

## 4MV 선형가속기에서의 비대칭 콜리메이터의 선량측정

이병용, 최은경, 장혜숙

아산재단 서울중앙병원 치료방사선과, 울산대학교 의과대학 치료방사선과학교실

### 서 론

전통적으로 반쪽 조사면 (half field)을 만들기 위해서, 또는 두개의 방사선 조사 면을 일치 (match) 시키기 위하여 조사면 분리기 (beam splitter)나 차폐물 (block)을 이용하여 왔다. 최근들어 사용되기 시작한 비대칭 콜리메이터는 빔 조사면의 한쪽 부분만을 콜리메이터로 가릴 수 있는 장치로써 반쪽 조사면을 만드는데 사용 할수 있으며, 환자 위치잡이 시간을 줄일 수 있고, 더욱 정밀한 치료를 기할수 있다고 보고하고 있다.<sup>1)</sup>

이런 장점들을 고려할 때 비대칭 콜리메이터에 있어서의 선량계산 방법을 정확하게 확립하는 것은 매우 중요한 일이다. 비대칭 콜리메이터의 선량 계산 방법에 관해서는 Loshek<sup>1)</sup>이 보고한 이래로 많은 연구가 이루어졌다.<sup>2,3,4,5,6)</sup> 대부분 연구들은 6MV 선형가속기를 사용한 것으로 4MV X선에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 저자들은 4MV 선형가속기에 대한 비대칭 콜리메이터 시스템에서의 선량 계산방법을 기술하고 이것을 측정값들과 비교하여 실제 임상에의 적용 타당성을 검토하였다.

### 재료 및 방법

본 연구에 사용된 선형가속기는 CLINAC 4/100 (Varian, 미국)이며, 비대칭 콜리메이터 시스템의 선량계산을 위하여 콜리메이터 산란인자 (Sc), 판통 산란인자 (Sp), 심부량 백분율 (PDD), OAR 등의 여러 인자들을 미소 전류계 (Victoreen 500, 미국) 와 2개의 0.125cc 전리함과 (PTW 233641) 물탱크, 컴퓨터 제어계로 구성되어 있는 Multidata 물판통계 (Multidata, 미국)를 사용하여 측정하였다.

SC 인자를 측정하기 위해 아크릴 전하축적 두껍 (buildup cap)을 사용하여 SCD 100 cm 조건으로 공기중에서 측정하였다.

여러 조사면에 대하여 출력인자 (Sc, Sp), PDD, 조사면 프로파일을 대칭 및 비대칭계에서 측정하였다. 아울러 비대칭 사면 중심축상을 따라서 몇개의 깊이에서의 흡수 선량을 측정하였다 (그림 1).

또한 동일한 조건의 대칭 콜리메이터계에서 얻어진 결과에 OAR을 고려한 계산값과 측정값을 비교하였으며, 비대칭 콜리메이터로 인한 인접 조사면 일치의 효과를 보기 위하여 여러 깊이의 폴리스티렌 팬텀에 필름을 넣고 그 조사면 경계를 중첩조사하여 경계면에서의 선량분포를 살펴보았다 (그림 2).

### 결과 및 논의

정사각형 조사면과 직사각형, 비대칭 직사각형 조사면에서의 출력인자 변화를 살펴보았다

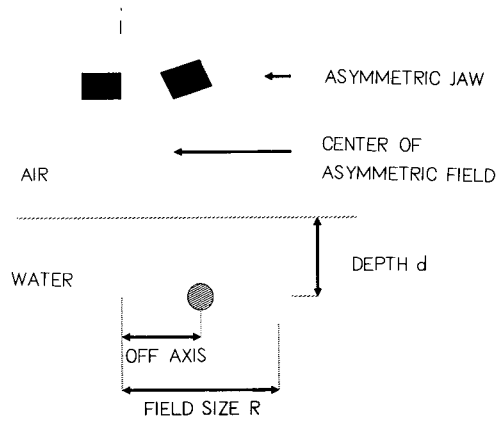


Fig. 1 Experimental set up for the dosimetry of Asymmetric collimator.

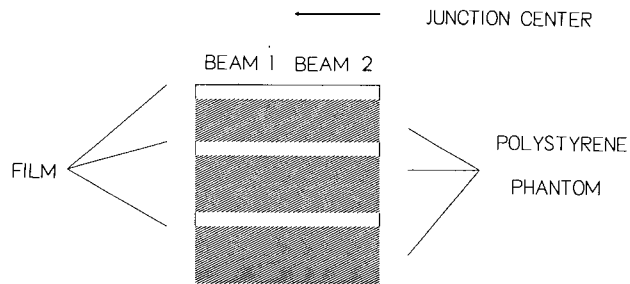


Fig. 2 Experimental set-up for film exposure in polystyrene phantom for measurement of the dose in the junction area.

