

## 새로 개발된 Multi-leaf Collimator의 방사선 차폐효과

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 치료방선과학교실

이 병 용 · 최 은 경 · 김 종 훈 · 장 혜 속

=Abstract=

### The radiation shielding characteristics of the newly developed type Multi-leaf Collimator.

Byong Yong Yi, Eun Kyung Choi, Jong Hoon Kim, Hyesook Chang

Department of Radiation Oncology, University of Ulsan, College of Medicine,  
Asan Medical Center

We have newly developed Multi-leaf Collimator(MLC), which is the one of the essential equipments for conformal therapy, and examined its radiation shielding characteristics.

Radiation transmission through leaf is 1.5~1.9% for various photon energies(4MV, 6MV and 15MV) at the  $d_{max}$  depth. And those for various depths are around 2% : The transmission factor is increased as photon energy increases, while one cannot find depth-transmission relation. Inter-leaf leakage is 1.9~2.5%, which is good for clinical application.

AMC type MLC shows superior shielding characteristics to commercially available MLC system

Key words: Multi-leaf Collimator, MLC, radiation transmission, radiation leakage

#### I. 서 론

입체조형치료는 방사선 치료의 한 방법으로 최근 각광을 받기 시작하고 있으며, 서울중앙병원에 1995년부터 본격적인 시행을 시작하였다.<sup>1</sup> Multi-leaf Collimator(MLC)는 입체조형치료를 위한 필수장비로 1980년 Matsuda<sup>2</sup>가 컴퓨터로 제어되는 초보적인 MLC를 발표한 이래 많은 발전이 있어서 실용화가 되고 있으며, 최근까지 활발한 연구개발이 진행되고

있다.<sup>3</sup> 국내에서는 본 교실의 안승도<sup>4</sup>, 이병용<sup>5</sup>, 장혜속<sup>6</sup> 등이 MLC 개발을 위한 기초연구 및 제작에 관한 연구를 수행하였으며, 현재 완성단계에 있다.

개발된 MLC를 임상에 적용하기 위하여는 철저하게 성능을 검토하여야 함은 물론이다. 그 중에서도 MLC의 차폐성능을 비롯한 dosimetry 특성이 가장 중요하다. 이에 따라 이미 상품화된 MLC에 대한 성능 검토 보고가 계속되고 있다.<sup>7,8,9</sup>

이 연구에서는 본 교실에서 제작한 MLC를 이용

하여 이 장비의 방사선 차폐 특성에 대하여 알아 보았다. 차폐특성에 따라 임상 적용 가능성 여부를 알 수 있고, 경우에 따라 설계를 변경해야 하는 경우도 생길 수 있기 때문에 이 연구는 MLC 개발 과정에서 매우 중요한 역할을 한다.

## II. 재료 및 방법

이 연구에 사용된 leaf의 모양은 이미 보고된 바 있다.<sup>5,6</sup> 그러나 간략히 설명하면 다음과 같다. leaf의 단면은 방사선이 발산하는 것을 고려하여 방사상으로 만들었으며, leaf 사이로 방사선이 누출되는 것을 막기 위하여 0.4mm 두께, 28mm 높이의 턱을 만들었다. 이 턱은 leaf가 움직일때 guide로서도 역할을 할 수 있다. Leaf의 높이는 60mm로 8~10 반가층에 해당하는 크기이며, 폭(두께)은 치료면에서 1cm가 되도록 하였다. Leaf 사이에 있는 턱으로 인해 가장 나쁜 경우에도 누설 방사선이 4~5 반가층은 지나도록 설계되었다. Leaf의 원활한 움직임과 제작상의 오차를 감안하여 leaf 사이를 0.1mm와 0.2mm로 두어 두 간격에 따르는 방사선 누출 효과의 변화를 살펴보았다. Leaf의 재질은 텅스텐 함유인 대한중석의 KT-HA30으로써 텅스텐 95%, 밀도 18인 물질을 사용하였다. 이 물질은 일반적으로 깨지기 쉽고 너무 단단하여 가공이 어려운 텅스텐과는 달리 기계 가공이 가능한 장점이 있다. 사용된 방사선은 국내 대부분의 의료용 선형가속기에서 사용하는 에너지 범위의 4MV~15MV 광자선으로서 선원-관통 표면까지의 거리(SSD) 100cm 조건으로 조사하였다. 조사면 크기를 10×10cm<sup>2</sup> 또는 20×10cm<sup>2</sup>로 하여 leaf를 투과하는 방사선의 양, leaf 사이의 방사선 누출 등을 에너지와 깊이의 함수로 살펴보았다. leaf 사이의 누출은 leaf 간격의 변화에 따르는 차이를 보기 위하여 leaf 간격 0.1mm~0.2mm에 대하여 측정을 실시하였다. 폴리스티렌 관통과 Kodak X-Omat V 필름을 사용하였고 필름의 깊이 의존성을 줄이기 위하여 동일한 깊이에서 MLC가 조사면을 덮고 있을 때와 MLC가 없을 때의 필름 농도를 측정하여 그 비를 취하였다. 측정 깊이는 dmax, 5cm, 10cm, 20cm로 하였으며 X-rite 필름 농도계를 이용하였다. 필름의 선량 의존성에 따르는 오차 요인

