

# 광자극발광선량계와 열형광선량계를 이용한 핵의학과 선량 측정비교 Comparison on the Dosimetry of TLD and OSLD Used in Nuclear Medicine

이왕희\*, 김성철\*\*, 안성민\*\*

가천대학교 보건대학원 방사선학과/가천대 길병원 핵의학과\*,  
가천대학교 보건대학원 방사선학과/가천대학교 방사선학과\*\*

Wang-Hui Lee(lwh840614@gilhospital.com)\*, Sung-Chul Kim(ksc@gachon.ac.kr)\*\*,  
Sung-Min Ahn(sman@gachon.ac.kr)\*\*

## 요약

방사선작업종사자의 개인피폭선량 측정에는 필름배지, 열형광선량계, 유리선량계 등이 이용되고 있었으며, 최근 들어 전 세계적으로 광자극발광선량계의 사용이 증가되고 있는 추세이다. 하지만 우리나라에서는 아직 일부에만 적용되고 있으며, 연구도 거의 없는 실정이다. 이에 기존에 가장 많이 사용되고 있던 열형광선량계와 광자극발광선량계를 핵의학과 작업종사자 및 작업구역에서 3개월간 누적선량을 비교해 보았으며, 그 결과 평균 표층선량은 열형광선량계가 1.27mSv, 광자극발광선량계가 2.12mSv로 0.85mSv의 차이가 있었으며, 평균 심부선량은 열형광선량계가 1.33mSv, 광자극발광선량계가 2.06mSv로 0.73mSv의 차이를 보였다. 광자극발광선량계가 표층선량 및 심부선량 모두에서 통계적으로 유의하게 ( $p < 0.05$ ) 높게 측정하는 것으로 나타났다.

■ **중심어** : | 광자극발광선량계 | 열형광선량계 | 핵의학 |

## Abstract

For the dosimetry of the radiation workers, film badge, Thermo Luminescent Dosimeter (TLD), and glass dosimeter are being used and recently, there is a growing trend of using Optically Stimulated Luminescence Dosimeter (OSLD) in the world. However, OSLD is only being applied some of the field in Korea and there has been almost no study made related to OSLD. Thus, the accumulated radiation dose of TLD and OSLD that have been most frequently used in the field was compared in the radiation workers of nuclear medicine and their working areas for 3 months. As a result, the average surface dose showed 0.85 mSv difference with 1.27 mSv for TLD and 2.12 mSv for OSLD while having 0.73 mSv difference for the average depth dose with 1.33 mSv for TLD and 2.06 mSv for OSLD. The surface dose and depth dose of OSLD showed statistically significant result with higher measurement ( $p < 0.05$ ).

■ **keyword** : | OSLD | TLD | Nuclear Medicine |

## 1. 서론

1895년 뢰트겐(Roentgen)이 X선을 발견하고 1896년 베르셀(Becquerel)이 우라늄을 발견한 이래로 인류의 건

강증진 및 유지를 위한 방사선 이용이 증대되고 있다.

우리나라에서 1995년 1월 국가관리체계에 의해 방사선관계종사자에 대한 안전관리가 시작된 이후로, 시행 초기인 1996년에는 방사선관계종사자의 수가 12,652명

\* “이 논문은 2012년도 가천대학교 교내연구비 지원에 의한 결과임.(GCU-2012-M095)”

접수번호 : #120912-005

접수일자 : 2012년 09월 12일

심사완료일 : 2012년 10월 25일

교신저자 : 안성민, e-mail : sman@gachon.ac.kr

에서 2009년에는 4배 증가한 50,885명에 이르렀다[1].

이와 같은 방사선관계종사자의 증가 추세는 의료복지 향상과 국민의 건강에 대한 관심의 고조로 건강검진 등 검사횟수의 급증에 기인하는 것으로 판단되며, 지속적으로 이러한 추세는 유지될 것으로 예상된다.

의료복지의 향상과 국민들의 건강에 대한 관심이 높아지고, 핵의학의 기술 및 장비의 발전이 이루어지면서 최근 의료기관에서 방사성동위원소를 이용한 진단 및 치료가 증가하고, 연구기관에서의 연구 또한 늘고 있다. 이로 인해 핵의학분야 작업종사자 역시 2006년도 1,174명에서 2010년 1591명으로 늘어나는 추세이고[2], 방사선작업종사자를 비롯한 방사선관계종사자에 대한 피폭관리 및 평가가 중요시 여겨지고 있다. 따라서 방사선을 이용하는 방사선작업종사자 및 방사선관계종사자의 방사선 피폭을 최소화 하고 방사선으로부터 위험을 방지하고자 업무상 받는 방사선 피폭선량을 측정해야 한다고 국내 및 국외 방사선 관련 국제기구에서는 규정하고 있다[3-5].