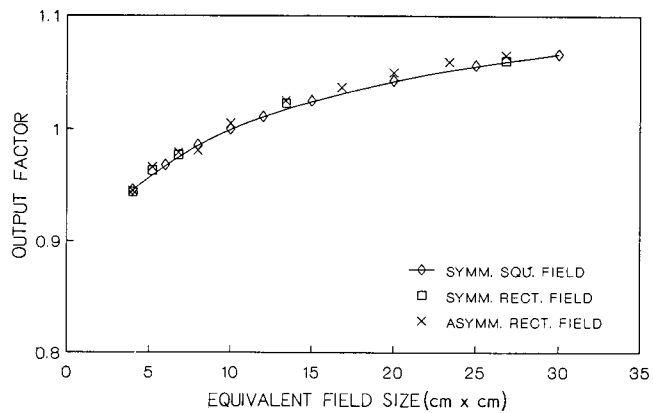


Fig 3 Output factors versus field sizesm for the symmetric square field, the symmetric rectangular field, and the asymmetric rectangular field.

(그림 3). 대칭 조사면 직사각형의 출력인자는 이미 보고된 바 있어<sup>7)</sup> 그 특성이 잘 알려져 있으며 본 연구에서도 0.5%의 오차로 정확히 일치함을 알 수 있다. 비대칭 조사면에서의 결과는 Loshek<sup>2)</sup> Khan<sup>6)</sup> 등이 제안한 방법대로 OAR을 적용하였을 때 역시 최대 0.5% 범위 내에서 일치함을 알 수 있다. 이때 적용된 식은

$$D(dm, x, r) = k \times Mu \times Sc \times (r, o) \times OARdm(x), \quad (1)$$

여기서  $D(dm, x, r)$ 은 비대칭 조사면 크기  $r$ 에서의 중심축으로부터  $x$  떨어진 지점의  $d_{max}$ 에서의 흡수선량이며,  $k$ 는 대칭 조사면 크기  $10 \times 10$ cm일 때  $d_{max}$ 에서의 선량율로써 단위는 cGy/Mu 이고,  $Sc(r, o)$ ,  $Sp(r, o)$ ,  $OARdm(x)$ 는 각각 대칭조사면에서의  $Sc$ ,  $Sp$ 인자 및 OAR 인자이다.

이 측정에서 비대칭 조사면의  $d_{max}$ 깊이에서의 흡수선량을 측정된 값과 (1)식을 적용하여 대칭 조사면에서의 자료로 계산한 값과의 비율에서 오차는 1%를 넘지 않았다.(표 1).

여러 깊이에서에서 같은 측정을 반복하여 대칭 조사면 자료와 비교하였으며 (표 2), 대칭 조사면으로부터 계산한 비대칭 조사면에서의 흡수선량은 다음 식을 사용하여 계산하였다.

$$D(d, x, r) = k \times Mu \times Sc(r, o) \times Sp(r, o) \times P(d, o, r) \times OARd(x), \quad (2)$$

여기서  $D(d, x, r)$ 은 깊이  $d$ , 조사면 크기  $r$ , 중심축에서  $x$  떨어진 곳에서의 흡수선량이고,  $P(d, o, r)$ 은 대칭 조사면에서 깊이  $d$ , 조사면 크기  $r$ 에서의 심부량 백분율이며,  $OARd(x)$ 은 깊이  $d$ 에서의 OAR값이다.

표 2에서 볼수 있듯이 계산값과 측정값과의 차이는 최대 1.5%이내이었으며 표 1, 2, 그림

**Table 1. The ratio between the calculated absorbed dose from symmetric fields and the measured value from asymmetric fields for depth depth maximum**

Field size	6 × 6/2	8 × 8/2	10 × 10/2	12 × 12/2	15 × 15/2
ratio *	1.001	0.994	0.995	0.998	0.995
Field size	20 × 20/2	25 × 25/2	30 × 30/2	35 × 35/2	40 × 40/2
ratio *	0.991	0.994	0.994	0.993	0.994

\* ratio = calculated dose / measured dose

All the data are measured in central ray in asymmetric fields (see Fig.1.)

**Table 2. The ratio between the calculated dose from symmetric fields and the measured dose from asymmetric fields, for various depths.**

depth(cm)	Field size	6 × 6/2	10 × 10/2	20 × 20/2
5		1.005 *	1.002	0.991
9		0.995	0.995	0.986
10		0.993	0.992	0.988

\* ratio = calculated absorbed dose / measured absorbed dose

All the data are measured in the central ray of asymmetrical fields (See Fig. 1.)

