

# 방사선치료의 MLC 적정관리를 위한 연구

경기대학교 의학물리학과 · 연세암센터 방사선종양학과\*

윤성의 · 방동완\* · 박재일\*

## I. 서 론

선형가속기를 이용한 방사선 치료에 있어 PTV (planning target volume)를 제외한 주변 정상조직을 차폐함은 필수적인 중요한 과정의 하나이다. 기존에는 차폐를 위하여 광범위하게 이용되던 납이나 합성납(cerrobend)의 사용이 일반적이었다. 환자 개개인의 차폐물 제작에 소요되는 적지않은 시간과 그에 따른 인력의 부분적 노동중대, 특히 산업적 공해물의 유발은 환경관리적인 차원에서는 개선방법의 연구를 계속하여 진행시킬 수 있는 동기를 부여하였다.

차폐를 위한 차폐방법과 차폐물의 응용은 그다지 쉽게 얻어지지 않았다. 그래서 차폐재료는 강화되고 미소량의 leaf leakage를 최소화한 자동화된 다엽 콜리메이터(multileaf colimator, MLC)를 고안하게 되었다. 현재 가장 널리 사용되는 MLC의 해상도(leaf resolution)는 8~

10 mm 정도이고, 양쪽 측면에 26~29개의 leaf 들을 가지고 있다.

기계 자체를 측정하여 목적에 맞는 도구로 활용하는 기술은 다단계의 시행착오와 다수의 실험분석을 해야만 한다. 여기에서 MLC의 기계구조와 모양에 따른 특성을 가지고 관리를 할 경우에 해석적인 이론을 적용시키고 실제로 방사선의 투과에 대한 부분은 방사선 검출량의 비교로써 MLC의 사용에 대한 임상적 평가들이 제시되고 있다. 단지 이 실험에서는 전자에 기준하여 기계적 특성을 주로 부각시킬 것이다.

## II. 방법 및 재료

### 1. Computer system

MLC의 전체 computer system은 크게 세 부분으로 이루어져 있다(Fig. 1). 먼저 shaper

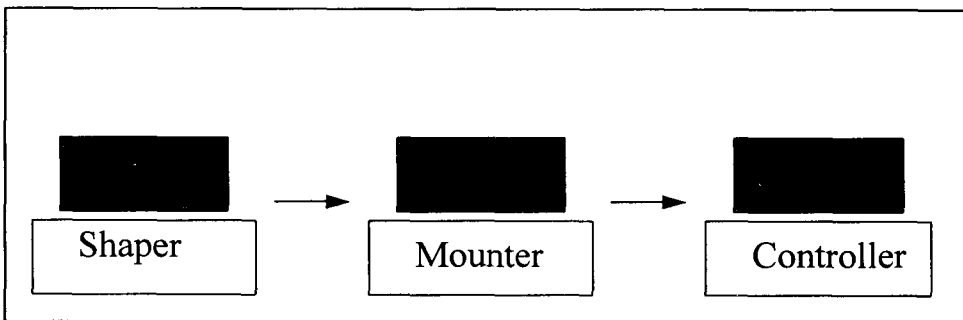


Fig. 1. Computer system of MLC

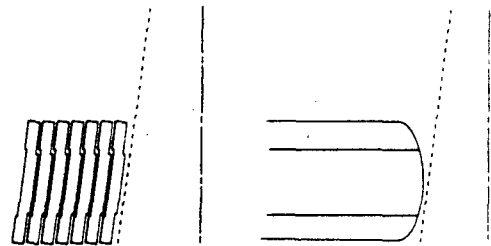
computer의 기능은 방사선으로 치료하고자 하는 조사야를 만드는 역할을 한다. 분할된 각각의 leaf들을 PTV에 맞추어 최적합한 면적을 형성해야 하기 때문에 중요한 부분을 담당하고 있다. 다음으로 mounter computer가 어떤 저장된 데이터를 호출하는 일을 한다. 특히 beam on을 하기 위해서는 주변 accessory가 모두 계획된 위치와 정확한 정렬을 해야 하는 검시자 역할을 linac의 main console과 연계하여 분담한다. 만약 leaf 하나가 제 위치에 있지 않거나 jaw의 상태가 부적절할 경우에는 interlock 표시가 나타나게 되고 동시에 beam은 나가지 않는다. Controller computer는 gantry head에 장착된 MLC의 각각의 leaf들을 모터를 통하여 그 거리와 위치들을 제어하게 된다. 이와같이 세 부분의 computer system이 한 가지 작업을 위해 나뉘어 있으므로 항상 일정한 조건을 유지하도록 관리해야 한다.

