

## 고선량 Co-60 선원이용시 차폐된 질 원주기구의 영향

김진기, 김정수, 김형진, 권형철, 강정구\*

전북대학교 의과대학 치료방사선과학교실, 전주예수병원 치료방사선과\*

### 초 록

차폐된 질 원주기구를 이용한 강내치료시 Co-60 선원에 대한 정확한 흡수선량을 결정하고자 선원을 교정하고, 질 원주기구에 의한 선량분포변화를 조사하였다. 선량분포의 변화량은 직경 2.5 cm 차폐된 질 원주기구를 폴리스틸렌 팬텀에 설치하여 전리함으로 측정하였으며, 부채꼴 모양인 0.55cm 두께의 90°C연으로 차폐된 면과 차폐되지 않은 면의 선량분포에 대한 영향을 상대선량 감소율로 측정하였다. 측정된 선량분포의 변화량을 제작사의 선량분포도 및 다점 분할방식으로 구한 선량율표와 비교하였다. 질 원주기구를 이용한 선량 감소율은 차폐되지 않은 면의 경우 원주기구 표면 1cm 거리에서 4.4%를 보였고, 차폐된 면에서는 원주기구 표면에서 20.4%를 나타냈다. 90°C연 차폐된 질 원주기구의 선량감쇄효율은 Co-60 선원에서 평균 0.2가 되었다. Co-60 이동형 선원의 선량분포는 다점분할방식의 선량율표와 4.1% 이내로 일치하였다.

### 서 론

질암(vaginal cancer)의 방사선 치료 방법은 병기와 병소에 따라 여러 방법들이 시술되고 있으나, 그중 외부방사선조사와 강내조사를 병행함으로써 치료 효과를 크게 개선시키고 있다. 근접치료의 선원 형태도 저선량을 선원보다 고선량을 선원이 보편적으로 사용되는 경향이 두드러지고 있다.<sup>1)</sup> 강내치료시의 고선량을 선원에 따른 선량분포의 특성은 거리의 역자승에 비례하기 때문에 선원교정의 오차는 선량분포에 큰 차이를 가져올 수 있다. 따라서 선원의 정확한 교정은 강내치료에서 선행되어야 할 사항이다. 또한 강내치료시 방사선원에 의한 흡수선량은 방사선원의 초기성분과 산란성분의 비율이 거리에 따라 감소된다. 비균질성 매질 내에서 이러한 산란성분의 감소형태는 선량에 미치는 중요한 변수가 된다. 이는 치료선량의 분포와 치료후 나타나는 결과에 영향을 미치게 된다.<sup>2), 3)</sup>

질암 치료시 사용되는 원통형 보조기구(cylinder applicator)는 형태에 따라 일부분이 연재질(Db 11.34 g/cm<sup>3</sup>)로 차폐된 질 원주기구(shielded vaginal cylinder)가 사용된다. 본원에서 사용되는 RALS(Remote Afterloading System, Buchler GmbH & Co)는 HDR(High Dose Rate)-3 채널(channel) 방식으로 탄땀(tandem)에 Co-60 선원은 임의 위치에 선원이 고정되거나(고정형 선원) 특정 길이를 구간반복 이동하여(이동형 선원) 선형선원 모양을 나타낼 수 있다. 강내치료선원에 의한 흡수선량분포는 선형선원의 경우 일반적인 선원가이드(applicator) 필터의 감쇄효율계수를 고려하여 이용하지만,<sup>4), 5)</sup> 차폐된 원주기구를 사용할 때 차폐부분의 거리에 따른 선량분포는 차폐체의 크기나 모양에 따라 산란성분에

\*본 논문은 1995년 전북대학교병원 특수목적 연구비에 의해서 연구되었음.