**Table 3. Dose variances of junction area.**

The dose in junction area is slightly higher than expected.

depth(cm)	0.2	1.1(dmax)	3	5	10	20
Junction dose Variance(%)	+0.8	+0.9	+1.1	+1.1	+0.7	+0.8

3의 결과를 종합할 때 비대칭 조사면에서의 선량계산을 위하여 (1), (2)식을 적용하는 것이 타당함을 알 수 있다. 즉 비대칭 조사면을 이용할 때는 유효 조사면 크기(effective field size)는 콜리메이터가 열린 만큼의 조사면 크기를 적용하여  $S_c$  인자를 구하며, 해당깊이에서의 OAR을 적용함으로써 비대칭 조사면에서의 선량을 알아낼 수가 있었다. 4MV X선에 관한 이 결과는 6MV에 대하여 이미 보고된 바와 잘 일치하고 있다.<sup>2,6)</sup>

그러나 표 2에서 보여 주듯 조사면이 커감에 따라, 측정 깊이가 깊어짐에 따라 오차가 점차 증가하고 있다. 이 결과는 이 계산모형이 수정되어야 함을 강력히 시사하고 있다. 그러함에도 불구하고 결과들이 최대 1.5%를 넘지 않으므로 임상에 적용하는 것에는 무리가 없다고 본다. 표 3은 그림 2의 측정 결과를 나타낸 것이다. 반쪽 조사면을 이용하여 두개의 방사선 조사면을 일치시켰을 때 중첩되는 부위가 1%정도 높은 선량분포를 갖는 것을 알 수 있다. 이 정도의 값은 임상적으로 충분히 허용할 수 있다. 특히 중간 깊이에서 중첩부위가 더 높은 선량을 보여주는 것은 Cunningham등<sup>8)</sup>이보고 하였듯이 산란선의 영향이 중간 깊이에서 더 커지기 때문인 것으로 풀이된다.

## 결 론

비대칭 콜리메이터를 사용한 X선의 선량 결정방법에 대하여 4MV X선에서 직사각형 비대칭 사각형 모양의 조사면에 대해 대칭 정사각형 조사면 자료를 이용하여 출력인자를 구할 수 있었다.  $d_{max}$ 에서의 흡수 선량은 OAR을 고려할 때 대칭 조사면 측정치로부터 유도한 값과 비대칭 조사면에서 측정된 값과의 결과가 일치하였으며, 이때의 유효 조사면 크기 (effective field size)는 콜리메이터가 열린 만큼의 조사면 크기로 정할 수 있었다.

임의의 깊이에서도 역시 OAR과 PDD(또는 TMR)을 고려하면 비대칭, 대칭 조사면에서의 측정값 및 계산값이 일치한다. 따라서 대칭 조사면에서의 측정값에서 단순히 OAR만을 고려함으로써 비대칭 조사면에서의 흡수 선량을 구할 수 있음을 알았다.

## References

- 1) D.D. Loshek : Applications and physics of the independent collimator feature of the Varian clinac 2500 : in proceedings of the Tenth Varian Users Meeting.
- 2) D.D. Loshek : Analysis of tissue-maximum ratio/scatter-maximum ratio model relative to the prediction of tissue-maximum ratio in asymmetrically collimated fields : Med Phys., 15, 672~682, 1988.
- 3) P.F.B.Klemp, A.A.M. Perry, B.Hedland-Thomas, et.al : Commissioning of a linear accelerator with independent jaws: Computerised data collection and transfer to a planning computer : Phys. Med. Biol., 33, 865~871, 1988.
- 4) J.R.Palta, K.M.Ayyangar, N.Suntharaling : Dosimetric characteristics of a 6MV photon beam from a linear accelerator with asymmetric collimator jaws : Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 14, 383~387, 1988.
- 5) C.S.Chui, R.Mohan, D.Fontenla : Dose computations for asymmetric fields defined by independent jaws : Med. Phys., 15, 92~95, 1988.
- 6) Khan F.M., Gerbi B.J., Deibel F.C. : Dosimetry of asymmetric X-ray collimators : Med. Phys., 13, 936~941, 1986.

- 7) Hospital Physicist's Association : Central axis depth dose data for use in radiotherapy : Br. J. Radiol. Suppl. No. 17, 1983.
- 8) H.E.Johns, J.R.Cunningham, : The physics of Radiology 4th ed : Charles C. Thomas, Springfield, 1983, PP. 753~756.

## Dosimetric Measurement for 4MV X-Ray Linear Accelerator with Asymmetric Collimator System

B. Y. Yi, M. S., E. K. Choi, M. D., H. S. Chang, M. D.

Department of Therapeutic Radiology, Asan Medical Center, College of Medicine, Ulsan Univ. Seoul, Korea

### Abstract

Dosimetric measurement of an asymmetric collimator system was performed, using water phantom system for 4MV X-ray linear accelerator.

We have studied the system of dose calculation with those measured result. We compared the field size factor and the percent depth dose for asymmetric collimator to those factor for symmetric fields. The results show that we can use symmetric field data directly within 1% error, if we consider the off axis ratio(OAR).

---

Key Words: Dosimetry, Asymmetric Collimator.