

Relative ratio about dose value of thermoluminescence and optical stimulated luminescence dosimeter according to exposed condition in diagnostic radiation

Yeonghan Kang, Soonmu Kwon*, BooSoon Kim**

Department of Radiology, Daegu Catholic University Hospital, Department of Radiological Science, Gyeongsan University*,
Department of Radiologic Technology, Daegu Health Colledge**

진단방사선의 노출 조건에 따른 열형광선량계와 광자극형광선량계의 선량값 상대비

강영한, 권순무*, 김부순**

대구가톨릭대학교병원 영상의학과, 경산1대학교 방사선과*, 대구보건대학교 방사선과**

Abstract

The purpose of this study was to find out the difference of radiation dose value through energy, exposure number, fluoroscopy time, the number of days of exposed scatter X-ray when TLD and OSLD is used in diagnostic radiology. The difference of value were measured by relative ratio and interval. Energy makes high relative ratio of TLD(1.81 ± 0.41) than OSLD(1.40 ± 0.26), exposure number makes high of OSLD(1.40 ± 0.26) than TLD(2.10 ± 0.10). There are no significant differences between relative ratio of TLD and OSLD in fluoroscopy time and the number of days of exposed scatter X-ray. But interval of relative ratio in the number of days of exposed scatter X-ray was narrowed in less 0.2. That means, the measurement of scatter X-ray could more confident in TLD and OSLD than the measurement of direct ray. In conclusion, we have to recognize the relative ratio of TLD and OSLD could be vary depending on exposed condition of radiation. And in some cases, double test of TLD and OSLD get more creditable results of dose value.

Key Words : Thermoluminescence dosimeter, Optically stimulated luminescence dosimeter, Scatter X-ray, Relative ratio

요약

개인피폭선량계인 열형광선량계(TLD)와 광자극형광선량계(OSLD)를 진단방사선 영역에서 사용할 때 에너지와 조사 횟수, 투시촬영 시간, 산란선 노출 일 수 등에 따라 측정값이 차이가 있는지를 상대비와 상대비 간격으로 알아보았다. 에너지에 따라서는 TLD의 상대비(1.81 ± 0.41)가 OSLD의 상대비(1.40 ± 0.26)보다 높았고, 조사 횟수에 따라서는 TLD의 상대비(2.10 ± 0.10)보다 OSLD의 상대비(2.33 ± 0.09)가 더 높았다. 투시촬영 시간에 따른 상대비와 산란선 노출일수에 따른 상대비는 두 선량계가 유의한 차이가 없었으나 산란선 노출일수에 따른 상대비의 간격이 0.2 이내로 나

타나 직접선의 상대비 간격보다 좁았다. 이는 직접선의 측정결과보다 산란선의 측정에 있어 TLD와 OSLD의 결과값에 신뢰가 높다고 할 수 있다. 따라서 방사선 피폭상황에 따라 선량계 간에 상대비가 다소 차이가 날 수 있음을 인지하고, 경우에 따라서는 두 가지 선량계를 이용하여 교차평가를 함으로써 선량 측정 결과값에 대한 신뢰성을 높일 수 있을 것이다.

