

# Characteristics of Scattered Rays Depending on the Use of a Flattening Filter

SeongJin Jin,<sup>2</sup> ChulWoo Park,<sup>1</sup> Jaeyong Je<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiological Technology, Dong-Eui Institute of Technology

<sup>2</sup>Department of Radiation Oncology, Haeundae Paik Hospital

Received: January 03, 2016. Revised: January 20, 2016. Accepted: January 30, 2016.

## ABSTRACT

This Study aims at measuring scattered rays depending on the use of a flattening filter when radiation is irradiated using a linear accelerator. measurement of the scattered rays, an ionization chamber was used, and the energy of the irradiated radiation was 6 MV and 10 MV. The ionization chamber was located at the spot 15 cm, 25 cm, 35 cm and 45 cm far away from the center of gantry rotation, and the scattered rays were measured according to whether a flattening filter was used or not and to the distance. As the result of investigation of 100 cGy about each energy, when the flattening filter was not used with 6 MV, it occurred at a low level of 65%, and with 10 MV at that of 55%. In other words, it's been concluded that when a flattening filter is not used for radiation dose of the parts around the critical organ, scattered rays generate in a small quantity, and it's a useful way to decrease the stochastic effect of radiation.

Keyword: flattening filter, linear accelerator, scattered ray

## I. INTRODUCTION

방사선 심부치료는 1913년 Coolidge tube를 이용하여 X선으로 시도되었으며, 1937년에는 Coolidge tube에 400 kV의 전압을 인가하여 사용하였다.

방사선치료 장치는 과학기술의 발달로 인하여 현재 선형가속기가 가장 많이 사용하고 있다. 최근 치료방법으로는 치료용적에서 가장 이상적인 선량분포를 나타내고 있는 치료방법인 세기변조 방사선치료(IMRT, Intensity Modulated Radiation Therapy)와 치료의 질과 보다 높은 정확성을 유지하기 위해 각종 의학 영상의 도움으로 좀 더 정확하고 재현성 있는 치료방법인 영상유도 방사선치료(IGRT, Image-Guided Radiation Therapy)를 이용하여 치료하고 있다.

방사선 치료에서 치료목적 부위를 제외한 주변 조직은 적은 선량의 방사선이라도 확률적인 영향을 발생시

킬 수 있으므로 고에너지 방사선을 사용함에 있어 고려되어야 할 중요한 점은 종양의 처방선량과 함께 환자에게 피폭되는 표면선량이다.<sup>[1-3]</sup>

치료목적 부위를 제외한 산란선의 발생은 치료기 헤드 부위와 방사선 치료실의 실내 구조에 따라서도 다르게 발생이 되며<sup>[4]</sup> 가능한 치료목적 부위를 제외한 모든 부위는 최대한 적은 선량이 조사되도록 하여야 한다. 총 선량 5000 cGy를 조사할 때 산란선에 의한 2~3%의 산란선량이라도 백내장, 생식기능 저하의 장애도 일으킬 수 있으며, 200 cGy의 선량이 수정체에 조사될 경우 백내장을 일으킬 수 있다.<sup>[5]</sup> 그리고 고환에 100 cGy 정도 피폭되면 생식기능에 장애를 받으며 400 cGy 이상 피폭될 경우 영구적인 무정자증이 생길 수 있다고 보고되고 있다.<sup>[6,7]</sup> 또한 선형가속기를 이용한 방사선 치료과정에서 조사면적 외부에서 발생된 산란선에 의한 주변선량 축적현상은 오래전부터 보고되어 왔다.<sup>[8]</sup>

\*Corresponding Author: Jaeyong Je

E-mail:jjy04@dit.ac.kr, Tel: +82-10-2593-1362

Address: Dong-eui Institute of Technology, 54, Yangji-ro, Busanjin-gu, Busan, Korea

종래의 선형가속기에서 발생된 X선은 중심부위가 강한 선량분포를 나타내므로 균등한 선량분포를 얻기 위해 Pb, Al, Cu 등의 재질로 만들어진 선속평탄 여과판 (Flattening Filter, 2 F)을 사용하지만 출력선량 감소로 치료시간이 길어지는 단점이 있다. 이러한 치료시간 단축을 위하여 선속평탄 여과판을 제거할 수 있는(Flattening Filter Free, 3 F) 선형가속기가 개발되어 운영하고 있다. 선속평탄 여과판을 사용하지 않을 경우조사야 외부의 방사선과 선형가속기 head 아래에서 발생하는 산란선이 적게 발생하는 이점이 있다.<sup>[9,10]</sup> 또한 매우 높은 광자 에너지는 적은 수의 중성자선을 발생시킬 수 있어 3F mode로 불필요한 노출을 감소시킬 수 있다.<sup>[11]</sup> 이러한 선속평탄 여과판의 제거는 중심선량이 4배 이상 증가되어진다.

