

<원저>

방사선과 재학생의 수시출입자 방사선 피폭선량에 대한 고찰

박훈희

신구대학교 방사선과

Consideration about Radiological Technology Student's Frequent Workers Exposure Dose Rate

Hoon-Hee Park

Department of Radiological Technology, Shingu College

Abstract The Nuclear Safety Commission amended the Nuclear Safety Act by strengthening the safety management system for the frequent workers to the level of radiation workers. And students entering radiation management zones for testing and practical purposes are subject to frequent workers. It is inevitable that this will incur additional costs. In this paper, the validity of the amendment to the Nuclear Safety Act was to be assessed in terms of radiation protection. Study subjects are from 2014 to 2016, among university students in Seong-nam Korea and comparisons for analyses were made taking into account variables that are differences in annual, practical types, on-class and clinical practice students exposure dose. The analysis showed that exposures between on-class and clinical practice received were less than the annual dose limit of 1 mSv for the public. Then, some alternatives that excluding from frequent workers during on-class practice or mitigating the frequent workers' safety regulation for only on-class frequent workers can be considered. Optimization is how rational is the reduction in exposure dose to the costs required. Therefore, the results are hardly considered for optimization. If the data accumulated, it could be considered that the revision of the act could be evaluated and improved.

Key Words: Radiological Technology Student, Frequent workers, Optimization, Exposure dose, Effective dose

중심 단어: 방사선과 재학생, 수시출입자, 최적화, 피폭선량, 유효선량

1. 서 론

국제원자력기구인 IAEA(International Atomic Energy Agency)는 원자력 안전을 방사선 위해로부터 작업자, 대중 및 환경을 보호하는 결과를 가져오는 적절한 운전상태, 사고의 방지 및 사고결과 완화의 성취라고 규정하고 있다(1~6). 이에 따라 원자력을 이용할 때 생길 수 있는 모든 위험으로부터 사람과 자연환경을 보호하기 위한 행정 규제를 원자력 안전규제라 하며 원자력을 이용하는 시설과 업체를 대상으로 한다. 원자력 안전규제는 후쿠시마 원전사고 및 시대변화에 따른 보완, 수정을 거듭하며 점차 체계적으로

변하며 강화되어가는 추세이다(7~10).

이에 원자력안전위원회는 수시출입자에 대한 안전관리체계의 개선이 필요하다는 국회 등의 의견을 반영하여 수시출입자에 대한 건강진단 실시, 피폭선량 기록 유지 등 수시출입자를 위한 안전관리체계를 방사선작업종사자 수준으로 강화하는 내용으로 원자력안전법령을 개정(시행령: 2016. 4. 12, 시행규칙: 2016. 8. 8.)하였으며, 개정된 원자력안전법령은 2016년 10월 13일부터 시행 중 이다. 개정된 원자력안전법령의 중점사항으로 수시출입자에 대해 적용되는 연간 유효선량한도를 국제 기준에 따라 연간 12 mSv에서 6 mSv로 강화하고, 건강진단실시 및 피폭선량 기록유지를 의

Corresponding author: Hoon-Hee Park, Department of Radiological Technology, Shingu College, 377 Gwangmyeong-ro, Seongnam, 13174, Korea / Tel: +82-31-740-1638 / E-mail: hzpark@shingu.ac.kr

Received 22 November 2018; Revised 06 December 2018; Accepted 11 December 2018

Copyright ©2018 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

무화하며, 기본교육 또는 직장교육을 이수하여 출입할 때마다 실시해야 하는 교육을 갈음할 수 있도록 하였다.

또한 작업종사자와 수시출입자를 분류하는 기준은 해당 인원이 방사선원을 직접 취급하는지, 방사선원의 세기 등 방사선원 주변에 대한 방사선 영향을 결정하는 어떤 행위(조작)를 하는가의 여부로 나뉘는데 두 경우 중 어느 하나에 해당하면 방사선작업종사자, 그렇지 않으면 수시출입자로 분류하게 된다(11~12). 따라서 방사선발생장치를 직접 조작하지 않고 실험 및 실습을 위해 방사선 관리구역에 출입하는 학생의 경우에는 수시출입자에 해당하게 된다.

