

표준 전자선 cone의 확장된 SSD에서의 선량평가 및 자체제작한 전자선 cone의 특성

고려대학교 의료원 안암병원 치료방사선과

정세영, 정희영, 김영범, 권영호

The Dosimetric evaluation of the standard electron cone for the extended cone for the extended SSD and The Dosimetric characteristics of the custom-made electron cone Se Young Chung · Hui Young Chung · Young Bum Kim · Young Ho Kwon Dept. of Radiation Oncology, Korea University Hospital In general, the patients of the head and neck cancer are treated with 4MV photon beam up to prescribed dose, but spinal cord should be excluded in the treatment field. When its absorbed dose is limited at the tolerance dose. In case of the patients who has the positive posterior neck nodes need a boost electron beam treatment to the prescribed dose. In that case, the anatomical structure of the neck and the physical structure of the standard electron cone interrupt to allow proper access to the disease site. Therefore, we extended treatment SSD for the remove of the those hindrances.

In this study, we evaluated the dosimetric variation of the standard electron cone for the extended SSD, from 100cm to 120cm, 5 cm increment, and compare to the custom-made electron cone.

As a result, the % depth dose, the point of maximum dose and the range of maximum were changed within the 2%. The penumbra width was increased from 1.0cm to 2.0cm. However, the dosimetric characteristics of the custom-made electron cone was very similar to that of the 100cm SSD standard electron cone and due to its characteristic of physical structure, patients didn't need re-positioning after photon beam treatment, therefore accurate treatment was possible, we conclude that the custom-made electron cone was very useful for the clinical practice.

※ Key words : extended SSD, standard electron cone, custom-made electron cone

I. 서론

일반적으로 두경부암은 4MV X-선을 이용하여 치료하는데 척수(spinal cord)에 견딤선량이 한계에 도달하면 치료조사야에서 이를 제외한다. 이때 후부경부임프절이 양성인 경우 전자선을 이용해서 적정선량(치료선량, 처방선량)까지 치료하게 된다. 그러나 이 경우 임프절의 해부학적 위치와 표준 전자선 cone의 물리학적 특성 때문에 전자선 cone의 적정 SSD(100cm)를 유지하는데 방해가 받게 된다. 이를 극복하기 위해서는 대부분 초점에서 환자피부까지

의 거리(SSD)를 확장해서 치료하게 된다. 이에 본연구에서는 SSD를 확장했을 때 표준 전자선 cone의 선량특성변화(심부선량, 최대선량점, 최대비정, 출력, 반음영)를 평가해보고 SSD를 확장시키지 않고 치료할 수 있도록 자체제작한 전자선 cone의 선량특성을 평가하여 자체제작된 전자선 cone의 임상 유용성의 평가를 목적으로 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1) 실험재료

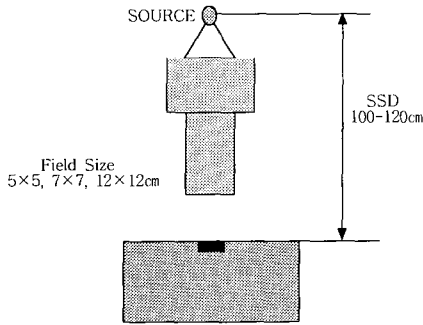


그림1. 실험구성도

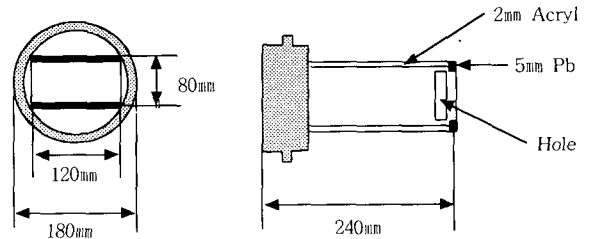


그림2. 자체제작한 cone의 제원

- CLINAC 1800 (Varian, USA)
- Water Phantom & Dosimetry System (Multidata, USA)
- Electrometer (PTW IQ4)
- Markus chamber (0.055cm³, 2.3mg/cm³)
- Electron Cone (Standard & Custom-made)

2) 실험방법

선형가속기에서 나오는 전자선의 에너지는 6, 9, 12MeV를 사용하고 조사야를 5×5cm, 7×7cm, 10×10cm으로 변화하면서 그림 1에서 보는 바와 같이 각각의 에너지와 조사야에서 SSD를 100cm에서 120cm까지 5cm간격으로 변화시키면서 Dosimetry System을 이용하여 심부선량과 최대선량점, 최대비정과 출력, 그리고 반응영역을 측정하였다. 또한 표준 cone과 비교 분석하기 위하여 자체제작한 cone(그림 2 참조)으로 SSD 100cm에서 profile과 DDR, 출력을 측정하였다.

