

Changes of Optically Stimulated Luminescence Dosimeter Sensitivity with High Dose

Su Chul Han*[†], Kum Bae Kim*[†], Sang Hyoun Choi[†], Seungwoo Park[†], Haijo Jung*[†], Young Hoon Ji*[†]

*Radiological & Medico-Oncological Sciences, University of Science and Technology, Daejeon

[†]Division of Medical Radiation Equipment, [†]Department of Radiation Oncology, Korea Institute of Radiological and Medical Sciences, Seoul, Korea

We investigated the effect of high dose on the sensitivity of optically stimulated luminescence dosimeters (OSLDs) on Co-60 gamma rays and used a commercial OSLD (Landauer, Inc., Glenwood, IL). New OSLDs were chosen arbitrarily and were irradiated with 1 Gy repeatedly. We confirmed the change in the radiation sensitivity after repeated irradiation. The OSLD sensitivity increased up to 3% after irradiating for seven times and decreased continuously after the eighth time. It dropped by approximately 0.35 Gy per irradiation. Finally, after irradiating for 30 times, the OSLD sensitivity decreased by approximately 7%. When the OSLDs were irradiated 10 times with 1 Gy after their irradiation using a high dose of 15 Gy and 30 Gy, their sensitivity decreased by 6% and 12%, respectively, compared to that before high-dose irradiation. The change in the OSLD sensitivity with a high dose could be modeled by an exponential equation. We confirmed the radiation sensitivity variation caused by a high dose, and the irradiation history of dosimeters was considered to reuse OSLDs irradiated with a high dose.

Key Words: Optically stimulated luminescence dosimeter sensitivity, High dose, Co-60

서 론

광자극발광선량계(OSLD: Optically Stimulated Luminescence Dosimeter)는 열을 이용하지 않고도 간편하게 선량 측정이 가능하다는 장점을 가지고 있으며, 플라스틱 홀더로 싸여 있어 쉽게 소자를 다루거나 보관할 수 있는 특성을 가지고 있다. 뿐만 아니라 칩 형태를 가지고 있어 막대 형태의 유리선량계에 비해 피부선량 측정이 용이하고, 소자의 작은 사이즈는 정위조사면(stereotactic fields)이나 세기조절방사선치료(IMRT: Intensity-Modulated Radiation Therapy)와 같은 매우 작은 조사면에서 선량측정이 용이하다.¹⁾ 이런 장점들로 인하여 의료방사선의 선량측정 및 평가에 이용되고 있

다. 예를 들어 전피부전자선조사(TSEI: Total Skin Electron Irradiation)에서 OSLD를 이용하여 조사 전 선량을 검증하였으며,²⁾ 직장암 방사선 치료 환자를 대상으로 OSLD를 이용하여 환자의 피부선량을 측정하였다.³⁾ 그리고 두경부 방사선 치료에서 산란판(beam spoiler)과 볼러스(bolus)를 사용함에 따라 깊이가 다른 원발종양과 림프절 종양의 선량변화에 대하여 이온함과 OSLD를 이용하여 분석하였다.⁴⁾ 방사선치료의 선량측정 및 검증뿐만 아니라 진단방사선검사에서도 OSLD를 이용한 환자 피부선량측정에 관한 연구도 수행되었다.⁵⁾

그러나 OSLD의 방사선 민감도(radiation sensitivity)는 다른 방사선 측정 소자에 비하여 누적선량에 대하여 의존성을 가지고 있어, 재사용에 대하여 제한적이며, 짧은 수명을 가지는 단점을 가지고 있다. 임상에서 사용되고 있는 OSLD의 제조사는 누적선량이 10 Gy까지 사용할 것을 권고하고 있으며, 그 이상의 선량에 대하여 사용할 경우, 측정에 대한 불확도가 증가하게 되는 것을 보고 하고 있다. Jursinic는¹⁾ 누적선량으로 인한 OSLD의 방사선 민감도는 20 Gy까지 유지되지만, 그 이상의 선량에 대해서는 방사선 민감도가 감소한다고 보고 하고 있으며, 또한 60 Gy 이상까지의 누적선량을 조사하여 선량에 대한 반응감도를 2차 및 지수

This research was supported by the National R&D Program through the Korea Institute of Radiological and Medical Sciences funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (No.1711031815/50557-2016).