## 2. Leaf position and design

Leaf의 재질은 텅스텐이고 역학적 관계는 그

림과 같다(Fig. 2, 3). 방사선원으로부터 54 cm 떨어진 거리에 위치하여 있는 MLC의 leaf resolution은 SAD 100 cm에서 1 cm가 된다. 그리고 양측면에 26개씩 총 52개의 leaf를 지니며 중심에서 반대로 진행거리는 최대 14 cm이다. MLC로서 조사야 형성은 최대 40 × 26 cm이다.

MLC의 leaf 끝단의 디자인과 divergency와의 관계는 재강조할 필요없이 중요하다. 실제로 끝단에서 부딪치는 각도와 위치와의 종합적 역학구조로 인하여 반음영의 조건이 상당한 차이를 보여준다.



(a) Top view

(b) Side view

Fig. 3. MLC top & side view

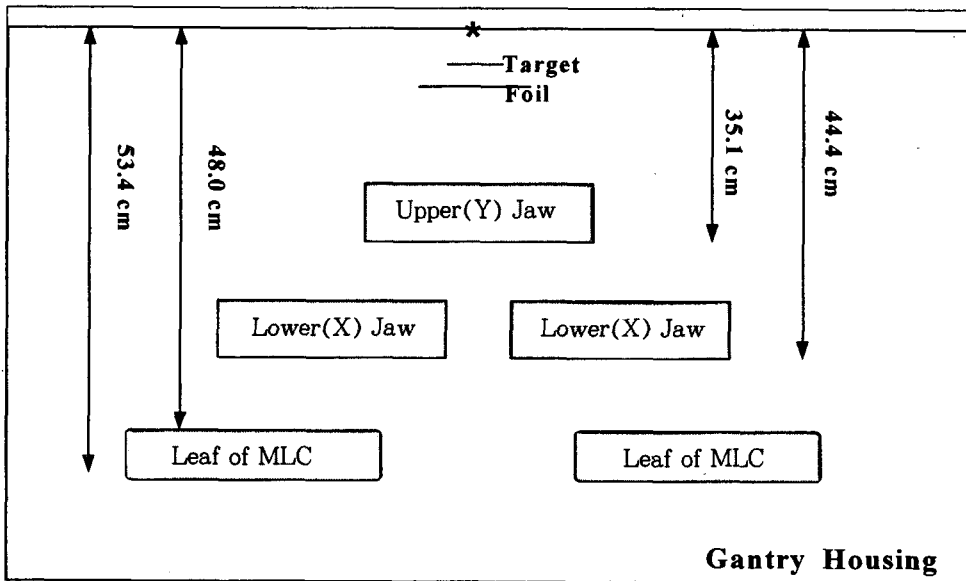


Fig. 2. Structure of gantry

### 3. Penumbra

반음영의 정확한 분포는 조사야 보다는 세밀한 경계영역을 설정할 때 기본적으로 검토해야 한다. 기존의 custom block으로 방사선조사야를 설정했을 때보다 그 경계영역의 차이를 차폐각도에 따라 거의 유사함을 이미 알고 있다. 그렇지만 아직도 아주 작은 모양에 의한 방사선 조사에 대한 명확한 근거를 제시하지 못하고 있는데 일부에서는 dosimetry와 연관하여 해답을 얻으려 하고 있다.

### 4. Field shaping & networking

차폐영역을 어떠한 재료로서 보다 효율적인 방법으로 원할하게 할 것인가에 대해서 끊임없이 탐구하여 왔다. 그런데도 뚜렷이 대체하지 못한 이유 중의 하나가 바로 매우 불규칙한 모양의 형성에 있다. 경우에 따라서 차폐모양을 수정하면 다시 만들어야 되고 특히 조사야 외곽의 모서리 부분의 세밀성이 문제가 되어 왔다. 이제 MLC의 보급과 더불어 지적을 많이 하게 될 것이며 개선안을 모색한다.

시스템의 고용량, 대형화 추세로 발전하는 경향에 비추어 볼 때 networking은 필요충분조건이 당연하다. 그런데 여기에도 그 사용범위와 현실성과의 갈등이 존재한다. 신속하고 명확한 관리상의 장점과 정밀도의 우수함에는 전반적으로 인정되고 있는데 안전단계의 구성 및 재확인 과정을 둘러싸고 의견이 엇갈린다. 그럼에도 불구하고 linac, simulator, RTP 등과 자유로운 데이터 통신이 작업능률의 증대를 가져올 수 있다.

## III. 결 과

### Computer system

Computer system의 안정적 상태의 유지는 별다른 무리없이 작업의 진행과 관계가 깊다.

그리고 computer의 특성상 외부의 원인이

제공되기 전에는 심각한 내부요소 변화는 없게 된다. 예상되는 갑작스런 변동은 주로 power의 on/off와 network 관련 s/w swapping인데 간단한 단계적 점검을 통하여 복구할 수 있다.