이때 자체제작한 cone의 조사야는 5×5cm, 7×7cm, 8×12cm으로 하였다.

자체제작한 cone의 지지대 재질은 알루미늄(Al)이

며, cone의 재질을 아크릴로 제작하였으며 cone의 끝 부분에는 차폐물 장착을 위한 구멍(8×1.5cm)이 뚫려 있다. 또한 cone의 끝부분에는 0.5cm 납(Pb)을 부착하였고 IORT applicator를 이용하여 장착하도록 제작되었다.

Ⅲ. 결과

1) SSD의 변화에 따른 표준 cone의 선량특성 변화

<그림 3>은 6MeV의 전자선을 이용하여 각 조사야(5×5cm, 7×7cm, 10×10cm)에서 SSD를 100cm에서 5cm간격으로 120cm까지 측정한 심부선량(PDD)곡선으로 그래프에서 보는 바와 같이 최대선량점(Dmax)은 변화가 없으며 최대비정도 그 차이가 2mm 이내로 측정되었다.

9MeV 전자선에서 최대선량점(Dmax)은 각 조사야의 SSD 120cm에서만 1~2mm정도의 차이를 보였고 최대비정은 그 차이가 모두에서 2mm이하로 나타났다.

12MeV 전자선에서는 <그림 5>에서 보는 바와 같이 조사야가 5×5cm일 때 최대선량점(Dmax)의 차이

가 SSD의 변화에 따라서 크기는 4mm정도 낮고 7×7 cm, 10×10cm 조사야에서는 2mm의 차이를 보였으며 최대비정은 각 조사야에서 SSD의 변화에 따라 2mm 정도의 차이만을 보여주었다.

<그림 6>의 그래프는 virtual source distance를 구하고 거리역자승 법칙에 적용하여 계산된 계산값과 조사야가 5×5cm, 7×7cm, 10×10cm에서 SSD를 변화시켰을 때의 측정값을 비교한 그래프이다. 이때 Y축의 값은 SSD 100cm에서의 측정값 및 계산값을 100으로 환산하여 나타낸 것이다. 보는 바와 같이 6MeV에서는 조사야 5×5cm, SSD 120cm에서의 측정값이 실제 계산값과 비교해 13.9%의 차이를 보였으며 9MeV에서는 9.2%, 12MeV에서는 4.7%로 나타나

계산값과 측정값의 차이가 조사야와 SSD의 변화에 따라 적게는 0.1%에서 많게는 13.9%까지 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

반응영폭은 등선량분포 곡선 90% line에서 20% line까지의 거리를 측정된 것으로 6MeV에서는 <표 1>에 나타난 바와 같이 SSD 100cm에서와 비교할 때 그 차이가 SSD 105cm에서는 각조사야에서 각각 3mm, 3.5mm, 4.5mm로 나타났으며 SSD 120cm에서는 10mm, 15.5mm, 18mm로 반응영폭이 넓어지는 것을 알 수 있었다. 그러나 에너지가 9MeV, 12MeV로 커짐에 따라 반응영폭의 차이는 약간 감소하는 것으로 나타나 9MeV에서는 3.5mm~14mm, 12MeV에서는 1.5mm~10mm 폭이 넓어지는 것으로 나타났다.