Received 10 June 2016, Revised 22 June 2016, Accepted 23 June 2016

Correspondence: Young Hoon Ji (jyh328@kirams.re.kr)

Tel: 82-2-970-1371, Fax: 82-2-970-2462

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

방정식으로 곡선맞춤하였으며, 1 kGy 이후의 누적선량에 대해서는 선형성이 있음을 보고하였다.⁶⁾ 그리고 Mrcela는⁷⁾ OSLD를 반복적으로 사용할 때, 방사선 민감도 변화에 대하여 고려가 필요함을 언급하였으며, Omotayo는⁸⁾ 누적선량뿐만 아니라 재 사용을 위하여 초기화시키는 광학적 어닐링장비의 사용되는 빛의 파장 및 광학적 어닐링 시간에 따라 방사선 민감도 변화가 있음을 확인하였다. 이와 같이 누적선량에 의한 OSLD의 민감도 변화에 대한 연구들이 많이 진행되어 왔지만, 고선량을 받은 이후 민감도 변화에 따른 재사용 가능성에 대한 지침서 및 연구가 보고된바 없다

본 연구는 누적선량뿐만 아니라 고선량이 조사된 광자극 발광선량계의 재사용에 대한 가능성을 평가하기 위하여, Co-60 감마선을 이용하여 누적선량 및 고선량이 조사된 소자들의 방사선 민감도 변화를 비교분석하였다.

재료 및 방법

1. 광자극발광선량계의 측정시스템 및 방사선조사

본 연구에 사용된 OSLD (nanoDot™ Dosimeter, Landauer Inc, Glenwood, USA)는 현재 임상에서 사용되고 있는 선량계로 방사선 민감도 물질은 Al₂O₃: C이고 지름(5 mm), 두께(0.2 mm)의 디스크 형태이다. 이 디스크는 10×10×2 mm³의 얇은 플라스틱 케이스로 싸여 있으며, 플라스틱의 밀도는 1.03 g/cm³이다. 그리고 판독시스템은 CW (continuous wave)-OSL 모드의 InLight MicroStar reader (Landauer, Inc., Glenwood, IL)을 사용하며, 판독시스템에서 획득한 값(카운트 값)을 각 소자들의 보정계수를 적용하여 사용하였다. 초기화를 위하여 한일원자력회사(Hanil Nuclear Co., Korea)에서 제작한 24 W의 형광램프(fluorescent lamp)를 이용하였으며, 파장은 280~780 nm이었다. OSLD를 대상으로 방사선조사를 위하여 Co-60 감마선 조사기(Theratron 780, AECL, and Kanta, Canada)를 이용하였으며, 방사선 선원과 표면간의 거리는 80 cm이고, 조사면 크기가 10 cm×10 cm에서 0.5 cm 볼러스를 이용하여 팬텀 속 최대선량 지점에 선량계를 위치시켰으며, 후방산란물질의 두께는 10 cm이다.⁹⁾

2. 방사선 민감도 정의 및 평가

방사선 민감도는 방사선조사 후, 판독시스템으로부터 획득한 카운트 값에 대하여 조사된 선량의 비(count/dose)로 정의하며,¹⁾ 상대적 방사선 민감도(relative radiation sensitivity)는 한번도 조사되지 않은 소자를 대상으로 처음 방사선 조사하여 계산한 방사선 민감도(S₀)에 대하여 초기화시

키고 동일한 선량을 조사하여 계산한(S_i)비로 정의한다(eq. (1)).

$$\text{Relative radiation sensitivity} = \frac{S_i}{S_0} \quad (1)$$

소자의 방사선 민감도 변화를 평가 하기 위하여 변동계수(Coefficient of variation)를 계산하였으며, 변동계수는 평균(Mean(S_i))에 대한 표준편차(SD(S_i))의 비로 평균 및 표준편차는 i번째까지 동일한 선량을 반복 조사하였을 때, 획득한 방사선 민감도들의 평균 및 표준편차를 의미한다(eq. (2)).

$$\text{Coefficient of variation (\%)} = \frac{SD(S_i)}{\text{Mean}(S_i)} \times 100 \quad (2)$$

3. 고선량으로 인한 방사선 민감도 변화 분석을 위한 실험

1) 고선량이 조사되지 않은 소자들의 방사선 민감도 변화: 고선량으로 인한 방사선 민감도 변화를 분석하기 위하여 다음과 같이 연구를 수행하였다. 고선량이 조사되지 않았을 때 방사선 민감도 변화를 확인하기 위하여 한번도 조사되지 않은 소자를 무작위로 3개 선택하여 동일한 선량(1 Gy)을 반복적으로 초기화하면서 조사하였다. 이때 1 Gy의 선량을 30회 반복적으로 조사하여, 변화하는 방사선 민감도 변화를 확인하기 위하여 식(1)에 따라 상대적 방사선 민감도를 계산하였으며, 매회 계산된 값들을 이용하여 식(2)에 따라 변동계수를 계산하였다. 그리고 방사선 민감도의 초기화 시간에 대한 의존성을 확인하기 위하여 30분, 240분으로 나누어 초기화시켰으며, 초기화 이후 남아 있는 양을 측정하여, 초기화 이후 남아 있는 양이 방사선 민감도에 미치는 영향을 확인하였다.

