
다엽콜리메이터(Multileaf Collimator) 조사야의 반음영 및 선량분포 개선에 대한 연구

가톨릭대학교 강남성모병원 치료방사선과 · 김천대학 방사선과*

김창욱 · 김희남 · 임충근 · 나수경* · 박병섭*

A Study on the Improvement of Penumbra and Dose Distribution in the Multileaf Collimator Field Edge

CW. Kim · HN. Kim · CK. Lim · SK. Ra* · BS. Park*
Dept. of Radiation Oncology, Catholic University of Korea
*Dept. of Radiotechnology, Kim Chon College**

Multileaf collimator is essential equipment in conformal radiation therapy, however the use is limited by increase of penumbra width and undulating dose distribution at the field edge.

The purpose of this study is to improve the penumbra and dose distribution in the multileaf collimator field edge.

Measurement were performed with X-omat V film in solid water phantom using 6MV photon beam from Siemens linear accelerator.

All the measurement were made along the central axis of 5 x 5 cm, 10 x 10 cm circular field for constant SSD of 100 cm.

To improve the penumbra and dose distribution collimator was rotated by 15 degrees from 0 to 90 degrees (collimator rotation method) and center was shifted to the longitudinal direction by fourth of lead width (center shift method).

We compare the penumbra and dose distribution at the field edge to alloy block.

Dose distribution and penumbra width at the feild edge of MLC showed undulated dose pattern and increased penumbra compared with alloy block. However, in the collimator rotation method and center shift method we obtained simular results with alloy block.

Through the study we expected that clinical use of MLC will be increase.

I. 서 론

현재 치료의 경향은 입체조영치료(conformal radiation therapy)에 대한 노력이 많이 이루어지고 있으며, 이를 위하여 다엽콜리메이터(multileaf collimator)의 사용이 점차 넓어지고 있다.

다엽콜리메이터(MLC)는 합금납블럭(alloy block)에 비하여 제작시간을 단축시킬 수 있고 중금속에 의한 중독이나 환자와 충돌등의 위험성이 없으며, 차폐율 역시 더 좋은 장점이 있다.¹⁾ 그러나 다엽콜리메이터(MLC)로는 완전한 곡면의 조사야를 형성하는 것이 불가능하며 조사야 가장자리부분에서의 leaf사이 계단식 배열로 인한 파동형태의 선량분포와 반응영이 증가되는 단점이 있다.²⁾

특히 조사야 가장자리가 MLC의 진행방향과 45°의 경사를 이룰 때 파동형태의 선량분포와 반응영이 최대가 되며, 작은 조사야이면서 원형에 가까운 곡면을 가질 때 역시 파동형태의 선량분포와 반응영의 증가는 커지게 된다. 이러한 점은 조사야 주변에 결정장기가 있을 때 문제를 일으킬 수 있으며, 인접된 두 조사야 치료시에 합금납블럭(alloy block)대신 사용하는 것이 부적합한 경우로 보고되고 있다.^{2,3)} 따라서 본 연구에서는 MLC로 만들어진 조사야 가장자리에서의 반응영을 줄이고 선량분포를 개선할 수 있는 방법들을 제시하여 보다 효율적인 치료를 도모하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 사용 장비

Digital Mevatron(Siemens사, U.S.A)
Solid water phantom
X-omat film,
MLC beam shaper (Siemens)
Video densitometer(Wellhofer) 등이 이용되었다.

2. 방법

시멘스(Siemens)사 선형가속기에서 발생된 6MV X선을 이용하여 선원 표면간 거리(SSD) 100 cm에서 원형의 2개 조사야 5×5 cm, 10×10 cm에 대한 반응영 및 선량분포를 측정하였다.

Beam의 중심축에 수직이 되도록 고체 팬텀(solid water phantom)내 1.5, 5, 10cm 깊이에 X-omat V 필름을 삽입시키고 (그림 1) 다음의 실험방법에 대한 반응영 및 선량분포를 비디오 농도 측정기(video densitometer)로 측정하였다. 측정된 반응영 및 선량분포는 합금납블럭(alloy block)에서의 값과 비교하였다.