중심단어: 열형광선량계, 광자극형광선량계, 산란선, 상대비

I. 서론

방사선을 이용하는 진단방사선 영역에서는 방사선 관계종사자들이 의무적으로 개인피폭선량계를 항상 착용하여 피폭선량을 측정하여야 하며, 그 결과도 기록하고 보관하여야 한다. 방사선 관계종사자가 이용하는 개인피폭선량계는 외부피폭에 의한 피폭선량 측정에 주로 사용되며, 현재 국내의 경우 개인피폭선량의 법정 선량계로 필름선량계와 열형광선량계 (TLD, Thermo Luminescence Dosimeter)를 사용하였으며, 최근 법령의 개정에 따라 형광유리선량계(PLD, Photo Luminescence Glass Dosimeter), 광자극선량계(OSLD, Optical Stimulated Luminescence Dosimeter)도 사용하기 시작하였다^[1]. TLD는 측정범위가 매우 넓어 열형광물질의 선택에 따라 1 uSv에서 수천 Sv까지 측정 가능하다. 실용온도에서 온도에 의한 변동은 5% 이내로 안정되어 있고 선량 준위에 따른 감도의 직선성도 5% 이내로 양호하다. 또한 사용한 TLD를 열처리하여 재사용할 경우 재현성도 $\pm 5\%$ 정도로 충분히 안정되어 있다. TLD의 정확도와 재현성(reproducibility)은 대략 3% 이나 반응값은 TLD에 흡이 생기거나 오염이 되면 그 값에 큰 오차가 생긴다^[2]. 그러나 TLD는 OSLD보다 퇴행현상(fading)이 크기 때문에 정확한 선량측정을 위해서는 보정계수를 사용해야 하며 열처리(annealing) 후 선량이 제거되므로 기록의 영구보존이 불가능하다^[3,4]. 또한 TLD는 결과의 신뢰도에 문제가 있어 방사선 안전관리 측면에서 많은 논란이 있어 왔다^[5]. OSLD는 X선, γ 선 및 β 선을 측정할 수 있으며, 측정원리는 방사선에 조사된 알루미늄산화물($Al_2O_3:C$)에 특정 파장의 빛을 자극하면 여기에 반응하여 나오는 형광을 광전자증배관으로 수집하게 되는데, 이 형광의 양은 방사선량과 광자극의 양에 비례하여 증가하는 원리를 이용한다. 이처럼 형광방출을 측정하여 선량을 평가하는 것은 TLD와 비슷하나, 한 번 판독 시 빛의 자극으

로 트랩 된 전자 에너지의 0.2% 정도만을 소모하기 때문에 수차례 재 판독할 수 있다는 차이점을 갖고 있다^[6,7]. OSLD의 장점은 기존 TLD 소자보다 화학적, 기계적 강도가 좋아 안정적이며, Fading(강도가 시간적으로 변동 또는 쇠퇴하는 현상) 특성 중 Short Term이 거의 없어 조사 후 즉시 판독 가능하고, Long Term은 1년에 4%이내(TLD는 6개월에 10%)이다. TLD의 경우 glow peak를 감쇠하기 위하여 방사선 노출 후 24시간 지난 뒤 판독을 하게 되나 OSLD의 경우 즉시 판독이 가능하다. 운영자 측면에서 보면 빠른 판독 속도, 편리한 교정 및 조건결정, 소자의 민감도 산출 불필요 등의 장점이 있다^[6-8]. TLD와 OSLD가 법정선량계로 지정되어서 방사선 관계 종사자가 의무적으로 착용을 하지만 피폭선량을 정확히 제시하는가에 대해서는 선량계의 오차가 있기 때문에 실무자들이 의문을 가질 수 있다. 특히 각 선량계의 재현성이 5% 정도로 선량계 판독결과와 실제 피폭선량은 다소 차이가 있을 수 있다^[9]. 임상에서 선량계의 교차비교는 두경부 원발종양과 직장암의 피부선량 측정에서 이온화과 OSLD를 교차비교한 결과에서 대부분의 오차는 1% 이내였으나 최대 1.38~1.39%의 오차를 보고하였고, 이는 저에너지 영역의 산란광자에 대하여 OSLD의 감도저하가 원인 된다고 하여, 에너지 영역과 방사선장 등의 원인에 의해 두 선량계의 측정오차가 발생할 수 있다^[10,11]. 따라서 본 연구는 법정선량계로 지정되어 있는 TLD와 OSLD를 진단방사선 영역에서 사용할 때 이들 선량계가 에너지의 변화와 반복 노출, 투시촬영시간, 산란선 피폭기간 등에 따라 선량측정값의 차이가 있는지 알아봄으로써 방사선 관계 종사자들의 피폭선량에 대한 이해를 돕기 위함이다.