을 줄이기 위하여, 측정되는 농도가 서로 비슷해지도록 MLC가 조사면을 덮고 있을 때와 MLC가 없을 때의 mu를 50~60mu와 ~1000mu로 각각 피어 주었다. 관독된 필름 농도는 동일한 조건의 mu (100mu)로 조사한 값으로 환산하여 비교하였다.

## III. 결과 및 논의

제작된 텅스텐 leaf는 일반 차폐용 납보다 우수한 차폐 성능을 보였다. Leaf를 투과하는 선량은 dmax 깊이에서 해당에너지 범위에서 1.5%~1.9% 였으며, leaf 사이 누출선량은 0.1mm leaf 간격에서 1.9~2.5%, 0.2mm leaf 간격에서 2.3~2.5% 특성을 보여서 0.1~0.2mm 사이에서는 leaf 간격이 중요한 역할을 하지 못함을 알 수 있다. Table 1에서 알 수 있듯

Table 1. Transmission interleaf leakage the leaf for varous energies

(unit %)

Energy	Manufac-turer	Leaf transmission	Interleaf leakage	
			0.1mm gap	0.2mm gap
4MV	This study	1.5	1.9	2.3
6MV	This study	1.5	2.1	2.4
15MV	This study	1.9	2.5	2.9
6MV	Varian	2.1	2.9	
15MV	Varian	2.4	3.2	

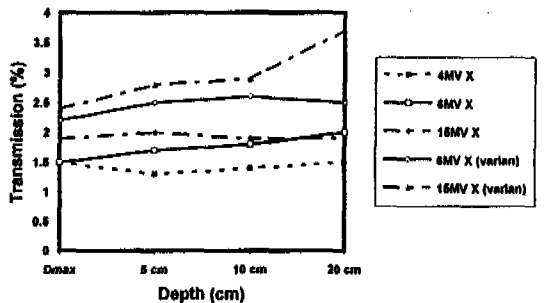


Fig 1. Leaf transmission for various energies and depths

이 상품화된(varian, USA) 제품은 2.4% 투과와 3.2%의 leaf 사이 누출선량을 보여주어 본 연구에서 개발한 장치가 차폐 성능에서 우수함을 알 수 있다.

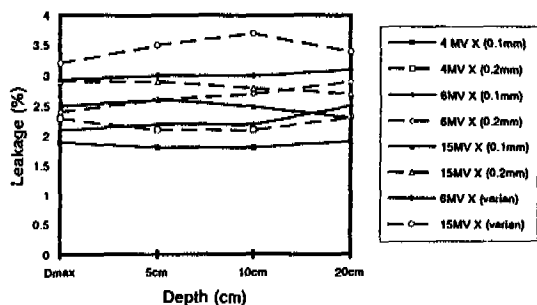


Fig 2. Inter-leaf leakage for various energies and depths

Fig 1은 깊이에 따르는 leaf 투과 선량 변화, Fig 2는 깊이 변화에 따르는 leaf간 누출 선량의 변화를 보여주고 있다. 두 그림에서 알 수 있듯이 에너지가 증가함에 따라 선량 투과 또는 누출 선량이 증가하는 경향을 보였으나, 깊이에 따르는 두드러진 변화를 볼 수는 없었다.