의한 영향이 많은 것으로 보고되고 있다.<sup>2),3)</sup> 따라서 선원의 위치에 따른 제작사의 선량 분포도에 의한 계산값의 검증을 이동형 선원과 고정형 선원에 대하여 비교하고, 차폐된 질 원주기구 사용시 보정방법의 논의가 필요하였다. 이에 저자들은 차폐된 질 원주기구를 이용한 강내치료시 Co-60 선원에 대한 정확한 흡수선량을 결정하고자 선원을 교정하고, 질 원주기구에 의한 선량분포변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

차폐된 질 원주기구에 의한 선량분포변화의 측정에 이용된 강내방사선 조사장치는 Buchler-RALS(Remote Afterloading System, Amersham Buchler GMBH)이고 사용된 선원은 HDR(High Dose Rate) Co-60으로 각속도가 36°C/sec 인 원판의 형태에 따라 임의 위치에 선원이 고정되거나(고정형 선원, program disk #1) 특정 길이를 구간반복 이동하여(이동형 선원, program disk #4 etc) 선형선원 모양을 나타낼 수 있다. Co-60 선원의 형태는 크기가  $\phi 1 \times 1$ mm 이고, 원통형 펠렛(pellet)은  $\phi 4 \times 7$ mm이다. 고정형 선원은 질 원주기구의 길이방향 중앙에 위치한 선원 PD#1(program disk #1)으로 표기하고, 이동형 선원은 구간반복거리가 6.5cm이고 선형선원 형태를 나타내는 것으로 PD#4(program disk #4)를 선택하여 표기하였다. 측정대상의 질 원주기구는 일부분이 부채꼴 모양으로 90°C 차폐된 직경 25mm, 내경 6mm, 길이 80mm 형태이고, 차폐체는 두께 5.5mm, 원호각90°, 연재질(Pb 11.34 g/cm<sup>3</sup>)로 구성되었다.(그림 1).

선원교정은 공기 중에서 조사선량을 측정하여 공기커마(S, air kerma strength)를 다

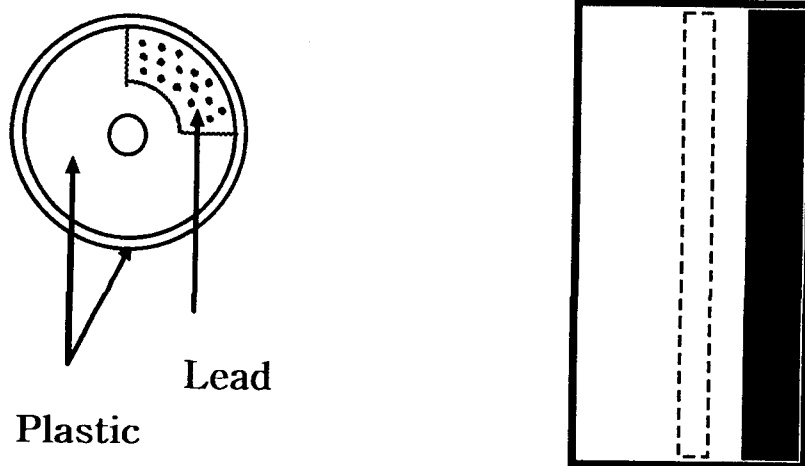


Fig. 1. Schematic diagram of the shielded vaginal cylinder showing the cross section Plastic Lead

음과 같은 관계식으로 결정하였다.<sup>6), 7), 8)</sup>

$$X = R_1 C_p C_{cal} \quad (1)$$

$$S = X(W/e)l^2 \quad (2)$$

(1)식에서 X(R/sec)는 공기중의 조사선량을, R1은 전기계의 측정치에서 누설선량을 제거한 값, C<sub>p</sub>는 온도와 기압의 보정계수, C<sub>cal</sub>는 전리함의 교정계수이다. (2)식의 S(mGy·m<sup>2</sup>/h)는 공기커마이고 W/e는 0.876 cGy/R(33.97·0.06 J/C), l은 선원과 전리함사이의 거리이다. (Rm<sup>2</sup>/Ci·h) 계수는 1.30(<sup>60</sup>Co)을 이용하였다. 선원의 교정과 선량측정의 재현성을 높이기 위해 정사각형 폴리스틸렌 팬텀을 이용하고 기준 점은 선원과 검출기간의 거리를 8cm로 설정하였다. 검교정된 측정기(Capintec192, PR-06C Farmer type chamber, <sup>60</sup>Co build-up cap, 전리함 교정계수 4.8414 R/nC)와 PTW AM6-M23322., 5p-si 검출기(DPD-6 Therdos Sweden)을 비교측정에 이용하였다. RALS 선원의 고정형과 이동형의 미소 거리이동 변화율은 end point상에서 모의선원으로 실험용 선원가이드(test applicator)를 이용하여 점검하였다.