2) 고선량이 조사된 소자들의 방사선 민감도 변화: 고선량으로 인한 방사선 민감도 변화를 확인하기 위하여 한번도 조사되지 않은 소자들을 하나의 그룹으로 구성하였으며, 각 소자들에 대하여 배치의 균질성 및 재현성을 평가하여 이중 배치감도(batch sensitivity)가¹⁰⁾ ±1.5% 이내의 소자를 대상으로 재현성에 대한 변동계수가 1.0% 이내인 소자들로 표본추출하였다(Fig. 1). 표본추출을 통하여 실험에 사용된 소자들의 방사선 민감도 차이를 최소화함으로써 고선량으로 인하여 발생하는 방사선 민감도 변화에 대하여 신뢰성 있는 결과를 얻기 위함이다. 표본 추출된 소자들을 대상으로 다음과 같이 진행하였다. 방사선 민감도가 확인된 6개의 소자를 선택하여 3개씩 2개의 그룹으로 나누었으며,

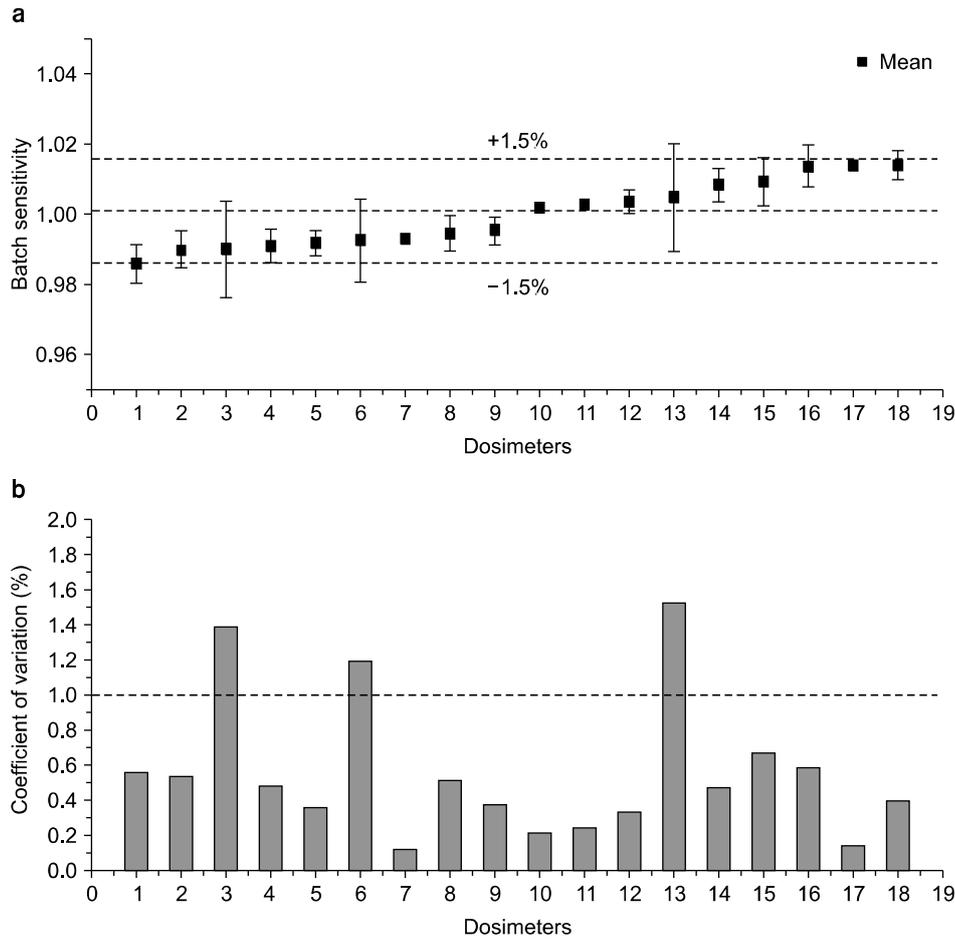


Fig. 1. The value of batch sensitivity (a) and coefficient of variation (b) about reproducibility in sampled OSLDs to evaluate change of OSLD sensitivity with high dose. The dotted line was $\pm 1.5\%$ in Fig. 1(a).

각 그룹에 고선량 15 Gy, 30 Gy을 조사하였다.

고선량이 조사된 소자를 대상으로 광학적 어닐링을 통하여 초기화 시킨 후 남아 있는 양을 측정하고 1 Gy을 다시 조사하여 방사선 민감도를 확인하였으며, 이후 반복적으로 광학적 어닐링을 하면서 10회 조사하였다. 고선량 조사 후 변화된 방사선 민감도를 비교하기 위하여 고선량이 조사되기 전 방사선 민감도와 비교분석 하였다. 그리고 나머지 9 개의 소자를 이용하여 3개씩 3개의 그룹으로 나누었으며, 두 개의 그룹에는 20, 30 Gy을 조사하였으며, 나머지는 그룹에는 고선량을 조사하지 않았다. 세 개의 그룹에 대하여 광학적 어닐링 이후 1 Gy에서 15 Gy까지 광학적 어닐링 없이 조사하였으며, 고선량이 조사된 2개의 그룹과 조사되지 않은 그룹에 대하여 선량과 민감도 간의 관계 곡선을 비교 분석하였다.

