

Multileaf Collimator의 적정 폭에 관한 연구

이병용, 조병철, 장혜숙

울산대학교 의과대학, 서울중앙병원 치료방사선과학교실

초 록

Conformal therapy를 위해 필수적이라 할 수 있는 Multileaf collimator(MLC)는 기존의 cerrobend에 의해 형성되는 선량 분포에 비해 leaf 폭의 제한 때문에 조사면의 경계 부분의 반그림자를 증가시키는 결과를 초래한다. 이러한 scallop penumbra의 변화를 알아보기 위해 본 연구에서는 MLC에 의해 형성되는 모양의 field를 cerrobend 블럭을 이용하여 제작, 다양한 형태의 field 모양에 따른 기존의 블럭과 MLC블럭에 의한 penumbra의 차이를 비교해 보고 이를 통해 임상적으로 사용 가능한 최적의 leaf 폭을 찾아내었다. MLC 제작시의 비용을 고려할 때 leaf 폭이 8 mm가 적당함을 알 수 있었다.

1. 서 론

주위의 정상 조직에 대한 불필요한 선량을 줄이고 치료할 종양 부위에만 선량을 집중시키고자 하는 conformal therapy^{1), 2)}는 방사선 치료로 인한 부작용은 감소시키는 반면 종양에 대한 선량 증대(dose-escalation)를 통해 치료 성적의 향상을 기대할 수 있는 획기적인 방사선 치료 방법으로 관심을 모으고 있다.

Conformal therapy가 임상에 이용되게 된것은 CT나 MRI를 통해 보다 정확하게 종양 조직과 주위의 방사선 민감 장기들을 결정할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 Beam's Eye View등의 기능을 갖춘 3D-treatment planning system을 사용하여 target volume에만 선량을 국한시킬 수 있도록 방사선의 입사 방향 및 field의 모양을 손쉽게 고안하여 이에 의한 선량 분포를 보다 정확하게 확인하여 볼 수 있었기 때문이다. 또한 conformal therapy에는 기존의 치료에 비해 많은 문수의 방사선이 사용되는데 이를 치료에 적용시키기 위해서는 자동 제어되는 Multileaf Collimator (MLC)가 필수적이다.

MLC는 단순히 기존의 차폐블럭을 대신하는 기능 이외에 방사선 치료 도중에 각각의 leaf의 위치를 조절하므로써 intensity modulation의 치료 기법에 이용될 수 있는 가능성을 내포하고 있다.³⁾

그러나 MLC에 의해 형성되는 field는 유한한 leaf 폭 때문에 cerrobend에 의한 차폐 블럭에 비해 field의 경계 부분에 그림 1에 보인 바와 같이 계단 모양의 선량 분포를 형성하게 되는데 이를 scallop penumbra⁴⁾라 부르며, conformal therapy와 같이 정밀성이 요구되는 치료에서는 오히려 부적합할 수도 있을 것이다. leaf의 폭을 줄이면 이러한 오차도 줄일 수 있었으나 MLC의 제작에 있어 기술 및 비용을 고려할 때 적절한 타협점이 필요한데 상품화된 대개의 MLC들은 SSD 100 cm에서 1cm의 leaf 폭을 갖고 있으나 이에 대한 선량 평가나 임상적 분석은 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 MLC의 leaf의 폭에 의한 penumbra의 증가를 측정하고 또한 치료시의 오차를 감안할 경우의 penumbra의 차이를 조사하여 적당한 MLC의 폭을 결정하고자 한다.

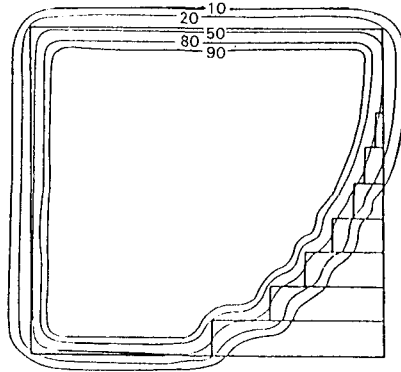


그림 1. scallop penumbra of an irregular field generated by MLC.