핵의학이란 방사선을 방출하는 핵종의 특이한 성질을 이용하여 신체의 해부학적 또는 생리학적 상태를 진단·평가하고, 개봉된 방사성 선원으로 치료하는 의학의 전문분야이다. 핵의학 기술은 방사성동위원소를 추적자로 사용하여 인체에 대한 형태학적인 정보뿐만 아니라 생물학적이고 기능적인 정보를 얻어 인체의 생리와 병리현상을 탐구하여 진단의학의 발전을 도모한다. 핵의학과에서 주로 사용하고 있는 방사성동위원소의 방사선 방출은 각 동위원소에 따른 고유의 특성으로서 인위적으로 이 성질을 제어할 수는 없다. 즉, 방사성동위원소를 태우거나 분쇄하거나 혹은 압력을 가하더라도 특성이 변화되지 않으며 항상 정해진 방사선량을 방출한다. 따라서 핵의학과에서 근무하고 있는 작업종사자는 방사성물질 혹은 검사나 치료를 위해 방사성물질을 투여 받거나 섭취한 환자에게서 방출되는 방사선으로부터 내, 외부 피폭에 항상 노출이 되어있다. 그렇기 때문에 작업종사자가 받는 피폭 선량을 측정하고, 평가하기 위해서 개인 피폭선량계를 착용하게 된다. 개인피폭선량계의 경우 종사자가 직접 착용해야하기 때문에 측정이 정확하게 이루어져야함은 물론 착용이 간

편해야 하고, 가볍고, 그 부피가 작아야 한다. 또한 일정기간 누적된 피폭선량을 평가하는 것이 목적이기 때문에 적산형이고, 온도나 습도의 영향을 적게 받으면서 외부의 충격에도 안정성이 높아야 한다.

개인선량계 중 안정성과 신뢰성이 확인된 선량계는 규제기관에서 공식선량계로 인정되며, 범규에 의거해 방사선작업종사자의 개인 선량을 측정하기 위해 개인선량계를 착용하도록 규제하고 있다. 개인선량계는 '뱃지' 형태로 개인에게 지급되며, 선량계 뱃지에 사용되는 검출기로는 필름뱃지(film badge), 열형광선량계(Thermo Luminescent Dosimeter, TLD), 유리선량계, 광자극발광선량계(Optically Stimulated Luminescence Dosimeter, OSLD), 반도체검출기 등이 있다[6].

우리나라에서는 1990년도 이전엔 필름뱃지를 주로 사용하였다. 그 이후에는 열형광선량계를 병용해서 사용하였고, 2010년 이후부터는 열형광선량계, 유리선량계, 광자극발광선량계 순으로 사용이 증가하는 추세이다. 미국의 광자극발광선량계 사용 인구는 100만으로 가장 많고, 일본은 20만, 그 외로 프랑스, 중국, 오스트리아, 멕시코 순으로 사용하고 있다[7]. 하지만 우리나라에서는 아직 광자극발광선량계를 이용한 선량측정 및 실험이 거의 이루어 지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 방사선작업종사자가 늘어나면서 종사자에 대한 적절한 피폭선량의 측정과 평가에 대해서 생각해보고, 우리나라에서 주로 사용되고 있는 열형광선량계와 더불어 최근 사용이 증가 되고 있는 광자극발광선량계의 특징과 측정원리, 장점, 단점에 대해서 알아보고, 핵의학과 방사선작업종사자 및 주요 작업구역에서의 3개월 누적 피폭선량을 열형광선량계와 함께 비교, 측정해 봄으로써 개인선량계로써 광자극발광선량계의 유용성에 대해 연구하고자 한다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 실험대상 및 방법

2012년 4월 1일부터 2012년 6월 30일까지 인천소재 A 대학병원 핵의학과 내에서 작업하는 방사선작업종사

자 10명과, 작업종사자들이 가장 많이 활동하는 방사선 작업구역인 SPECT(Single Photon Emission Computed Tomography) 촬영실 두 곳, 방사성동위원소 분배실 및 PET-CT(Positron Emission Tomography-Computed Tomography) 촬영실 등 4곳을 대상으로 하였다.

