 50 mSv/year 이하, 수정체의 등가 선량은 150 mSv/year 이하, 피부/손 및 발의 등가 선량 500 mSv/year 이하로 관리하고 있다. 여기에서 방사선 관계 종사자란 진단용 방사선 발생장치를 설치한 곳을 주된 근무 장소로 하고 있는 자로 촬영실 내부를 출입해야 하는 근무자를 말하며 영상의학과 의사, 방사선사, 간호사, 간호조무사 등이 포함되어 있다. 반면, 방사선과의 접수, 필름정리 요원 등의 단순 근로직과 더불어 응급구조사는 제외되어 있다. 진단용 발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 따라 소속 의료기관의 개설자나 관리자는 방사선 관계 종사자를 대상으로 방사선 피폭선량을 지속적으로 확인해야 하며, 자체교육훈련 등을 실시해야한다(MHW, 2017). 방사선 피폭선량 한도 초과자에 대해선 건강진단을 즉시 실시하며, 건강진단 결과 이상 징후가 있는 경우에는 방사선 피폭의 우려가 없는 근무지로 변경 등과 같은 안전조치와 6개월 후에 건강검진을 재 실시 해야 한다. 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)에서는 방사선 노출량을 관리하는 것 이외에 방사선 노출에 대응할 수 있도록 방사선에 대한 기본 사항, 방사선의 생물학적 영향, 방사선량 측정 및 규제 관리, 직업적 노출에 대한 보호 등이 포함된 정기적인 교육을 권고하고 있다(IAEA, 2001). 방사선과 관련된 특성을 잘 인지하고 있을 경우, 방사선 노출 예방 행위에 대한 인식도와 수행도를 향상시킨다는 연구결과가 있다(Kim et al., 2011). 그럼에도 우리나라 응급구조학 전공대학의 교육과정을 살펴보면 방사선 안전교육은 이루어지지 않고 있다. 다만 환경응급 부분에서 방사능 물질에 대한 내용과 방사능에 노출된 환자의 응급처치에 대한 내용이 일부분 포함되어 있다. 졸업 후 응급의료센터 기본교육이나 보수교육 등 직무교육 과정에도 응급구

조사 본인의 직무와 관련된 직업적 방사선 노출과 관련된 내용은 전무하다(Bae et al., 2012).

본 연구는 응급의료센터에서 근무하는 응급구조사의 직업적 방사선 노출 수준과 특성을 평가함으로써, 응급의료센터 응급구조사들의 직업적 방사선 노출에 방화활동의 필요성을 제기하고자 한다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

전라북도 6곳의 응급의료센터에서 근무하는 응급구조사 중 근무 중 방사선 노출측정에 협조 가능한 응급구조사를 선정하였다. 'A' 응급의료센터 5명, 'B' 응급의료센터 7명, 'C' 응급의료센터 3명, 'D' 응급의료센터 1명, 'E' 응급의료센터 3명, 'F' 응급의료센터 3명 등 6곳의 응급의료센터에서 근무하는 22명의 응급구조사의 노출량을 측정하였다. 이들은 3교대 근무형태로 앞 근무자에게 특이사항을 간단하게 인계를 받고, 이후부터 수시로 들어오는 응급환자를 대상으로 의사의 진료보조, 심폐소생술실시, 중환자 감시 및 처치, 환자이송, 중증도 분류의 업무 등을 반복적으로 수행한다(Kim & Jeong, 2000).

2. 측정 및 분석방법

방사선 피폭선량 측정을 위해 1인당 총 3개의 개인선량계를 사용하였다. 본 연구에서는 형광체인 Li₂B₄O₇(Cu)와 CaSO₄(Tm)가 내장되어 있는 열형광선량계(Thermoluminescence Dosimeter, TLD, UD-802AT Panasonic, Osaka, Japan)와 Li₂B₄O(Cu)가 내장되어 있는 반지형 dosimeter(UD-807, Panasonic, Osaka, Japan)를 사용하였다(MHW, 2017). 선량계의 측정범위는 1~106 mRem (1 mSv=100 mRem)이다. 대상자들의 측정부위 3곳(가슴, 목, 손)에 식별번호가 기록되어 있는 TLD를 착용하도록 하였다. 2개의 TLD는 갑상샘에 가까운 위치가 되도록 작업복의 깃에서 최대한 높은 위치(목 선량 측정용)와 가슴 주머니(유효선량과 가슴 선량 측정용)에 부착하였다. 1개의 반지형 dosimeter는 왼쪽 두 번째 손가락(손 선량 측정용)에 착용하였다.