결 과

1. 고 선량이 조사 되지 않은 소자들을 대상으로 방사선 민감도 변화

한번도 사용하지 않은 소자들을 대상으로 1 Gy 조사, 관독 그리고 광학적 어닐링을 반복적으로 조사하였을 때, 상대적 방사선 민감도의 변화를 Fig. 2에서 확인하였다. 처음 1 Gy 조사 후 7번째까지 조사하였을 때, 상대적 방사선 민감도는 3%까지 증가하였으며 그 이후 계속적으로 감소하여 30회까지 조사하였을 때, 상대적 방사선 민감도는 0.930으로 약 7% 감소한 것을 확인 하였다. 또한 7회 이후 감소되는 경향을 선형함수에 곡선맞춤 하였을 때 $Y = -0.0035x$ ($r^2 = 0.958$)로 한 회당 0.35%씩 감소하는 것을 확인 하였다.

Fig. 3은 1 Gy의 상대적 방사선 민감도에 대하여 광학적 어닐링 시간에 대한 의존성을 평가한 결과를 보여주고 있다. 30분 동안 광학적 어닐링 하였을 경우, 재현성에 대하여 식(2)에 따라 15회까지 변동계수는 0.84%이며, 240분간

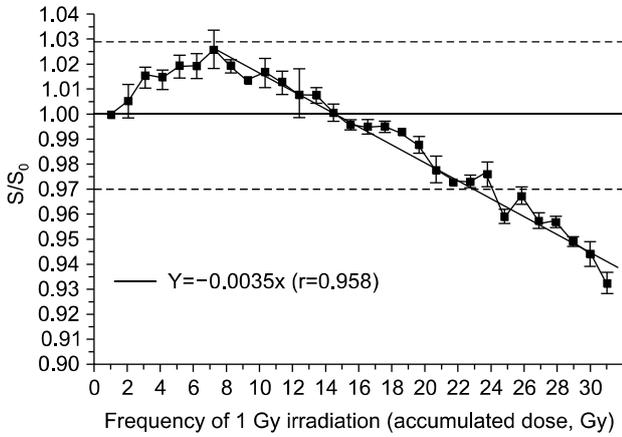


Fig. 2. The change of relative radiation sensitivity by repeated irradiation with 1 Gy. The dotted line was $\pm 3\%$. Each data point is the average response of three individual dosimeters.

광학적 어닐링 하였을 경우, 변동계수는 0.67%로 30분 간 광학적 어닐링 하였을 때 보다 0.18% 감소하는 것을 확인 하였다. 또한 광학적 어닐링 후 남아 있는 양을 비교하였으며(Fig. 3(c, d)), 15회 동안 초기화를 위하여 광학적 어닐링 하였을 때, 한번도 사용하지 않고 관독 하였을 때 값(R_0)보다 16배 이상 높았으며, 240분간 광학적 어닐링 한 경우는 5배 이내에 범위에 있음 확인하였다.

2. 고선량 받은 소자들에 대한 방사선 민감도 변화

Fig. 1에서 표본 추출 된 소자들을 대상으로 고 선량을 조사한 후 광학적 어닐링을 이용하여 초기화를 시켰으며, Fig. 4와 같이 1 Gy을 10회 반복 조사하였다. 15 Gy가 조사된 그룹의 상대적 방사선 민감도를 계산하였을 때, 약 6% 정도 감소하였으며, 30 Gy 조사된 그룹은 12% 감소하였다.