작업종사자의 측정은 가슴 부위에 열형광선량계와 광자극발광선량계를 함께 착용한 뒤 3개월 동안 누적 선량을 측정하였으며[그림 1], 감마 SPECT 촬영실은 SPECT에서 거리 1 m, 바닥에서 높이 1 m에서, 동위원소 분배실은 동위원소를 분주하는 위치에서 거리 1 m, 바닥에서 높이 1.5 m에서, PET-CT 촬영실은 PEC-CT에서 거리 1 m, 바닥에서 높이 1 m에 각각 열형광선량계와 광자극발광선량계를 3개월간 위치해 놓고, 선량계에 측정된 누적 선량을 비교하였다.

또한 통계분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science) (SPSS Ver.18 Inc. USA)을 이용하였으며, 각 선량계의 표층선량과 심부선량의 쌍체 비교 T-test 결과  $p < 0.05$  이하인 경우에 유의한 차이가 있는 것으로 하였다.



그림 1. TLD와 OSLD착용 형태

## 2. 실험재료

사용된 열형광선량소자는 PANASONIC사의 UD-802AT, 선량 판독은 UD7900m를 사용하였고, 광자극 발광선량소자는 LANDAUER사의 INLIGHT BASIC을, 선량판독은 MicroStar Reader를 사용하였다[그림 2][그림 3].



그림 2. UD-802AT TLD모델과 UD7900m 판독기



그림 3. INLIGHT BASIC OSLD와 Micro Star Reader

## III. 실험결과

작업종사자 및 작업구역의 3개월간 누적선량은 열형광선량계에서 총 표층선량이 17.82 mSv, 평균 표층선량은 1.27 mSv로 측정되었다. 총 심부선량은 18.74 mSv이고, 평균 심부선량은 1.33 mSv가 측정되었다. 광

자극발광선량계의 총 표층선량은 29.76 mSv이고, 평균 표층선량은 2.12 mSv이다. 총 심부선량은 28.87 mSv이고 평균 심부선량은 2.06 mSv로 측정되었다.

열형광선량계와 광자극발광선량계의 측정된 총 표층선량 차는 11.94 mSv, 총 심부선량은 10.13 mSv, 평균 표층선량 0.85 mSv, 평균 심부선량 0.72 mSv로 열형광선량계보다 광자극발광선량계의 선량값이 높게 측정되었음을 알 수 있었다.

또한 종사자의 경우 열형광선량계와 광자극발광선량계의 표층선량 차는 최대 1.27 mSv, 심부선량은 최대 1.35 mSv의 측정값의 차이가 있음을 알 수 있었다.

촬영실, 분배실 등의 작업 구역에서는 표층선량은 최대 4.86 mSv(PET/CT촬영실), 최소 -0.21 mSv(SPECT 촬영실2), 심부선량은 최대 3.68 mSv(PET/CT촬영실), 최소 -0.16 mSv(SPECT 촬영실2)의 차이가 있음을 알 수 있었다. SPECT 촬영실2의 선량 값만 광자극발광선량계가 적게 나타났다.

핵의학과 방사선 작업종사자와 작업구역의 3개월간의 누적 선량을 비교한 결과 광자극발광선량계가 열형광선량계에 비하여 평균표층선량은 약 1.67배, 평균심부선량은 1.55배의 높은 선량이 측정되었다[표 1].

각 선량계의 표층선량과 심부선량의 쌍체 비교 T-test 결과  $p < 0.05$  이하로 측정되어 통계적으로 유의한 차이가 있게 나타났다[표 1].

표 1. TLD와 OSLD의 선량 및 유의성 결과 (mSv)

	shallow dose			deep dose		
	TLD	OSLD	차이	TLD	OSLD	차이
작업종사자	0	0.03	0.03	0	0	0
	0.22	0.19	-0.03	0.22	0.21	-0.01
	0.34	1.02	0.68	0.35	0.89	0.54
	0.49	1.13	0.64	0.5	1.08	0.58
	0.68	1.25	0.57	0.7	1.3	0.6
	0.99	1.48	0.49	1.01	1.53	0.52
	0.99	1.89	0.9	1.01	1.54	0.53
	1.04	2.31	1.27	1.06	2.41	1.35
	1.23	2.11	0.88	1.26	1.82	0.56
분배실	0.92	1.62	0.7	0.94	1.66	0.72
	1.8	2.95	1.15	1.84	3.03	1.19
PET/CT 촬영실	8.71	13.57	4.86	9.44	13.12	3.68
감마 촬영실(1)	0.05	0.06	0.01	0.05	0.08	0.03
감마 촬영실(2)	0.36	0.15	-0.21	0.36	0.2	-0.16
average±SD	1.27±2.19	2.12±3.41	0.85±1.19	1.33±2.38	2.06±3.30	0.73±0.91
T-test	0.023			0.014		