측정기간은 2014년 1월부터 6월까지 참여 대상자의 형편에 따라 4주간 대상자가 근무하는 동안 내내 착용하도록 하였다. 근무시간 외에는 뚜껑이 있는 전

용상자에 TLD를 넣어 방사선이 노출되지 않는 탈의실에 보관하도록 하였다. 이동식 X-ray 촬영 및 CT 등에 동행할 경우 납으로 된 가운 및 목 보호대를 착용하도록 권고하였다. 측정 기간 종료 후, 열형광선량계의 분석은 방사선에 쪼인 후 만들어지는 결정성 물질을 가열하여 발생하는 열 형광 현상을 이용하는 방법(Rivera, 2012)에 따라 식품의약품안전청에서 지정한 방사선피폭선량 전문분석기관에서 수행하였다.

3. 측정결과 통계 분석

연구 기간 동안 배경노출량으로 측정한 자연방사선 노출량은 0.34 ± 0.07 mSv/4 weeks(n=8)이었다. 대상자들의 3곳의 측정부위에서 4주 동안 누적된 선량으로 연간 방사선 피폭선량 추정하였다. 연간 방사선 피폭선량은 아래 식(1)과 같이 50주를 기준으로 환산하였다. 눈 선량(eye dose)은 선행연구(Niklason et al., 1994)를 참고하여 식(2)과 같이 목 선량(neck dose) 측정값에 0.75를 곱하여 추정하였다.

$$\begin{aligned} \text{Annual dose (chest, neck, hand)} \\ = 12.5 \times \text{radiation exposure dose(4 weeks)} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Annual dose (eye)} \\ = 0.75 \times \text{annual neck dose} \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

방사선 관계종사자의 유효선량 한도는 50 mSv/year (또는 100 mSv/5 yrs), 눈(수정체)의 등가선량 한도는 150 mSv/year, 손의 등가선량 한도는 500 mSv/year이다. 각 측정부위별 선량한도 피폭선량률(%)을 계산하였다. 수집된 자료는 SPSS/WIN 18.0 프로그램(IBM, US)을 이용하여 대상자의 일반적 특성과 업무, 개인별 방사선 피폭선량 및 검출율을 보기 위해 빈도와 백분율, 평균 및 표준편차를 분석하였다. 검출한계(0.1 mSv) 미만으로 측정된 경우 검출한계의 1/2값을 적용하여 계산하였다.

III. 연구 결과

1. 직업적 방사선 노출 수준

1) 대상자 일반적 특성 및 방사선 업무

대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 여성이 59%로 남성에 비해 많았다. 연령은 20대가 68%로

Table 1. General characteristics of participants and tasks related to radiation exposure

(n=22)

Category	Variable	N(%)
Gender	Male	9(40.9)
	Female	13(59.1)
Age	20's	15(68.2)
	≥ 30's	7(31.8)
Marital status	Married	2(9.1)
	Not married	20(90.9)
Working years	1 <	8(36.4)
	1 - 5	10(45.5)
	5 ≤	2(9.1)
	missing	2(9.1)
Emergency medical center	A	5(22.7)
	B	7(31.8)
	C	3(13.6)
	D	1(4.5)
	E	3(13.6)
	F	3(13.6)
Radiation related work status	Potable X-ray	20(90.9)
	Computer Tomography(CT)	15(68.2)
	Angiography	16(72.7)

가장 많았고, 향후 임신 가능성이 큰 미혼자가 91%이었다. 근무 연수는 방사선 노출위험에 대한 자기방어력이 낮은 1년 이상 5년 미만의 경력자가 46%로 가장 많았다. 방사선 노출 가능성이 높은 업무로 이동식 X-ray, CT, angiography가 있는데, 응답자의 91%가 이동식 X-ray를 실시하고 있었으며, CT는 68%, angiography는 73%가 실시하는 것으로 응답하였다. 즉, 미혼의 20대 여성으로 근무경력이 5년 미만인 응급구조사가 방사선 노출위험이 있는 업무를 상당부분 실시하고 있는 것으로 파악되었다.

