

## 방사선 입체조형치료용 다엽콜리메이터의 특성과 조직내 선량분포 측정

연세대학교 의과대학 치료방사선과학교실

추성실 · 김귀언

= Abstract =

### Dose Distribution and Characterization for Radiation Fields of Multileaf Collimator System

Sung Sil Chu, Ph.D. and Gwi Eon Kim, M.D.

*Department of Radiation Oncology, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea*

**Purpose :** Multileaf collimator(MLC) is very suitable tool for conformal radiotherapy and commissioning measurements for a multileaf collimator installed on a dual energy accelerator with 6 and 10MV photons are required. For modeling the collimator with treatment planning software, detailed dosimetric characterization of the multileaf collimator including the penumbra width, leaf transmission between leaf leakage and localization of the leaf ends and sides is an essential requirement.

**Materials and Methods :** Measurement of characteristic data of the MLC with 26 pair block leaves installed on CLINAC 2100C linear accelerator was performed. Low sensitive radiographic film(X-omatV) was used for the penumbra measurement and separate experiments using radiographic film and thermoluminescent dosimeters were performed to verify the dose distribution. Measured films were analyzed with a photodensitometer of WP700i scanner.

**Results :** For 6 & 10 MV x-ray energies, approximately 2.0% of photons incident on the multileaf collimator were transmitted and an additional 0.5% leakage occurs between the leaves. Localizing the physical end of the leaves showed less than 1mm deviation from the 50% decrement line and this difference is attributed to the curved shaped end on the leaves. One side of a single leaf corresponded to the 50% decrement line, but the opposite face was aligned with a lower value. This difference is due to the tongue and groove used to decrease between leaf leakage.

Alignment of the leaves to form a straight edge resulted larger penumbra at far position from isocenter as compare with divergent alloy blocks. When the MLC edge is stepped by sloping field, the isodose lines follow the leaf pattern and produce scalloping isodose curves in tissue. The effective penumbra by 45 degree stepped MLC is about 10mm at 10cm depth for 6MV x-ray. The difference of effective penumbra in deep tissue between

MLC and divergent alloy blocks is small (5mm).

**Conclusion :** Using the characteristic data of MLC, the MLC has the clinical acceptability and suitability for 3-D conformal radiotherapy except small field size.

**Key Words :** Multileaf collimator, Penumbra, Field shaping, Conformal therapy

## 서 론

방사선 치료의 최적 방법은 정상조직의 방사선 피폭을 줄이고 종양에만 집중적으로 방사선을 조사할 수 있어야 하며 종양크기와 모양에 맞는 조사면을 구사하여야 한다. 차폐체는 차폐효과가 큰 납벽돌을 이용하였으나 제작과정이 어렵기 때문에 다양한 모양의 차폐를 위하여 용융도가 낮아 스틸로폼형틀로서도 가능한 혼합납벽돌(Cerrobend)을 이용하여 왔으며 1959년 Gscheidlen 등은 납벽돌대신 다엽콜리메이터를 고안하였으나 차폐면이 크고 차폐효율이 적어 납벽돌을 대신할 수 없었다<sup>2, 5)</sup>.

1965년 일본의 Takahashi 등은 방사선 회전조사시 종양모양대로 방사선이 조사되는 방법을 3차원 원체조사(Conformation Therapy)라하고 이를 실행하기 위하여 폭이 2-3cm되는 다엽콜리메이터를 제작 사용하였으나 기술적인 어려움과 선량분포의 부정확 및 선량계산의 부정확 때문에 임상적용이 어려웠다<sup>3, 4)</sup>.

최근 방사선치료장치의 전산화, 3차원 방사선치료 계획장치의 발달로 종양과 주위 주요장기의 입체적 표시와 선량분포의 입체가시화로 입체조형치료(Conformal therapy)가 방사선치료의 새로운 장을 맞이하였으며 이에 따른 다엽콜리메이터의 사용이 불가피하여졌다<sup>1, 8-10)</sup>.