차폐된 원주기구의 선량분포에 대한 영향은 차폐부분의 선량감소율로 측정하였다. 질 원주기구의 차폐된 면과 차폐되지 않은 면의 상대선량 비교측정은 질 원주기구와 전리함을 직교된 형태로 팬텀내에 설치하고 중간 폴리스틸렌 팬텀을 0.5mm 에서 26.5mm 두께를 이용하여, 질 원주기구와 전리함의 거리를 원주기구표면에서 1cm부터 선원으로부터 5cm 까지 조절하면서 이동형 선원(program disk #4, 이동거리 6.5cm)과 고정형 선원(program disk %1)에 대하여 Co-60 선원으로 1분 동안의 조사선량을 측정 비교하였다(그림 2).

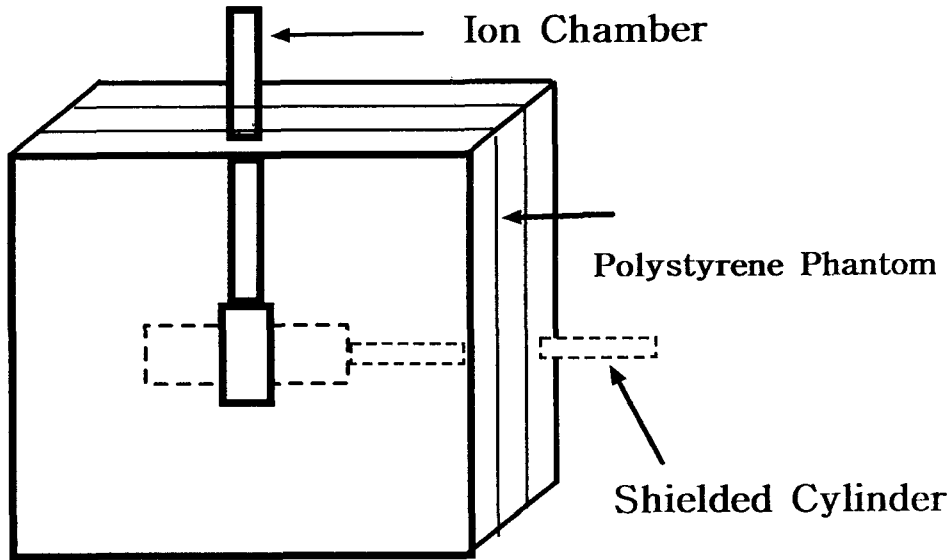


Fig. 2. Schematic diagram of the experimental arrangement showing the orientation of the vaginal cylinder and ionchamber in the polystyrene phantom.

감쇄효율은 차폐되지 않은 질 원주기구에 대한 차폐된 질 원주기구의 상대선량 비로 구하였다.

### 결과 및 고찰

질 원주기구를 이용한 선량 감소율은 이동형 선원 경우 차폐되지 않은 면의 원주기구 표면 1cm 거리에서 4.4 %를 보였고, 차폐된 면에서는 원주기구 표면에서 20.4%를 나타냈다. 90°C인 차폐된 질 원주기구의 선량감쇄효율은 Co-60 선원에서 평균 0.2 가 되었다. Co-60 이동형 선원 선량분포는 다점분할방식의 선량율표와 4.1% 이내로 일치하였다. 질 원주기구의 차폐된 면과 차폐되지 않은 면 그리고 원주기구를 사용하지 않을 때의 상대선량 비교 측정은 이동형 선원에 대하여 그림 3.과 같이, 고정형 선원 대해서는 그림 4.와 같은 분포를 보였다. 이는 이동형 선원 경우 6.5 cm 구간반복에 따라 선원과 측정점 사이의 차폐체를

지나는 선원의 경로가 고정형 선원 보다 크기 때문에 단위시간당 상대선량비가 고정형 선원보다 적게 나타남을 볼 수 있다. 원주기구의 차폐되지 않은 면에서 선량감소는 원주기구를 사용하지 않을 때와의 비교시, 차폐되지 않은 면의 선량감소는 거리에 따라 증가하였다. 이동형 선원 경우 원주기구 표면 1cm 에서 선량감소가 4.4% 이지만 선원에서 5cm 거리는 6.8%로 증가하였고, 고정형 선원의 경우는 동일 위치에서 4.5%에서 8.1%로 증가하였다. 이는 원주기구 사용에 있어서 Ir-192 선원은 2% 이내로 임상에 미치는 영향은 의문시된다고 하지만,<sup>9)</sup> Co-60 선원은 원주기구와 선원 형태에 따라 고려되어야 할 것으로 보인다.

