

## 전류 측정 방식에 의한 안과용 $^{90}\text{Sr}$ 선원의 교정

이병용\*, 신동오\*\*, 김현자\*\*\*, 홍성언\*\*, 최은경\*, 장혜숙\*

\* 아산재단 서울중앙병원, 울산대학교 의과대학 치료방사선과학교실

\*\* 경희대학교 부속병원, 경희대학교 의과대학 치료방사선학교실

\*\*\* 부산침례병원 치료방사선과

### 초 록

안과용  $^{90}\text{Sr}$  선원에서 방출하는  $\beta$ 선의 갯수를 직접 측정함으로써(전류 측정)표면 선량을 계산하는 방법을 고안하여 실제 교정에 응용하였다. 안과용  $^{90}\text{Sr}$ 선원에서 방출하는 전체  $\beta$ 선의 갯수 및 선원의 면적, 전자의 물속에서의 저지능 등을 고려하였다. 선원의 정확한 면적 측정은 필름을 이용하였으며, 평균 저지능은 상기 선원에서 방출되는  $\beta$ 선의 에너지 스펙트럼을 분석함으로써 얻을 수 있었다. 이 방법과  $^{90}\text{Sr}$ 으로 교정한 TLD칩을 이용한 교정 방법과의 결과를 비교하였다. 전류 측정 방식에 의한 결과는  $63.5 \pm 5.1\text{cGy/sec}$ 이었고, TLD칩에 의한 측정 결과는  $50.7 \pm 7.3\text{cGy/sec}$ 로 오차 범위내에서 일치하였다.

그러나 제작사 보증서에 의하면  $46.8 \pm 9.4\text{cGy/sec}$ 로 측정값에 비하여 36%의 차이를 보여 주었다.

### 서 론

안과용  $^{90}\text{Sr}$  선원은  $\beta$ 선의 최대 에너지  $0.546\text{MeV}$ 를 방출하며,  $^{90}\text{Y}$ 으로 붕괴되는 반감기가 28.5년의 방사성동위원소이다. 딸 핵종인  $^{90}\text{Y}$  역시  $^{90}\text{Zr}$ 으로(반감기 64시간) 붕괴되어 가며, 이때 방출되는  $\beta$ 선의 최대 에너지는  $2.279\text{MeV}$ 이다. 안과용  $^{90}\text{Sr}$  선원에서 방출되는 방사선이  $\beta$ 선이고, 딸핵종이 안정된 고체 상태이므로 1950년 이후 안구와 피부의 표면에 위치한 병변을 치료하는데 이용되고 있다.<sup>1)</sup>

특히 익상편은 단순 외과적 제거후 20~25%에서 재발하며, 재발된 익상편은 수술 후 24시간 이내  $\beta$ 선으로 하루에  $500\sim 600\text{cGy}$ 씩 3일 동안  $1500\text{cGy}$ 의 방사선량을 안구의 수술 부위에 조사하면 재발율을 약 6%로 감소시킬 수 있어, 재발 방지에 효과적인 치료 방법으로 각광 받아 왔다.<sup>2)</sup>

그러나 40년 이상의 임상 사용 역사에도 불구하고 아직까지 안과용  $^{90}\text{Sr}$  선원의 교정 방법에 대한 일반적인 합의가 없는 실정이다. 최근들어 이에 대한 관심이 증가하면서 TLD, 필름 등을 이용한 교정 방법이 소개되기도 하였으며<sup>3,4)</sup>, 그 결과 심한 경우는 제작사의 선원 교정값과 48% 차이가 나는 경우도 보고된 바가 있다.<sup>5)</sup>

저자들은 안과용  $^{90}\text{Sr}$  선원에 의한 표면선량 결정에 있어서 선원에서 방출되는 전자의 갯수를 측정하여 선량을 교정하는 방식을 고안하여 적용하였다.

이에 그 방법과 결과를 소개한다.