2) 방사선 피폭선량 검출율(%)

22명에게 착용된 선량계 중 4주 측정기간 동안 분실한 반지형 선량계 6개를 제외하고 계산한 검출율은 Table 2와 같다. 가슴 부위 46%(10명), 목 부위(neck) 36%(8명),

손 부위(hand) 63%(10명)이었다. 응급의료센터별 검출율은 'A' 응급의료센터가 71%, 'B' 응급의료센터는 74%, 'C' 응급의료센터 50%, 'D' 응급의료센터 33%이었다. 'E'와 'F' 응급의료센터에서 근무한 응급구조사 6명의 경우 모든 선량계가 검출한계 미만이었다. 검출된 선량계가 한 개 이상인 응급구조사 16명의 평균 검출율은 67%이었다. 선량계 3개에서 모두 검출된 응급구조사는 5명, 2개에서 검출된 응급구조사는 3명, 그리고 1개에서만 검출된 응급구조사는 2명이었다.

3) 측정부위별 방사선 피폭선량(mSv)

모든 선량계가 검출한계 미만인 6명의 응급구조사를 제외한 16명의 측정기간(4주)동안 방사선 평균 피폭선량은 Table 2와 같다. 가슴 선량(chest dose) 0.19 ± 0.28 mSv/4weeks, 목 선량(neck dose) 0.19 ± 0.26 mSv/4weeks,

Table 2. Radiation exposure dose(mSv) for 4 weeks from chest, neck, and hand dosimeter and detection rates by center (n=22)

EMC*	ID	Gender	Chest	Neck	Hand	Detection rate(%) [§]	
			mSv	mSv	mSv		
A	1	Male	0.04	0.18	0.10	71.4	
	2	Male	0.22	ND	1.58		
	3	Male	0.16	ND	4.28		
	4	Male	0.77	0.23	0.29		
	5	Male	ND†	ND	· ‡		
B	6	Female	0.03	ND	1.01	73.7	66.7
	7	Female	0.80	0.18	·		
	8	Female	ND	ND	·		
	9	Female	ND	ND	0.41		
	10	Female	0.26	0.47	2.17		
	11	Female	0.57	0.54	0.88		
C	12	Female	0.13	0.43	2.99	50.0	
	13	Female	0.05	0.16	·		
	14	Female	ND	ND	·		
D	15	Female	ND	0.89	·	33.3	
	16	Female	ND	ND	3.07		
Mean±SD			0.19±0.28	0.19±0.26	1.68±1.41		
E	17	Male	ND	ND	ND	00.0	
	18	Male	ND	ND	ND		
	19	Male	ND	ND	ND		
F	20	Female	ND	ND	ND	00.0	
	21	Female	ND	ND	ND		
	22	Male	ND	ND	ND		
Total	Range		<0.1-0.80	<0.1-0.89	<0.1-4.28		
	Mean±SD		0.14±0.25	0.14±0.24	1.05±1.37		
	Detection rate(%) [§]		45.5	36.4	62.5		

*: emergency medical center, †: not detected, ‡: missing badge, §: $\% = \frac{\text{No. of detected dosimeter}}{\text{No. of total dosimeter} - \text{missing badge}} \times 100$

손 선량(hand dose) 1.68±1.41 mSv/4weeks이었다. 이를 이용하여 측정부위별 연간 방사선 피폭선량 평균값을 구한 결과 분포는 Figure 1과 같다. 가슴 선량(chest dose)은 2.39±2.37 mSv/year(range 0.38-10.0), 목 선량(neck dose)는 2.43±3.27 mSv/year(2.00-11.13), 눈 선량(eye dose)은 3.61±2.37 mSv/year(1.50-8.34), 손 선량(hand dose)은 20.98±17.57 mSv/year(1.25-53.50)이었다.