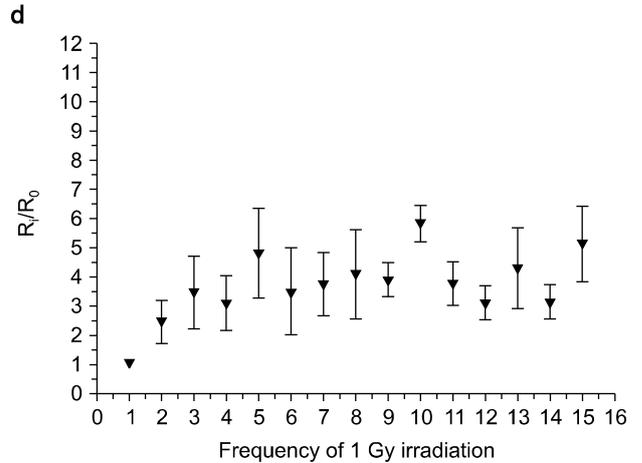
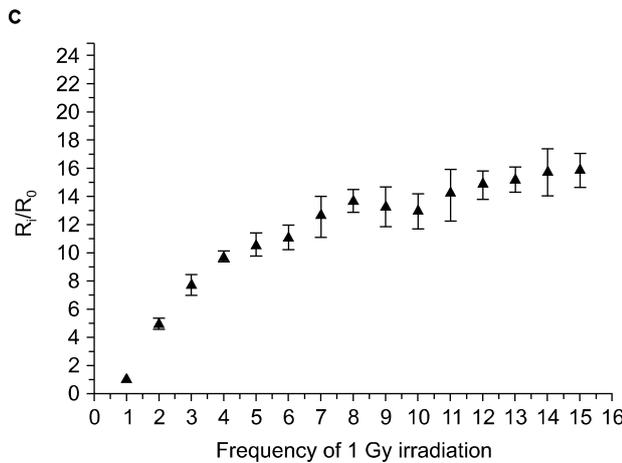
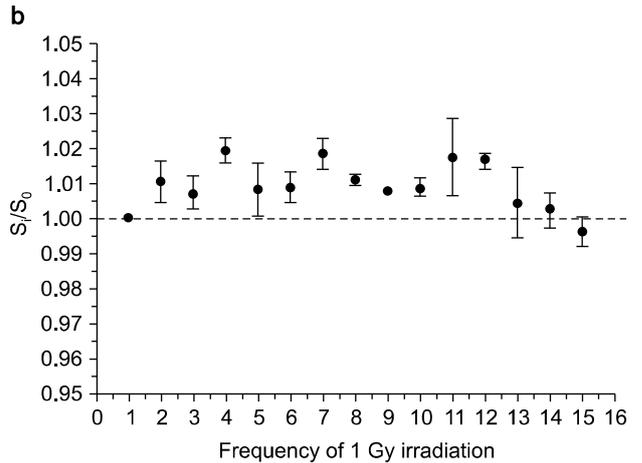
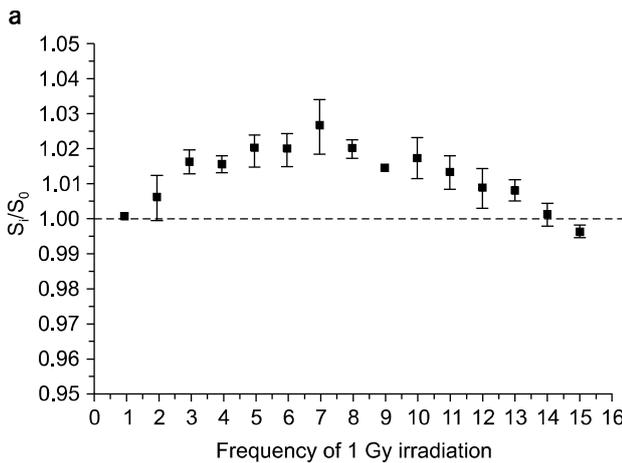


Fig. 3. The change of relative radiation sensitivity by repeated irradiation with 1 Gy, according to optical annealing time. Each data point is the average response of three individual dosimeters.

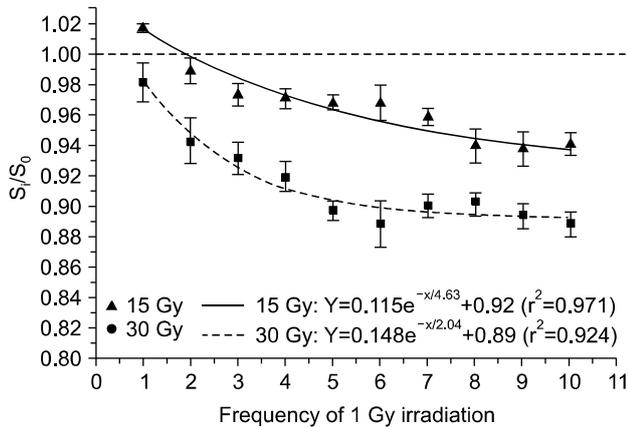


Fig. 4. The change of relative radiation sensitivity of high dose irradiated OSLDs by repeated irradiation with 1 Gy. Each data point is the average response of three individual dosimeters.

그리고 상대적 방사선 민감도의 감소 경향을 $Y=e^{-x/t}+b$ 에 곡선 맞추하였을 때, 15 Gy 조사된 그룹은 $Y=0.115e^{-x/4.63}+0.92$ ($r^2=0.971$)이며, 30 Gy 조사된 그룹의 방사선감도 감소 경향은 $Y=0.148e^{-x/2.04}+0.89$ ($r^2=0.924$)이었다.

식(2)에 따라 재현성에 대한 변동계수를 고선량을 받기 전과 후를 비교하였을 때 15 Gy을 받은 그룹은 0.54%에서 2.23%로 증가하였으며, 30 Gy을 받은 그룹의 경우, 0.58%에서 3.65%로 증가하였다.

Fig. 5는 고선량 조사된 소자를 30분간 광학적 어닐링 하였을 때, 남아 있는 카운트 값(R_1)은 한번도 조사되지 않은 소자를 판독하였을 때, 측정된 카운트(R_0)보다 250~350배였다. 이후 1 Gy 반복 조사하면서 30분간 광학적 어닐링을 하였을 때, 반복 횟수가 증가할 수록 남아 있는 양 감소하였으며, 감소되는 경향은 $Y=e^{-x/t}+b$ 에 곡선맞춤 하였다. 15 Gy 조사된 그룹은 $Y=633e^{-x/1.15}+66.87$ ($r^2=0.831$)이며, 30 Gy 조사된 그룹의 방사선감도 감소 경향은 $Y=671e^{-x/0.80}+75.49$ ($r^2=0.924$)이었다.