II. 대상 및 방법

1. 선량계의 준비

본 연구에 사용된 TLD는 Panasonic 사의 UD-802 개인선량계로서 선량계 판독시스템을 이용한 개인피폭선량 판독용으로 가장 일반적으로 사용되고 있는 선량계이다. 이는 4개의 소자로 구성되어 있으며, 소자 1과 소자 2는 Li₂B₄O₇로 구성되어 있고, 소자 3과 소자 4는 CaSO₄로 구성되어 있다. 소자별 필터의 차이로 인하여 발생하는 형광광의 소자 별 비를 이용하여 베타선과 중성자선 및 광자에 의한 피폭선량을 계산한다. OSLD는 인라이트시스템(InLight system, Landauer corporation)의 전신용 OSLD를 이용하였고, 측정원리는 방사선에 조사된 산화알루미늄(Al₂O₃:C)의 물질을 필름에 코팅한 형태로 만들어 방사선을 조사하면 전자가 트랩되며, 이때 특정 파장(~ 550nm)의 레이저를 조사하면 저장된 에너지의 특정량의 빛(형광)으로 방출되는 즉 광자극형광(optical stimulated luminescence; OSL) 과정을 이용한 개인선량계이다. 측정에너지 범위는 TLD와 OSLD 둘다 0.01 mSv ~ 10 Sv 이었으며, 퇴행특성은 TLD 10% 미만, OSLD는 5% 미만이었다.

산란선 측정을 위한 기준 선량계는 전자식도시미터인 Tracerco(Tracerco T404, UK)를 사용하였다. Tracerco의 방사선 측정범위는 33 keV - 1332 keV 이었고, 검출기는 가이거 물러 튜브(Geiger Muller tube) 이었으며, 선량률 범위는 0.1~100 mSv/h 이었다. 누적 선량범위는 0~10 Sv 이다. 교정은 한국인정기구(KOLAS)에서 인정한 교정기관(세안기술(주))에서 교정을 하였으며, 교정에 사용된 방사선은 ¹³⁷Cs 감마선이었다. 교정인자는 1.06, 측정불확도는 7.0%(k=2)이었다. 방사선 노출 결과값에 교정정수를 곱하여 기준 선량계인 TLD와 상대비를 계산하였다.



Fig. 1. A : Thermoluminescence dosimeter (TLD, Panasonic UD-802), B : Optically stimulated luminescence dosimeter (OSLD, InLight system, Landauer), C : Electronic personal dosimeter (EPD, Tracerco T404)

2. 방사선 노출방법

에너지 변화에 따른 상대비 측정을 위해 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 의한 성능검사 후 적합판정을 받은 삼상전과정류장치 Shimadzu사 기기(UD150L-40Z)를 이용하였다. 장치의 총여과는 2.5 mmAl 이었으며, 초점-선량계간 거리는 100 cm, 조사 면적 20×20 cm² 으로 설정하였다. 실험조건은 조사야 중앙에 OSLD와 TLD를 위치하고, 관전류 200 mA, 조사 시간 0.1 sec로 고정한 후 관전압을 50 kVp에서 130 kVp까지 10 kVp 단위로 변화시키며 조사하였으며, NDD 계산법의 결과를 기준 선량으로 TLD와 OSLD의 표층선량 결과와의 상대비를 구하였다. 또한 반복 조사에 의한 상대비 측정을 위해 동일 기기로 조사조건을 320 mA, 70 kVp, 0.1 sec 로 설정하여 조사야 중앙에 OSLD와 TLD를 위치한 후 30회 까지 반복조사하며 선량계의 결과를 NDD 계산법 결과와 비교하였다. NDD 법의 계산식은 다음과 같다^[12].

$$D = NDD-M(f) \times mAs \times (1/FSD)^2 \text{ [mGy]}$$

D : 입사선량(mGy)

NDD-M(f) : NDD-M factor

mAs : 관전류(mA)