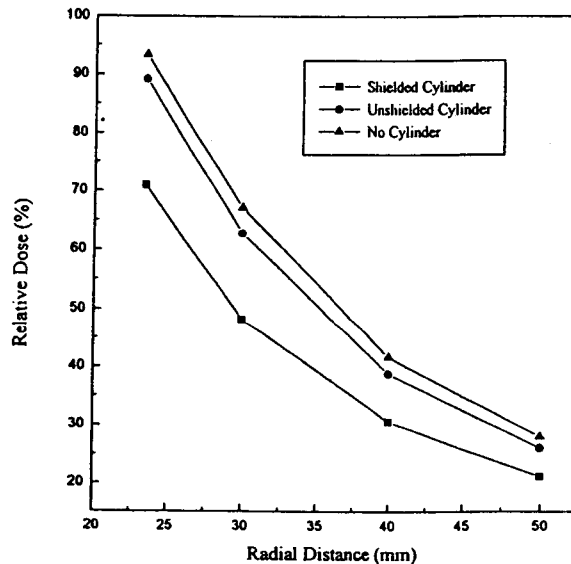


Fig. 3. Relative dose distributions measured around a shielded & unshielded 2.5cm diameter cylinder with 6.5cm moving source.

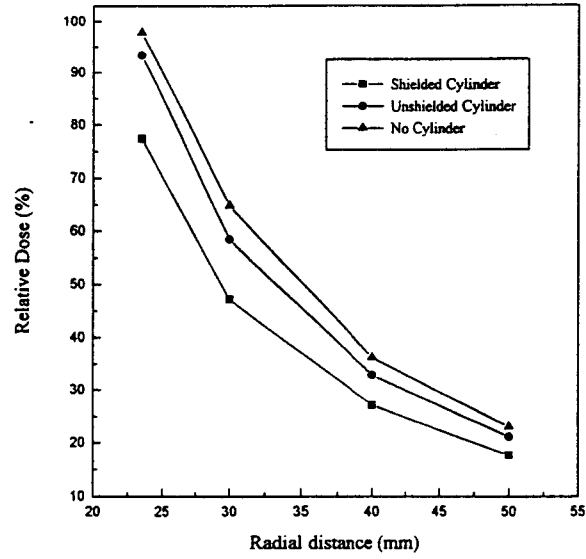


Fig. 4. Relative dose distributions measured around a shielded & unshielded 2.5cm diameter cylinder with a fixed source.

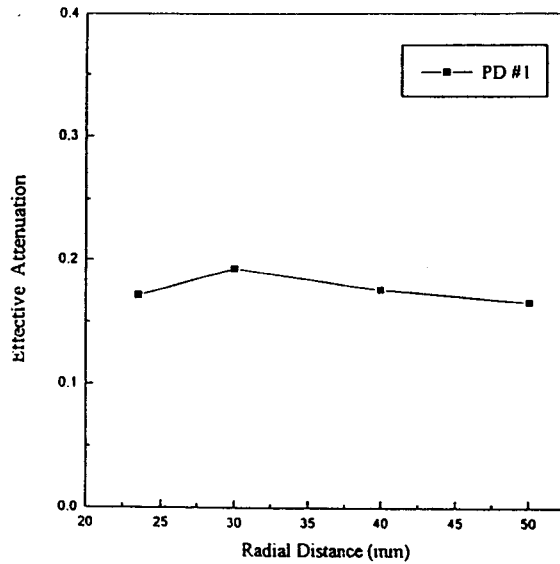


Fig. 5. The effective attenuation of the gamma rays through the lead shield as a function of distance from the fixed source.