고선량(20, 30 Gy)을 받은 그룹과 그렇지 그룹에 대하여 조사된 선량과 방사선 민감도와의 관계식을 비교 한 결과를 Fig. 6에서 확인 하였다. 관계식은 2차 함수에 곡선 맞추하였으며, 고선량이 조사되지 않은 그룹에서 관계식은 $Y=-54.7x^2+1987x+67476$ ($r^2=0.998$)이었으며, 20 Gy의 선량이 조사된 그룹에서 관계식은 $Y=-105.4x^2+3218x+60241$ ($r^2=0.998$)이었으며, 마지막으로 30 Gy의 선량이 조사된 그룹은 관계식은 $Y=-118.7x^2+3696x+657856$ ($r^2=0.998$)이었다.

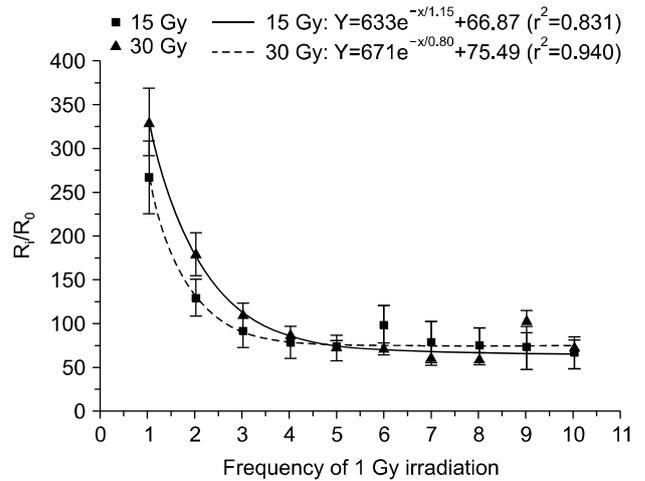


Fig. 5. The change of residual count of high dose irradiated OSLDs by repeated irradiation with 1 Gy. Each data point is the average response of three individual dosimeters.

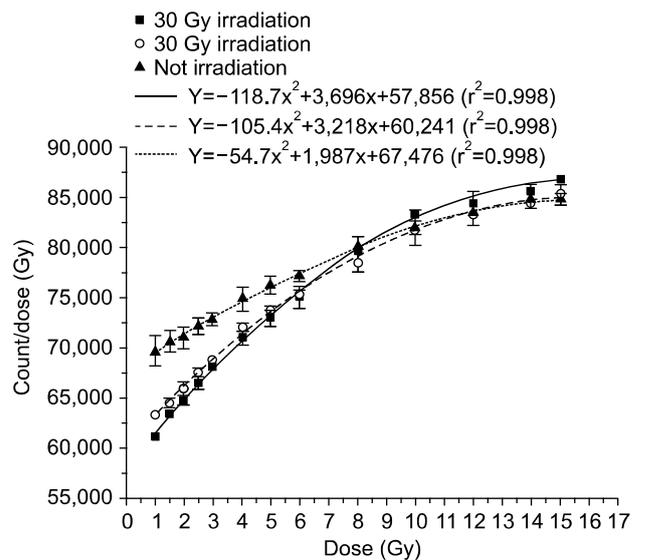


Fig. 6. OSLD radiation sensitivity as a function of dose by high dose irradiation. Each data point is the average response of three individual dosimeters. Count/dose was radiation sensitivity (eq. 1).

고찰 및 결론

OSLD의 기본적인 선량특성평가는 고 에너지의 방사선 치료뿐만 아니라 저 에너지의 진단 방사선에서 많은 연구들에 의해 수행되어 왔다.⁶⁻¹⁵ 누적선량으로 인한 방사선 민감도 변화 연구는 Jursinic에 의해 수행되었으며, 50 Gy 선량을 조사하여 20 Gy의 누적선량까지 방사선 민감도는 유