4) 선량한도 대비 방사선 피폭선량 비율

대상자들의 연간 방사선 피폭선량을 국내의 방사선 관계 종사자의 선량한도와 비교하면 Table 3과 같다. 방사선 노출이 확인된 16명의 응급구조사의 평균 가슴 선량은 2.39±3.44 mSv/year(range 0.38-10.00)로 선량한도(50 mSv/year)의 4.8%로 나타났다. 5년간 누적선량 기준인 100 mSv/5 yrs를 연간기준으로 환산하여 20

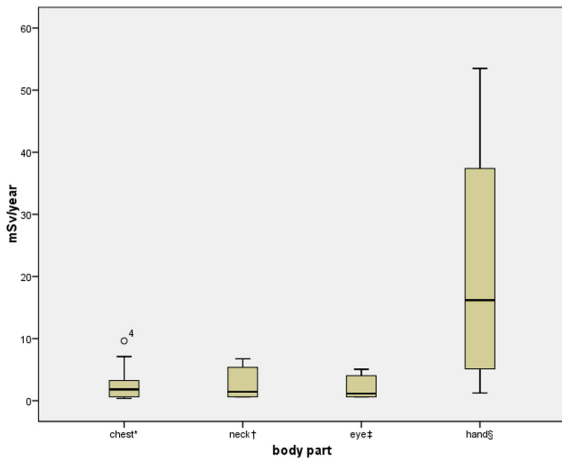


Figure 1. The distribution of the annual cumulative dose estimated from chest, neck, eye, and hand dose measured for 4 weeks (the middle bars in the box plots indicated the average value). *: The limit of effective dose is 50 mSv/year, †: The limit of eye dose is 150 mSv/year, ‡: eye = 0.75 × neck dose, §: The limit of hand dose is 500 mSv/year.

mSv/year를 적용할 경우 12.0%에 달하는 수준이다. ‘B’ 응급의료센터의 ID 7번 대상자의 경우 10.00 mSv/year로 가장 높았는데, 이는 선량한도 대비 20.0%, 5년 기준을 적용할 경우 50%에 이르는 수준이었다. 평균 눈 선량(eye dose)은 3.61 ± 2.37 mSv/year(1.50-8.34)로 선량한도의 2.4%이었다. 눈 선량(eye dose)의 분포를 살펴보면 ‘C’ 응급의료센터에서는 ID 15번 대상자가 8.34 mSv/year로 가장 높았으며 선량한도 대비 5.6%이었다. 평균 손 선량(hand dose)은 20.98 ± 17.57 mSv/year(1.25-53.50)로 선량한도의 4.2%였다. 손 선량(hand dose)의 분포를 살펴보면 ‘A’ 응급의료센터에서는 ID 3번 대상자가 53.50 mSv/year로 가장 높았으며 선량한도 대비 10.7%이었다.

IV. 고찰 및 결론

우리나라 응급의료통계연보(2015년)에 따르면 2008

Table 3. Radiation exposure dose of effective, eye, and hand from the estimated annual cumulative doses(mSv/year) among EMTs

(n=16)

EMC*	ID	Effective [§]		Eye		Hand	
		mSv	%	mSv	%	mSv	%
A	1	0.50	1.0	1.69	1.1	1.25	0.3
	2	2.75	5.5	-	-	19.75	4.0
	3	2.00	4.0	-	-	53.50	10.7
	4	9.63	19.3	2.16	1.4	3.62	0.7
	5	†	-	-	-	‡	-
B	6	0.38	0.8	-	-	12.63	2.5
	7	10.00	20.0	1.69	1.1	·	-
	8	-	-	-	-	·	-
	9	-	-	-	-	5.13	1.0
	10	3.25	6.5	4.41	2.9	27.13	5.4
	11	7.13	14.3	5.06	3.4	11.00	2.2
	12	1.63	3.3	4.03	2.7	37.38	7.5
C	13	0.63	1.3	1.50	1.0	·	-
	14	-	-	-	-	·	-
	15	-	-	8.34	5.6	·	-
D	16	-	-	-	-	38.38	7.7
Range		<0.38-10.00		<1.50-8.34		<1.25-53.50	
Mean±SD		2.39±3.44		3.61±2.37		20.98±17.57	
		4.8		2.4		4.2	

* : emergency medical center, † : not detected, ‡ : missing badge, § : annual cumulative dose was derived based on the 4 weeks measurement, || : undetected values were imputed with 1/2 detection limit(0.1 mSv)

년 기준 권역응급의료센터가 16개에서 20개로 늘어났다. 또한 응급의료기관 이용자가 인구천명당 183명에서 200명으로 증가함에 따른 응급의료종사자의 방사선 노출 가능성은 날로 증가하고 있다(MHW, 2016). 방사선 의료기기 이용의 증가로 방사선 노출로 인한 건강위험도 커질 우려가 있다(Do, 2011).

