

방사선치료시 물리학적 반음영의 검토

고려대학교의료원 치료방사선과
김영범 · 황응구

고려대학교 보건전문대학 방사선과
김 유 현

— Abstract —

Study on Physical Penumbra of Radiation Therapy

Young Bum Kim, Woong Ku Whang

Dept. of Radiation Therapy, Korea University Medical Center

You Hyun Kim

Dept. of Radiotechnolgy, Junior College of Allied Health Science, Korea University

Proper evaluation about the penumbra is very important to improve the efficacy of radiation therapy.

There are two kinds of physical penumbra, geometric penumbra and transmission penumbra. In this study, we evaluated the variation of physical penumbra according to the varying energy level, changing the field size and depth.

Physical penumbra width was decreased as the source size decreased, and as the SDD increased, but the consideration about the scatter radiation and mechanical stability is an important factor.

For the two adjacent beams, upper collimator should be used and especially for Co-60 unit, it is efficient to use the extended collimator.

I. 서 론

종양의 치료에 사용되는 기기는 크게 Cobalt-60 unit와 linear accelerator로 구분되는데, Cobalt-60 unit는 방사선 발생장치가 필요없고 출력 안정성이 있다는 장점 때문에 1970년대까지는 주종을 이루었으나, 현재는 에너지의 선별이 가능하고 심부선량분포가 높은 linear accelerator로 교체되고 있다.

1928년 Wideroe¹⁾에 의해 중이온을 가속함으로써 발전하게된 linear accelerator는 이후 사용의 증가추세는 물론 외조사의 암치료에 있어서 중추적인 역할을 담당하고 있다. Linear accelerator에 의해 발생하는 megavoltage X-ray는 orthovoltage radiation에 비해 선량 분포가 균등하고 side scatter가 감소하며 skin sparing effect가 있다는 장점이 있다.

하지만, 이러한 장점을 지닌 megavoltage X-ray라도 penumbra에 대한 정확한 고찰이 없는 치료의 효율성은 향상시킬 수 없다.

따라서, 본 연구에서는 field size와 depth를 변화시키고 각 에너지에 따르는 physical penumbra의 변화를 검토해 보므로써 치료의 효율성을 향상시키고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 측정 장비

- 1) LINAC : Clinac 1800 6&10MV Photon beam
- 2) CO-60 : Picker C-9
- 3) RTD : Multidata System
- 4) Water Phantom
- 5) Ion Chamber : PTW 0.3cc M 233641
PTW 0.125cc M 233643

2. 측정방법

Physical penumbra에는 크게 transmission

penumbra와 geometric penumbra가 있는데, Fig. 1에서 보는 바와 같이 transmission penumbra는 collimator를 지나는 photon에 의해 조사되는 부분이며, geometric penumbra는 단지 source로부터 직접 나오는 primary photon에 의해 조사된 부분을 말한다.^{2, 5, 6)}

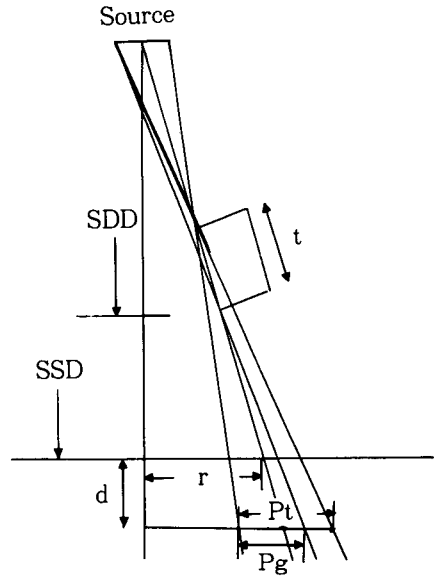


Fig. 1. Diagram for calculating geometric penumbra(P_g) and transmission penumbra(P_t)

Penumbra의 width는 일정한 depth에서 특정한 두개의 isodose curve 사이의 lateral distance 인데^{3, 4)}, 우리는 90%와 20%, 80%와 20%의 isodose level을 이용하였으며, 이때 field size는 linac에서는 5×5 cm에서 30×30 cm까지, Cobalt-60에서는 4×4 cm에서 20×20 cm까지 변화시켰고, depth는 linac에서는 D_{max} 와 5, 10cm, Cobalt-60에서는 D_{max} 와 8.5cm depth에서 각각 측정 하였다. 이론상 구하고자 하는 geometric penumbra와 transmission penumbra는 아래식과 같다.