본 연구에서는 선속평탄 여과판의 유무에 따른 방사선의 에너지와 회전중심에서의 거리에 따른 산란선을 비교 분석하여 방사선치료 중 산란선에 의한 주변선량을 감소시키기 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

선형가속기 헤드 부위에서 발생하는 산란선은 선속평탄 여과판과 콜리메이터 등에 의해 발생하며 산란선 측정을 위하여 Fig. 1과 같이 선형가속기(True Beam, Varian, USA), 다기능 측정기(TNT12000, Fluke, USA), 전리함(96035B, Fluke, USA)을 사용하였다. 방사선 조사면의 크기는 갠트리 회전중심 거리에서 10 × 10 cm로 설정하였다. 회전중심에서 거리에 따른 산란선을 측정하기 위하여 이온 챔버의 위치는 갠트리 회전 중심(SAD 100 cm)에서 15, 25, 35, 45, 55 cm의 거리에 위치시켜 측정하였다. 6 MV, 10 MV의 방사선 에너지를 600 MU/min의 조사선량률로 회전중심점에 100 MU를 조사하고 Fig. 2와 같이 선속평탄 여과판의 유무에 따른 산란선량을 측정 하였다.

즉, 선속평탄여과판을 사용하지 않을 경우 Table. 1과 같이 2,400 MU/min까지 조사가 가능하므로 4배 이상의 방사선 조사가 가능하다.



Fig. 1. Measurement of Scattered Rays.



Fig. 2. Flattening Filter.

Table 1. True Beam photon energy and dose rates

Nominal Photon Beam Energy [MV]	Maximum Dose Rate [MU/min]
6	600
10	600
15	600
6 [3F Mode]	1400
10 [3F Mode]	2400

## III. RESULT

갠트리 회전중심에서 15 cm 떨어진 6 MV 조사에서는 Table. 2와 같이 선속평탄 여과판 사용(Flattening Filter, 2 F)으로 15.84 mGy, 선속평탄 여과판을 사용하지 않은(Flattening Filter Free, 3 F)것에서는 10.22 mGy로 나타났고, 25 cm 떨어진 거리에서 2 F는 7.168, 3 F는 4.614 mGy로 측정되었다. 35 cm 떨어진 거리에서 2 F는 3.156 mGy, 3 F는 2.052 mGy로 나타났고, 45 cm 떨어진 거리에서 2 F는 1.334 mGy, 3 F는 0.872 mGy로 측정되었다. 55 cm 떨어진 거리에서 2 F는 0.644 mGy, 3 F는 0.421 mGy의 산란선이 측정되었다.

방사선의 에너지가 10 MV에서는 Table. 3과 같이 중심선속으로부터 15 cm 거리의 2F는 20.72 mGy, 3F는

11.34 mGy로 나타났고, 25 cm 떨어진 거리에서 2F는 9.209 mGy, 3F는 5.068 mGy로 나타났다. 35 cm 떨어진 거리에서 2F는 3.929 mGy, 3F는 2.211 mGy로 나타났고, 45 cm 떨어진 거리에서 2F는 1.520 mGy, 3F는 0.854 mGy, 55 cm 떨어진 거리에서 2F는 0.708 mGy, 3F는 0.400 mGy의 산란선이 측정되었다.

Table 2 Result of 6 MV Scattered Rays [Unit: mGy]

Distance [cm]	2 F and 3 F mode	
	6 MV [2 F]	6 MV [3 F]
15	15.84	10.22
25	7.168	4.614
35	3.156	2.052
45	1.334	0.872
55	0.664	0.421

Table 3 Result of 10 MV Scattered Rays [Unit: mGy]

Distance [cm]	2 F and 3 F mode	
	10 MV [2 F]	10 MV [3 F]
15	20.72	11.34
25	9.209	5.068
35	3.929	2.211
45	1.520	0.854
55	0.708	0.400

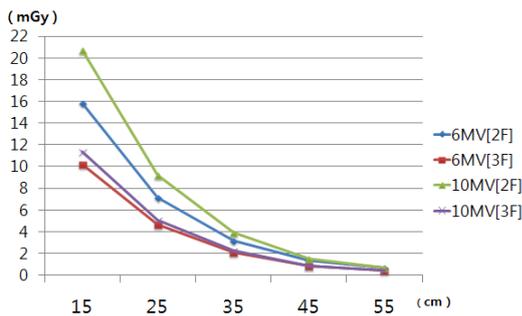


Fig. 3. Comparison of 6 MV and 10 MV Scattered Rays.

결과적으로 Fig. 3에서 Flattening Filter를 사용하고 방사선 에너지가 증가하면 산란선이 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 하지만 6 MV 2 F Mode와 10 MV 3 F Mode를 비교했을 때 에너지는 10 MV가 더 세지만

Flattening Filter를 사용한 6 MV 2 F Mode에서 산란선이 더 많이 발생하는 것으로 나타났고, 6 MV 3 F Mode와 10 MV 3 F Mode를 비교하면 에너지가 높은 10 MV에서 산란선이 많았지만 45cm이상의 거리에서는 오히려 감소하는 결과를 나타내었다.