1) 합금납블럭(alloy block)으로 5×5 cm, 10×10 cm의 원형조사야를 만든 후 1.5, 5, 10 cm 깊이에서 각각 140MU를 조사하여 반응영 및 선량분포를 측정하였다.

2) 이 방법은 지금껏 임상에서 사용하고 있는 방법으로 모의치료필름(simulation film)에 원형조사야를 크기별로 그린후 필름을 MLC beam shaper의 view box위에 위치시키고 digitizer를 이용하여 중심점(center) 및 set-up점[(X,Y) : (0,0), (0,5), (5,5), (5,0)]을 설정한다. 이 과정을 통해 MLC 컴퓨터는 필름 중심점, 필름의 확대율(magnification)등의 기하학적 조건을 인식하게 되며 다시 digitizer로 원하는 조사야를 그려 주면 MLC computer는 조사야에 맞도록 leaf들을 위치시켜 조사야를 만들어준다. MLC로 만들어진 조사야에서 각 depth마다 총 140MU를 조사

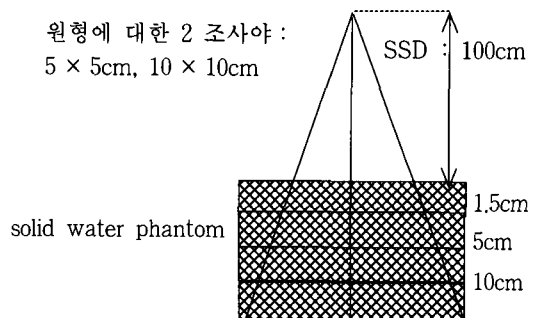


그림 1. Experimental setup

하여 측정하였다.

3) 콜리메이터 회전방식(collimator rotation method)은 MLC에서 얻어진 원형조사야를 가지고 단순히 콜리메이터만을 회전시키는 방법으로, MLC로 조사야를 만들 때 발생하는 leaf들의 계단식 배열로 인해 적은 선량이 들어가는 부분(under dose area)과 선량이 많이 들어가는 부분(over dose area)이 콜리메이터를 회전시킴으로서 다른 방향에서 많이 들어가는 부분에 leaf가 채워지게 되고 적게 들어가게 했던 부분의 leaf가 다른 방향으로 빠져나가게 되어 균등한 선량분포를 얻게 되는 것이다(그림 2).

X-jaw만이 MLC로 이루어진 것을 감안하여 0 - 90°까지 15°씩 총 7번 회전에 각 회전마다 20MU를 주어 각 depth마다 총140MU를 조사하여 측정하였다.

4) 중심 이동방식(center shift method)은 조사야 중심을 이동시킴으로서 조사야에서 발생되

는 적은 선량이 들어가는 부분(under dose area)과 선량이 많이 들어가는 부분(over dose area)이 이동되어 적은 선량이 들어가는 부분(under dose area)의 leaf이 많은 선량이 들어가는 부분으로 이동되어짐으로 균등한 선량분포의 효과를 얻게 된다. 본 연구에서는 실험을 간단하게 하기 위하여 leaf 폭의 1/4씩을 이동하였다.²⁾

Simulation film의 중심점에서 1cm되는 점까지를 네 부분으로 나누어 (SSD 100 cm에서 leaf width가 1 cm이므로) 그림 3에 나타난 것처럼 이동되어질 점을 표시한 후 각 표시점을 중심으로 하여 MLC조사야를 만든다. 먼저 원래의 중심점에서의 조사야를 만들어 Lantis에 저장시키고 중심점을 이동해 표시한 점들에서의 조사야를 만든다. 단 주의점은 중심점 및 set-up점은 이동시키기전의 조사야와 같게 해준다. 이와같은 작업을 통해 중심점이 이동되어지는 효과를 얻을 뿐만 아니라 X-jaw의 배열이 재배