고선량 Co-60선원이용시 차폐된 질 원주기구의 영향

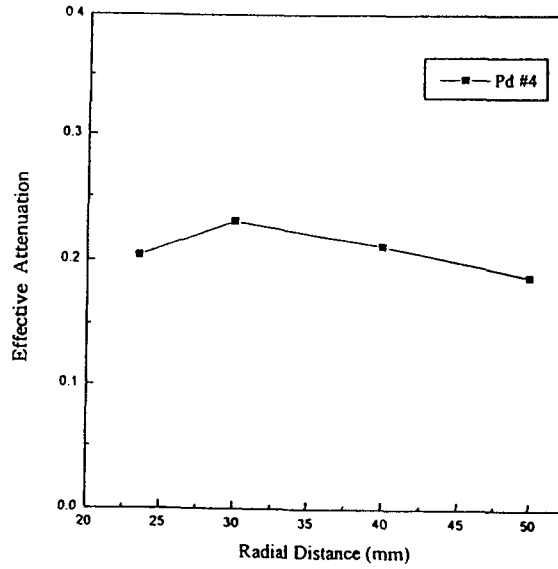


Fig. 6. The effective attenuation of the gamma rays through the lead shield as a function of distance from the 6.5cm moving source.

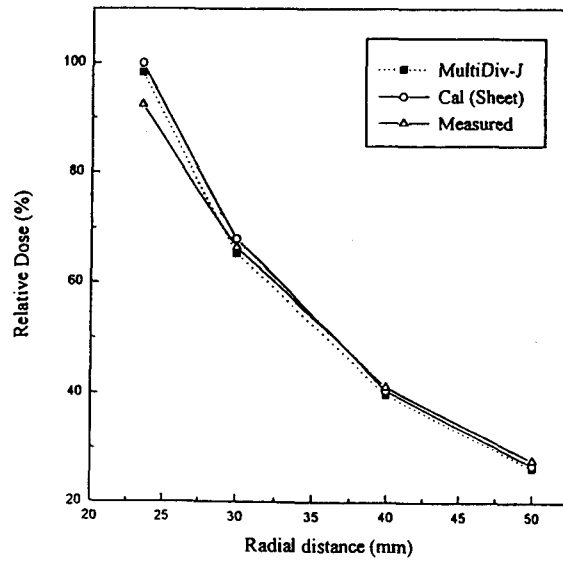


Fig. 7. Calculated & measured Relative Dose for 1 Ci Co-60 source with 6.5cm moving.

그림 5, 6과 같이 질 원주기구에 대한 차폐된 면과 차폐되지 않은 면의 상대선량 비로 나타낸 감쇄효율은 고정형 선원 경우에 평균 0.18이고, 이동형 선원 경우는 0.2로 측정되었다. 그림 7에서 상대선량분포 측정치의 재현성은 팬텀내에서 3% 이내였으며, 이동형 선원 대한 측정치의 분포는 RALS 제작사 선량분포도에 의한 계산값과 팬텀측정치의 비교에서 -8~+2%의 분포를 보였다. Sievert적분식과 Meisberger의 다항식을 이용하여 구한 다점분할방식에 의한 선량율표와<sup>10)</sup> 측정치의 비교는 측정치가 평균 4.1% 높게 나타났다. 두 비교에서 모두 원주기구 표면 1cm에서 측정치가 낮게 나타나고 선원으로부터 3.5cm 이상의 거리에서 측정치가 높게 나타났다. 원주기구 차폐된 면의 가까이에서 측정값이 계산 값보다 적게 나타난 이유는 실험오차 및 선형선원이 아닌 이동형 선원으로 인한 계산에 기인한 부분도 있겠으나, 원주기구내 차폐부분 때문에 선원의 원주산란체적 감소와 표면 측정 점에서 선원의 초기성분 감소보다 산란성분 감소의 영향이 더 많음을 알 수 있다. 또한 산란체적의 감소로 인한 선량감소는 그림 3, 4에서 보이는 바와 같이 원주기구 차폐되지 않은 면의 선량감소가 원주기구내 차폐가 많을수록 증가함을 생각할 수 있겠다.