2. 재료 및 방법

MLC에 의해 형성되는 다양한 형태의 field모양과 그에 따른 scallop penumbra의 차이를 알아보기 위하여 그림 2와 같이 MLC의 길이방향에 대하여 15° 간격으로 $0^\circ - 75^\circ$ 의 각을 이루는 field를 leaf의 폭이 SSD 100 cm에서 각각 0(기존의 차폐블럭에 해당), 5, 10, 15, 20 mm 인 MLC를 이용하여 차폐할 경우의 블럭모양을 cerrobend를 이용하여 제작하였다.

이 블럭들을 이용하여 4, 6, 15 MV X-선을 깊이 8 cm의 polystyrene phantom내에서 필름에 조사한 후 선량분포를 측정하였다. 방사선 치료는 1회로 끝나지 않으며 매번 치료마다 환자의 움직임으로 인한 오차가 발생한다. 이에 따라 방사선 치료 조사면의 선량 분포가 달라지게 되는데 이에 대한 평가를 위하여 Rosenthal⁵⁾등이 보고한 치료시 오차 분포에 따라 가중치를 갖는 20회의 위치 난수를 발생시켜 필름선량계로 얻어진 1회 조사시의 선량 분포를 합성하여 20회 치료시의 선량 분포를 얻었다. 이렇게 얻어진 선량 분포의 반그림자 길이 변화를 leaf폭에 관한 함수로 나타내어 leaf 폭에 따르는 반그림자 크기 변화를 살폈다.

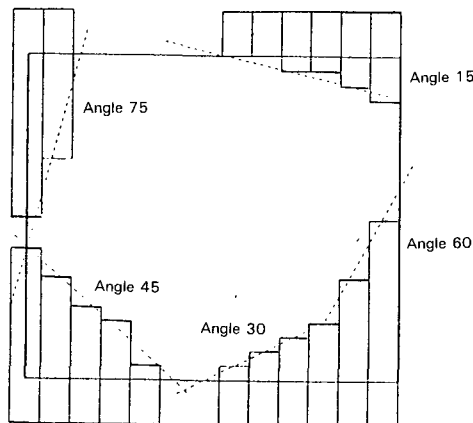


그림 2. The field shape from cerrobend block to emulate MLC.

3. 결과 및 고찰

각 X-선에 따라 측정된 선량 분포의 등선량 곡선상에서 80%와 20% 곡선간의 간격을 penumbra로 설정하여 기존의 차폐 블록에 의한 값과의 차이를 그림 3, 4에 실었다. 그림 3은 1cm의 leaf 폭에 대한 X-선의 에너지 변화에 따른 penumbra의 차이를 나타낸 것으로 field의 leaf의 길이 방향에 대한 기울기가 증가함에 따라 penumbra의 차이도 선형적으로 비례하여 증가하나 X-선의 에너지에 대한 의존도는 찾아 볼 수 없었다.

그림 4는 6 MV X-선에서의 leaf 폭의 변화에 따른 penumbra의 차이를 나타낸 것으로 field의 기울기가 45° 보다 클 경우 leaf의 방향을 90° 회전시키므로써 45° 보다 작은 기울기로 바꿀 수 있고 또한 field의 평균적인 기울기가 45°라고 가정하고 치료시 scallop penumbra로 인한 허용 오차를 2 mm까지 허용한다면 1 cm 폭의 leaf 까지는 임상적으로 사용 가능하다 하겠다.

또한 실제 치료에 있어서는 매 치료시 setup의 차이에 의한 불규칙한 치료 오차가 발생할 수 밖에 없는데 모든 치료 부위에 대해 평균적으로 5 mm 내외의 오차가 생긴다는 보고가 있다^{6), 7), 8)}. 이러한 불규칙한 치료 오차는 단일 조사시 형성되는 뚜렷한 선량 분포의 scallop 현상을 완화시키리라 기대된다. 이에 본 연구에서는 표 1에 보인 Rosenthal등⁹⁾의 치료 오차 분포에 따라, 측정된 단일 조사시의 선량분포를 2차원적으로 20회 합성하여 모의 치료시의 선량 분포를 얻어내어 그 결과를 그림 5에 전시하였다. 이에 따른 20회 모의 치료시의 penumbra 차이를 그림 6에 실었다.