다엽콜리메이터를 방사선치료에 이용함으로써 재래적인 납 또는 혼합납벽돌 대신에 사용할 수 있어 간단할 뿐 아니라 제작자, 사용자 모두에게 편리하고 중금속중독에 대한 위험성이 없어지며 종양모양에 맞게 여러방향에서 조사면을 합성할 수 있으므로 종양이외의 건강조직에 대한 방사선 피폭을 격감시킬 수 있다<sup>7)</sup>.

특히 일정하지않은 종양모양에 대하여 회전축을 변화시키는 입체회전조사 방향에 따라 조사면을 종양모양에 조준시켜 치료하는 삼차원 입체조형치료(Conformal therapy)에는 다엽콜리메이터가 필수기구로 정착되고 있다<sup>10)</sup>.

이와같이 방사선치료에서 혼합납벽돌대신 다엽콜리메이터를 사용함으로써 많은 장점이 있지만 불균일 조사면을 형성할 때 각엽에 의한 계단적인 차폐형상은

기존 선속방향으로 제작된 혼합납벽돌보다 많은 반음영이 생성될 수 있으며 부정형 조사면의 경계를 따라 정확히 분리하지 못하고 톱니 모양으로 조사됨으로 다엽콜리메이터에 대한 조직내 선량분포의 계측이 필수적이고 이들에 대한 특성을 잘 판단하여 치료에 효과적일 때만 사용하여야 한다.

연세암센터는 다엽콜리메이터(Multileaf collimator)가 장착된 고에너지 선형가속기(CLINAC 2100C)를 설치하고 이를 임상에 잘 응용하기 위하여 다엽콜리메이터에 의한 반음영 폭, 투과선량, 차폐엽간의 누출선량, 차폐엽의 모양과 크기등을 측정 평가하였다.

## 대상 및 방법

본실험에 사용한 다엽콜리메이터(Multileaf collimator)는 Varian사의 선형가속기 CLINAC 2100C에 장착된 제품으로서 52개의 금속차폐엽이 양방향 각각 26개로 구성되어 있으며 각각 컴퓨터 계획에 의거 조정되고 있다. 차폐엽의 크기는 두께가 5.94cm 이고 폭이 0.53cm, 길이가 15cm의 텅그스텐 합금으로 방사선투과 누출선량이 4%이하가 되도록 설계제작되었다. 회전중심축에서 최대 방사선조사면은 40×26cm이고 중심선을 넘어 반대쪽 방향으로 13cm까지 차폐할 수 있으며 한개엽의 차폐폭은 1cm이고 이동속도는 초당 1.5cm이다.

다엽콜리메이터의 각엽(Leaf)들은 선속방향에 평행으로 차폐되지 못하고 중심선속의 수직 평면을 따라 움직이기 때문에 조사면내 여러지점에서 반음영폭의 변화가 크며 이를 줄이기 위하여 각엽의 끝을 선속방향에 항상 앞면이 지나가도록 곡률반경 8cm인 원형으로 제작되어 있다.

각 차폐엽의 옆면은 선속에 평행되도록 설계되어 있으며 엽과 엽사이의 방사선 누출을 막기위하여 계단식 홈으로 인접되도록 고안제작되어 있다.

다엽콜리메이터는 선형가속기의 표준 차폐조리개(Jaw)를 그대로 두고 바로 아래쪽에 완전한 독립장치로서 부착되어 있으며 회전중심선축과 차폐엽간의 거리는 42.4cm였다. 표준 차폐조리개(Jaw)는 다엽콜리메이터에 의한 부정형 조사면에 가장 가까운 정방향

또는 장방향으로 차폐시킴으로 다엽콜리메이터 엽간의 간격과 방사선 누출을 최대한 막아준다.

본 연구에 사용된 방사선은 선형가속기 (Clinac 2100C : Varian Co.)에서 발생하는 6MV와 10MV 에너지의 엑스선을 사용하였으며 방사선량과 조직내 선량분포는 전리함측정기(Capintec 192, PR06, PS03)와 열형광측정기(Victoreen 2800M, TLD100) 및 필름 선량측정방법을 이용하였다. 필름측정은 밀착이 가능하도록 제작된 폴리에틸렌 팬텀속에 저감도필름(Kodak X-omatV)을 넣어 밀착시킨후 측정계획에 따라 선속에 수직 또는 수평방향에 위치하고 폴리에틸렌 팬텀으로 깊이 등을 조정하였다.