## 결 론

차폐된 질 원주기구의 선량분포에 대한 영향을 차폐부분의 선량감소율로 검측 할 수 있었고, 이동형 선원의 경우는 90°C차폐된 질 원주기구 영향으로 특정부위 선량분포에 20%의 보정이 가능하였다. 원주기구 표면 측정비교에서 고정형 선원과 이동형 선원에 따른 선량오차 보다는 차폐된 질 원주기구의 형태에 따른 선량오차가 큰 경향을 추론 할 수 있었다. 차후 다양한 디스크별 차폐된 원주기구의 선량분포도 검증에 유용하리라 사료된다. 보고된 관심점의 거리에 따른 선량 분포에서 HDR경우 방광보다 직장에 더 많이 부여된다는 논의가 있었다.<sup>11)</sup> 이와 같은 논의에 차폐된 원주기구의 이용으로 선량분포 보정에 사용될 수 있고, 질암치료의 경우 방광이나 직장 또는 특정부위의 선량분포는 차폐된 질 원주기구를 이용함으로써 선량보정에 유용할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Shin Ji Sato, etc. : Therapeutic Results Using High-Dose-Rate Intracavitary Irradiation in Cases of Cervical Cancer : Gyne. Onco., 19, 143-147(1984)
2. J.F.Williamson, Z. Li, and J. W. Wong : One-dimensional scatter-subtraction method for brachytherapy dose calculation near bounded heterogeneities : Med. Phys., 20, 233-246(1993)
3. A.S.Meigooni and R. Nath : Tissue inhomogeneity correction for brachytherapy sources in heterogeneous phantom with cylindrical symmetry : Med. Phys., 19, 401-407(1992)
4. F.M.Khan : *The physics of Radiation Therapy*, 2nd ed. : Williams & Wilkins, Baltimore(1994), pp. 418-434
5. M.Y.Yoo, B.C.Shin, C.W.Moon etc. : The evaluation of absorbed dose of rectum for the patient of intracavitary treatment  $^{60}\text{Co}$  by  $^{59}\text{Fe}$  TLD : Kor. J. Med. Phys., 5(2) 21-26(1994)
6. H.Tolli, K.A.Johansson : Quality assurance in brachytherapy : Principles for ionization chamber measurement of absorbed dose close to brachytherapy sources : Phys. Med. Biol., 38, 1475-1483(1993)

7. H.Tolli, K.A.Johansson : Quality assurance in brachytherapy : The displacement effect in the vicinity of  $^{60}\text{Co}$  and  $^{192}\text{Ir}$  brachytherapy source : *Phys. Med. Biol.*, 38, 1485-1492(1993)
8. KAPM : 방사선 표준 측정법 : *Kor. J. Med. Phys.*, 2(1), 37-105(1991)
9. C.F.Serago, P.V.Houdek, etc. : Scattering effects on dosimetry of iridium : *Med. Phys.*, 18, 1266-1270(1991)
10. W.K.Chung, S.K.Kim, J.K.Kang etc.: Dose Calculation for Buchler Remote Afterloading System : *J. Kor. Soc. Ther. Radiol.*, 14(3), 247-253(1996)
11. S.S.Chu, W.Y.Oh, C.O.Suh, G.E.Kim : Dose Distribution of Rectum and Bladder in Intracavitary Irradiation : *J. Kor. Soc. Ther. Radiol.*, 2(2), 261-270 (1984)



김진기, 김정수, 김형진, 권형철, 강정구

## Dose Distributions in a Shielded Vaginal Cylinder using a HDR Co-60 Source

Jin Kee Kim, Jung Soo Kim, Hyoung Jin Kim, Hyoung Chol Kwon, Jeong Ku Kang\*

Dept. of Therapeutic Radiology & Oncology Medical School, Chonbuk National University, \*Chonju Jesus Hospital

### Abstract

The present work is determine to the dose distribution reduced by the insertion of a shielded into a vaginal cylinder around a  $^{60}\text{Co}$  source in brachytherapy, and to the source calibration. It was investigated by measuring the relative dose around a 2.5cm diameter shielded vaginal cylinder in a polystyrene phantom by use of a ionization chamber. Measurements were made with the cylinder unshielded and 0.55cm thick  $90^\circ\text{C}$  lead shields inserted. Also, the dose distribution compared measurement value with calculation value according to the device manufacturer and the multiple-divided dose tables. A reduction in dose was observed on the unshielded side of the cylinder which increased with distance from the source and it does 4.4% within 1cm from the surface of the cylinder. On the shielded side of the cylinder, the dose at the surface is reduced to about 20.4% of its value without the shield. The effective attenuation factor entered for the  $90^\circ\text{C}$  lead shielded cylinder was average 0.2 in a  $^{60}\text{Co}$  moving source. In comparision with the dose calculation methods, the multiple-divided dose tables are difference less than  $\pm 4.1\%$  with measured data in a  $^{60}\text{Co}$  source.