

# Independent jaw를 이용한 비대칭조사면의 선량분포에 관한 연구

고대대학교의료원 안암병원 방사선종양학과

김건오 · 정세영 · 김영범 · 권영호

## 1. 서론

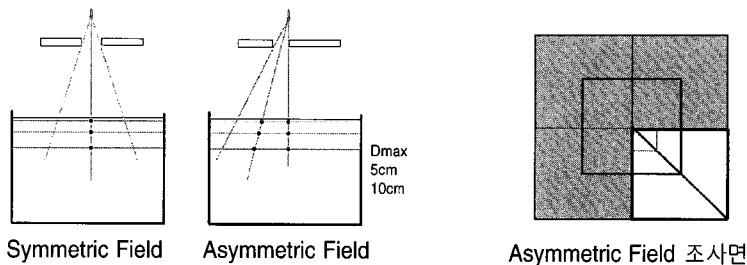
발전과 더불어 의료용장비도 많은 발전이 되고 있는데 치료용장치인 선형가속기의 조리개(Collimator)에서도 대칭적인 움직임만으로 국한된 기존의 시스템에서 벗어나 upper jaw와 low jaw가 각각 독립적으로 움직이는 독립조리개의 개발로 많은 발전이 있었다. 실제 임상에서 많이 사용되는 독립조리개는 유방암 치료나 두경부암 등 거의 모든 비대칭조사야 치료에서 사용하고 있다. 비대칭조사면에 대해서는 앞선 여러 연구논문에서 대칭조사면(symmetric field)과 비대칭조사면(asymmetric field)의 beam quality와 선량분포 등을 구하여 비대칭조사면의 사용시 적용하는 방법과 OAR factor를 넣어 선량을 계산하는 방법등이 논의되어 왔다. 이러한 논문들에서는 upper jaw나 low jaw 한쪽만을 이용한 경우를 다루고 있는 것이 대부분이어서 본 연구에서는 두 개의 jaw를 이용한 전체조사면의 4분의 1에서의 선량분포와

선질의 변화를 알아보려고 하여 단순 비대칭 조사면이 아닌 quarter field에서의 선량분포의 변화에 대한 연구 하였다

## 2. 대상 및 방법

- Clinac 600C - 4MV Photon beam(Varian Co. USA)
- Water phantom (Multidata dosimetry system, USA)
- Electrometer (PTW IQ4)
- Ion Chamber (PTW Freiburg M 31003-1367)

본 연구는 4MV Photon beam을 발생하는 선형가속기 (Clinac 600C, Varian Co)를 이용하였으며 Multidata dosimetry system으로 Water phantom내에서 Ion chamber(PTW Freiburg M 31003-1367)와 Electrometer (PTW IQ4)를 가지고 측정하였다.



실험방법은 <그림-1>에서 보는바와 같이 Water phantom내에서 Ion chamber를 Dmax(1.1cm) 와 5cm, 10cm 깊이에 두어 대칭조사면과 비대칭 조사면에서 선량을 측정하였으며 우측의 모식도는 본 실험에 사용된 조사면으로 두 개의 jaw를 이용한 quarter field에 대한 조사면을 나타낸 것이다.

먼저 조사면의 중심부에서 주변부로 이동하면서 선량 계산에 필요한 OAR(off axis ratio)를 측정하였고, 대칭 조사면과 비대칭조사면, 즉 quarter field의 beam quality를 좌우하는 field size factor를 측정하였고, Beam quality의 변화를 관찰하기 위해 PDD를 측정하였다.

또한, 선량분포의 변화를 알아보기 위해 Isodose curve를 측정하여 비교, 분석하였다.

Water phantom에서 SSD를 100cm으로 맞추고 조사면을 10×10으로 하여 중심축상에서 1cm씩 quater field로 움직여서 각각의 깊이 1.1cm(Dmax), 5cm, 10cm에 Ion chamber를 위치시켜 OAR(off axis ratio)을 측정하였다.

Field size factor는 대칭조사면과 quarter 조사면의 크기를 각각 4×4cm<sup>2</sup>, 6×6cm<sup>2</sup>, 8×8cm<sup>2</sup>, 10×10cm<sup>2</sup>, 12×12cm<sup>2</sup>, 15×15cm<sup>2</sup>, 20×20cm<sup>2</sup> 7가지 경우로 하여, 각각 조

사면에 대해서 깊이 Dmax(1.1cm), 5cm, 10cm로 하여 Field size factor를 측정하였다.

PDD는 조사면 10×10cm<sup>2</sup> 크기의 대칭조사면과 중심축에서 각각 5cm씩 이동한 10×10cm<sup>2</sup> 크기의 비대칭조사면의 중심축상에서 측정하였다.