이 론

단일 에너지 E를 갖는 전자 n개가 어떤 물질을 통과할 때 그 물질 표면에서의 흡수선량은

$$D_{\text{mono}} = \frac{n}{A} \cdot \frac{S(E)}{\rho} \dots\dots\dots (1)$$

으로 쓸 수 있다.

단, A는 이 물질의 단면적, S(E)는 에너지 E에서의 저지능, ρ는 물질의 밀도이다.

그러나 일반적으로 β선은 에너지 스펙트럼이 연속적으로 분포하므로 이런 경우의 흡수선량은

$$D_{\text{poly}} = \frac{n \cdot \int_0^{E_{\text{max}}} f(E) \cdot \frac{S(E)}{\rho} dE}{A \cdot \int_0^{E_{\text{max}}} f(E)dE} \dots\dots\dots (2)$$

가 된다. 이때 f(E)는 전자선의 에너지 스펙트럼을 나타내는 함수이며, E<sub>max</sub>는 전자선의 최대 에너지를 나타낸다.

만일 어떤 β선 선원에서 방출되는 모든 전자를 측정하였을 때의 전류가 I였다면 표면 선량율은

$$D^{\circ}_{\text{poly}} = \frac{I \cdot \int_0^{E_{\text{max}}} f(E) \cdot \frac{S(E)}{\rho} dE}{1.602 \times 10^{-19} \text{ A} \cdot \int_0^{E_{\text{max}}} f(E)dE} \dots\dots\dots (3)$$

이 된다.

β선 선원에 의한 전류를 측정할 수 있고, β선의 에너지 스펙트럼을 정확히 알고 있다면 (3)식에 의해 표면에서의 선량율을 구할 수 있다.

재료 및 방법

안과용 <sup>90</sup>Sr 선원으로는 Amersham제품의 SIA20을 사용하였다. 이 선원은 0.05mm 은박속에 비용해성 <sup>90</sup>Sr 화합물을 넣어, 이것을 다시 0.05mm 두께의 스테인레스 스틸속에 용접해 넣은 구조를 갖고 있다. 명목상 선원의 직경은 8.5mm(명목상의 선원 면적 56mm<sup>2</sup>)이며, 이 선원을 간편하게 다루기 위하여 손잡이 부분에 두께 9.5mm, 직경 90mm의 플라스틱 차폐물이 설치되어 있는 구조이다. (Fig.1)

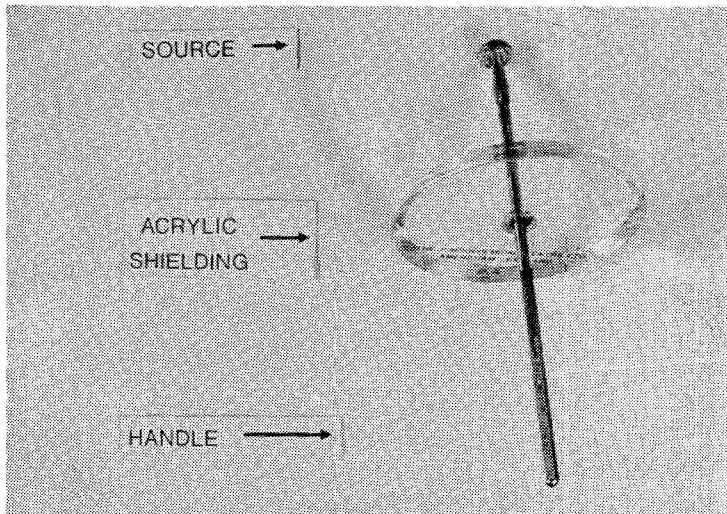


Fig. 1. <sup>90</sup>Sr Ophthalmic Applicator Model SIA. 20(Amersham)

선원에서 방출한 전자를 세기 위해 Fig.2와 같이 금속으로 완전히 선원을 둘러 쌓고, 이때 금속으로 흐르는 전류를 측정하였다. 금속의 재질은 제작의 편이를 위하여 낮은 온도 용융점을 갖는 합금을 사용하였고, 그 두께는 1cm로 하였다. 금속통의 길이는 그 금속에 부딪힌 전자가 밖으로 튀어 나오는 것을 방지하기 위하여 충분히 길게 (10cm) 제작하였다. 미소전류계로는 Keithley35617을 사용하였다.