$$\bullet P_g = \frac{S}{2} \left(\frac{(SSD+d) \sqrt{SSD^2+r^2}}{SSD} \left(\frac{1}{SSD} + \frac{1}{SSD-t} \right) - 2 \right)$$

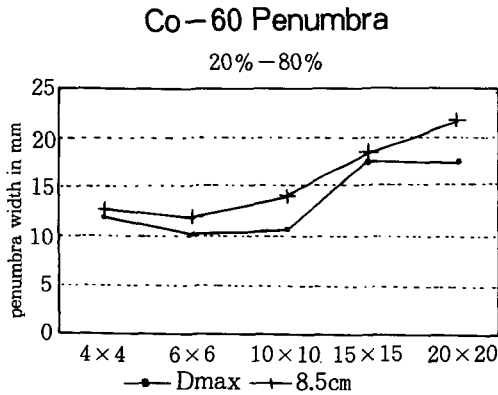
$$\bullet P_t = S \left(\frac{(SSD+d) \sqrt{SSD^2+r^2}}{SSD(SSD-t)} - 1 \right)$$

S : diameter of a source
r : one half of a side of field at SSD
t : thickness of collimator
d : depth in tissue
SDD : source to diaphragm distance
SSD : source to skin distance

여기서 S 즉 source의 diameter는 linac이 3 mm, cobalt-60이 2 cm이며, source로부터 upper collimator의 low margin 까지의 거리, 즉 SDD는 linac이 35.4 cm, cobalt가 42.5 cm이며 collimator thickness t는 linac과 cobalt-60에서 각각 7 cm과 9 cm으로 계산하였다.

III. 결 과

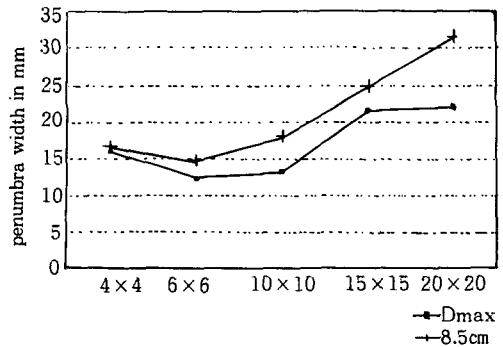
Cobalt-60에서 계산된 geometric penumbra와 transmission penumbra의 width는 Fig. 2와 같다.



Dmax	12.12	10.06	10.69	17.12	17.12
8.5 cm	12.75	11.56	14.06	18.06	21.63

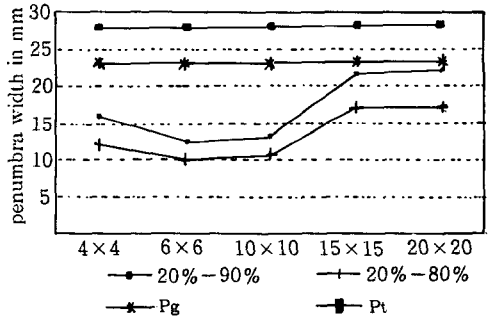
source dia. : 2 cm SDD : 42.5 cm

Fig. 2-1



Dmax	15.93	12.5	13.31	21.62	22.12
8.5 cm	16.69	14.69	18	24.75	31.5

field size
Fig. 2-2



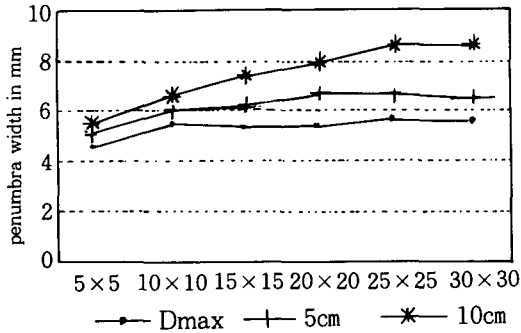
20%-90%	15.93	12.5	13.31	21.62	22.12
20%-80%	12.12	10.06	10.69	17.12	17.12
Pg	22.98	23	23.05	23.16	23.3
Pt	28.01	28.03	28.09	28.21	28.37

field size
Fig. 2-3

Depth가 깊어지고 field size가 커짐에 따라 penumbra width의 증가를 알 수 있었으나 source의 diameter가 linac에 비해 상대적으로 크기 때문에 penumbra 또한 큰 것으로 사료된다.