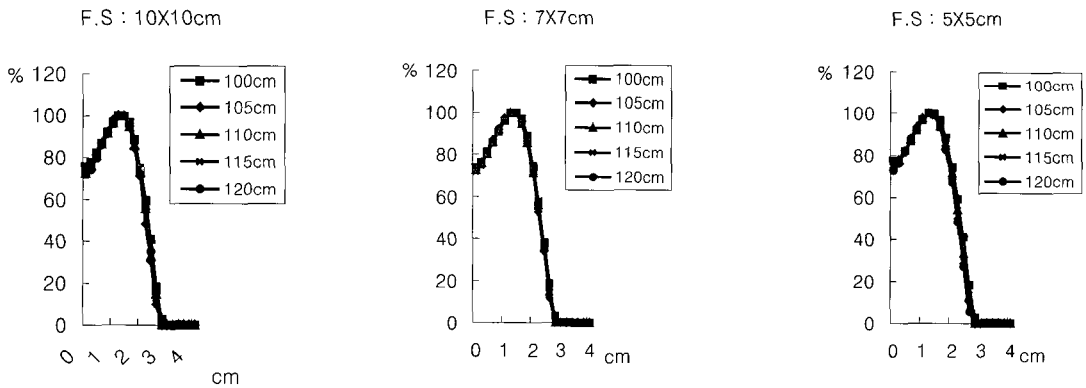


그림 3. 6MeV 전자선의 SSD변화에 따른 심부선량곡선

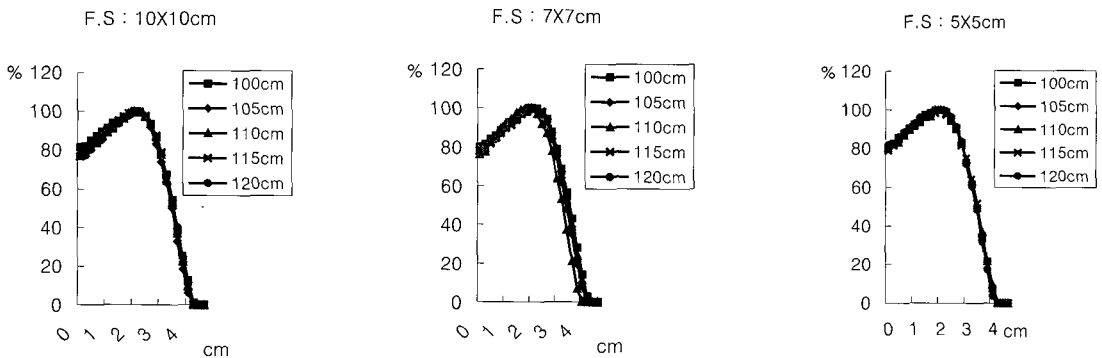


그림 4. 9MeV 전자선의 SSD변화에 따른 심부선량곡선

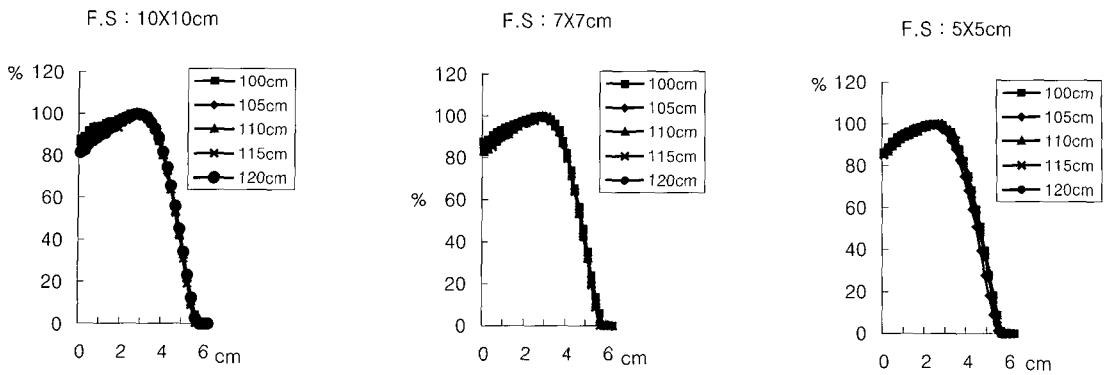


그림 5. 12MeV 전자선의 SSD변화에 따른 심부선량곡선

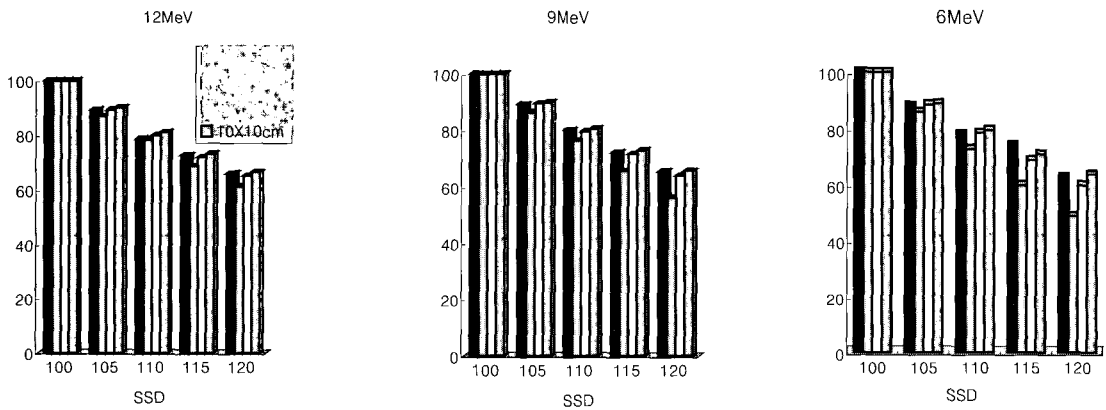


그림 6. SSD의 변화에 따른 출력의 비

표1. SSD의 변화에 따른 반응영폭의 변화

에너지	SSD	100cm	105cm	110cm	115cm	120cm
	조사야					
6MeV	5 × 5cm	12.0mm	15.0mm	19.0mm	21.0mm	22.0mm
	7 × 7cm	12.0mm	15.5mm	20.0mm	23.5mm	27.5mm
	10 × 10cm	12.0mm	16.5mm	21.5mm	25.0mm	30.0mm
9MeV	5 × 5cm	11.0mm	14.5mm	17.0mm	18.0mm	20.5mm
	7 × 7cm	11.0mm	14.5mm	18.0mm	22.0mm	23.5mm
	10 × 10cm	11.0mm	15.5mm	18.5mm	22.0mm	25.0mm
12MeV	5 × 5cm	8.5mm	10.0mm	12.5mm	14.0mm	17.5mm
	7 × 7cm	8.5mm	11.0mm	13.0mm	15.5mm	18.0mm
	10 × 10cm	8.5mm	12.5mm	14.0mm	16.0mm	19.0mm