보건계열 방사선과는 임상 실습이 정규 교과목으로 편성되었으며, 이론을 실제 임상에 적용하는 예비과정으로서 졸업 후 전문적 지식과 숙련된 의료기술을 갖춘 양질의 방사선사를 양성하기 위하여 개설되었다. 현재 대학교육에서는 과거 이론 중심 교육과 달리 현장 중심의 실무를 갖춘 인력 양성 중심의 교육으로 전환되고 있으며, 교내 실습 및 임상 실습을 비롯한 전반적인 실습의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 이에 따라 방사선구역 내에서 일정 기간 작업종사자와 동일한 작업환경(또는 공간, 조건)에서 받게 되는 방사선과 학생의 피폭선량 파악의 중요성이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 이번 수시출입자 관련 개정이 이러한 방사선 방호 측면에서 적절한 개선이 되었는지 그 타당성을 평가해보자 하였으며, 구체적으로 교내 실습 및 임상 실습의 방사선 피폭정도를 분석하여 방사선과 학생에 대한 수시출입자 적용에 따른 기초 자료를 제공하고, 방사선 방호의 목표에 따라 최적화에 대한 기초 연구에 목적을 두었다.

II. 대상 및 방법

1. 대 상

2014년부터 2016년까지 3년간 성남에 소재한 일개 대학의 재학생 중 임상 실습을 진행한 인원들을 대상으로 하였다. 2014년의 경우, 임상 실습 시 개인피폭선량계의 착용이 의무화가 이루어지지 않았기 때문에 자체적으로 제공한 경우를 대상으로 하였다. 연구대상의 전체 평균 연령은 23.74 ± 2.02 세이며 남자의 비율은 51.4%, 여자는 48.6%이다(Table 1).

2. 선량 측정 방법

연구 대상에게 교내 실습 및 임상 실습 기간 중 열형광선량계(Thermoluminescent Dosimeter; TLD UD-800 Series)를 지급하여 착용시켰다(Fig. 1). 대상자는 실습 시 왼쪽 가

Table 1. Study subjects by sex and average age

(Unit : Age)

Year	Male	Female	Avg. \pm S.D.
2014	19	24	23.09 \pm 1.49
2015	48	42	24.01 \pm 1.78
2016	39	34	24.12 \pm 2.38
	106	100	23.74 \pm 2.02

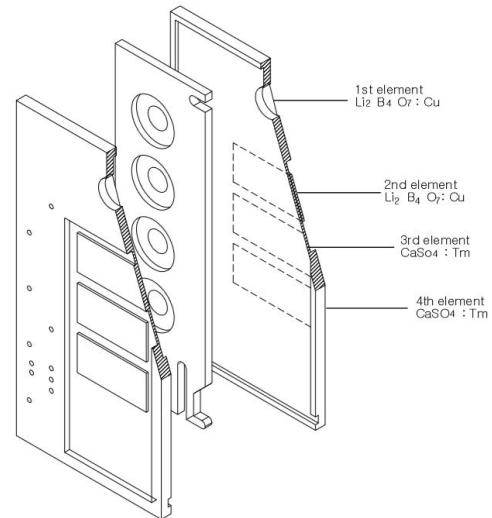


Fig. 1. Panasonic UD-800 Series TLD badge has a filter to measure depth dose.

슴주머니에 TLD를 항상 착용하는 것을 원칙으로 하였고, 각 실습 기간 종료 후 지급하였던 TLD를 수집하여 품질 규격을 원자력안전법으로 인증받은 판독업무자에게 피폭선량 판독을 의뢰하였다.

판독업무자는 Panasonic UD-7900M 장비를 이용하여 적외선 가열 측정하였다. 특성에 있어 Li2B4O7 소자는 10 mR~1000 R, CaSO4 소자의 경우 1 mR~50 R의 측정범위를 가지며, 이 값은 2~3%의 고유오차가 있고, 판독범주는 원자력안전법의 성능검사범주(I~VIII)의 모든 범주를 판독 가능한 성능을 가지고 있다. UD800 series의 선량계 필터를 이용하여 필터의 밀도와 두께를 조정하여 조직별 선량값을 피부[H(0.07)], 심부선량[H(10)], 수정체[H(3)]로 나누어 측정하였고, 측정된 값에 [mSv]단위로 다음의 유효선량 계산식을 적용하였다(식-1).

$$E = \sum Ht \times Wt$$

(식-1)

E : 유효선량
 Ht : 등가선량
 Wt : 조직의 가중계수

3. 분석 및 방법

분석을 위하여 연도별 임상 실습 피폭선량, 실습 유형별 피폭선량, 교내 실습 및 임상 실습 피폭선량을 비교하였다.