그런데 만약 주변 입력기에 의한 원인 제공이라면 그것은 부품의 교체를 필요로 하는 외형관리가 된다.

### Leaf position & design

하나의 leaf가 가지고 있는 구조와 특성은 전체 구조와 특성에 그대로 반영되고 있다. 즉 끝단의 디자인은 실험과 이론을 종합하여 결정된 것인데 실제로 운용이 되기 위해서는 기계로 가능하여야만 한다. 이러한 관측에서 실험된 MLC는 하나의 leaf와 CAX(central axis)는 고려되었으나 side에서 바라본 측면에서는 divergence가 제외된 single focus 구조이다.

본 실험상에서는 기계적 정확도와 재현성에 큰 의미를 두고 관측을 하였고 아울러 이와 같은 과정을 되풀이 하기 위하여 기준 지침안을 작성하였다(부록). 표 1에서 제시하고 있는 바와같이 기계의 거리와 위치의 측정을 하는데

표 1. MLC check point

range part	daily	weekly	monthly/ period	perimition
Morning test	• Computer boot up		• Radiation field and MLC	100 ± 1 mm
Mechanical distance & Penumbra			• Rotation • Distance 30, 50, 100mm 135, 175 mm	1%
Field shaping	• Digitize • Calibra- tion			1%
Special check				

반복하는 횟수보다 그 정밀성을 주시한다. 단위와 허용도의 결정은 기준하고자 하는 photon field가  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 이기 때문에 mm단위를 사용하고 허용오차의 한계는  $\pm$ 로서 나타낸다.

거리의 진행은 SSD 100 cm에서 1 mm 단위의 모눈종이 위에 빛을 투사하는 방법으로 진행시키고 확인하였다(Fig. 4). 실험을 위한 gantry, couch, collimator의 조건은 동일한 상태를 전제로 하였고 필요한 경우에는 초기 set-up 후 reading을 반복하였다.

#### IV. 결론 및 고찰

의료용 선형 가속기 경우 Fig. 2에서 보여준

구조처럼 몇 개의 기본적인 물리적 가변장치를 부착하고 있다. 콜리메이터나 차폐물의 사용은 비교적 많은 연구 결과 덕분에 그 중요성이나 관리자의 인식도가 높다. 그런데 MLC의 보급은 이제 기초단계이고 기존의 차폐방법에서 보다 원활한 방사선 영역크기(field size)를 형성하기 위한 장치인 만큼 정밀하면서도 3차원 입체를 고도로 수행하기 위해서 반드시 필요할 수 밖에 없다. 특히 기계적인 장비와 컴퓨터의 조화로 되어있으며 편리한 작동과 미세한 움직임 표현하는 소프트웨어가 하나의 시스템으로 된다. 따라서 이를 뒷받침 해 줄 수 있는 효율적인 MLC의 관리도 계속적인 방사선치료의 연구에 좋은 성과를 얻는데 도움이 될 것이다.

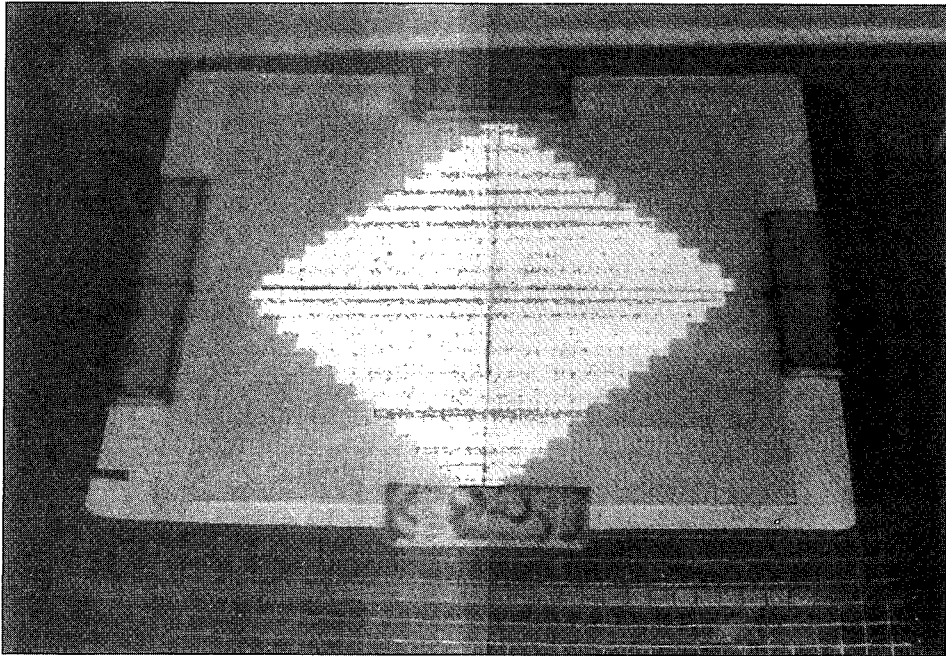


Fig. 4. Check of leaf position

# Test of Multileaf Collimator

## 1. Mechanical Test

### 1.1 Crosshairs

Light Field Runout	< 1 mm	Initials _____
Crosshairs Runout	< 1 mm	Initials _____
Crosshair R, Parallel diff	< 5 mm	Initials _____
Crosshair T, Parallel diff	< 5 mm	Initials _____