FSD : focus to skin distance

투시촬영에 의한 선량계의 상대비를 알아보기 위해 이동형 C-arm 투시장치(OEC 990 Elite, Mobile C-arm systems, GE)을 이용하였다. C-arm의 영상증배관(image intensifier, 이하.I.I)의 크기 23 cm², 부가필터 3 mmAl +0.1 mmCu, carbon fiber X-ray grid가 기본적으로 장착되었다. 연속형 투시촬영으로, 관전압, 관전류, 노출시간 등과 같은 노출 파라미터는 자동노출장치(AEC, autoexposure controller)를 이용하였고, 관전압 범위는 40~120 kV, 관전류(mA range)는 0.44~20.0 mA 이었다. 인체 모형 팬텀(anthropomorphic phantom model, KYOTO KAGAKU, PBU-60)을 촬영대 위에 놓고, 팬텀의 조사야 범위 내에 Tracerco와 TLD, OSLD를 함께 두어 투시시간이 경과함에 따른 상대비를 측정하였고, Tracerco를 기준선량계로 하였다. X-선 관구(tube)와 I.I와의 거리는 100 cm 이었고, 팬텀의 두께는 18 cm 이

었다. 투시촬영 조건은 자동노출장치를 이용하였으며 수동조작은 하지 않았다.

산란선 피폭에 의한 상대비는 대학병원 응급촬영실 한 곳을 지정하여 TLD와 OSLD 각각 7개씩 총 14개를 동일 벽면에 부착한 후 60일 동안 측정하여 비교하였다. 촬영기기는 Shimadzu사 기기(UD150L-40Z)이며, 산란선이라 촬영조건이나 거리, 방향, 촬영횟수 등은 고려하지 않았다. 기준 선량계는 Tracerco를 이용하였다.

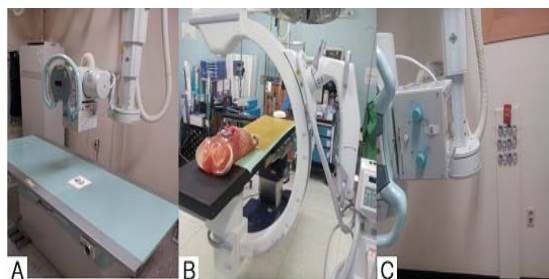


Fig. 2 A : Direct exposure to TLD, OSLD for measuring radiation energy and exposure number using general X-ray unit, B : C-arm fluoroscopy to phantom(TLD, OSLD) for measuring direct radiation during fluoroscopy time, C : TLD, OSLD and EPD attached the wall general radiography room for measuring scatter X-ray

3. 통계분석

방사선 노출방법에 따른 TLD와 OSLD의 상대비 평균비교는 SPSS 16.0 프로그램을 이용하여 T-test를 시행하였으며, 유의수준 0.05를 기준으로 해석하였다.

III. 결과

1. 에너지에 따른 선량 비교

진단방사선 발생장치의 직접선 에너지에 따른 TLD와 OSLD의 선량값은 50 kV로 조사한 피부선량은 NDD법으로 계산한 결과 0.24 mSv 이었다. TLD와 OSLD의 피부선량은 각각 0.68 mSv, 0.46 mSv 이었다. 에너지에 따라 TLD와 OSLD의 선량값은 NDD 계산법보다 전반적으로 높았다(Fig 3).

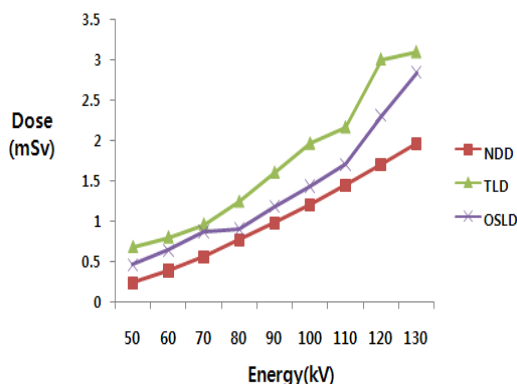


Figure 3. Dose value of dosimeters(NDD, TLD, OSLD) according to energy change

2. 조사 횟수에 따른 상대비

진단방사선 발생장치의 직접선을 조사조건 320 mA, 70 kVp, 0.1 sec로 1회 조사한 피부선량은 NDD법으로 계산한 결과는 0.9 mSv 이었다. 1회 조사한 TLD와 OSLD의 피부선량은 각각 1.79 mSv, 2.15 mSv 이었고, 상대비는 1.99와 2.39 이었다. 반복조사 횟수에 따라 TLD와 OSLD의 선량값은 NDD 계산값 보다 전반적으로 높았다(Fig. 4).