이를 보면 예측한 바 대로 치료 횟수가 증가하므로써 penumbra 차이가 감소함을 알 수 있으며 45°를 기준으로 할때 2 mm 치료 오차를 허용한다면 leaf의 폭은 8 mm가 적당함을 알 수 있었다.

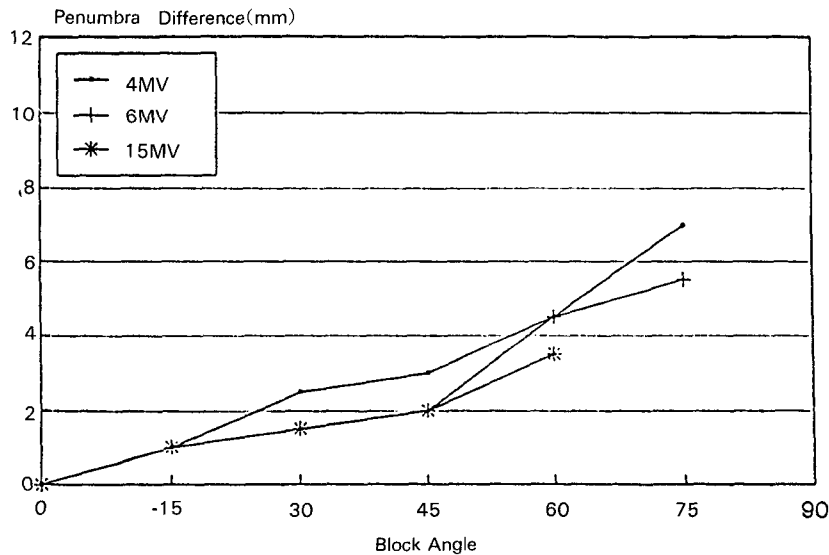


그림 3. penumbra differences between MLC with 1 cm leaf width and cerrobend block as a function of block angle for 4, 6, 15 MV photons.

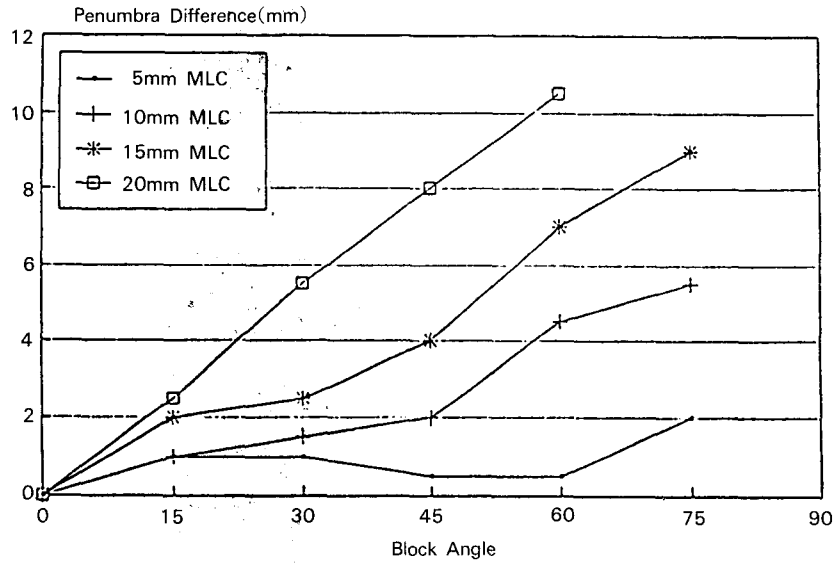
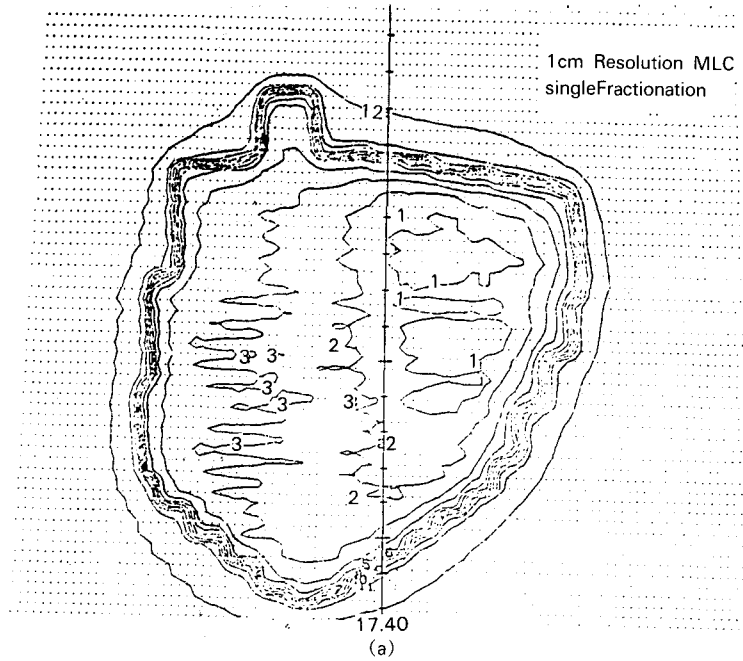