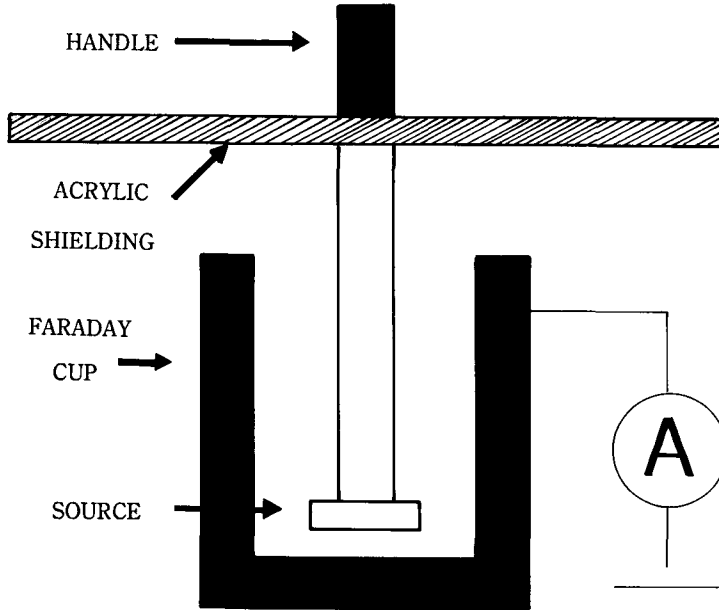


Fig. 2. The equipment for counting the number of electrons

(3)식에서 사용된 전자저지능  $S(E)$ 는 ICRU<sup>6)</sup>보고값을 따랐으며, 에너지 스펙트럼은 “방사선 데이터북”<sup>7)</sup>에서 구하였다.

선원의 유효 면적은 Kodak X-Omat 필름을 사용하여 dose profile을 측정함으로써 계산하였고, 이때 필름 판독은 Multidata 측정 장치를 이용하였다. 필름의 HD 곡선은 6MeV 전자선의 dmax깊이에서 ( $E_z \approx 2.85\text{MeV}$ ) 조사한 값으로 구하였다.

위 방법의 타당성 검토를 위해 TLD칩(TLD 100, Harshaw)을 사용하여 교정한 결과와 전류 측정 방법에 의한 결과를 비교하였다. 이때 사용된 칩은 50개였으며 모든 TLD칩마다 고유한 교정인자를 구하였고, 재현성이 2.5%이내인 10개의 칩을 실제 측정에 사용하였다.

TLD칩의 교정은  $^{90}\text{Sr}$ 조사기( $^{90}\text{Sr}$  Irradiator 2000, Harshaw)를 사용하였다. TLD칩에 선원을 5초, 10초씩 밀착 조사하여, 10초 조사한 측정 결과에서 5초의 결과를 빼어 그 값을 선량 계산에 이용하였다.

## 결과 및 고찰

안과용  $^{90}\text{Sr}$  선원의 dose profile을 Fig.3에 나타내었으며, 이 곡선을 회전 적분하여 선원의 유효 면적을 계산해 내었다. 이 곡선의 FWHM은 6.5mm로 측정되었으며, 회전 적분에 의한 유효 면적은  $17\text{mm}^2$ (직경 4.65mm인 원에 상당함)이었다.