1) 연도별 임상 실습 피폭선량 비교

2014, 2015, 2016년도 학기 중 진행된 임상 실습 대상의 9개 임상 실습기관에 대해 분류하였다. 단, 2014년에는 개인피폭선량계의 착용이 의무화가 이루어지지 않았기 때문에 방사선 안전관리자의 재량에 의해 개인피폭선량계를 지급하여 A, B, C, D, E의 5개의 병원을 임상 실습기관 대상으로 하였으며, 2015년과 2016년에는 A, B, C, D, E, F, G, H, I의 9개 병원을 임상 실습기관 대상으로 하였다(Table 2).

2) 실습 유형별 피폭선량 비교

각각의 임상 실습기관에 따라 파트별 실습기간 차이가 발생하기 때문에 세부적 피폭선량의 평가를 위해 2016년 실습 대상을 파트 기간에 따라 3가지 유형으로 분류하였다. Type I 은 다른 Type보다 일반촬영에서의 기간이 2배 이상이며, Type II는 다른 Type에 비해 특수촬영(유방, 치과, 소아)에서의 기간이 7일 이상이고, Type III는 각 파트별 기간이 유사한 특징을 가지고 있다(Table 3).

3) 교내 실습 및 임상 실습 피폭선량 비교

피폭선량 비교는 2015년도와 2016년도에 진행된 실습에 대한 것이며, 선량측정 대상과 기간은 동일하게 설정하였다(Table 4).

4) 원자력안전법령 개정 최적화 평가

집단선량은 선원으로부터 주어진 그룹의 방사선 피폭에 대한 한 척도로서 그룹 내 개인선량 분포의 적분이며, 집단 유효선량은 방사선 방호의 최적화에 중요인자이다. 본 논문 역시 집단선량을 이용하여 최적화를 평가하고자 하였으며, 연구의 진행에 있어 실습이라는 하나의 행위만 규정되므로 실습에서 발생하는 피폭선량들을 이용하여 집단선량을 구하였다. 이때 집단선량이란 곧 관련된 모든 사람들의 개인 유효선량의 합이므로 다음과 같이 나타낼 수 있다(식-2).

$$S = \sum_i E_i$$

S : 집단선량 (식-2)
 i : 피폭자 개개인
 E_i : 개인의 유효선량

Table 2. Clinical practice institution sorted by year and name

Year	2014	2015	2016
Clinical practice institution	A	A	A
	B	B	B
	C	C	C
	D	D	D
	E	E	E
		F	F
		G	G
		H	H
		I	I

Table 3. Year 2016, Scheduled day comparison sorted by 3 types

(Unit : Day)

Dept. schedule	Type		
	I (D, E, H)	II (F, I)	III (A, B, C, G)
General X-ray	12	5	5
Intervention	3	2	5
Fluroscopy	2	2.5	5
MRI	5	5	5
Oncology	5	5	5
Nuclear medicine	5	3	4
Special (Mammography, Dental, Pediatrics)	2	10.5	3
CT	3	4	5
	37	37	37

Table 4. Clinical practice and On-class practice classifier sorted by clinical practice institution

Year	2015 and 2016		
A	Clinical practice	F	Clinical practice
	On-class practice		On-class practice
B	Clinical practice	G	Clinical practice
	On-class practice		On-class practice
C	Clinical practice	H	Clinical practice
	On-class practice		On-class practice
D	Clinical practice	I	Clinical practice
	On-class practice		On-class practice
E	Clinical practice	-	-
	On-class practice		-

III. 결 과

1. 연도별 임상 실습기관에 따른 피폭선량 비교

2014, 2015, 2016년도의 병원 간 평균피폭선량을 비교하였다. 2014년의 병원실습데이터는 실습생의 TLD 착용 의무화가 이루어지지 않은 관계로 9개 병원 중 5개 병원인 A, B, C, D, E의 데이터만 획득하였다. 5개의 병원 중에서 E병원은 0.061 mSv로 가장 높은 수치를 나타내며, A병원은 0.01 mSv로 가장 낮은 수치를 나타냈다(Table 5).