특히 다엽콜리메이터의 반응영 측정은 각엽 진행방향에서 시행하였으며 필름을 폴리에틸렌(Polystyrene) 팬텀속에 놓고 이를 방사선 선속에 수직방향에 위치하면서 촬영한 후 측정하였다.

필름은 선원과 측정점간의 거리(SAD)를 100cm에 두고 조사면  $10 \times 10 \text{cm}^2$ 에서 x-선 에너지 6,10MV를 각각 최대선량지점인 1.5cm와 2.5cm 및 깊이 10cm에서 각각 측정하였다.

방사선이 조사된 필름은 현상후 비디오밀도계(Vio densitometer, Wellhofer WP700i)로 노출된 필름의 광학밀도를 측정하고 이를 선량으로 환산하였다.

필름의 방사선조사선량과 광학밀도의 관계는 10 cGy에서 100cGy까지는 비교적 일차함수의 비례관계를 유지하였으며 엑스선 에너지 1-10MV에대한 필름 회화도는 에너지가 작을수록 약간 떨어졌다. 그러나 조사면의 크기, 팬텀의 깊이 및 조사 방사선 에너지에 따른 측정값의 변화는 1%이내로 무시할 수 있기때문에 대부분의 측정은 필름 측정기에 의존하였다.

실효반응영(Effective penumbra)은 Powlis<sup>10)</sup>의 정의에 따라 20%등량곡선의 끝을 연결하는 직선과 80%등선량 곡선의 능선을 연결한 직선의 거리로 정의하였으며 임상응용에 도움이 될 수 있도록 10% 등량곡선의 끝을 연결하는 직선과 90% 등선량 곡선의 능선을 연결한 직선 간의 거리를 일반적 반응영(General penumbra)으로 정의 측정하였다.

## 결 과

### 1. 다엽콜리메이터의 출력선량

방사선의 출력선량은 조사면의 크기에 따라 변하며 이는 콜리메이터에 의한 산란방사선과 누출선량에 의존되며 다엽콜리메이터와 방사선이 충돌되는 면적, 방사선투과율, 표준차폐조리개의 위치 및 측정위치와의

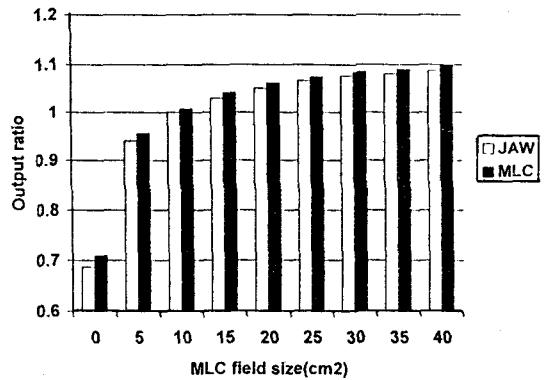


Fig. 1. Output dose ratio at maximum depth for field size of MLC (Jaw field opened 2cm more than MLC).

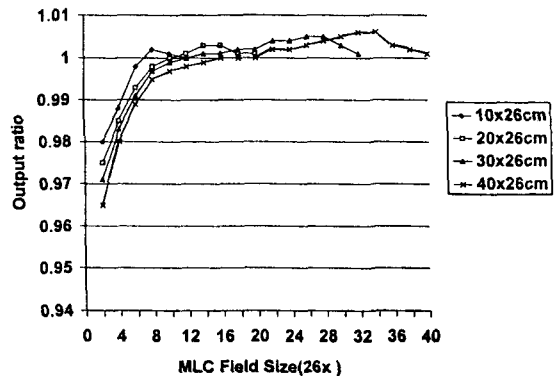


Fig. 2. Output dose ratio for MLC field size with combined jaw.

거리등을 고려하여야 한다.