2) 자체제작한 cone과 표준 cone의 선량특성 비교

<그림 7-a>는 본원에서 자체제작한 cone으로 기존의 표준 cone과 비교해 볼 때 최대선량점(Dmax)은 적게는 1mm에서 많게는 5mm정도 표면쪽으로 이동하는 것으로 나타났고 최대비정은 표준 cone에 비해 자체제작한 cone이 1mm~3mm까지 길게 나타났다. 또한 출력은 표준 cone의 측정값을 100으로 했을 때 자체제작 cone은 각 에너지와 각 조사야에서 많게 나오는 것으로 나타나 9MeV, 7×7cm 조사야에서는 110.2로 측정되었다. 반응영폭의 비교에서는 <그림 7-b>에서 보는 바와 같이 그 차이가 적게(≤0.5mm) 나는 것을 볼 수 있다.

IV. 고찰

실제 임상에서 두경부암의 후부임프절의 전자선 치료는 환자의 체형에 따라 초점-피부간 거리(Source-Skin distance, SSD)를 확장해서 치료하는 경우가 많아 SSD를 변화시키지 않고 치료하기 위해

수술중 방사선치료(Intraoperative Radiation Therapy, IORT)용 cone제작을 응용해서 두경부전용 전자선 cone을 제작하게 되었다. 본 실험의 결과에 의해 SSD를 확장할 경우 심부선량은 그 차이가 2% 이내로 큰 차이가 없었으며 출력은 거리역자승 법칙에 의해 계산된 값과 실제 측정된 값의 차이가 에너지가 낮고 조사야가 적을수록 많이나는 것으로 나타

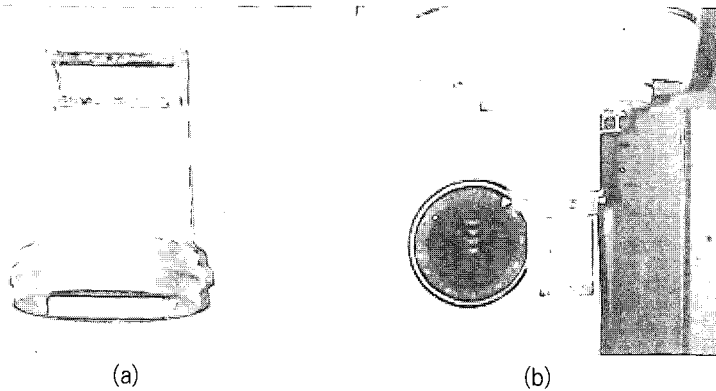


그림 7. 자체제작한 cone(a)과 실제 선형가속기에 장착한 모습(b)