6MV penumbra

20% - 80%



Dmax	5.25	5.56	5.37	5.5	5.69	5.63
5 cm	5.43	6.12	6.25	6.75	6.81	6.75
10 cm	5.69	6.81	7.62	8.06	8.56	8.62

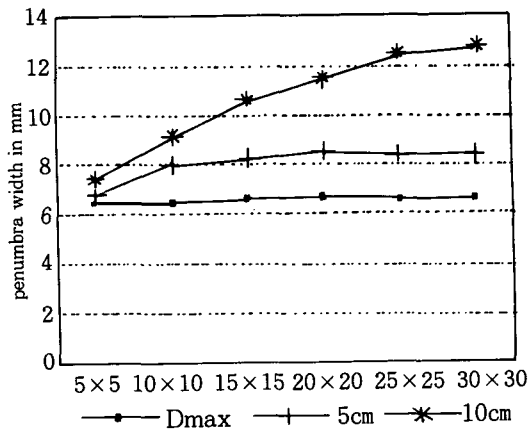
field size

upper collimator

Fig. 3-1

6MV penumbra

20% - 90%



Dmax	6.56	6.56	6.87	7	6.82	6.81
5 cm	7.06	7.87	8.06	8.63	8.56	8.63
10 cm	7.44	9	10.5	11.69	12.23	12.81

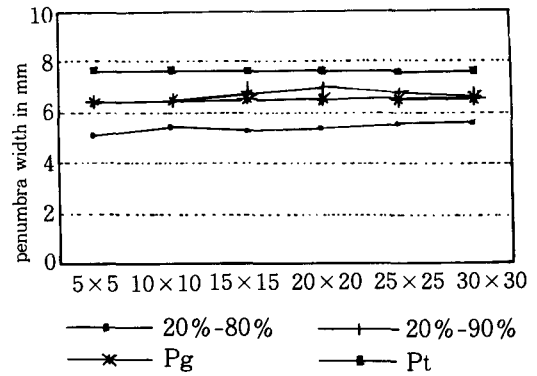
field size

upper collimator

Fig. 3-2

6MV penumbra

Dmax



20%-80%	5.25	5.56	5.37	5.5	5.69	5.63
20%-90%	6.56	6.56	6.87	7	6.82	6.81
Pg	6.6	6.6	6.63	6.64	6.67	6.7
Pt	7.73	7.74	7.75	7.78	7.81	7.84

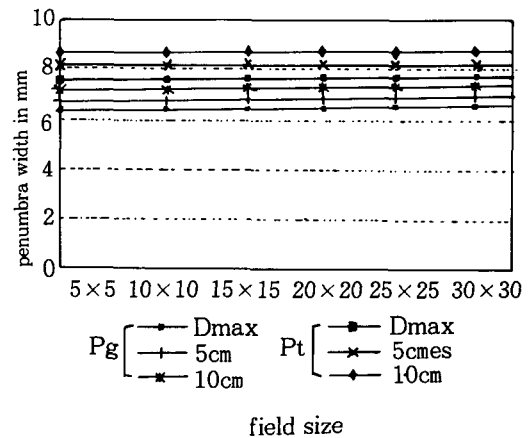
field size

upper collimator

Fig. 3-3

6MV penumbra

calculated penumbra



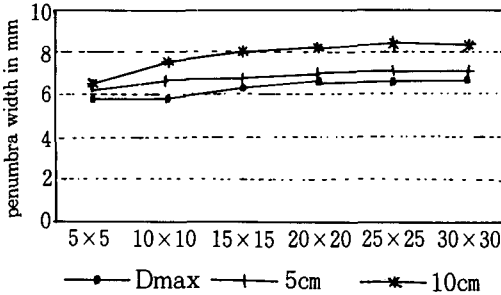
upper collimator

Fig. 3-4

6MV의 penumbra 측정(Fig. 3~1~4)에서도 depth와 field size의 증가에 따라 physical penumbra 또한 증가함을 알 수 있었으며, physical penumbra width 보다 계산식에 의해 산출된 penumbra가 더 큰 것으로 나타났고

isodose curve의 20%~80% level physical penumbra와 20%~90% level physical penumbra란 그 pattern이 비슷하게 나타났다.