이 연구에서 응급의료센터에서 근무하는 응급구조사를 대상으로 방사선 노출량을 측정한 결과, 응급의료센터에 따라 방사선 노출 검출율에 차이가 있었다. 검출이 확인된 4곳의 응급의료센터의 검출율은 응급의료센터 'A'와 'B'가 높았다. 방사선 노출선량 측정 당시 개인별 업무일지를 작성하게 하였으나, 응급의료센터의 업무 특성상 작성도가 매우 낮아 결과 해석에 활용하기에 적절하지 않아 추가적으로 인터뷰를 진행하였다. 검출율이 높은 응급의료센터 'A'와 'B'는 이동식 X-ray, CT 등 방사선 관련 업무의 빈도가 특히 많았다. 방사선 관련 업무의 빈도도 중요하지만, CT의 1회 방사선량이 이동식 X-ray 보다 200~300배 높기 때문에 어떤 종류의 방사선 관련 업무를 수행하느냐가 노출 수준에 큰 영향을 미칠 것으로 추정된다. 신체부위별로 손이 다른 신체부위에 빈번히(검출율), 그리고 상대적으로 높은 수준(노출량)의 방사선이 검출되었다. 이는 응급구조사들이 BVM를 수행할 때 X-선 튜브에 손이 직접 노출되기도 하고 환자 및 구조물에 의한 간접적 노출(scatter)에 동시에 노출되기 때문으로 보인다(Kim et al., 2014).

일반적으로 의료종사자의 직업적 노출량은 후쿠시마 원전사고 시 노출된 방사선량처럼 높은 수준이 아니다. 그러나 아무리 적은 선량이라도 암 발생의 확률이 있으며 정도에 따라 암발생 위험도가 달라질 수 있다. BEIR(Biological Effects of Ionizing Radiation) VII보고서에서는 암 발생 역치가 없으며 노출되는 방사선의 양과 비례한다고 linear non-threshold model을 제시하였다(NRC, 2006). 국내의 연구에서 원전종사자가 저선량의 방사선에 장기간 노출되어 급성 골수성 백혈병이 발생되었으며 그 것이 업무상 질병으로 인정되었다는 사례가 있다(Lim et al., 2002). 본 연구에서 방사선 노출이 확인된 16명의 응급구조사의 평균 방사선 피폭선량은 2.39 mSv/year(range 0.38-10.00)로 선량한도(50 mSv/year)의 4.7%로 나타났다. 5년간 누적선량 기준인 100 mSv를 연간기준으로 환산하여 20 mSv/year를 기

준으로 적용할 경우 12.0% 수준에 해당한다. 방사선관리 구역에 청소, 시설관리 등의 업무를 위하여 수시로 출입하는 경우 적용하는 선량한도인 6 mSv/year를 적용할 경우 응급구조사의 노출선량은 기준의 40%에 달한다(원자력안전법 시행령 제133조). Kim et al.(2013)의 연구에서 경기 지역의 1개 대학병원 응급센터 응급구조사 7명의 방사선 피폭선량을 3개월간 측정해서 연간으로 추정된 결과 평균 3.40 mSv/year 이었다. 이는 우리 연구에서 추정된 2.39 mSv/year과 비슷한 수준이다. 또한 응급의료센터 응급의학과 전공의 피폭선량(0.26 mSv/3 month)을 연간 노출선량으로 계산하였을 경우 평균 1.04 mSv/year로 응급구조사가 응급의료센터 응급의학 전공의보다 높은 선량에 노출된다(Jeong et al., 2008). 의료종사자 중 방사선 피폭선량이 높은 것으로 추정되는 방사선사(0.8 mSv/year)와 비교하였을 때도 낮은 수준이 아니다(Lee et al., 2016).