Fig. 1은 6MV x-선에 대한 표준차폐조리개와 다엽콜리메이터의 조사면 크기에 따른 최대선량지점의 출력선량비율이며 이때 다엽콜리메이터의 조사면은 항상 2cm 더넓은 표준차폐조리개의 조사면을 유지하도록 하였다. 이 그림에서 조사면에 대한 다엽콜리메이터의 출력은 표준조리개의 변화와 비슷하며 조사면  $6 \times 6 \text{cm}^2$  이하에서는 약 2% 증가 되었고  $10 \times 10 \text{cm}^2$  이상에서는 약 1% 미만으로서 큰 차이가 없었다. Fig. 2는 2100C에서 발생하는 10MV x-선에 대한 출력선량을 표시한 것으로서 장치의 윗쪽 조리개를 26cm에 고정시키고 아래쪽 조리개를 10, 20, 30, 40cm로 변화시키면서 최대선량지점에 대한 출력선량을 측정하였다. 그 결과 그림과 같이 다엽콜리메이터가 6cm 이상 열려졌을때 출력선량은 어떤 조사면이든간에 표준조리개의 출력선량율과 2% 미만으로 일치하였다. 이와

**Table 1. Radiation Transmission Ratio(%) for Collimators**

Energy	6MV x-ray		10MV x-ray	
	center	10cm off center	center	10cm off center
Jaws	0.5	0.4	0.5	0.4
MLC	1.8	1.6	2.0	1.9
Cerrobend(8cm)	3.3	3.0	3.8	3.6

SAD=100cm, Field size 10cm×10cm

같이 다엽콜리메이터에 의한 조사면은 표준차폐조리개에 의한 모니터선량 (Monitor unit) 계산과 크게 변하지 않으므로 다엽콜리메이터의 조사면에 따른 출력은 표준차폐조리개의 출력으로 대신할 수 있다.

**2. 다엽콜리메이터의 방사선 투과선량**

고에너지 엑스선에 의한 다엽콜리메이터의 방사선 투과와 차폐엽과 엽사이의 누출선량 및 고정 볼트구멍의 방사선누출현상을 엑스선필름으로 촬영하고 광밀도계로 선량을 측정하였다.

에너지 6, 10MV x-선 조사에서 차폐엽들 간에 누출된 방사선량을 선속에 수직인 방향에서 측정 한 선량은 차폐엽의 한가운데서 약 1.5%의 투과율이 측정되었고 차폐엽과 엽사이는 약 2-2.5%의 누출선량이 측정되었으며 볼트부분은 약 3%로 측정되었다.

다엽콜리메이터의 전체적인 투과율은 최대 3% 이내로 측정되었으며 방사선 에너지 6과 10MV x-선에서는 거의 비슷한 투과율을 나타내었고 통상 사용하여왔던 8cm 두께의 혼합납벽돌(Cerrobend)의 투과율은 약 4%보다 적게 측정되었다.

Table 1은 표준차폐조리개와 다엽콜리메이터 및 혼합차폐벽돌간의 투과력을 표시하였으며 다엽 콜리메이터의 평균 투과율 2%는 표준 차폐조리개보다 크지만 혼합차폐벽돌보다 적다.

**3. 차폐엽의 끝면과 옆면에 의한 조사선량분포**

다엽콜리메이터는 차폐엽들이 평행 이동하는 한방향 초점으로 구성되었고 차폐엽의 끝면은 둥근 곡면을 이루고 있어 Fig. 3과 같이 차폐엽의 끝면을 투과한 방사선은 차폐엽두께에 따라 변화된다. 다엽콜리메이터의 양쪽엽을 중심선을 경계로 조사면을 반쪽씩 차폐하면서 10MV x-선을 이중 노출시킨 후 선량측면도를 측정하면 원형곡면으로 구성된 차폐엽 끝면 때문에 중심선부분은 약 120%의 많은 선량이 부여되었으며 양쪽 차폐엽의 경계선을 조사면 중심위 15cm에 두고 이중노출하였을 때는 약 6mm폭으로 110%정도 증가

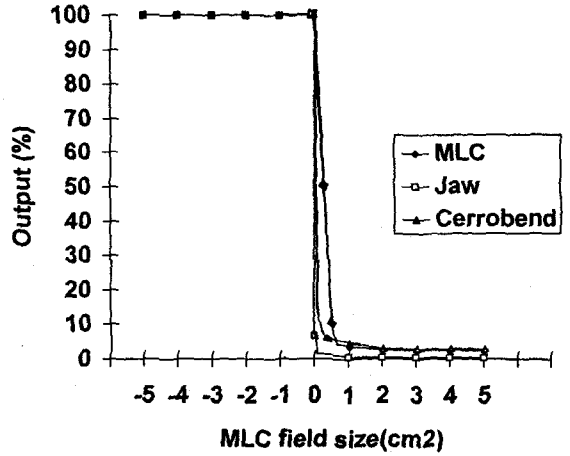


Fig. 3. Primary transmission through the leaf face.