2015년의 병원실습데이터는 9개의 병원 중에서 D병원은 0.136 mSv로 가장 높은 수치를 나타내며, A병원은 0.01 mSv로 가장 낮은 수치로 다른 연도와 큰 차이가 없다. 그리고 2016년도는 9개의 병원 중에서 G병원이 0.128 mSv로 가장 높은 수치를 나타내며, C병원은 0.01 mSv로 가장 낮은 수치를 나타냈다(Table 6), (Fig. 2).

2014, 2015, 2016년을 비교하였을 때 2015년의 D병원이 0.136 mSv로 가장 높은 수치를 나타내고, 가장 낮은 수치는 모두 0.01 mSv로 동일하였다.

연도별 기준으로 피폭선량의 평균치를 구하였을 때, 2014년의 평균피폭선량은 0.028 mSv, 2015년의 평균 피폭선량은 0.053 mSv, 2016년의 평균 피폭선량은 0.041 mSv로 나

타나 2015년에서 가장 높은 수치를 보였고, 각각의 표준편차는 2014년 ± 0.048 mSv, 2015년 ± 0.038 mSv, 2016년 ± 0.036 mSv로 나타나 2014년에서 가장 큰 편차를 보였다.

2. 실습 유형별 임상 실습 피폭선량 비교

피폭집단에서 임상 실습기관별 피폭선량의 차이를 확인하기 위해 세 개의 I, II, III 유형별로 분류하여 선량을 비교한 결과, 37일의 실습기간 중 다른 파트보다 일반촬영을 평균 12일 동안 실습하는 Type I의 해당하는 임상 실습기관의 경우 D, E, H의 평균 선량은 0.036 mSv, 0.017 mSv, 0.051 mSv로 나타났다. Type II는 특수촬영이 평균 10.5일 동안 실습하는 F, I 임상 실습기관의 평균 선량은 0.026 mSv, 0.03 mSv로 나타났다.

전체 임상 실습기관 파트별 일수가 평균적으로 3일에서 5일의 분포를 보인 A, B, C, G 임상 실습기관의 평균선량은 0.015 mSv, 0.057 mSv, 0.01 mSv, 0.128 mSv로 나타났다.

Type III의 G 임상 실습기관은 0.128 mSv로 다른 병원에 비해서 가장 높게 선량이 나타났다. 하지만 같은 Type III에서 C 임상 실습기관은 0.01 mSv로 가장 낮은 선량을 나타냈다.

I, II, III 유형별로 해당하는 병원들의 피폭선량의 평균값

Table 5. Comparison of exposure doses according to clinical practice institution by year

Institution		Year		2014		2015		2016	
		n	mSv	n	mSv	n	mSv		
A	Clinical practice	8	0.01	8	0.01	8	0.01		
	On-class practice	-	-	8	0.01	8	0.01		
B	Clinical practice	11	0.04	16	0.07	9	0.02		
	On-class practice	-	-	8	0.01	8	0.06		
C	Clinical practice	8	0.02	8	0.031	8	0.01		
	On-class practice	-	-	8	0.01	8	0.03		
D	Clinical practice	8	0.01	8	0.14	8	0.04		
	On-class practice	-	-	8	0.02	8	0.02		
E	Clinical practice	8	0.06	11	0.06	8	0.02		
	On-class practice	-	-	8	0.01	8	0.02		
F	Clinical practice	-	-	8	0.03	8	0.03		
	On-class practice	-	-	8	0.01	8	0.02		
G	Clinical practice	-	-	15	0.08	8	0.13		
	On-class practice	-	-	8	0.01	8	0.01		
H	Clinical practice	-	-	8	0.03	8	0.05		
	On-class practice	-	-	8	0.01	8	0.02		
I	Clinical practice	-	-	8	0.03	8	0.03		
	On-class practice	-	-	8	0.01	8	0.02		