지되며, 그 이상의 선량에서는 10 Gy당 약 4%의 방사선 민감도 변화가 있음을 보고하였다. 그리고 이와 같은 누적선량으로 인한 방사선 민감도의 변화는 다이오드에서 발생하는 방사선손상(Radiation damage)와 유사한 현상이라고 가정하였다.¹⁾ 방사선손상은 체내 선량계들(in-vivo dosimeters) 중 실리콘 반도체를 이용하는 다이오드(diode)와 금속 산화막 반도체 전장효과 트랜지스터(MOSFET: metal oxide semiconductor field effect transistor)에서 나타나게 되는 현상으로, 다이오드의 경우 N 타입이 P 타입에 비해 누적선량으로 인한 방사선 민감도 감소영향을 많이 받는다고 보고되고 있다. 또한 MOSFET는 특정 선량 이상의 선량이 조사될 경우 포화(Saturation)가 발생하게 되어 제한된 수명을 가지고 있다.¹⁶⁾ Jursinic의¹⁾ 누적선량으로 방사선 민감도 변화 연구는 동일한 선량을 반복 조사하여 평가한 경우가 아니며, 초기화 없이 연속적으로 누적선량을 조사하여 진행한 연구 결과이다. 그러나 본 연구는 초기화를 하면서 반복 조사를 하였을 때 평가한 결과로 1 Gy를 반복 조사하였을 때, 방사선 민감도는 7회까지 증가하는 경향을 보이다가 8회 이후부터 1 Gy 당 0.35%씩 선형적으로 감소하는 경향을 보였다. 1 Gy의 선량을 20회 반복 조사하였을 때, 상대적 방사선 민감도는 $\pm 3\%$ 이내에 들어 가는 것을 Fig. 2에서 확인하였다. 동일한 선량으로 반복적으로 초기화를 하면서 조사하여 사용할 경우, OSLD의 방사선 민감도 변화로 인하여 측정의 오차를 증가시킬 수 있다. 그러나 본 연구에서 확인할 수 있듯이, 1 Gy의 방사선 민감도의 감소 경향은 일정한 경향을 가지고 있어 사용자가 이를 고려하고 사용한다면 측정의 오차를 감소할 수 있을 것이라 사료된다.

광자극발광선량계의 고선량으로 인한 방사선 민감도 변화를 분석하기 위하여 고선량 조사 이후의 방사선 민감도 변화 경향을 모델링하였다. 본 연구에서 고선량을 조사 이후 1 Gy의 상대적 방사선 민감도는 지수함수적으로 감소하였다. 이 결과는 일정한 선량을 반복적으로 초기화를 하면서 반복 조사하였을 때 선형적으로 감소하는 경향과 다른 것을 확인하였다. Omotayo는⁸⁾ 방사선 민감도에 영향을 주는 요인으로 초기화 이후 남아 있는 양을 보고하였다. 이 결과를 고려하여 Fig. 5와 같이 고선량조사 이후 남아 있는 양을 측정하였으며, 남아 있는 양은 매회 1 Gy의 조사와 초기화 과정을 거쳐 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 감소되는 경향은 상대적 방사선 민감도 변화(Fig. 4)처럼 동일하게 지수 함수적으로 감소하는 경향을 확인하였다. 15 Gy, 30 Gy의 고선량이 조사된 소자를 광학적 어닐링 이후

1 Gy의 방사선 감도를 확인 하였을 때, 남아 있는 양의 영향으로 방사선 민감도는 15 Gy의 경우 1.02%로 증가하였으며, 30 Gy는 0.98%이었다. 그러나 초기화를 계속적으로 하면서 1 Gy를 계속적으로 조사하였을 때, 남아 있는 양의 감소와 함께 상대적 방사선 민감도의 감소를 확인하였다. 그러나 본 연구에서 조사된 선량 이외의 선량에서 동일한 감소 경향을 가진다고 일반화 시키기에는 연구의 제한성을 가지고 있다.

Fig. 6에서 확인할 수 있듯이 고선량을 받은 소자들의 방사선 민감도를 고 선량이 받지 않은 소자들과 비교 하였을 때, 8 Gy 이상의 선량에서 그 차이는 2% 이내의 차이가 보여 고선량을 받은 선량이라도 특정선량 이상에 대하여 재사용이 가능함을 확인할 수 있었다. 본 연구 결과를 통하여 고선량을 받은 소자를 특정 선량 이하에서 사용할 경우 반드시 방사선 민감도 변화를 고려하여야 하며, 고선량이나 특정 이상의 누적선량이 조사된 소자들에 대하여 조사이력 관리가 필요할 것이라 사료된다.

OSLD는 누적선량 및 고선량에 의해 방사선 민감도 영향을 받게 된다. 그리고 정확한 선량 측정을 위해 한번 사용하고 버리는 것이 현명한 선택일 수 있다.

그러나 동일한 선량을 반복적으로 사용할 경우 선형적으로 감소하는 것을 확인하였으며, 고선량 이후 동일한 선량을 조사하였을 때 지수함수적으로 감소하는 것을 확인할 수 있다. OSLD를 재사용을 위한 재 교정절차에 있어 방사선 민감도 변화를 인지하면서 조사이력 관리를 한다면 충분히 누적선량 및 고선량 이후의 선량 평가의 오차를 줄일 수 있을 것이라 사료된다.