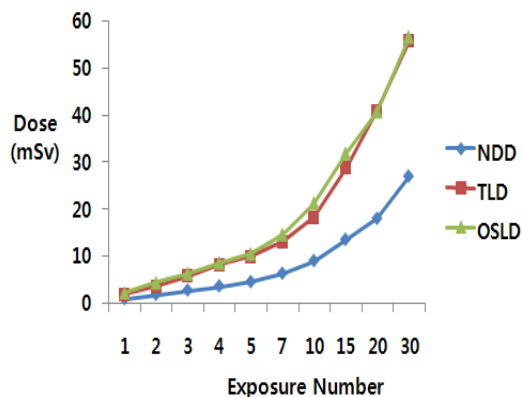


Figure 4. Dose value of dosimeters(NDD, TLD, OSLD) according to exposure number.

3. 투시촬영 시간에 따른 상대비

투시촬영장치의 직접선에 일정시간 노출되었을 Tracerco 결과값과 TLD와 OSLD의 심부선량은 투시촬영시간 0.5분에서 각각 4.02 mSv, 4.58 mSv, 5.21 mSv

이었다. 투시촬영시간에 따른 선량값은 비슷한 분포를 나타내고 있다(Fig. 5).

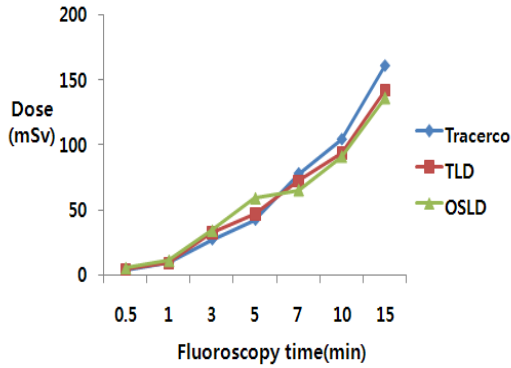


Figure 5. Dose value of dosimeters(Tracerco, TLD, OSLD) according to fluoroscopy time.

4. 산란선 노출 일수에 따른 상대비

Tracerco 결과값과 TLD와 OSLD의 심부선량은 산란선 노출일수 10일에서 각각 2.20 mSv, 2.08 mSv, 1.99 mSv 이었다. 산란선 노출일수에 따른 선량값은 선량계 간 거의 비슷한 분포를 나타내고 있다(Fig. 6).

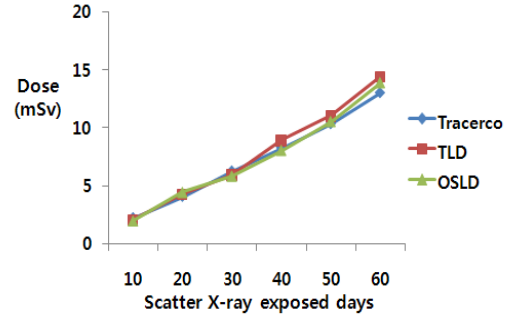


Figure 6. Dose value of dosimeters(Tracerco, TLD, OSLD) according to scatter X-ray exposed days

5. 방사선 노출방법에 따른 상대비 비교

에너지에 따른 상대비의 평균은 TLD 1.81 ± 0.41 이었고, OSLD 1.40 ± 0.26 이어서 TLD가 유의하게 높았다. 상대비의 간격은 TLD 1.34, OSLD 0.75로 대체로 넓은 편이었다. 조사횟수에 따른 상대비 평균은 TLD 2.10 ± 0.10 , OSLD 2.33 ± 0.09 으로 OSLD에서 유의하게 높았고, 상대비 간격은 0.30이었다. 투시촬영시간에 따른 상대비 평균은 유의한 차이가 없었으나 상대비 간격은 TLD, OSLD 각각 0.32, 0.55로 다소 넓었다. 산란선 노출일수에 따른 상대비 평균은 선량계간 유의한 차이가 없었으나 상대비 간격은 TLD, OSLD 각각 0.16, 0.20으로 가장 좁았다(표 5).