방사선에 대한 감수성은 인체조직에 따라 각각 다르다. 특히 조직의 재생 능력이 클수록, 세포분열기간이 길거나 형태적 기능적으로 분화단계가 낮은 골수, 생식기, 위장자 상피, 수정체상피와 태아조직 등이 감수성이 높은 것으로 알려져 있다(Brent, 1980). 이 중 수정체는 낮은 선량의 방사선으로도 백내장이 빈번하게 발생하기 때문에 방사선 치료 시 항상 주의해야 한다(Zimmerman et al., 1996). 본 연구에서 평균 눈 선량(eye dose)이 3.61 mSv/year(range 1.50-8.34)로 선량한도의 2.4%였다. 현재 많은 응급구조사들이 차폐기구의 부재와 사용상의 불편함과 같은 이유로 무방비 상태로 노출되는 경우가 많아 실제 노출은 본 연구 결과 이상이 될 수도 있을 것으로 예상된다.

응급의료센터의 응급구조사의 평균 손 선량(hand dose)은 20.98 mSv/year(range 1.25-53.50)로 선량한도의 4.2%였다. 업무 수행 중에 손이 X-선 튜브 안에 위치하게 되면 분당 40 mSv의 방사선 노출이 발생하며, 약 13분 노출로 연간 선량한도에 도달할 수 있다(Mehlman et al, 1997). X-선 튜브에 직접적인 방사선 노출은 간접적인 노출에 비해 약 100배 이상 피폭된다고 보고되었다(Arnstein et al, 1994). 이 정도 수준에서 장기간의 직접적인 노출은 수부의 피부괴사와 같은 건강피해가 발생할 수 있다(Shim et al., 2014).

마지막으로 본 연구결과에서 보듯이 응급의료센터 응급구조사는 대체로 20대 가임기 여성들이 많았다.

일반적인 가임기 여성의 직업적 방사선 노출에 대한 규제기준은 남성과 동일하다. 그러나 여성의 난포세포는 방사선에 민감하기 때문에 ICRP에서는 임신 전 난소에 일정량의 방사선이 노출되면 적어도 2달 이상 임신을 연기할 것을 권고하고 있다(ICRP, 2000). 저선량의 방사선에 장기적으로 노출되는 가임기 여성들의 불임이나 기형아 출산의 발생 위험이 높아진다는 연구도 있다(Larkin et al., 2001). 이를 예방하기 위하여 방어용구의 착용이 필수적이다. 방어용구의 사용으로 약 20% 정도의 방사선 피폭선량을 감소시킬 수 있으므로 직간접적인 직업적 방사선 노출을 줄이는데 중요하다(Damilakis et al., 1995). 진단용 방사선 발생장치와 자주 접촉하는 응급구조사의 경우 납 가운, 납 장갑 등의 기본적인 방호장비 사용이 반드시 필요하다(Ciraulo et al., 1994).

본 연구결과를 국내 응급의료센터 응급구조사의 직업적 방사선 피폭 실태로 일반화하기에 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 측정대상이 전라북도 인근의 응급의료센터에서 협조 가능한 응급구조사만 대상으로 하였기 때문에 응급구조사 전체를 대표한다고 보기 어렵다. 그러나 본 연구는 기존 연구보다 좀 더 여러 근무조건에서의 노출가능성을 평가하였다는 데 의의가 있으며, 향후 지역과 대상을 확대한 조사가 필요하다. 둘째, 노출측정 기간과 방사선 관련 업무의 빈도에 따라 실제 방사선 노출량과는 차이가 있을 수 있다. 그러므로 객관적인 노출량 평가를 위해 노출 측정기간을 늘리고 각 기관별 방사선과 관련된 업무의 파악이 이루어져야 할 것이다.