### 1.2 Mechanical Isocenter Variation with Rotation

#### 1.2.1 Collimator Rotation Checks

≤ 2 mm diameter, error : ≤ \_\_\_\_\_ mm Initials \_\_\_\_\_

#### 1.2.2 Gantry Rotation Checks

Counterweight : ≤ 2 mm diameter, error : ≤ \_\_\_\_\_ mm Initials \_\_\_\_\_

#### 1.2.3 Couch Rotation Checks

≤ 2 mm diameter, error : ≤ \_\_\_\_\_ mm Initials \_\_\_\_\_

### 1.3 Leaf Positioning

[use file mlc\_atp.mlc, patterns Leaf Posn, 5 cm, -10 cm A, -10 cm B, 15 cm]

Leaf #	Measurement	Workstation Readout
1A / 1B	____ / ____	5.00 / 5.00 cm
4A / 4B	____ / ____	5.00 / 5.00 cm
7A / 4B	____ / ____	5.00 / 5.00 cm
10A / 10B	____ / ____	5.00 / 5.00 cm
13A / 13B	____ / ____	5.00 / 5.00 cm
16A / 16B	____ / ____	5.00 / 5.00 cm
19A / 19B	____ / ____	5.00 / 5.00 cm
22A / 22B	____ / ____	5.00 / 5.00 cm
25A / 25B	____ / ____	5.00 / 5.00 cm
2A / 2B	____ / ____	-10.00 / -10.00 cm
5A / 5B	____ / ____	-10.00 / -10.00 cm
8A / 8B	____ / ____	-10.00 / -10.00 cm
11A / 11B	____ / ____	-10.00 / -10.00 cm
14A / 14B	____ / ____	-10.00 / -10.00 cm
17A / 17B	____ / ____	-10.00 / -10.00 cm
20A / 20B	____ / ____	-10.00 / -10.00 cm
23A / 23B	____ / ____	-10.00 / -10.00 cm
26A / 26B	____ / ____	-10.00 / -10.00 cm

3A / 3B	_____ / _____	15.00 / 15.00 cm
6A / 6B	_____ / _____	15.00 / 15.00 cm
9A / 9B	_____ / _____	15.00 / 15.00 cm
12A / 12B	_____ / _____	15.00 / 15.00 cm
15A / 15B	_____ / _____	15.00 / 15.00 cm
18A / 18B	_____ / _____	15.00 / 15.00 cm
21A / 21B	_____ / _____	15.00 / 15.00 cm
24A / 24B	_____ / _____	15.00 / 15.00 cm

1.4 Leaf Travel Time & Carriage Range

Leaf Travel Time, A side \_\_\_\_\_ sec Initials \_\_\_\_\_

Leaf Travel Time, B side \_\_\_\_\_ sec Initials \_\_\_\_\_

Spec : < 24 sec for 35 cm

Carriage A Overcenter Travel : \_\_\_\_\_ cm Initials \_\_\_\_\_

Carriage B Overcenter Travel : \_\_\_\_\_ cm Initials \_\_\_\_\_

Spec : ≥ 16 cm

2. Radiation Tests

2.1 Collimator Spoke Shots

Collimator Rotation Runout : \_\_\_\_\_ mm Initials \_\_\_\_\_

Spec : ≤ 1 mm radius

2.2 Gantry Spoke Shots

90° to 265° spoke separation(ref to 180°) : \_\_\_\_\_ mm

180° to 355° spoke separation(ref to 90°) : \_\_\_\_\_ mm

Gantry Runout

Counterweight machine(worst case of above) : \_\_\_\_\_ mm Initials \_\_\_\_\_

Spec : counterweight ≤ 1 mm radius

2.3 Coincidence of Light & X-ray Field

<u>Energy</u>	<u>Field Size</u>	<u>Maximum Difference between Light &amp; X-ray Field(any edge)</u>	
Low X	10 × 10 cm	_____ mm	Initials _____
	24 × 24 cm	_____ mm	
High X	10 × 10 cm	_____ mm	
	24 × 24 cm	_____ mm	