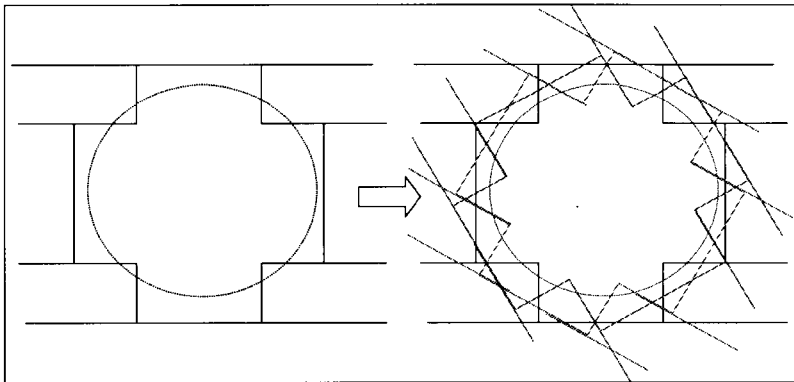


그림 2. 콜리메이터 회전 방법

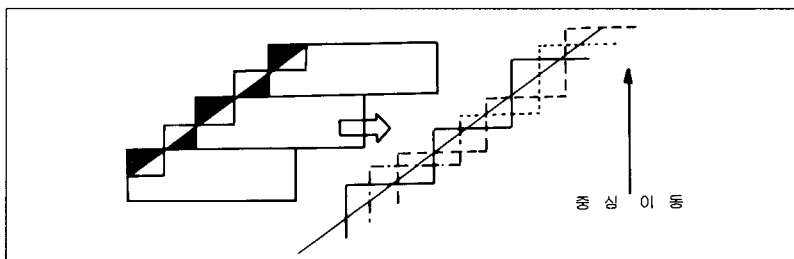


그림 3. Center shift method.(검정색부분:over dose, 흰색부분:under dose)

치(readjust)되는 효과를 가져온다. 그러나 중심점이 이동되기 때문에 Y-jaw가 원래 조사야와 비교시 비대칭적으로 달라지게 됨으로 중심점 이동만큼 테이블(couch)을 이동시킴으로써 Y-jaw를 원래 조사야와 같게 하는(readjust) 것이다.

X, Y-jaw 중 X-jaw만이 MLC로 이루어진 것을 감안해 종축 방향(longitudinal direction)으로 leaf 폭의 1/4만큼씩 중심을 이동하였고 4번 이동에 각 이동마다 35MU씩을 주어 총 140MU를 주었다.

III. 결과 및 토의

그림 4, 5에서 알수 있듯이 capture 방법의 경우 alloy block과 비교시 leaf들간의 계단식 배열로 인한 조사야 가장자리부분의 선량분포가 상당히 심한 파동형태를 나타내고 있음을 알수 있다. 반면 콜리메이터 회전방식(collimator rotation method)의 경우 합금납블럭(alloy block)과 비교시 거의 구분이 되지 않을 정도로 원형의 선량분포를 나타내고 있다.

그러나 조사야 10×10cm의 경우 조사야가 커지는 이유로 5×5cm의 경우와 같은 회전수로 했을 때 약간의 파동형태의 선량분포를 나타남을 알수 있다. 때문에 조사야가 클수록 회전수를 더 많이 해주는 것이 더 좋을 것으로 추정된다.

중심 이동 방식(center shift method) 역시 조사야 가장자리 부분이 매우 부드럽게 나타나고 있으나, 5×5cm의 경우 Y-jaw를 고정시키는 이유와 위치되는 leaf의 수가 많지 않은 이유로 약간 일그러진 형태를 보이고 있다. 반면 10×10cm의 경우는 위치되는 leaf의 수가 많은 이유로 거의 원형에 가까운 형태를 보여주고 있다.¹⁾(그림 6.)

이상의 실험을 통하여 MLC를 이용한 콜리메이터 회전방식(collimator rotation method)와 중심이동방식(center shift method)이 조사야 가장자리에서 파동형태의 선량분포를 제거시키고 반음영을 줄일 수 있음을 알수 있었다(표 1).