표2. 자체제작한 cone과 표준 cone의 선량특성 비교 (S:표준, C:자체제작)

에너지	조사야	Dmax		최대비정		Output		반응영폭	
		S	C	S	C	S	C	S	C
6MeV	5×5cm	1.3	1.4	2.8	2.9	100	107.5	1.2	1.2
	7×7cm	1.4	1.4	2.9	3.0	100	109.8	1.2	1.25
	8×12cm	1.4	1.3	2.9	3.0	100	106.7	1.2	1.2
9MeV	5×5cm	2.2	2.0	4.3	4.5	100	106.8	1.1	1.15
	7×7cm	2.2	2.0	4.4	4.7	100	110.2	1.1	1.1
	8×12cm	2.2	2.0	4.4	4.7	100	108.6	1.1	1.1
12MeV	5×5cm	2.6	2.2	5.8	5.9	100	104.8	0.85	0.85
	7×7cm	2.6	2.1	5.8	6.0	100	108.7	0.85	0.9
	8×12cm	2.6	2.2	5.8	5.9	100	107.3	0.9	0.9

나 6MeV, 5×5cm 조사야에서는 13.9% 정도 차이가 나는 것으로 나타났다. 이는 실제 차폐물(Pb block) 제작 시의 오차가 작은 조사야에는 좀 더 많은 영향을 주는 것으로 작은 조사야와 낮은 에너지에서 확장된 SSD를 사용할 경우 계산값에 의존할 것이 아니라 실제 측정값을 가지고 임상에 적용해야 할 것으로 사료된다.

반음영폭은 에너지가 작고 조사야가 클수록 그 폭이 넓어져 6MeV, 10×10cm 조사야에서는 SSD가 100cm에서 120cm으로 늘어날 경우 1.8cm나 반음영폭이 커짐을 알 수 있었다. 이는 실제 환자의 치료시 인접한 부위에 선량이 증가됨으로써 선량불균등 현상을 가져오는 것으로 나타났다. 이에 비해 자체 제작한 cone은 반음영폭의 차이가 0.5mm 이내로 확장된 SSD를 사용했을 경우보다 좀더 정확한 치료를 할 수 있는 것으로 사료된다.

자체 제작한 cone은 acryl 재질로 cone의 특성상 최대선량점(Dmax)은 표준 cone에 비해 표면쪽으로 이동(0.1~0.5cm)하였고 최대비정은 근소한 차이(≤2mm)를 나타냈다.

자체 제작 cone을 선형가속기에 장착하기 위해서 본원에서는 기존에 사용하고 있는 IORT applicator를 이용하여 비용절감이나 사용의 편이성등을 향상시킬 수 있었다.

V. 결론

자체 제작한 cone을 표준 cone과 비교한 결과, 제작된 cone이 확장된 SSD에서의 표준 cone의 사용에 비해 반음영폭을 상당부분 감소시켜 실제 임상에 사용시 편리함과 더불어 SSD의 확장, 변화시 선량변화를 배제할 수 있으므로 좀더 정확하고 유용한 치료를 시행할 수 있을 것으로 사료된다.

※ 참고문헌

1. Ivan A. Brezovich, Prem N. Preek, Sharon A.

- Spencer, Merle M. Salter, Robert Y. Kim, A clinically practical electron cone for the treatment of head and neck cancer, *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, Vol. 28, No.4, pp. 1025-1028, 1994
2. Khan. F. M, *The Physics of Radiation Therapy*, 2nd edition, 346-417, 1994
3. Keys. R. A, Purdy. J. A, Radiation leakage from linac electron accelerator assembly, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 10, pp.713-721, 1984
4. Khan. F. M, Doppke. K. P, Hogstrom. V. R, Kutcher. G. J, Nath. R, Prasad. S. C, Purdy. J. S, Rosenfeld. M, Werner. B. L, *Clinical electron beam dosimetry*, Report of AAPM Radiation Therapy Committee, Task Group No.25, *Med. Phys.* 18, pp.73-109, 1991
5. Pennington. E. C, Jani. S. K, Wen. B. C, Leakage radiation from electron applicators on a medical accelerator, *Med. Phys.* 15, pp.763-765, 1988
6. Nyerick. C. E, Oehran. T. G, Boyer. A. L, Hogstrom. K. R, Dosimetry characteristics of metallic cones for intraoperative radiotherapy, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 21, pp.501-510, 1991