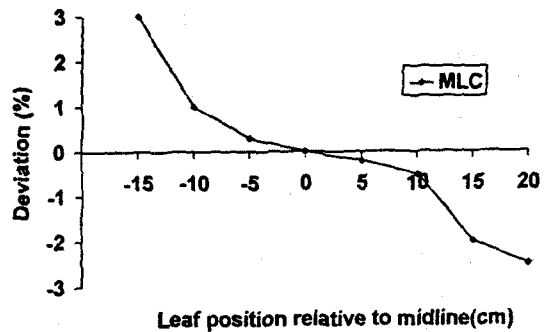


Fig. 4. Deviation between the light field and computer read out for different leaf positions.

되었으며 이는 차폐엽의 진행으로 둥근 끝부분의 경사가 커지기 때문에 발생한 현상이었다.

차폐엽 끝은 둥근 원형으로 성형되어 있으며 수평으로 이동하기 때문에 차폐엽이 조사면 중심에서 좌우로 움직일때 움직인 거리에 따라 조사면 폭의 변화 오차는 Fig. 4와 같이 차폐엽이 중심선에서 15cm 넘어 갔을때 조사면은 약 3mm 감소하였으며 15cm 떨어졌을 때는 약 1mm 증가하였다.

다엽콜리메이터의 옆면에 대한 경계선을 이중노출시켰을때 노출선량은 약 20%로 감소하였으며 작업의 옆면은 방사선조사방향에 평행이 되도록 제작되었기 때문에 차폐엽의 위치에 따른 조사면의 크기나 선량분포의 변화가 거의 없었다.

**4. 다엽콜리메이터의 반응영**

**1) 차폐엽 전진방향에서의 반응영**

Fig. 5와 6은 엑스선에너지 6MV와 10MV 각각에

대한 반응영을 표시한것으로서 팬텀 10cm깊이, 조사면 10x10cm<sup>2</sup>에서 조사면 가장자리의 위치를 중심축으로부터 진행(-)및 퇴진(+)을 하면서 선량분포를 측정하였고 각에너지의 최대선량지점을 동일화한 선량율로 계산하였다.

그림에서 차폐엽의 위치에따른 실효반응영 (20-80%의 선량폭)은 엑스선에너지 6MV에서 5.8mm였으며 일반적반응영(80-10%의 선량폭)은 약 20mm로 가장 컸고 이는 6MV x-선이 10MV 보다 산란선이 크고 깊을수록 산란선이 증가되기 때문이었다. 조사면 중심선에서 15cm 퇴진시킨 차폐엽의 일반적반응영은 전

진한것 보다 2mm 더 증가하였으며 조사경계면 내측에서 90-95%의폭이 상당한차가있으며 이는 차폐엽의 비대칭 및 평행이동에 기인한 것으로 생각된다.

### 2) 차폐엽의 옆면에 대한 반응영

차폐엽의 옆면에 수직방향에서 측정한 6MV 엑스선의 선량측면도(Profile)와 방사선 확산방향과 평행으로 절단된 혼합납벽돌(Cerrobend)의 반응영과 비교하였을 때 서로 같았으며 조사면과 에너지의 증가에서도 거의 동일하였고 이는 사용한 Varian사 제품의 다엽