응급의료센터 응급구조사는 직업적 방사선 노출의 위험이 있음을 확인할 수 있었다. 특히 자발 호흡이 없는 응급환자의 진단을 위해 BVM을 수행하면서 방사선 촬영에 동행할 때 응급구조사의 직업적 방사선 노출 가능성이 매우 크다. 응급구조사의 방사선 피폭 선량은 방사선 관계 종사자의 선량한도 대비 한도를 초과하는 것은 아니나, 방사선 노출 위험군으로 분류되는 방사선사, 영상의학과 의사, 간호사 등과 비교할 때 결코 무시할만한 수준은 아니다. 또한 응급의료센터의 근무환경에 따라 직업적 방사선 노출이 달라지는 것을 볼 수 있는데 이에 따라 각 응급의료기관의 관리자의 인식과 역할이 중요하다. 향후 응급구조사 방사선 피폭선량에 대한 연구에서는 응급의료센터에

서의 개인별 업무일지를 자세히 기록하게 하여 진단 방사선 발생장치의 종류와 성능, 접촉 시간, 방사선 진단 검사의 종류 등의 업무 특성과 방사선 피폭선량과의 연관성을 확인하는 것이 필요하다.

감사의 글

이 논문은 순천향대학교의 학술연구비 지원으로 수행하였습니다.

References

- Arnstein PM, Richards AM, Putney R. The risk from radiation exposure during operative X-ray screening in hand surgery. *J Hand Surg Br* 1994;19(3):393-6
- Bae KS, Kim JH, Kim JY. Current state and needs of continuing education for emergency medical technicians. *Jour. of Kocon. a* 2012;12(10):376-384
- Brent RL. Radiation teratogenesis. *Teratol* 1980;21(3):281-298
- Ciraulo DL, Marini CP, Lloyd GT, Fisher J. Do surgical residents, emergency medicine physicians, and nurses experience significant radiation exposure during the resuscitation of trauma patients?. *J Trauma* 1994;36(5):703-705
- Damilakis J, Koukourakis M, Hatjidakis A, Karabekios S, Gourtsoyiannis N. Radiation exposure to the hands of operators during angiographic procedures. *Eur J Radiol* 1995;21(1):72-5
- Do KH. The health effects of low-dose radiation exposure. *KMA* 2011;54(12):1253-1261
- Dorevitch S, Forst L. The occupational hazards of emergency physicians. *Am J Emerg Med* 2000;18(3):300-11
- Han EO, Kwon DM. Analysis of the trend of knowledge, attitude and behavior related to radiation safety management; focused on radiation workers at medical institutions. *JRST* 2007;30(4):321-327
- International Atomic Energy Agency(IAEA). Training in radiation protection and the safe use of radiation sources. *Safety Report Series* 20.; 2001. p. 20
- Information Agency for Research on Cancer(IARC). Radiation: IARC monograph on the evaluation of carcinogenic risks humans. No. 100D.; 2001. p. 1-362
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). Pregnancy and medical radiation. ICRP publication 84.; 2000. p. 115
- International Commission on Radiological Protection