그림 4. penumbra differences between MLC with 5, 10, 15, and 20 mm leaf width and cerrobend block as a function of block angle for 6 MV photon(single fraction).



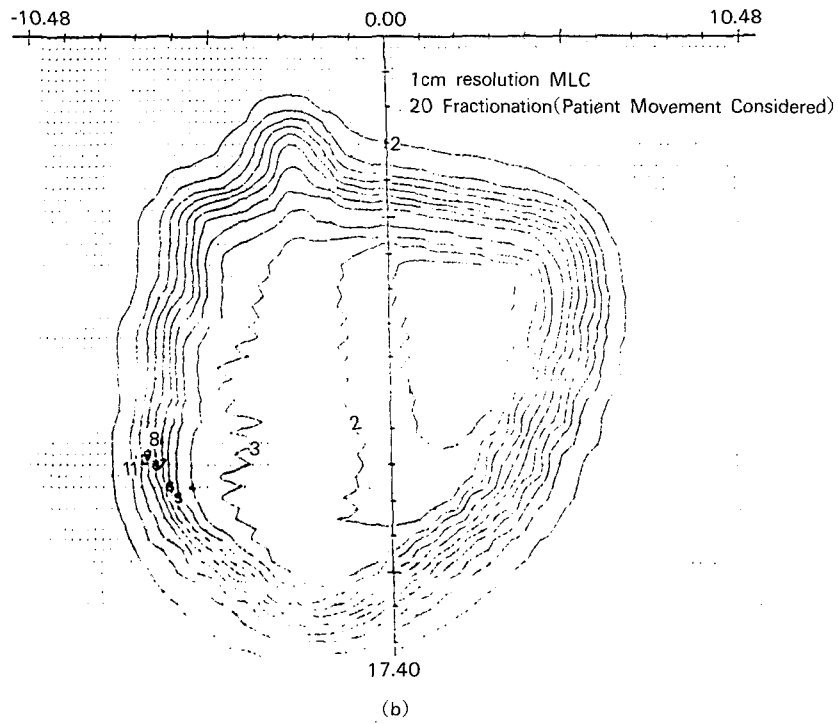


그림 5. isodose curves of MLC with 1 cm leaf width which were obtained from a) single fraction and b) computer-simulated 20 fractions.