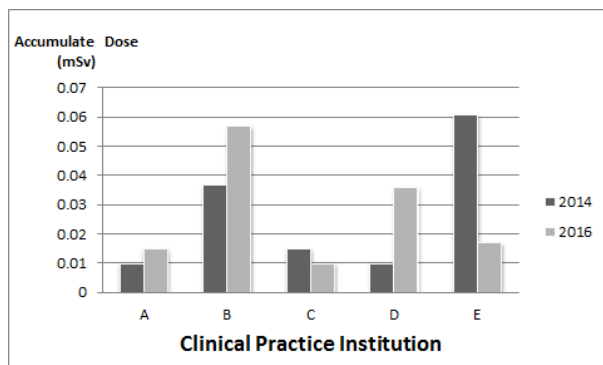
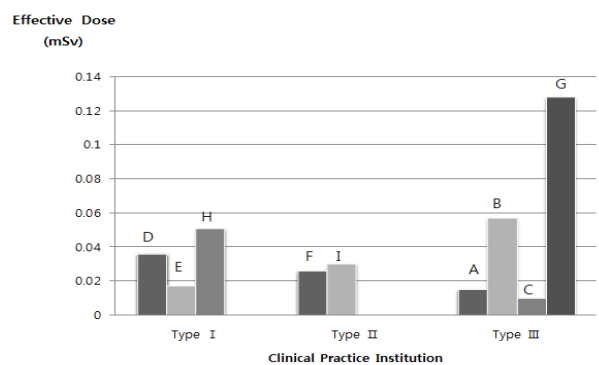
Table 6. Effective dose comparison between 3 year, sorted by clinical practice institution

(Unit : mSv)

Clinical practice institution	Year		
	2014	2015	2016
A	0,010	0,01	0,015
B	0,037	0,066	0,057
C	0,015	0,031	0,010
D	0,01	0,136	0,036
E	0,061	0,060	0,017
F	-	0,033	0,026
G	-	0,080	0,128
H	-	0,028	0,05
I	-	0,033	0,03
Avg.	0,027	0,053	0,037

Table 7. Effective dose comparison sorted by 3 types

Type	Clinical practice institution	Effective dose (mSv)
I	D	0,036
	E	0,017
	H	0,051
II	F	0,026
	I	0,03
III	A	0,015
	B	0,057
	C	0,010
	G	0,128

**Fig. 2.** Effective dose comparison each year 2014 and 2016, sorted by clinical practice institution A~E**Fig. 3.** Clinical practice institution average effective dose sorted by types

을 비교해본 결과, Type I은 0.034 mSv, Type II는 0.028 mSv, Type III는 0.053 mSv로 Type III의 평균값이 가장 높았고 Type I의 평균값이 가장 낮게 측정되었다. Type별 전체 평균선량이 0.038 mSv인 것에 비해 Type III의 피폭선량은 다른 Type보다 0.0145 mSv 높게 나타났다. 또한, 각 유형별 표준편차 비교 결과, Type I은 0.016 mSv, Type II는

0.002 mSv, Type III는 0.05 mSv의 값이 나타났으며, Type III에서 가장 높은 수치로 나타났다(Table 7), (Fig. 3).

3. 교내 실습 및 임상 실습 피폭선량 비교

교내 실습에서 TLD를 착용하지 않았던 2014년을 제외한

Table 8. Clinical practice and On-class effective dose comparison by the number of Radiology student year sorted by Clinical practice institution

(Unit : mSv)

Year		A	B	C	D	E	F	G	H	I	Avg ± S.D.
2015	Clinical practice	0,01	0,066	0,031	0,136	0,06	0,033	0,08	0,028	0,033	0,053 ± 0,036
	On-class	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,011 ± 0,003
2016	Clinical practice	0,015	0,0187	0,01	0,036	0,017	0,026	0,128	0,05	0,03	0,037 ± 0,034
	On-class	0,013	0,057	0,023	0,018	0,017	0,023	0,01	0,018	0,02	0,022 ± 0,013

Table 9. Collective dose comparison between 2015 and 2016

Year	Institution	A	C	D	F	H	I	man-mSv
		2015	exposure dose	0,02	0,041	0,156	0,043	
	n	8	8	8	8	8	8	
2016	exposure dose	0,028	0,033	0,054	0,049	0,068	0,05	2,256
	n	8	8	8	8	8	8	

2015년과 2016년의 교내 실습 및 임상 실습 중 피폭된 선량을 임상 실습기관에 따라 분류하였다. 교내 실습 피폭선량은 2016년 B그룹이 0.057 mSv로 가장 높은 수치를 보였으며, 대다수의 그룹에서 TLD의 측정 하한 값인 0.01 mSv 내외로 나타났다. 임상 실습 중 피폭선량은 2015년 D그룹이 0.136 mSv로 가장 높은 수치를 보였으며, 같은 해 A그룹에서 0.01 mSv로 가장 낮은 수치로 나타났다.