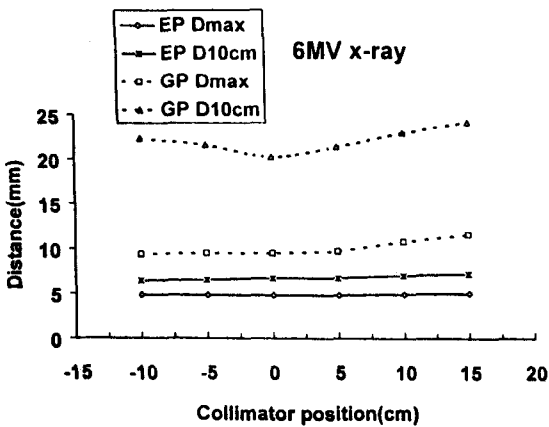


Fig. 5. Penumbra widths in mm for 6MV beam.  
EP : Effective penumbra(20-80%)  
GP : General penumbra(10-90%)

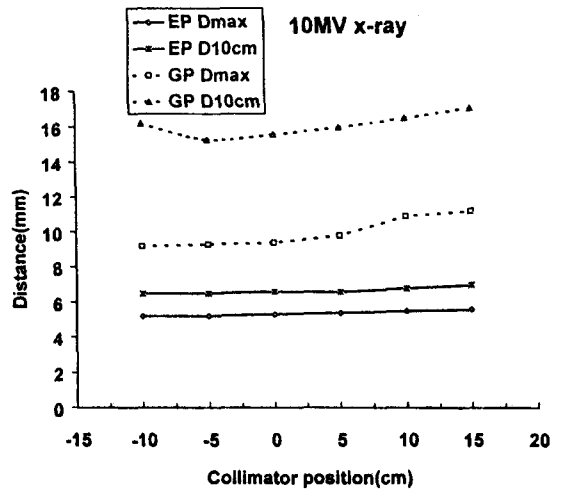


Fig. 6. Penumbra widths in mm for 10MV beam.  
EP : Effective penumbra(20-80%)  
GP : General penumbra(10-90%)

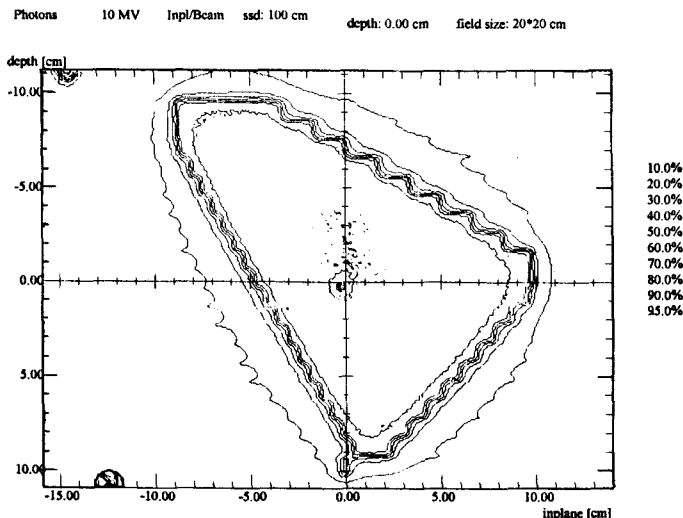


Fig. 7. Isodose curves for the region of triangle field by MLC.

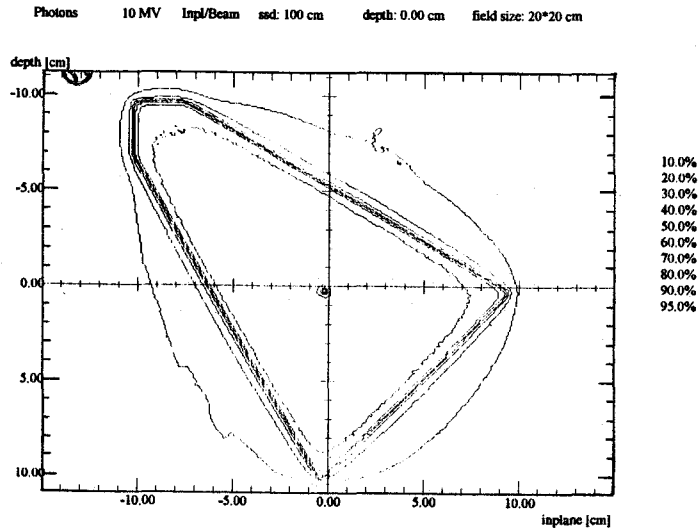


Fig. 8. Isodose curves for the region of triangle field by cerrobend.