Table 5. Comparison of relative ratio & interval according to exposure condition

	TLD		OSLD		p
	mean± SD	min-max(interval)	mean± SD	min-max(interval)	
Energy	1.81± 0.41	1.49-2.83(1.34)	1.40± 0.26	1.17-1.92(0.75)	.025
Exposure number	2.10± 0.10	1.98-2.27(0.29)	2.33± 0.09	2.10-2.40(0.30)	.000
Fluoroscopy time	1.02± 0.13	0.88-1.20(0.32)	1.09± 0.23	0.84-1.39(0.55)	.491
scatter ray exposure day	1.04± 0.07	0.95-1.11(0.16)	1.00± 0.08	0.90-1.10(0.20)	.392

IV. 고찰

TLD와 OSLD는 법정선량계로 지정되어 있고, 방사선 관계 종사자들이 가장 많이 사용하고 있는 개인피폭선량계이다. TLD는 방사선에 대한 감도와 안전성이

좋고 비교적 동작원리가 간단하고 소형화와 장기간에 걸친 집적선량 측정이 가능하며, 넓은 선량과 에너지 영역에서 직선적인 응답특성(Linear energy response)을 가지므로 개인피폭선량 측정 및 환경 방사선 선량 평가에 각광을 받고 있다. 측정 선량은 1mR 이상의 조사 선량을 측정할 수 있고 퇴행현상이 적기 때문에 3개월

에 걸쳐 장기간의 집적선량을 측정할 수 있어 널리 이용되어 왔다. 최근 법 개정에 따라 법정선량계로 지정된 OSLD는 방사선에 조사된 산화알루미늄에 특정 파장의 빛을 자극하면 여기에 반응하여 나오는 또 다른 형광을 광전자증배관으로 계수하는데, 이 형광의 양은 방사선량과 광자극의 양에 비례하여 증가하는 원리를 이용한다. 이처럼 형광방출을 측정하여 선량을 평가하는 것은 TLD와 비슷하나, 한번 관독 시 빛의 자극으로 포획된 전자에너지의 0.2% 정도만을 소모하기 때문에 수차례 재관독할 수 있다는 차이점이 있다^[2,6]. 미국에서는 미국국가표준위원회(american national standards institute, ANSI) 기준에서 Al₂O₃:C 소자의 OSLD는 TLD를 대신하여 개인 선량을 측정할 수 있는 선량계로 인정하고 있다^[13,14]. 지난 몇 년 동안 OSLD는 방사선 치료용 방사선에 대한 내부피폭 측정이 가능하다고 하여 많은 발전이 있었다. 이는 Al₂O₃:C-based OSLD 시스템은 높은 민감도, 높은 해상력, 형태와 크기의 다양성, beam parameters에 대한 의존도가 거의 없고, 광자에 대해 실시간 흡수된 선량의 측정 능력, 온도와 무관하여 온도관리(Calibration)와 이용에 있어 용이하기 때문이었다^[6-8]. 이러한 장단점이 있는 TLD와 OSLD는 방사선 관계 종사자들이 개인피폭선량을 측정함에 있어서 선량측정 결과값에 대해 신뢰성을 가지고 있어야 한다. 본 연구는 진단방사선 영역에서 직접선에 해당하는 방사선 에너지와 반복조사, 투시촬영시간 등에 따른 상대비를 설정하였고, 간접선은 촬영실 내의 산란선에 따른 상대비를 측정하는 것으로 설정하였기 때문에 방사선 관계 종사자들이 방사선 피폭이 발생할 수 있는 상황을 대부분 포함하였다고 판단된다. 본 연구에서 에너지에 따른 상대비는 TLD가 OSLD보다 유의하게 높았고, 상대비의 간격은 TLD 1.34, OSLD 0.75로 나타났기 때문에, 선량측정 편차가 TLD가 더 높다고 할 수 있고, 상대비 간격도 상당히 넓어서 에너지 변화에 대한 직접방사선 측정 결과에 다소 편차가 크다고 할 수 있다. 조사횟수에 따른 상대비 평균은 TLD보다 OSLD에서 높아서 직접선의 반복조사에 대한 선량측정은 TLD의 결과값이 편차가 적다고 할 수 있다. 김종언 등의 연구^[15]에서 OSLD를 이용하여 두부, 복부, 골반, 흉추 등의 각 부위별로 입사표면선량의 측정값과 계산값에 대한 측