2015년 9개 그룹의 임상 실습 피폭선량의 평균은 0.053 mSv로 기록준위(0.1 mSv)에도 미치지 못하는 결과를 보였다. 또한 교내 실습 피폭선량의 평균은 0.011 mSv로 나타났으며, 2016년 9개 그룹의 임상 실습 피폭선량 평균은 0.037 mSv로 2015년 임상 실습 피폭선량의 평균보다 0.016 mSv 더 낮은 수치를 보였다. 교내 실습의 피폭선량 평균은 0.022 mSv로 나타났다(Table 8).

4. 원자력안전법령 개정 최적화 평가

원자력안전법령 개정의 최적화를 판단하기 위해 원자력안전법령이 개정되기 전인 2015년과 개정된 후인 2016년의 피폭선량의 감소를 확인하기 위해 총 피폭선량을 이용하여 집단선량을 계산하였다. 이때 집단선량의 특성 상 피폭집단의 수가 다를 경우 피폭선량을 비교함에 있어 오류가 발생하기에 피폭집단의 수가 다른 B, E, G 그룹을 비교대상에서 제외하였다.

2015년 A, C, D, F, H, I 그룹의 집단선량은 2.728 man-

mSv/y로 나타났고, 2016년 집단선량은 2.256 man-mSv로 0.472 man-mSv 감소한 것으로 나타났다(Table 9).

IV. 고 찰

연도별 실습 피폭선량의 비교에서 2015년 피폭선량의 평균은 0.053으로 가장 높은 수치를 보였는데 이는 2015년 호흡기 증상을 일으키는 바이러스인 메르스 코로나바이러스(Middle East Respiratory Syndrome, MERS-CoV)가 전국적으로 유행하였고, 메르스는 호흡기 바이러스이기 때문에 의심증상이 있을 경우 우선적으로 엑스레이를 촬영하였기 때문에, 급격하게 늘어난 검사 수에 기인한 것으로 사료된다.

실습 유형별 임상 실습 피폭선량 비교에서는 Type III의 평균 피폭선량이 0.053 mSv로 가장 높게 나왔는데 이는 Type III의 경우 다른 Type에 비해 피폭의 우려가 많은 핵의학, 인터벤션, 투시조영실 부서에서 기간이 상대적으로 긴 형태에 해당된 것이 원인으로 사료된다.

같은 임상 실습기관 내 같은 Type으로 분류된 실습생의 유효선량 값에서 인과적으로 해석이 어려운 데이터의 편차 값이 발생하였는데, 보통의 데이터의 경우 파트별 시간 할당 값이나 실습생 개인의 특정 행위에 의해 피폭선량의 차이가 발생한다고 사료되나 몇몇 특정 실습생의 평균이상의

유효선량 값에 대해서는 해석이 불가능 하였다. 이에 대해서는 몇 가지 원인을 유추해 볼 수 있는데 특정 실습생의 과 피폭에 관한 인식부족으로 본인이 불필요한 피폭이 발생할 수 있는 행동 또는 그러한 상황에 처해있었으나 이를 인지하지 못하면서 발생한 것으로 파악된다. 그 밖에 실습생의 TLD 관리 소홀 및 개개인의 실습 참여도의 차이와 각 병원의 업무환경과 검사실의 구조적 특징 등 다양한 원인에 의한 결과로 유추된다.

교내 실습 및 임상 실습의 피폭선량 비교에서는 2015년과 2016년 9개 그룹에서 모두 교내 실습 피폭선량보다 임상 실습의 피폭선량이 높은 결과를 보였다. 이는 교내 실습의 특성 상 조작에 해당하는 행위는 일체 행하지 않으며, 환자를 검사하기 위해 항시 운영되고 있는 병원과 달리 교내 실습의 경우는 방사선 관련 실습에 해당하는 시간에만 관리구역에 출입하기 때문에 상대적으로 제한된 출입시간으로부터 기인된 것으로 사료된다. 교내 실습의 경우 2015년 0.011 mSv, 2016년 0.022 mSv의 평균 피폭선량을 나타냈는데 한 분기의 피폭선량이라는 점을 고려해 연간 피폭선량으로 환산하면 2015년 0.044 mSv/y, 2016년 0.088 mSv/y의 수치가 확인된다. 이는 방사선작업종사자 및 수시출입자에 대한 피폭방사선량을 관리하기 위한 최소값인 기록준위, 즉 0.1 mSv에도 미치지 못하는 수치이다. 이에 따라서 교내 실습을 진행하는 중에는 재학생을 수시출입자에서 제외시키거나, 교내 실습을 진행중인 재학생에 한해서 수시출입자의 안전규제를 완화시키는 등의 방안을 생각해볼 수 있다.