$^{90}\text{Sr}$  및  $^{90}\text{Y}$ 선원에서 방출되는 전자선의 에너지 스펙트럼과 저지능의 관계로부터 물 속에서의

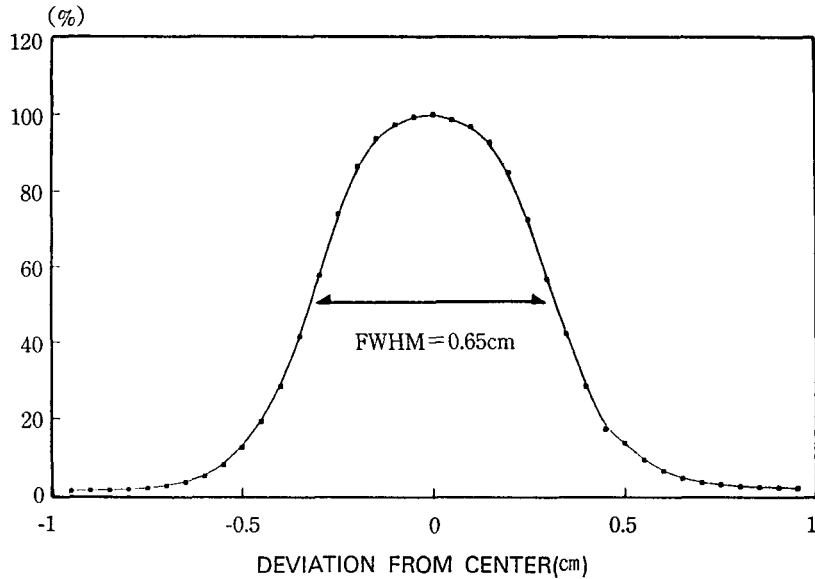


Fig. 3. Dose profile of  $^{90}\text{Sr}$  Ophthalmic Applicator

평균저지능은  $4.05\text{MeV cm}^2/\text{g}$ 과  $2.12\text{MeV cm}^2/\text{g}$ 의 값을 각각 얻었다.

(3)식에 의해 얻어지는 선량율은  $63.5 \pm 5.1\text{cGy}$ 이었다. TLD 칩에 의한 결과는  $50.7 \pm 7.3\text{cGy/sec}$ 로 나왔으며, Amersham 제작사 보증서에 의하면  $46.8 \pm 9.4\text{cGy/sec}$ 이다. 위의 두 측정 결과가 오차 범위내에서 일치하고 있음을 알 수 있으나 제작사 보증은 36~8%의 차이를 보인다.

전류 측정 방법에 의한 오차 요인은 미소전류계 0.5%, 공간전하로 인한 측정값 변동요인 1%, 유효 선원 면적 평가 과정에서 8%로 총 8.1%의 오차 요인을 갖는다.

반면 Amersham 자체교정은 섬광 측정기를 사용하였으며  $\pm 20\%$ 의 오차를 갖는 것으로 평가하고 있다. TLD칩에 의한 평가는 TLD칩 교정 선원의 불확정도 10%, 조사시간의 불확정도 9.1%로 총 14.4%의 오차 요인을 갖는다. 세결과가 오차 범위내에서 일치하는 것과 불확정 요인이 전류 측정 방법이 가장 작은 것을 고려할 때 전류 측정 방법이 실제 교정에 사용할 수 있음을 알 수 있다.

제작사에서의 교정 결과가 42<sup>3)</sup>~48%<sup>5)</sup>오차를 갖는다는 보고를 고려할 때 제작사가 보증하는  $\pm 20\%$ 는 크게 신뢰할 값은 못되는 것으로 평가된다.

본 전류 측정 방법에 있어서 금속통을 구리와 같은 좋은 전도성 물질로 사용하고 통내부를 진공으로 하여 공기에 의한 공간 전하 효과를 줄여 준다면 더욱 정확한 값을 얻으리라 예상되지만, 본 연구에서는 이 효과가 측정값에 얼마나 미칠지에 대한 평가는 하지 않았다.