#### IV. DISCUSSION

방사선치료에서 치료목적부위에는 최대한의 방사선량을 조사하고 정상조직에는 최소한의 선량이 조사되어야 한다. 즉, 방사선 조사 중 발생된 산란은 환자의 방사선 피폭에서 확률적 영향을 증가시킨다. 본 연구에서는 선속평탄 여과판의 유무에 따라 3 F Beam Mode와 2 F Beam Mode를 비교 분석하였다. 그 결과 대부분 납으로 만들어진 선속평탄 여과판을 사용하고 방사선 에너지가 증가하면 산란선이 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 하지만 회전중심에서 가까운 거리에서는 에너지 증가에 따라 산란선이 많이 발생했지만 45 cm 이상 거리가 멀어지면 방사선 에너지가 증가하더라도 산란선이 감소하는 결과를 나타내었다.

#### V. CONCLUSION

본 연구는 선속평탄여과판의 사용 유무에 따른 산란선 발생량에 관한 것이다. 3 F Mode를 사용함으로써 수정체와 전립선 등 결정 장기 주위의 방사선 치료에서는 산란선에 의한 확률적 영향을 감소시킬 수 있고, 종양 중심에 대한 방사선량률을 2 F Mode와 비교하여 4배 이상 조사가 가능하므로 치료 시 환자의 움직임과 불편함을 감소시킬 수 있다. 즉, 단시간 치료가 필요한 부위와 결정장기 주변의 방사선 치료에서는 3 F Mode가 2 F mode보다 더 유용한 치료방법으로 판단되어진다.

#### Reference

- [1] F. H. Attix, F. Lopez, S. Owolabi and B. R. Paliwal, "Electron contamination in gamma-ray beams," Medical Physics, Vol. 10, No. 3, pp. 301-306, 1983.
- [2] P. L. Petti, M. S. Goodman, T. A. Gabriel and R. Mohan, "Investigation of buildup dose from electron contamination of clinical photon beams," Medical Physics, Vol. 10, No. 1, pp. 18-24, 1983.
- [3] C. C. Ling, M. C. Schell, S. N. Rustgi, "Magnetic a

- analysis of the radiation components of a 10 MV photon beam,” *Medical Physics*, Vol. 9, No. 1, pp. 20-26, 1982.
- [4] M. A. Kim, Y. D. Kwon, J. Y. Je, “A study on the interior structure and scattered radiation measurement of radiotherapy room,” *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 3, No. 3, pp. 194, 2012.
- [5] J. T. Parsons, C. R. Fitzgerald, C. IanHood, “The effects of irradiation on the eye and optic nerve,” *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, Vol. 9, No. 3, pp. 609-622, 1983.
- [6] D. J. Pizzarello and R. L. Witcofski, *Medical radiation on biology*, 2nd Ed., Lea & Febiger, Philadelphia, p p. 52-62, 1982.
- [7] P. Ash, “The influence of radiation on fertility in man,” *British Journal of Radiology*, Vol. 53, pp. 271-278, 1980.
- [8] B. A. Fraass and J. van de Geijn, “Peripheral dose from megavoltage beams,” *Medical Physics*, Vol. 10, pp. 809-818, 1983.
- [9] P. F. O’Brien, B. A. Gillies, M. Schwartz, C. Young and P. Davey, “Radiosurgery with unflattened 6-MV photon beams,” *Medical Physics*. Vol. 18, No. 3, pp. 519-521, 1991.
- [10] S. F. Kry, O. N. Vassiliev and R. Mohan, “Out-of-field photon dose following removal of the flattening filter from a medical accelerator,” *Physics Medical Biology*, Vol. 55, No. 8, pp. 2155-2166, 2010.
- [11] S. F. Kry, U. Titt, F. Pönisch, et al, “Reduced neutron production through use of a flattening-filter-free accelerator”, *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, Vol. 68, No. 4, pp. 1260-1264, 2007.

## 선속평탄 여과판 사용 유무에 따른 산란선 특성

진성진,<sup>2</sup> 박철우,<sup>1</sup> 제재용<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>동의과학대학교 방사선과

<sup>2</sup>해운대백병원 방사선종양학과

### 요약

본 연구는 선형가속기를 이용한 방사선 조사에서 선속평탄 여과판 사용 유무에 따른 산란선을 측정하고자 한다. 산란선 측정은 전리함을 사용하였으며, 조사한 방사선의 에너지는 6 MV와 10 MV 이다. 갠트리 회전 중심에서 전리함을 15, 25, 35, 45 cm 거리에 위치시키고 선속평탄 여과판 사용 유무와 거리에 따른 산란선을 측정하였다. 각각의 에너지에 대하여 100 cGy 조사한 결과 6 MV에서 선속평탄 여과판을 사용하지 않은 것에서 65% 정도로 낮게 발생되었고, 10 MV 에서는 55% 정도로 낮게 발생되었다. 즉, 방사선 치료에서 결정 장기 주변의 선량은 선속평탄 여과판을 사용하지 않을 때 산란선이 적게 발생되어 방사선에 대한 확실적인 영향을 줄이기 위한 유용한 방법으로 판단되어진다.

중심단어: 선속평탄 여과판, 선형가속기, 산란선