References

1. Jursinic PA: Characterization of optically stimulated luminescent dosimeters, OSLDs for clinical dosimetric measurements. Med. Phys. 34(12):4594-4604 (2007)
2. Bao Qunan, Hrycushko Brian, Dugas Joseph P, Hanger Frederick H and Solberg Timothy D: A technique for pediatric total skin electron irradiation. Radiation Oncology. 7:40 (2012)
3. Im In-Chul, Yu Yun-Sik, Lee Jae-Seung: Measurement of skin dose for rectal cancer patient in radiotherapy using optically stimulated luminescence detectors(OSLDs). Journal of radiation protection. 36(2): 86-92 (2011)
4. Lee Jeong-Ok, Lee Jae-Seung, Jeong Dong-Hyeok: Measurement of tumor dose using Optically stimulated luminescence detectors(OSLDs). Journal of radiation protection. 36(3): 160-167 (2011)
5. Kim Jong-Eon, Im In-Chul, Min Byung-In: Measurement

- of the skin dose of patient using the optically stimulated luminescent dosimeter at diagnostic radiography. The Journal of the Korea Contents Association. 11(9): 437-442 (2011)
6. **Jursinic PA**: Changes in optically stimulated luminescent dosimeter (OSLD) dosimetric characteristics with accumulated dose. Med. Phys. 37(1):132-140 (2010)
 7. **Mr̃cela I, Bokulić T, Izewska J, et al**: Optically stimulated luminescence in vivo dosimetry for radiotherapy: physical characterization and clinical measurements in ⁶⁰Co beams. Phys. Med. Biol. 56(18): 6065-6082 (2011)
 8. **Omotayo AA, Cygler JE, and Sawakuchi GO**: The effect for different bleaching wavelengths on the sensitivity of Al₂O₃:C optically stimulated luminescence detectors (OSLDs) exposed to 6MV photon beams. Med. Phys. 39(9):5457-5468 (2012)
 9. **Su Chul Han, Sang Hyoun Choi, Seungwoo Park, et al**: Evaluation of dosimetric characteristics of reproducibility, linearity and dose dependence of optically stimulated luminescence dosimeters in Co-60 gamma-rays. Korean Journal of Medical Physics 25(1):31-36 (2014)
 10. **Lye J, Dunn L, Kenny J, et al**: Remote auditing of radiotherapy facilities using optically stimulated luminescence dosimeters. Med. Phys. 41(3):032102-1-10 (2014)
 11. **Viamonte A, da Rosa LA, Buckley LA, A Cherpak A, Cygler JE**: Radiotherapy dosimetry using a commercial OSL system. Med. Phys. 35(4):1261-1266 (2008)
 12. **Yukihara EG and McKeever SW**: Optically stimulated luminescence (OSL) dosimetry in Medicine, Phys. Med. Biol. 53(20): 351-379 (2008).
 13. **Kim DW, Chung WK, Shin DO, et al**: Dose response of commercially available optically stimulated luminescent detector, Al₂O₃:C for megavoltage photons and electrons. Radiat. Prot. Dosim. 149(2):101-108 (2012)
 14. **Endo A, Katoh T, Kobayashi I, Joshi R, Sur J, and Okano T**: Characterization of optically luminescence dosimeters to measure organ dose in diagnostic radiology. Dentomaxillofac Radiol. 41(3): 211-216 (2012).
 15. **Al-Senan RM, Hatab MR**: Characteristics of an OSLD in the diagnostics energy range. Med. Phys. 38(7):4396-4405 (2011)
 16. **IAEA Human health report No.8**: Development of procedures for In vivo Dosimetry in Radiotherapy (2013)

고선량에 대한 광자극발광선량계의 방사선 민감도 변화 연구

*과학기술연합대학원대학교 방사선중양의과학, 한국원자력의학원 †방사선기기부, ‡방사선중양학과

한수철*† · 김금배*‡ · 최상현†‡ · 박승우† · 정해조*† · 지영훈*†‡

본 연구는 고선량으로 인한 광자극발광선량계의 방사선 민감도 변화에 관하여 분석하기 위하여 60-Co 감마선에서 상용화된 광자극발광선량계(Landauer, Inc., Glenwood, IL)를 이용하였다. 고선량으로 인한 방사선 민감도 변화를 분석하기 위하여 한번도 사용하지 않은 소자들을 이용하여 상대적 방사선 민감도 변화 경향을 확인하였으며, 7번째까지 3% 정도 증가하다가 그 이후 1 Gy의 조사 횟수에 따라 0.35%씩 감소하는 것을 확인하였다. 그리고 30회까지 조사하였을 때 7% 감소하였다. 고 선량을 받은 소자들의 경우, 15 Gy가 조사된 그룹은 한번도 사용하지 않은 소자들의 방사선 민감도에 비해 6% 감소하였으며, 30 Gy가 조사된 그룹은 12% 감소하였다. 감소되는 경향은 지수함수에 곡선 맞춤 하였다. 고선량을 받은 소자들을 다시 재 사용할 경우 측정에 대한 큰 불확도를 가지고 있으며, 이를 인지 하고 소자에 대한 조사 이력 관리를 하면서 사용해야 할 것이다.

중심단어: 광자극발광선량계 방사선 민감도, 고선량, Co-60