- (ICRP). The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection. ICRP Publication No. 103,; 2007. p. 5
- Jeong JH, Lim YS, Park KN, Kim YM, Choi SM et al. Radiation exposure to physicians in the emergency department. *JKSEM* 2008;19(1):125-130
- Jung GH, Jang JH, Kim JD, Kim CK. Radiation exposure over the course of a year from an image intensifier in the orthopaedic operating room. *KOFS* 2012;25(1):58-63
- Kang SG, Lee EN. Knowledge of radiation protection and the recognition and performance of radiation protection behavior among perioperative Nurses, *J Muscle and Jt Health*, 2013;20(3):247-257
- Kim HS, Ko SJ, Kang SS, Choi SY, Kim CS. Analysis of radiation/radioactivity-related knowledge, perception and behaviors of radiological technologists. *JRST* 2011;34(2):123-129
- Kim HS, Park SM, Lee SY, Baek SM, Chae SY. Safety guidelines for medical radiologist; Radiation safety management series No. 40. MDS,; 2014. p. 9
- Kim JW, Kim JJ. Radiation exposure to the orthopaedic surgeon during fracture surgery. *KOA* 2010;45(2):107-113
- Kim SM, Jeong MS. Role of Emergency Medical Technician (EMT) in Hospital. *KSEMS* 2000;4(1):31-34
- Kim YJ, Ahn HC, Sohn YD, Ahn JY, Park SM et al. Correlation between the portable X-ray and the radiation exposure dose in the emergency department: Cohort Study. *J Radiat Prot Res* 2013;11(2):101-105
- Kubo T, Ohno Y2, Kauczor HU, Hatabu H. Radiation dose reduction in chest CT--review of available options. *Eur J Radiol* 2014;83(10):1953-1961
- Langmack KA. Factors influencing occupational radiation doses to brachytherapy nurses. *Radiography* 1998;4(2): 141-146
- Larkin CJ, Workman A, Wright RE, Tham TC. Radiation doses to patients during ERCP. *Gastrointest Endosc* 2001;53(2):161-4
- Lee HK, Lee HY, Lee JG, Park YJ, Kim HJ et al. 2015 report occupational radiation exposure in diagnostic radiology in Korea. CDCP, 2016; p. 11 [Accessed 10 July 2017] Available from: http://www.cdc.go.kr/CDC/info/CdcKrInfo1217.jsp?menuIds=HOME001-MNU1130-MNU1062-MNU1081&fid=3058&q_type=&q_value=&cid=72959&pageNum=.html
- Lee OH. The work and job satisfaction of paramedics in the emergency room of university hospitals. *KJEMS* 2011;15(1):47-63
- Lim HS, Jung HG, Kim SG, Park BC, Lee G. A case of acute myelogenous leukemia occurring in a nuclear power plant worker, *The CongGuk J of Med* 2002;9(2): 122-138
- Mehlman CT, DiPasquale TG. Radiation exposure to the orthopedic surgical team during fluoroscopy: "how far away is far enough?". *J Orthop Trauma* 1997;11(6): 392-398
- Ministry of Health and Welfare(MHW). Regulation on the safety management of diagnostic equipment for diagnostic equipment; Section 304. [Accessed 10 July 2017] Available from: URL:<http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=168846&efYd=20150401#0000.htm>.
- Ministry of Health and Welfare(MHW). 2015 Emergency medical statistics report. Seoul; Central Emergency Medical Center(CEMC),; 2016. p. 37-115
- National Research Council(NRC). Committee to assess health risks from exposure to low levels of ionizing radiation. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase 2. Washington DC: National Academies Press; 2006.
- Niklason LT, Marx MV, Chan HP. The estimation of occupational effective dose in diagnostic radiology with two dosimeters. *Health Phys* 1994;67(6):611-5
- Park JK, Cho EH. The characteristic of radiation exposure for radiologist with applying condition in interventional radiology in cardiology. *JDCS* 2012;13(3):421-429
- Ramos M, Montroro A, Almonacid M, Ferrer S, Barquinero JF et al. Radiation effects analysis in a group of interventional radiologists using biological and physical dosimetry methods. *Eur J Radiol* 2010;75(2): 259-264
- Ramsay J, Denny F, Szirotnyak K, Thomas J, Corneliussen E et al. Identifying nursing hazards in the emergency department: a new approach to nursing job hazard analysis. *J Safety Res* 2006;37(1):63-74
- Rivera T. Thermoluminescence in medical dosimetry. *Appl Radiat Isot* 2012;71(S):30-34
- Shim DM, Kim MY, Oh SK, Lim CM, Kwon BT. Radiation induced hand necrosis of an orthopedic surgeon who had treated a patient with fluoroscopy-guided spine injection. *J Korean Orthop Assoc* 2014;14(3):250-254
- Suliman A, Alzimami K, Gafar R, Babikir E, Alsafi K et al. Occupational and patient exposure in coronary angiography procedures. *Radiat Phys Chem* 2014;104(S): 68-71
- Wilburn SQ, Eijkemans G. Preventing needlestick injuries among healthcare workers: a WHO-ICN collaboration. *International J Occup Environ Health* 2004;10(4): 451-456
- Yoon JA, Yoon YS. A survey about the knowledge, attitudes and behavior for radiation safety management of

- operating room nurse and dental hygienists. KDHS 2014;14(2):230-9
- Yoon JG, Lee YH, Jeong JY. Emergency medical technician job in one local hospital. JKEMT 2005;9(2):21-28
- Zimmerman LE, Font RL. Congenital malformations of the eye some recent advances in knowledge of the pathogenesis and histopathological characteristics. JAMA 1996;196(8):96-104