정값의 상대비는 1.5~2.1 이었다고 하여 본 연구에서의 상대비와 일관된 결과를 나타냈고, 직접선에 대한 입사표면선량 결과값의 상대비가 다소 높음을 알 수 있다. 투시촬영을 직접하며 시간에 따른 상대비를 측정한 결과는 두 선량계의 평균은 차이가 없었으나 상대비 간격은 각각 0.32, 0.55로 다소 넓었다. 산란선 노출일수에 따른 상대비 평균은 선량계간 차이가 없었고, 상대비 간격도 TLD, OSLD 각각 0.16, 0.20으로 좁게 나타났기 때문에 TLD와 OSLD는 방사선 피폭상황 중 산란선 측정 결과값에 신뢰도가 가장 높다고 할 수 있다.

국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)는 측정의 정확성 향상과 신뢰성을 위하여 측정선량계와 기준 선량계의 측정값을 교차비교하여 사용할 것을 권고하고 있다^[16]. 두 선량계의 교차비교는 단일 선량계의 측정오류를 방지할 수 있으며, 환자의 피부입사선량의 측정에 대한 정확성과 신뢰성을 입증할 수 있기 때문에 선량측정에 선행되어야 할 필수요소라 할 수 있겠다. 임상에서 OSLD를 사용함에 있어서, Hu 등은 방사선 치료 영역에서 OSLD의 에너지 의존성을 1% 미만으로 보고하였고^[17], 방사선치료 계획 중 이온함과 OSLD의 두 종류의 선량계를 이용하여 선량을 측정하여 허용오차를 알아본 결과는 허용오차가 최대 1.39%로 정확성과 신뢰성이 아주 높아서 OSLD를 임상에 적용함에 무리가 없다고 하였지만^[10], 직접선의 에너지와 반복조사 등에서는 상대비가 다소 높게 나타나기 때문에 방사선 노출상황을 염두에 두고 선량을 평가하여야 할 것이다.

본 연구의 제한점은 첫째, 에너지와 반복조사 시 직접선 선량평가의 기준이 되는 선량을 계산법을 적용하였기 때문에 선량계 결과와 다소간의 차이가 있을 수 있고, 따라서 선량계 결과값의 상대비가 높고 낮음을 판단하기에 무리가 있을 수 있다. 둘째로 방사선 피폭상황에 따른 선량계의 수가 한정적이어서 본 연구결과로 TLD와 OSLD 전체로 일반화하기에는 제한적이다. 하지만 여러 가지 방사선 피폭상황에 따른 선량계 결과값의 상대비를 알아보고 상대비 간격을 확인함으로써 선량계의 측정 특성에 맞게 사용하여야 정확한 결과값을 얻을 수 있고, 그 결과도 신뢰할 수 있음을 알 수 있었다. 추후 선량계 각각의 특성과 피