Isodose curve는 조사면을 5×5cm<sup>2</sup>, 10×10cm<sup>2</sup>, 15×15cm<sup>2</sup>, 20×20cm<sup>2</sup>으로 하여 중심축과 off axis에서 각각 측정하였다.

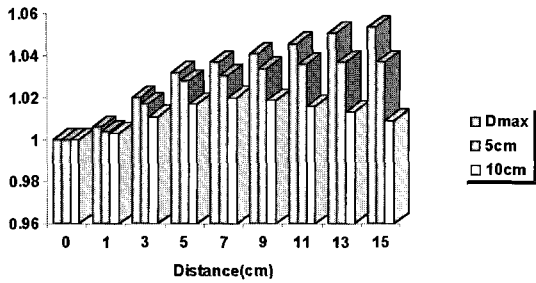
### 3. 결과

#### 1) OAR factor

OAR factor를 구한 값은 <표-1>로 나타내었다. <그림-2>는 <표-1>을 그래프로 나타낸 것이다. Dmax에서 살펴보면 off axis쪽으로 거리가 0cm이었을 때 1로했을때, 5cm에서는 1.032 11cm에서는 1.046, 15cm에서는 1.054로 중심축상에서 거리가 멀어질수록 factor값이 커지는 것을 알 수 있다. 그러나 5cm깊이에서는 중심축에서 13cm 떨어진 곳에서부터는 증가하지 않고, 10cm깊이에서는 7cm 거리부터 수치가 떨어지는 것을 알 수 있다.

Distance	0	1	2	3	4	5	6	7
Dmax	1	1.006	1.012	1.020	1.027	1.032	1.035	1.037
5cm	1	1.004	1.010	1.017	1.024	1.028	1.029	1.031
10cm	1	1.003	1.005	1.011	1.015	1.017	1.020	1.020
Distance	8	9	10	11	12	13	14	15
Dmax	1.039	1.041	1.045	1.046	1.048	1.051	1.053	1.054
5cm	1.031	1.034	1.034	1.036	1.036	1.037	1.038	1.037
10cm	1.019	1.019	1.019	1.016	1.015	1.013	1.011	1.009

<표-1>



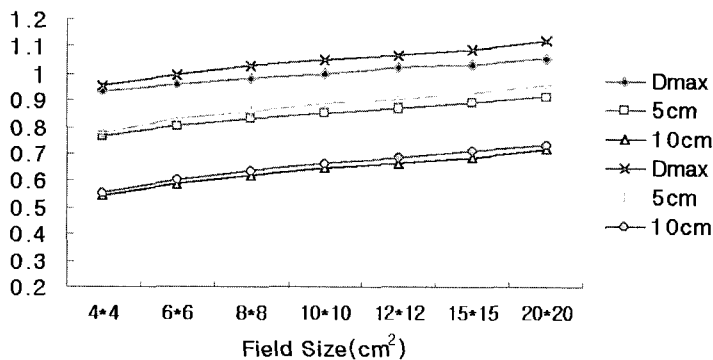
<그림-2>

## 2) Field size factor

Field Size factor(FSF)는 각각의 수치를 구하여 10×10cm 조사면의 Dmax깊이를 1로 하여 수치화 한 것을 <표-2>로 나타내었다. 조사면이 커질수록 깊이가 적을수록 크게 나타났으며, quarter field와 비교하면 조사면이 클수록 중심축에서 측정된 값보다 quarter field에서 측정된 값의 차이가 크게 나타났으며 깊이에 따른 차이는 깊이가 깊어질수록 적게 나타났다. 비교적 quarter field에서의 값이 높게 나타났다.

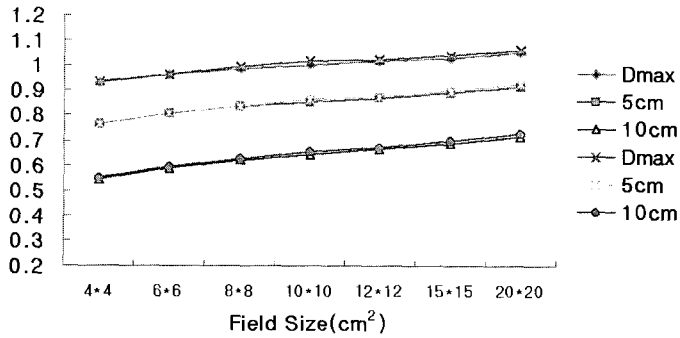
Field Size	Field SizeFactor			Quarter Field FSF		
	Dmax	5cm	10cm	Dmax	5cm	10cm
4×4	0.932	0.766	0.545	0.955	0.777	0.555
6×6	0.963	0.805	0.588	0.995	0.828	0.601
8×8	0.983	0.833	0.618	1.027	0.858	0.635
10×10	1	0.854	0.644	1.047	0.887	0.663
12×12	1.019	0.869	0.662	1.064	0.903	0.683
15×15	1.031	0.888	0.686	1.087	0.928	0.709
20×20	1.052	0.913	0.716	1.121	0.955	0.734