표 1에서 나타난 것처럼 합금납블럭(alloy block)값과 MLC로 만든 조사야 5×5cm에 해당하는 10cm 깊이에서의 반음영을 살펴보면

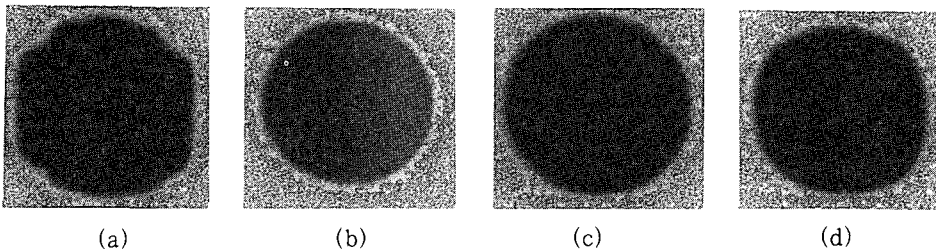


그림 4. X-omat film으로 나타난 선량분포. (조사야 5×5cm)
(a) MLC, (b) Alloy block, (c) Collimator rotation, (d) Center shift method 순서.

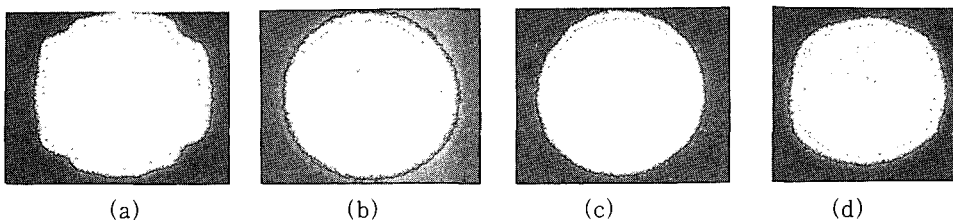
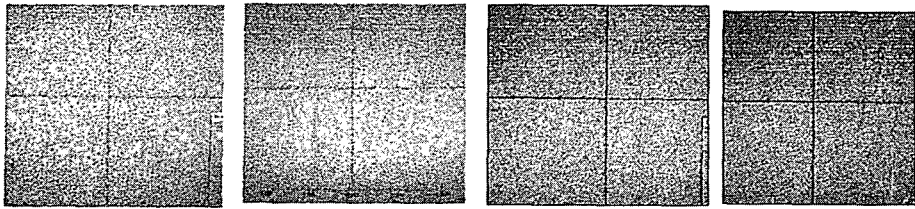
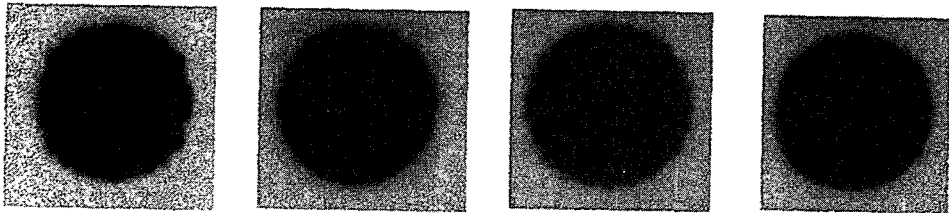


그림 5. Video densitometer scan image (조사야 5×5cm, 순서는 그림 4와 동일)



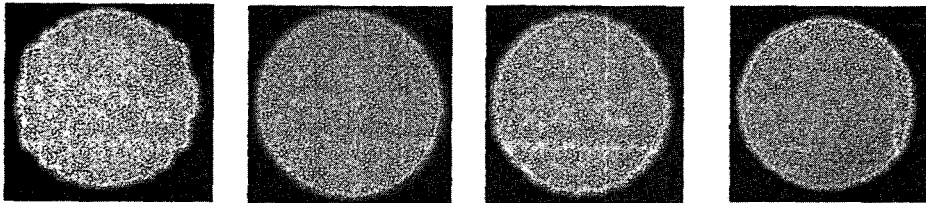
(a) (b) (c) (d)

그림 6. Isodose curve. (조사야 5×5cm, 순서는 그림 4와 동일)



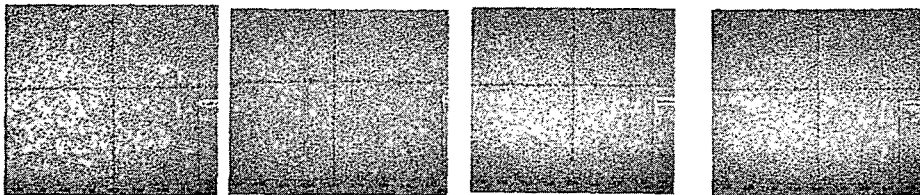
(a) (b) (c) (d)