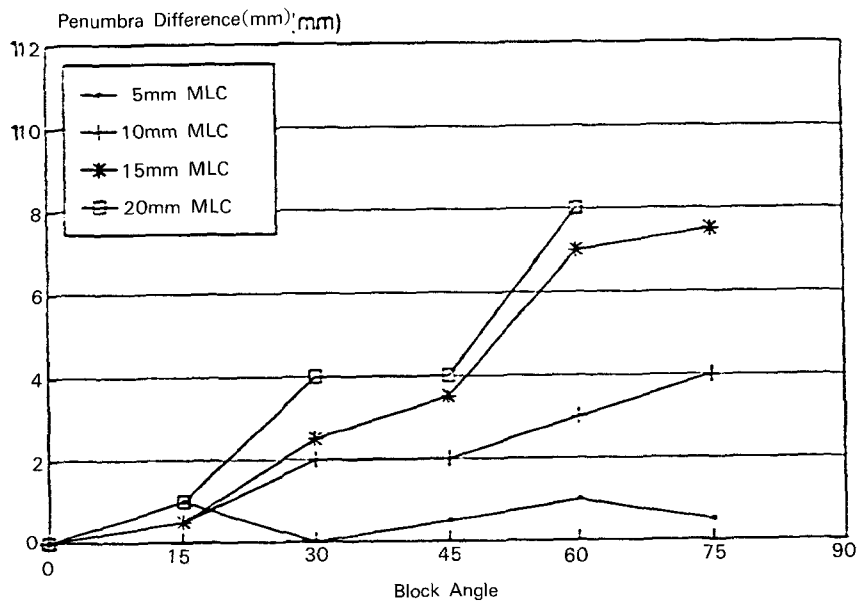


그림 6. penumbra differences between MLC with 5, 10, 15, and 20 mm leaf width and cerrobend block as a function of block angle for 6 MV photon(20 fractions).

표 1. Measures of error in patient positioning

	Treatment-to-treatment error	Simulation-to-treatment error	Total
No. of treatment fields	318	318	318
10th percentile(cm)	0.2	0.3	0.4
25th percentile(cm)	0.3	0.4	0.6
50th percentile(cm)	0.4	0.6	0.7
75th percentile(cm)	0.5	0.8	1.0
90th percentile(cm)	0.7	1.1	1.3
Mean difference(cm)	0.4	0.7	0.8
Standard deviation(cm)	0.2	0.4	0.4

From Rosenthal (1992) ref 5

4. 결 론

다양한 폭과 조사면을 갖는 MLC leaf 와 기존의 차폐 블럭에 의한 반그림자를 측정하여 leaf의 폭, X-선의 에너지, 그리고 leaf의 길이 방향에 대한 치료 조사면의 기울기에 대한 scallop penumbra의 변화를 고찰하였다. 또한 치료 오차를 고려한 컴퓨터 모의 실험을 통하여 실제 임상 조건을 고려한 MLC leaf의 적정 폭을 찾아 내었다. leaf의 적정 폭은 8 mm임을 알 수 있었다.

참고문헌

1. G. S. Mageras, K. C. Podmaniczky, and R. Mohan : A model for computer-controlled delivery of 3-D conformal treatments : Med. Phys. 19, pp. 945-953, 1992.
2. A. Brahme : Optimization of radiation therapy and the development of multileaf collimation : Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 25, pp. 373-375, 1993.
3. J. M. Galvin, X. Chen, and R. M. Smith : Combining multileaf fields to modulate fluence distributions : Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 27, pp. 697-705, 1993.
4. T. Losasso, C. S. Chui, G. J. Kutcher, and et. al. : The use of a multileaf collimator for conformal radiotherapy of carcinomas of the prostate and nasopharynx : Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 25, pp. 161-170, 1993.
5. S. A. Rosenthal, and et. al. : Improved methods for determination of variability in patient positioning for radiation therapy using simulation and serial portal film measurements : Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 23, pp. 621-625, 1992.
6. A. Ezz, P. Munro, and et. al. : Daily monitoring and correction of radiation field placement using a video-based portal imaging system : a pilot study : Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 22, pp. 159-165, 1991.
7. J. M. Michalski, J. W. Wong, and et. al. : An evaluation of two methods of anatomical alignment of radiotherapy portal images : Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 27, pp. 1199-1206, 1993.
8. I. Rabinowitz, and et. al. : Accuracy of radiation field alignment in clinical practice : Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 11, pp. 1857-1867, 1985.

Figure captions

The Optimum leaf width of Multileaf Collimator

Byong Yong Yi, Byung Chul Cho, and Hye Sook Chang
Dept. of Radiation Oncology
Univ. of Ulsan, College of Medicine, Asan Medical Center

Abstract

Multileaf Collimator is an essential tool for conformal therapy.

We have measured the scallop penumbras of a polygon-shape field produced by Multileaf Collimator(MLC) with various leaf widths and the penumbra from conventional block, and compared the difference between them for the energy of photons, leaf widths, and angle of filed edges in order to find out the optimum leaf width. In addition, we have simulated a treatment of 20 fractionations with errors of patient positioning.

Optimum cost-benefit balanced leaf width is 8 mm.