폭상황을 폭넓게 설정하여 포괄적인 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결론

TLD와 OSLD를 진단방사선 영역에서 사용할 때 에너지의 변화와 반복 노출, 누적기간 등에 따라 선량 측정값이 차이가 있는지 방사선 노출 상황을 설정하여 상대비를 알아보았다. 에너지와 반복노출, 투시촬영 시간 등의 직접선에 노출된 경우에는 TLD와 OSLD의 결과값의 상대비가 유의한 차이가 있었고, 에너지에 따른 상대비는 TLD가 OSLD보다 높았고, 조사 횟수에 따라서는 OSLD의 상대비가 TLD보다 높게 나타났다. 투시촬영 시간에 따른 상대비와 산란선 노출 일수에 따른 상대비는 두 선량계가 유의한 차이는 없었으나 간접선에 해당하는 산란선 노출에 따른 상대비의 간격이 0.2 이내로 나타나서 직접선의 상대비 간격보다 좁았다. 이는 직접선의 측정결과보다 간접선에 해당하는 산란선의 측정에 TLD와 OSLD의 결과값에 신뢰가 높다고 할 수 있다. 따라서 방사선 피폭상황에 따라 선량계 간에 상대비가 다소 차이가 날 수 있음을 인지하고, 경우에 따라서는 두 가지 선량계를 이용하여 교차평가를 함으로써 선량 측정 결과값에 신뢰성을 높일 수 있다. 또한 직접선과 간접선의 노출상황을 염두에 두고 선량을 평가하여야 정확한 결과값을 얻을 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 교육과학기술부고시 제2009-37호 개인 피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정 고시, 2009.
- [2] Essers M, and Milnheer BJ. In vivo dosimetry during external photon beam radiotherapy, International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics, Vol. 43, No.2, pp. 245-259, 1999
- [3] 교육과학기술부, 2010 원자력 안전백서, 한국원자력안전기술원, 2010.
- [4] 라정은, 신동오, 홍주영, 김희선, 임천일, 정희교, 서태석. 유리선량계의 선량특성에 관한 연구, 방사선방어학회지, Vol. 31, No. 4, pp. 181-186, 2006.
- [5] 정운관. 필름벤티 선량계에 의한 개인피폭선량 측정에 관한 연구, 방사선방어학회지, Vol. 19, No. 1, pp.37-50, 1994.
- [6] Akselrod MS, Btter-Jensen L, and McKeever SW. Optically stimulated luminescence and its use in medical dosimetry, Radiat Measurements. Vol. 41, pp.S78-99, 2006.
- [7] Jursinic PA. Characterization of optically stimulated luminescent dosimeters, OSLDs, for clinical dosimetric measurements, Med. Phys. Vol. 34, No. 12, pp.4594-4604, 2007.
- [8] Reft CS. The energy dependence and dose response of a commercial optically stimulated luminescent detector for kilovoltage photon, megavoltage photon, and electron, proton, and carbon beams, Med. Phys. Vol. 36, No. 5, pp.1690-1699, 2009.
- [9] LANDAUER, OSL technical specifications(www.landauer.com) Glenwood, Illinois, USA, LANDAUER, Inc. 2012.
- [10] 이정욱, 이재승, 정동혁. 광자극발광선량계와 이온함을 이용한 두경부 원발종양 및 림프절 전이성 종양의 선량 측정: 산란관과 불루스의 비교, 방사선방어학회. Vol.36, No.3, pp.160-167, 2011.
- [11] Im IC, Yu YS, and Lee JS. Measurement of skin dose for Rectal cancer patients in radiotherapy using optically stimulated luminescence detectors(OSLDs), J Radiat Prot, Vol. 36, No. 2, pp. 52-58, 2011.
- [12] Japan society of radiological technology Ibaragi branch office, Non-Dosimeter-Dosimetry(NDD) method. Mito. 1996.
- [13] ANSI, american national standards for Dosimetry-Personal Dosimetry Performance-Criteria for Testing, ANSI N13.11, 1993
- [14] Botter-Jensen L, and Duller GAT. A new system for measuring optically stimulated luminescence from quartz samples, Nucl. Tracks Radiat. Meas. Vol. 20, No. 4, pp. 549-553, 1992.
- [15] 김종언, 임인철, 박철우, 나노도트선량계를 이용한 입사표면 선량의 평가, 한국방사선학회논문지, Vol.5, No.6, pp377-381, 2011.
- [16] IAEA. Absorbed dose determination in external beam radiotherapy. An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water, Technical Reports Series No.398, Vienna: International Atomic Energy Agency, 2000.
- [17] Hu B, Wang Y, and Zealey W. Performance of Al2O3:C optically stimulated luminescence dosimeters for clinical radiation therapy applications, Australas. Phys. Eng. Sci. Med. Vol.32, No.4, pp. 226-232, 2009.