<표-2>



Field size factor  
( Non Correct OAR )

<그림-3>



Field size factor  
(Correct OAR)

<그림-4>

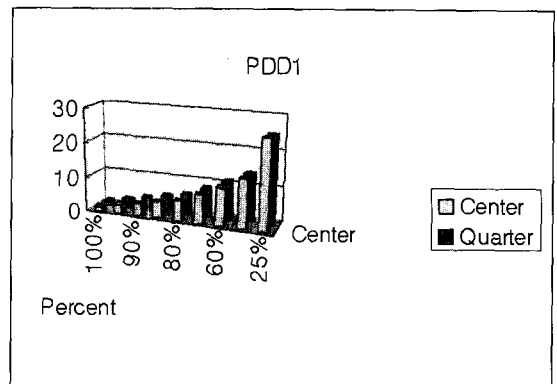
<표-2>를 <그림-3>과 같이 그래프로 나타내었다. 우선 <그림-3>은 OAR 교정을 하지 않은 그래프인데, 그래프에서 위에 Dmax, 5cm, 10cm가 대칭조사면의 FSF이고, 밑에 Dmax, 5cm, 10cm가 Quarter field의 FSF이다. 전체적으로 조사면이 커질수록 차이가 커짐을 알 수 있는데, 20×20cm<sup>2</sup>크기의 조사면 Dmax에서 6%정도로 차이가 가장 크고, 5cm 깊이에서는 4.4%, 10cm 깊이에서는 2.4%의 차이를 보였다. <그림-4>는 OAR 교정을 해준 FSF의 그래프이다. 20×20cm<sup>2</sup> 조사면에서 Dmax에서는 1.1%, 5cm깊이에서는 0.9%, 10cm깊이에서는 1.1%로 차이가 줄어들었으며, 가장 차이가 심한 10×10cm<sup>2</sup> 조사면의 Dmax에서도 그 차이가 1.7%정도로 두 조사면의 FSF가 거의 비슷해짐을 알 수 있다.

### 3) PDD Curve

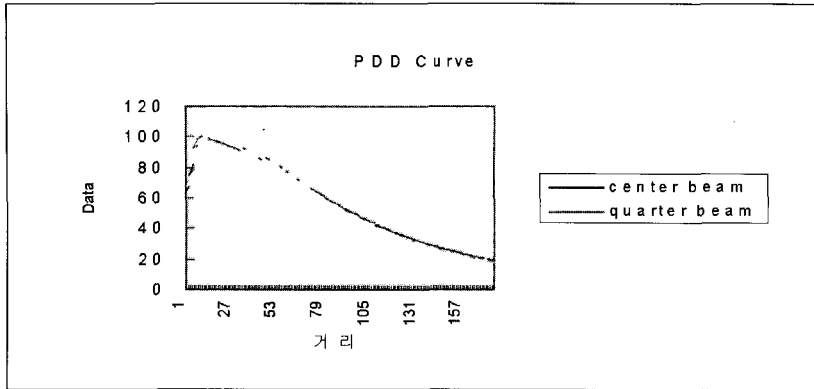
PDD Curve는 중심축상의 10×10cm<sup>2</sup> 조사면과 beam의 중심을 중심축에서 각각 5cm씩 옮긴 quarter field 10×10cm<sup>2</sup> 조사면의 PDD를 측정하여 비교한 결과를 나타내었다. 5cm깊이까지 0.1cm 간격으로, 5cm 이상에서는 0.2cm 간격으로 data를 구해 PDD 커브 곡선으로 나타내었다. 5cm 깊이까지는 차이가 1% 미만으로 차이가 거의 없었고, 임상에서 주로 사용되는 12cm정도의 깊이에서도 1.1%로 차이가 적었지만, 30cm깊이에서는 4.7%정도로, 깊이가 깊어짐에 따라 quarter beam에서 작게 나타났다.