그림 7. X-omat film으로 나타난 선량분포.
(조사야 10 × 10cm, 순서는 그림 4와 동일)



(a) (b) (c) (d)

그림 8. Video densitometer scan image. (조사야 10×10cm, 순서는 그림 4와 동일)



(a) (b) (c) (d)

그림 9. Isodose curve. (조사야 10 × 10cm, 순서는 그림 4와 동일)

실효반음영(effective penumbra width)이 5.2 mm에서 8.7 mm로 3.5 mm 크게 증가한 것을 알 수 있으며, 10×10 cm의 경우도 7.2 mm에서 10.2 mm로 3 mm 크게 증가한 것을 알 수 있다.

반면 MLC로 만든 조사야와 중심 이동 방식

(center shift method)을 비교시 5×5 cm의 10 cm 깊이에서의 반음영을 살펴보면 8.7 mm에서 6.7 mm로 2 mm 실효반음영(effective penumbra width)를 감소시킬 수 있었고, 조사야 10×10 cm의 경우도 실효반음영(effective penumbra

표 1. 조사야에 따른 깊이별 실효 반음영(80-20%)^v 값.

Field size	Effective penumbra (mm)					
	5×5cm			10×10cm		
Depth(cm)	1.5	5	10	1.5	5	10
Alloy block	5	5.1	5.2	6.5	6.8	7.2
MLC capture	7	8	8.7	8.7	9.5	10.2
Center shift	6.4	6.9	7	8.5	9.4	9.5
Collimator rotation	6	6.4	6.7	8	8.7	9.2

width)를 10.2 mm에서 9.2 mm로 1 mm 감소시킬 수 있었다. 또한 중심 이동 방식(center shift method)의 경우도 조사야 5×5 cm에 해당하는 10 cm 깊이를 살펴보면 8.7 mm에서 7 mm로 1.7 mm 감소시킬 수 있었고, 조사야 10×10 cm의 경우도 10.2에서 9.5 mm로 0.7 mm 감소시킬 수 있었다.

IV. 결 론

이상의 실험을 통해 지금까지 임상에서 사용해 오던 MLC로 조사야를 만들어 끝까지 치료를 하는 방법보다 이 연구에서 제시하는 두 방법을 선택적으로 사용함으로써, 즉 예를 들어 head & neck case의 인접한 두 조사야 치료시는 Y-field를 고정시키는 중심이동방식(center shift method)을 사용하는 것이 더 효과적임을 알 수 있었고, 그 밖의 불규칙한 곡면의 조사야나 곡면으로 이루어진 조사야는 콜리메이터회전방식(collimator rotation method)을 사용함으로써 파동형태의 선량분포(undulating dose pattern)를 제거할 수 있었을 뿐만 아니라 유효 반음영(effective

penumbra width) 역시 현격히 줄일 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다.

방사선 치료의 방향이 더 정밀하고 복잡한 입체조영치료(conformal therapy)로 흐르고 있는 지금, MLC의 이용은 다각화되고 그 사용범위가 넓혀져 갈 것이다. 그 동안 leaf들간의 계단식 배열로 인한 파동형태의 선량분포(undulating dose pattern)와 반음영의 증가로 제한되어질 수밖에 없었던 MLC의 임상적용범위를 보다 넓힐 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Radhe Moham : Field Shaping for Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy and Multileaf Collimator, in: Joel. E. Jopper Seminars in radiation oncology, 1995; Vol. 5, (2):pp 86-99
2. James M. Galvin, D. SC., Dennis D. Leavitt, et al : Field Edge Smoothing for Multileaf Collimators, Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 35(1), 1996 : pp 89-94
3. Eric. E. Klien, M. S., William. B. Harms, et al : Clinical Implementation of A Commercial Multileaf Collimator : Dosimetry, Networking, Simulation, And Quality Assurance, Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. Vol. 33, (5), 1995 ; pp 1195-1208
4. 추성실, 김귀언: 방사선 입체조영치료용 다엽콜리메이터의 특성과 조직내 선량분포 측정, 대한치료방사선과학회지, 제14권, 제1호, 1996 ; pp 77-84