Ref<sup>3)</sup>등은 본 연구에서 사용한 것과 같은 Amersham SIA20 안과용  $^{90}\text{Sr}$  선원을 TLD칩으로 교정하였는데, 이 때의 결과는 Amersham 교정값이  $45\text{cGy}(\pm 20\%)$ , TLD칩 교정 결과는  $64\text{cGy}(\pm 8\%)$ 로 보고하여 본 전류 측정 방식에 의한 교정 결과와 거의 같은 추세를 나타냄으로써 본 연구 방법의 타당성을 확인해 주었다.

## 결 론

전자선의 숫자를 세어 봄으로써 표면선량을 알아낼 수 있는 전류 측정 방법을 고안하여 이것을 안과용  $^{90}\text{Sr}$  선원의 교정에 적용하였다. 세결과를 놓고 비교하여 볼 때 두 측정값들은 모두 오차 범위내에서 일치하였으며, 제작사 교정값은 두 측정값에 비해 38%~8%적은 값을 보였다. 전류 측정 방법은 오차 요인이 적으며, 다른 보고와도 일치하는 결과를 보여 주므로 이 방법을 안과용  $^{90}\text{Sr}$  선원의 교정에 사용할 수 있었다.

## References

1. H. Friedell, C. Thomas, and J. Kromer : Beta-ray Application to eye with Description of Application utilizing  $^{90}\text{Sr}$  and Its Clinical Use : *Am. J. Ophth.* 33, 525-533(1950)
2. W. T. Moss and J. D. Cox : Radiation Oncology "Rationale, Technique, Results" : (Mosby, St. Louis (1989), p. 175
3. C. S. Reft, F. T. Kuchnir, and I. Rosenberg et al : Dosimetry of Sr-90 Ophthalmic Applicators : *Med. Phys.* 17(4), 641-646(1990)
4. M. M. Ali and F. M. Khan : Determination of Surface Dose from a  $^{90}\text{Sr}$  Application : *Med. Phys.* 17(3), 416-421(1990)
5. S. J. Goetsch : Calibration of Sr-90 Ophthalmic Applicators : *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.* 16, 1653-1653(1989)
6. International Commission On Radiation Units and Measurements : 'ICRU Report 37, Stopping Powers for Electrons and Positrons : ICRU, Bethesda, MD(1984)
7. 村上悠記雄, 團野皓文, 小林昌敏 : 放射線データブック : 地人書館, 東京 (1982), p. 97

## The Calibration of $^{90}\text{Sr}$ Ophthalmic Applicator by Measuring Electron Current

Byong Yong Yi, M. S.\*, Dong Oh Shin, M. S.\*\*, Hyun Ja Kim, Ph. D.\*\*\*

Seong Eon Hong, M. D.\*\*, Eun Kyung Choi, M. D.\*, Hye Sook Chang, M. D.\*

\*Dept. of Therapeutic Radiology, Asan Medical Center College of Medicine, University of Ulsan

\*\*Dept. of Therapeutic Radiology, College of Medicine, Kyung Hee University

\*\*\*Dept. of Therapeutic Radiology, Wallace Memorial Baptist Hospital

### Abstract

We have designed and applied the calibration method of  $^{90}\text{Sr}$  Ophthalmic Applicator by measuring the electron currents. We considered the number of electrons which is emitted from the source, the area of the source, and the electron stopping power in the water, and those data were used for calculation. Film was used for evaluating the accurate source area. Average electron stopping power was obtained by analyzing  $\beta$ -ray energy spectrum.

We compared between the result from our method and that from the TLD measurements. The calibration result from our method shows  $63.3 \pm 5.1$  cGy/sec, while  $50.7 \pm 7.3$  cGy/sec from TLD measurement.

But the supplier's specification tells 46.894cGy/sec.

Key Words :  $^{90}\text{Sr}$  Ophthalmic Applicator, Source Calibration, Dosimetry