	Center	Quater
100%	1.2	1.2
95%	2.5	2.49
90%	3.57	3.57
85%	4.69	4.64
80%	5.85	5.79
70%	8.19	8.1
60%	10.84	10.65
50%	13.86	13.56
25%	25.2	24.66

<표-3>



<그림-5>

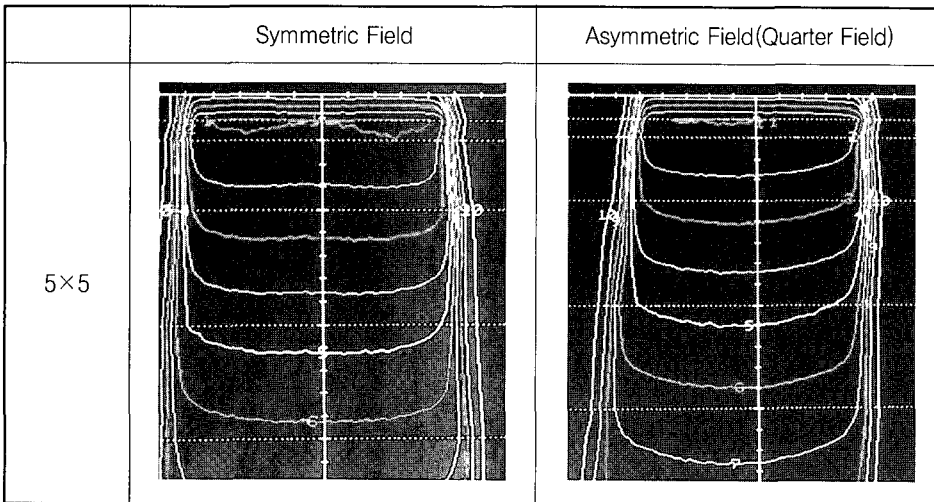


<그림-6>

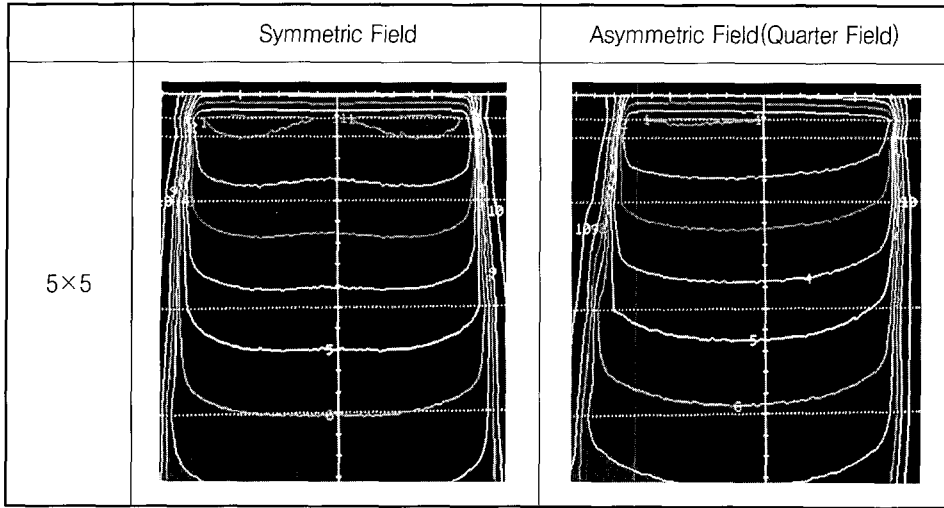
#### 4) Isodose Curve

Isodose curve는 quarter field에서보면 중심축에 가까울수록 수축되는 것을 볼 수 있었으며, 말단으로 갈수록 curve가 쉐기형이 되는 것을 볼 수 있었다. <그림-7> 과 <그림-8>은 조사면을  $5 \times 5\text{cm}^2$ ,  $15 \times 15\text{cm}^2$ 에서의 등선량 곡선을 나타낸 것으로,  $10 \times 10\text{cm}^2$ ,  $20 \times 20\text{cm}^2$  조사면에서도 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. Quarter field에서 isodose curve를 살펴보면, 대칭조사면과 다르

게 경계부분에서는 일차 산란선과 측방산란선을 감소시켜줘서 beam의 확산이 사라짐을 알 수 있고, 대칭조사면보다 penumbra width가 줄어든 것을 볼 수 있다. 중심 축에 가까울수록 수축되는 것을 볼 수 있었으며, 말단으로 갈수록 curve가 쉐기형이 되는 것을 볼 수 있다. 마찬가지로 <그림-8>의  $15 \times 15\text{cm}^2$  조사면을 살펴보면  $5 \times 5\text{cm}^2$  조사면에 비해 penumbra width가 증가함을 알 수 있다.