Table 2. MLC Penumbra for Scalloping Degree and Alloy Block Penumbra

unit :mm

Energy	6MV x-ray				10MV x-ray				
	D <sub>max</sub>		D <sub>10cm</sub>		D <sub>max</sub>		D <sub>10cm</sub>		
Depth	EP	GP	EP	GP	EP	GP	EP	GP	
Penumbra	EP	GP	EP	GP	EP	GP	EP	GP	
Alloy block	4.5	9.2	6.5	19.8	5.2	9.3	6.5	15.3	
MLC	0°	4.8	9.5	6.7	20.3	5.3	9.4	6.6	15.6
	15°	6.2	10.8	7.9	20.9	7.0	10.7	7.8	16.4
	30°	7.6	12.3	9.4	21.6	8.8	12.1	9.2	17.2
	45°	9.2	14.1	11.2	22.3	10.3	13.6	10.8	18.4

EP : Effective penumbra (20-80% width)

GP : General penumbra (10-90% width)

콜리메이터가 한방향 초점(Single focusing)이 되도록 제작되었기 때문이었다.

3) 다엽콜리메이터에 의한 계단식모양의 반응영

다엽콜리메이터가 일직선으로 나열되어 있지않고 조사면이 삼각형으로 구성되었을때 측정된 필름은 조사면의 경계가 계단모양으로 감광되었고 등량곡선도 Fig. 7과 같이 파동모양으로 측정 되었으며 Fig. 8과 같이 선속에 평행하게 제작된 혼합차폐벽들의 반응영과 비교하였다. 조사면의 경계면에서 계단모양이 가장 심화되었고 조사면의 경계에서 멀어질수록 계단모양이 완만한 곡선으로 변함을 볼 수 있다.

Table 2는 에너지 6, 10MV 엑스선을 다엽콜리메이터를 통하여 조직내 선량최대지점과 10cm 깊이에서 계획된 조사면 15×15cm<sup>2</sup>, 조사면 내에 경사도가 0도, 15도, 30도, 45도가 되도록 다엽콜리메이터 각각의 차폐엽을 계단식으로 배열하고 필름선량측정법에 의하여

방사선분포도를 작성하고 실효반응영(Effective Penumbra, 80-20%)과 일반적반응영을 측정 비교하였다.

Table 2에서 에너지 6MV 엑스선, 조직동가물질의 깊이10cm에서 다엽콜리메이터의 실효반응영이 경사각 0도일 때 5.8mm, 15도일 때 7.1mm, 30도일 때 9.0mm, 45도일 때 10.5mm로 측정되었으며 에너지 10MV, 조사면 10×10cm<sup>2</sup>에서 45도 계단식 차폐의 등량곡선은 파도모양(Scalloping)을 하고있지만 유효반응영은 10.8 mm로서 방사선속에 평행하게 절단된 차폐벽들보다 약 5mm 더 큰 것으로 측정되었다.

고 찰

정상조직을 보호하고 부정형 종양에 가장 알맞게 방사선을 조사하기 위하여 조사방향에 따라 종양모양

에 맞는 차폐체들이 필요하다. 다엽콜리메이터는 다문 조사에서 차폐물을 갈아 끼우지않고 자동적으로 차폐할 수 있고 특히 입체조형치료를 수행하는데는 필수품이며 차폐벽들을 제작하고 사용하기 위한 설비, 공간, 관리가 필요없으며 증금속공해의 염려가 없는 큰장점을 갖고있다<sup>6, 9, 13)</sup>. 그러나 다엽콜리메이터는 정상조직의 차폐시 연속적이고 완만한 모양으로 차폐하지 못하고 회전중심축에서 1cm단위의 계단모양차폐와 조사면의 크기와 위치에 따라 선원확산방향에 평행으로 차폐할 수 없기 때문에 반응영이 크고 차폐엽간 누출선량 등의 문제점도 갖고 있다<sup>7-10)</sup>.