#### IV. 고찰

열형광선량계는 방사선에 대한 감도와 안전성이 좋고 비교적 동작원리가 간단하고, 소형화와 장기간에 걸친 집적선량측정이 가능하며, 넓은 선량과 에너지 영역에서 직선적인 응답특성을 가지고 있으므로 개인피폭선량 및 환경방사선 측정에 각광을 받고 있으며, 그 결과 개인피폭선량계로 가장 많이 사용되고 있던 필름뱃지를 대체하게 되었다[8]. 열형광선량계는 측정범위가 매우 넓어 열형광물질의 선택에 따라 1 μSv에서 수천 Sv까지 측정가능하다. 실용온도에서 온도에 의한 변동은 5% 이내로 안정되어 있고 선량준위에 따른 감도의 직선성도 5% 이내로 양호하다. 또한 사용한 열형광선량계를 열처리하여 재사용 할 경우 재현성은 ±5% 정도로 충분히 안정되어 있다. 그러나 열형광선량계는 광자극발광선량계보다 퇴행(Fading) 현상이 크기 때문에 정확한 선량측정을 위해서는 보정계수를 사용해야 하며 열처리(annealing) 후 선량이 제거되므로 기록의 영구보존이 불가능하다[9]. 열형광선량계와 비교 했을 때 광자극발광선량계는 기존 열형광선량계 소자보다 화학적, 기계적으로 강도가 좋아 안정적이며, 퇴행(Fading) 특성 중 short term이 거의 없어 조사 후 즉시 판독 가능하고 long term은 1년에 4% 이내인데 비해 열형광선량계는 6개월에 10% 이내로 장시간 측정시에 측정값이 낮게 측정될 수 있다[10]. 또한 정확성과 재현성이 우수하며, 방사선을 사용하는 다양한 분야에 임상목적으로 적용이 가능하다고 보고되고 있다[11].

이번 연구결과 광자극발광선량계와 열형광선량계의 선량은 평균표층선량이 0.85 mSv, 평균심부선량이 0.73 mSv의 차이로 광자극발광선량계의 값이 일정하게 높은 값을 나타내고 있었다. 이는 최근 열형광선량계와 광자극발광선량계를 이용하여 측정한 선량을 비교 발표한 자료 중 2009년 Texas Health Science Center에서 Carlos Esquivel 등[12][13]이 방사선종양학과에서 팬텀을 이용하여 일시적으로 선량을 주고 실험한 결과를 살펴보면 chamber(ROOS)와 비교하였을 때 광자극발광선량계가 열형광선량계보다 1.25~2.40% 높은 수치의 결과가 나와 이번 연구와 유사한 결과가 나온 것을 알

수 있었다.

본 연구는 Micro star 판독기를 사용해 판독결과를 얻었다. 얻어진 판독 결과를 재확인하기 위해 판독 전문 업체인 (주)한일원자력에 광자극발광선량계를 의뢰하였고, 자동 판독기 Auto-200과 Micro star 판독기를 이용하여 각 소자 당 3번씩 판독을 하여 평균치를 구한 값도 본 연구결과와 큰 차이가 없었다.

(주)한일원자력 자료에 의하면 우리나라의 개인피폭 선량계 사용비중은 열형광선량계의 사용 비율이 6637 기관 중 6423곳으로 약 97% 정도로 광자극발광선량계에 비해 많이 사용되고 있지만, 진단 및 방사선치료선량의 측정 등에서 점차적으로 광자극발광선량계의 유용성에 관한 연구가 이루어지고 있는 추세이다[14][15].