<그림-7>



<그림-7>

### 5) Penumbra width

Penumbra width는 isodose curve의 10% ~ 90%간격을 측정하였다. 측정된 값은 <표-4>에서 나타난 것과 같이 10×10cm<sup>2</sup> 조사면에서 Dmax는 8, 5cm 14, 10cm에서는 19로 증가하는 것을 볼 수 있으며, Dmax에서보면 조사면이 커질수록 7mm에서 11mm까지 증가하여, 깊이가 깊어질수록 조사면이 커질수록 커짐을 알 수 있다.

깊이 F·s(cm <sup>2</sup> )	Dmax	5cm	10cm
5×5	7	11	14
10×10	8	14	19
15×15	9	16	25
20×20	11	21	32

<표-4>

### 4. 결론

고에너지 광자선의 dosimetric parameter는 beam collimation system, 조사면의 크기 (field size), 그리고 field penumbra에 영향을 받는다. 이를 알아보기위해 앞의 결과에서와 같이 OAR, PDD, Field size factor와 isodose

curve변화를 실험해보고 위와 같은 결과를 얻게 되었다. OAR에서는 주변부로 갈수록, 표면에 가까울수록 선량의 차이가 남을 알 수 있어서 이를 factor화 시켜 적용시켜야 그 차이를 최소화 시킬 수 있으며 이 차이는 Flattening filter의 구조적 특성에 의한 beam quality의 변화 때문이다.

PDD에서는 flattning filter에 의한 산란방사선의 감소로 인해 PDD가 off axis에서는 감소하는 것으로 나타났으나, 30cm 이상의 깊이를 제외하고는 그 차이가 1% 이내로 크게 영향을 미치지 못하는 못하였다. 또한 field size factor에서는 조사면의 크기가 커짐에 따라, 중심축에서의 data와의 차이가 6%이상 남으므로 이를 보정해주는 것이 처방선량에 정확도를 높이는 것으로 사료된다.

실제 측정된 isodose curve에서 산출한 penumbra width는 조사면의 증가와 깊이의 증가에 따라 크기는 32mm 까지 나타나, 전산화된 치료 계획시 data화 시키는 것이 필요하다.

Beam collimator system의 디자인에 의해 크게 의존하는 고에너지 photon beam의 dosimetric parameter는 FSF와 field penumbra인데 비대칭 jaw는 beam의 특성에 영향을 준다. 그러므로 비대칭 jaw의 사용시에는 OAR을 선량계 산시 반드시 고려해야 하며 quarter field로 치료시에는

이를 factor화하여 계산하거나 computer calculation시에도 계산 알고리즘을 확인해 보아야 할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. Khan FM: the Physics of Radiation therapy, 2nded, William & Wilkins 1994; 212-215
2. Fraass BA, Tepper JE, Glatstein E, van de Feijn J: Clinical use of math-line wedge for adjacent megavoltage radiation field matching. Int. J Radiat Oncol Biol Phys 1983; 9:209-216
3. Palta JR, Ayyangar KM, Suntharalingam N: Dosimetric characteristics of a 6MV photon beam from a linear accelerator with asymmetric collimator jaws. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1988; 14:383-387
4. Slessinger ED, Gerber RL, Harms WB, et al.: Independent collimator dosimetry for dual photon energy linear accelerator. Int J Radi Oncol Biol Phys 1993; 27:681-687
5. Loshek DD, Keler KA: Beam profile generator for symmetric fields, Med Phys 1988; 15:604
6. Kahn FM, Gebri BJ, Debel FC: Dosimetry of asymmetric x-ray collimators. Med Phys 1986; 13:936-941
7. Chui C, Mohan R: Off-center ratios for Three-dimensional dose calculation. Med Phys 1986; 13:409
8. Chui C, Mohan R, Fotenia D: Dose computations for asymmetric fields defined by independent jaws. Med Phys 1988; 15:92-95
9. Jeung-Kee Kim, et al.: Dosimetric Characteristics of Dual Photon Energy Using Independent Collimator Jaws; J. Korean Soc Ther Radiol Oncol: Vol.14, No. 3, September, 1996

# Dosimetric characteristics of an independent collimator system using measurements performed quarter fields.

## - Abstract -

---

The modern linear accelerators are equipped with X-ray collimators that can be moved independently to allow asymmetric fields with field centers positioned away from the true central axis of the beam. We have studied the dosimetric of an independent collimator system using measurements performed quarter fields. The field size factors for asymmetric fields are compared to those for symmetric fields. Dosimetric measurements include percent depth dose, beam penumbra and shape of isodose curves for symmetric and quarter fields.