10MV penumbra
20% - 80%



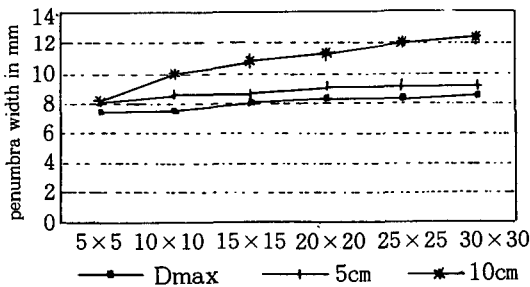
Dmax	5.82	5.83	6.37	6.56	6.6	6.6
5cm	6.18	6.69	6.751	7.005	7.06	7.06
10cm	6.5	7.57	8	8.15	8.44	8.31

field size

upper collimator

Fig. 4-1

10MV penumbra
20% - 90%



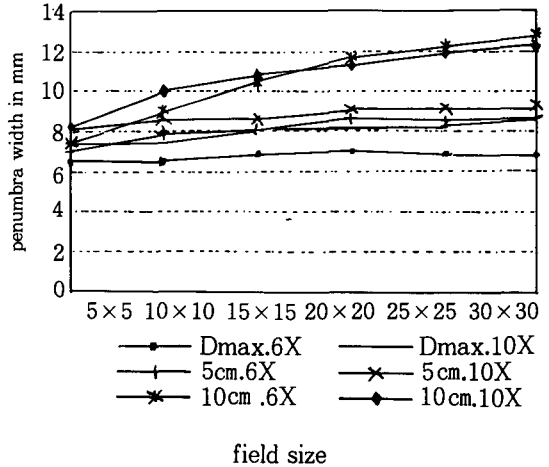
Dmax	7.38	7.45	8.06	8.19	8.25	8.54
5cm	8.06	8.63	8.63	9.12	9.13	9.16
10cm	8.19	10	10.81	11.25	11.94	12.12

field size

upper collimator

Fig. 4-2

comparison of 6x and 10x
20% - 90%



field size

upper collimator

Fig. 4-3

10MV의 penumbra는 Fig. 4-3와 같이 6MV와 비교해서 크게 차이가 없었으며 계산식에 의해 산출된 geometric penumbra와 transmission penumbra는 그 변화가 2% 이내로 field size의 크기는 penumbra width에 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다(Fig 3-4).

IV. 결 론

Collimator가 radiation을 완전히 차폐한다면 penumbra width는 isodose level의 0에서 100% 사이의 lateral distance를 의미하지만, physical penumbra width는 두 개의 특정한 dose level 90%에서 20% 또는 80%에서 20%사이의 lateral distance를 상대적으로 정한다. 특히, 실제의 source size, 측정에 사용된 ion-chamber의 air volume, dosimetry system의 기계적 오차는 physical penumbra width에 영향을 주는데, physical penumbra를 줄이기 위해서는 source size가 작을수록, SDD가 길수록 좋으나, scatter radiation에 대한 고찰 및 기계적 안정성을 고려해야 한다. 또한 두개의 인접한 beam에서는 upper collimator를 사용해야 하며

cobalt-60 unit는 extended collimator를 사용하는 것이 효과적이다.

참 고 문 헌

1. Gunilla C. Bentel : Radiation therapy planning, pp. 26~30, 69~70, 1992.
2. Faiz M. Khan : The Physics of Radiation therapy, pp. 63~65, 1984.
3. The Journal of Korean society of therapeutic Radiology: Vol9, No2, pp. 333~336, 1991.
4. International Commission on Radiation unit: ICRU report 24, 1976.
5. John Robert Cunningham : The physics of radiology, pp. 369~370, 1983.
6. Joseph Selman : The fundamentals of X-ray and Radium physics, pp. 339~343, 1985.