이번 연구는 광자극발광선량계와 열형광선량계가 각각 14개씩 사용 되었다. 더 많은 수의 선량계를 사용할 수 없어 연구에 일부 제한이 있었고, 누적선량 측정 기간 역시 3개월간의 단일한 기간을 설정해 측정했다. 측정에 사용되는 선량계의 개수를 늘려 통계적으로 유의한 결과를 얻어내고, 누적선량 측정 역시 측정기간을 세분화해서 추가적인 연구가 필요할 것이라 사료된다. 하지만 핵의학과에서 근무하고 있는 방사선작업종사자들이 동일한 조건 내에서 광자극발광선량계와 열형광선량계를 함께 착용한 것으로 기존에 연구되지 않았던 결과라 더욱 의미가 있다고 생각된다.

광자극발광선량계가 열형광선량계보다 검출한계가 넓고, 열형광선량계가 온도와 습도의 변화에 영향을 받으며, 또한 장시간 누적선량 측정 시 퇴행현상에 의해 측정값이 낮게 측정 된다는 이론적인 배경을 입증 할 수 있는 연구로 보인다.

ICRP에서 개인 선량한도를 적게 권고하고 있는 시점에서 정확한 선량을 평가할 수 있도록 개인선량계를 선택 할 때 신중해야 할 것이며 추후 개인선량계의 대한 지속적인 연구에 기초 자료로 활용할 수 있으리라 사료 된다.

**참 고 문 헌**

[1] 식품의약품안전평가원, 2009년 의료기관방사선

관계종사자의 개인피폭선량 연보, 식품의약품안전청, 2010.

[2] 한국동위원소협회, 2010년 방사선 이용통계, 2011.

[3] 원자력안전위원회, 원자력안전법 제91조-방사선장해방지조치, 2011.

[4] ICRP Publication 60, *Recommendation of the international Commission on radiation protection*, 1990.

[5] ICRP Publication 103, *Recommendation of the international Commission on radiation protection*, 2007.

[6] 권석근, 김용민, 김창규, *방사선관리학개론*, 한국동위원소협회, 2012.

[7] 진계환, *개인피폭선량측정기관의선량측정을위한 품질관리*, 식품의약품안전청, 2007.

[8] 강보선, 김가중, 김승국, *방사선계측학*, 청구문화사, 2010.

[9] 최재호, 강주군, 장서구, "DAP(Dose Area Product)를 이용한 TLD와 PLD의 선량 측정비교", 한국콘텐츠학회논문지, 제12권, 제3호, pp.244-250, 2012.

[10] 채건식, 김영국, 손인호, "열형광선량계에 관한 연구", 경남대학교신소재연구소 논문집, 제5권, pp.143-151, 1995.

[11] I. Mrčelal, T. Bokulić, and J. Izewska2, "Optically stimulated luminescence in vivo dosimetry for radiotherapy: physical characterization and clinical measurements in <sup>60</sup>Co beams," *Physics in Medicine and Biology*, Vol.56, No.18, 2011.

[12] C. Esquivel, M. S. Smith, and M. S. Sotirios Stathakis, "In Vivo Dose Measurements for Total Body Irradiation using Optically Stimulated Luminescent Dosimeters," *American Association of Physicists in Medicine*, 2009.

[13] C. Esquivel, M. S. Smith, and M. S. Sotirios Stathakis, "Total Skin Electron Therapy Skin Dose Validation Using Optically Stimulated

*Luminescent Dosimeters,*” American Association of Physicists in Medicine, 2009.

[14] 김종연, 임인철, 민병인, “진단방사선촬영에서 광자극발광선량계를 이용한 환자 피부선량의 측정”, 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제9호, pp.437-442, 2011.

[15] 임인철, 유윤식, 이재승, “광자극발광선량계(OLSDs)를 이용한 직장암 방사선치료 환자의 피부선량 측정”, 방사선방어학회지, 제36권, 제2호, pp.86-92, 2011.

안 성 민(Sung-Min Ahn)

정회원



- 2010년 2월 : 한서대학교 화학과 (이학박사)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 방사선학과 교수

<관심분야> : 핵의학, 방사선관리

저 자 소 개

이 왕 희(Wang-Hui Lee)

정회원



- 2012년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 보건대학원 방사선학과(방사선학석사과정)
- 2009년 6월 ~ 현재 : 가천대학교 길병원 핵의학과

<관심분야> : 핵의학, 방사선선량

김 성 철(Sung-Chul Kim)

정회원



- 2009년 8월 : 전북대학교 방사선과학기술학과(이학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 방사선학과 교수

<관심분야> : 의료기기, 의료선량