Huq 등은<sup>7</sup> 1995년 Philips의 MLC System에 대한 dosimetry를 시행하였고, 이를 통해 반그림자 및 투과, 누출선량에 대한 평가를 한 바 있다. Philips MLC는 에너지에 따라 2.5~3.5% 누출선량을 보인다고 보고하였다.

Boyer 등은<sup>8</sup> 1992년 본 연구에서 비교 사용된 것과 동일한 Varian MLC에 대하여 6MV에서는 2.5~4% 18MV에서는 3.5~5% 투과를 보고하여 본 연구보다 약간 높게 평가하였으며, 1993년 Galvin 등은<sup>9</sup> 역시 같은 종류의 장비에서 6MV에서 1.5% 투과와 1.8~2.3% 누출선량을 보고하며 본 연구보다 약간 낮게 평가하였다.

본 연구에서 제작된 MLC는 우수한 차폐 특성을 갖고 있어 차폐능 관점에서 볼 때 방사선 치료 전 영역의 에너지에서 임상 적용이 가능함을 할 수 있었다. 기존의 상품과의 비교에서도 그 특성이 더 우수하였다.

#### IV. 결 론

방사선 입체조형치료에 있어서 핵심장치의 하나인 Multi-leaf Collimator(MLC)를 개발하고 그 차폐 특성을 알아 보았다. 실험결과 4MV, 6MV, 15MV

X선에 대하여 leaf를 투과하는 것은 dmax 부근에서 1.5~1.9%이었고 그 이외의 깊이에서는 2% 정도의 투과를 보였다. 에너지가 증가함에 따라 선량 투과는 약간 증가하는 경향을 보였으나 판톰깊이에 따르는 변화는 두드러진 것이 없었다. Leaf사이의 간격을 0.1mm와 0.2mm로 하였을 경우 leaf사이로 누출되는 방사선의 차이가 현저하지 않았으며, 대체로 2~3%의 누출이 있어서 임상 적용이 가능하였다. 기존의 상품(Varian 제품)과 비교할 때 본 연구에서 제작된 MLC의 차폐 성능이 우수한 것으로 평가되었다.

#### 참 고 문 헌

1. 장혜숙, 최은경, 이병용, 김종훈 편집 : Proceedings of the 3-D conformal Therapy and use of chemicals in Radiation Oncology, 1995. 서울.
2. Mastuda T: Computer controlled multileaf conformation radiotherapy, In proceedings of the 7th Int. Conf. on Computers in Radiation Therapy 302, 1980
3. Maughan RL, Powers WE, Blosser GF, Blosser EJ and Blosser HG : Radiological properties of prototype multi-rod collimator for producing irregular fields in photon radiation therapy. Med. phys. 1995;22(1):31-36
4. 안승도 : 치료조사면 유휴분석을 통한 적정 디엽 콜리메이터 규모에 관한 연구, 울산대학교 대학원 석사학위 청구논문, 1993.
5. 이병용, 조병철, 장혜숙 : Multileaf Collimator의 적정 폭에 관한 연구, 의학물리 1994;5(2):49-55
6. 장혜숙, 이병용, 조병철 : 불균일 폭분포를 갖는 Multileaf collimator 설계에 관한 연구, 의학 물리 1994;5(2):45-48
7. Huq MS, Yu Y, Chen ZP, and Suntharalingam N : Dosimetric characteristics of a commercial multileaf collimator. Med. Phys. 1995 22(2): 241-247
8. Boyer AL, Ocharan TG, Nyerick CE, and

Wadron TJ : Clinical dosimetry for implementation of Multileaf Collimator Med. Phys. 1992 19 (5):1255-1261

9. Galvin JM, Smith AR, and Lally B : Characterization of a Multileaf collimator system Int. J Radiation Oncology Biol. Phys. 1993 25(2):181-192