원자력안전법령이 개정되기 전인 2015년보다 원자력안전법령 개정 후인 2016년에서 피폭집단 48명에 대해 최적화의 중요인자인 집단유효선량이 0.472 man-mSv 감소한 것으로 나타났다. 이를 단순히 비교해보면 개인당 선량절감의 효과는 0.001 mSv 미만이라는 결과가 나온다. 최적화의 핵심은 투입된 비용에 대해 피폭선량의 감소가 얼마나 합리적인 수준인지 판단하는 것인데, 앞서 실시한 분석들을 토대로 원자력안전법령의 개정을 방사선 방호적 관점에서 평가한다면, 이 수치는 수시출입자 안전규제에 소요되는 비용에 비해 많은 피폭선량이 감소했다고 판단하긴 어려운 수치로 평가된다. 하지만 방사선 방호의 최적화를 위해서는 피폭집단에서 개인피폭 분포의 특징을 신중히 고려해야하는데, 본 연구에서는 이와 같은 많은 변수들을 모두 고려하지 못했고, 원자력안전법 개정 이후의 데이터가 처음 개정된 연도인 2016년뿐이었기 때문에 정확한 최적화의 판단에는 다소 제한이 따랐다.

V. 결 론

본 연구를 통하여 방사선(학)과 재학생들이 받는 교내피폭 및 실습 간 피폭은 연간 1 mSv 미만으로 일반인의 선량 한도에도 미치지 않게 나타남을 확인하였다. 또한 교내 실습을 통한 피폭선량은 기록준위인 0.1 mSv에도 미치지 않았다. 따라서 원자력안전법령의 개정에 따라 수시출입자의 안전규제를 방사선작업종사자 수준으로 강화하는 것은 수시출입자에 속하게 되는 방사선(학)과 학생들에 대해서는 다소 과한 규제라고 판단된다. 또한 투자되는 비용에 상응하는 피폭선량 감소를 기대하기는 어려울 것으로 사료된다. 따라서 원자력안전법령 개정이 방사선 방호의 관점에서 최적화 되었다고 보기엔 무리가 있으나, 보수적인 관점에서는 수시출입자에 대한 안전관리가 체계화되고 강화하는 것은 필요하다고 사료된다. 안전관리법령 개정 후의 데이터가 점차 축적된다면 보다 정확한 최적화 판단을 얻을 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] de Gonzalez AB, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-ray: estimates for the UK and 14 other countries. THE LANCET. 2004;363(4):345-51.
- [2] International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press; 1991.
- [3] International Commission on Radiological Protection, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication; 2007.
- [4] National institute of food and drug safety evaluation, Annual report on radiation exposure dose on persons engaged in radiation related job of medical institutes, KFDA; 2011.
- [5] Jursinic PA, Changes in optically stimulated luminescent dosimeter (OSLD) dosimeter characteristics with accumulated dose, Medical Physics, 2010;37(1): 132-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.1118.1.3267489>
- [6] Mrcelal I, Bokulic T, Izewska J. Optically stimulated luminescence in vivo dosimetry for radiotherapy: physical characterization and clinical measurements

- in Co-60 beams. *Physics in Medicine and Biology*. 2011;56(18).
- [7] Cabral G, Amaral A, Campos L, Guimaraes MI. Investigation of maximum doses absorbed by people accompanying patients in nuclear medicine departments. *Radiation protection dosimetry*. 2002; 101(1):435-38. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006020>
- [8] Ha MN. Assessment of the Glycophorin a mutant assay as a biologic marker for low dose radiation exposure. Graduate school of Seoul National Univ.; 2000.
- [9] Pearce MS, Salotti JA, Little MP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *THE LANCET*. 2012;380(9840):499-505.
- [10] Rampersaud YR, Foley KT, Shen AC, Williams S, Solomito M. Radiation Exposure to the Spine Surgeon During Fluoroscopically Assisted Pedicle Screw Insertion. *Spine*. 2000;25(20):2637-45.