Galvin등은 다엽콜리메이터가 45도로 기울어진 계단모양의 실효반응영이 최대가되며 합금차폐벽들의 실효반응영 보다 약 4mm 증가됨을 보고하였으며 Powlis는 다엽콜리메이터와 혼합납벽들과의 실효반응영 차가 최대 3.8mm로 측정하였고 Losasso는 3-5mm로 보고하였으며 이는 실제 임상에서 충분히 수용가능한 수치라고 생각된다<sup>7-10)</sup>.

다엽콜리메이터에 의한 반응영은 피부표면에서 깊이 들어갈수록 에너지가 클수록 산란선에 의하여 증가하고 있지만 혼합납벽들과의 반응영차이는 줄어들며 계단식 반응영이 물결모양으로 직선화되어 조직내에서는 다엽콜리메이터의 반응영 크기와 모양이 혼합납벽들의 반응영과 거의 일치한다<sup>11-13)</sup>.

고에너지 엑스선에 의한 조직내 일정깊이에서의 선량측면도 측정은 필름과 전리함 주사측정이 적당하며 열형광측정기를 이용하여 확인하는 것도 중요하다. 특히 부정형 또는 계단형 조사면의 선량분포와 급격한 조사면경계의 선량측면도는 필름 선량계측이 가장 확실하며 밀봉된 Kodak X-omatV 필름이 이것에 적합하였다. 그러나 필름선량계측은 방사선량과 흑화도의 관계 즉 필름의 특성곡선의 측정이 필요하며 에너지에 대한 의존도 및 조사면에 따른 변화를 사전 측정되어야 한다.

다엽콜리메이터를 이용한 선량계획에서는 단순 차폐콜리메이터보다 많은 정보를 제공하여야 하지만 방사선치료에서 대부분이 조사면중심에서 대칭적인 조사면을 사용하기 때문에 방사선 확산방향으로 절단된 합금차폐벽들에 비하여 반응영의 차이가 거의없다. 특히 혼합납벽들은 다엽콜리메이터에서 약 10cm 아래에 설치하기 때문에 산란방사선에 의하여 조직에 도달하는 반응영은 다엽콜리메이터에 의한 것과 거의 같다.

다엽콜리메이터의 양쪽면이 접하는 면은 약 0.5 mm 의 간격이 있기때문에 약 30%의 선량증가현상이 나타나지만 표준차폐조리개(Jaw)에 의하여 거의 완벽

하게 차폐할 수 있었다.

조사면 중심축에서 15cm이상 멀리 떨어져 조사면이 3mm이상 증가된 현상은 컴퓨터에 의한 조사면 일치작업이나 조사면 크기에 따른 조사면의 수치를 조절함으로써 해결할 수 있었다.

다엽콜리메이터의 계단식(Stepping)차폐에 의하여 조직내 조사면 경계가 파도형(Scalloping) 선량분포를 이루며 반응영이 커지는 현상이 나타나지만 조직내에 깊이 침투할수록 산란선에 의하여 다소 완화되고 있으며 45도 경사때가 가장 크고 조사면 10cm미만에서의 45도 경사시 다엽콜리메이터에 의한 반응영비율은 5% 넘기 때문에 다엽콜리메이터 대신 합금벽들의 사용이 바람직하다. 다엽콜리메이터를 이용하여 계단식차폐로 선량계획을 시행할 경우는 조사면 경계선의 각도와 위치 및 조사면의 크기에 대한 선량분포를 이해하여야 하며 오차범위를 넘을 경우 반드시 보상하여야 하고 다엽콜리메이터에 대한 물리적인 자료를 계측하여 치료계획 컴퓨터의 기본자료로 저장하여 임상에 적용하여야 한다.

## 결 론

다엽콜리메이터는 각각의 차폐엽들이 컴퓨터 명령에 의하여 계획된 조사면의 형상을 만들수 있기 때문에 방사선치료에서 매우 편리하게 사용할 수 있고 재현성이 클뿐 아니라 종사자의 건강에도 도움이 되는 획기적인 기구이며 특히 입체조형치료에서는 필수적인 기구로 정착되고 있다.

조사면의 크기와 모양에 따라 차폐엽에 의한 반응영과 조사면의 경계에 대한 선량측면도의 변화가 있었지만 치료에 지장이 없으며 측면에 대한 반응영은 혼합납벽들의 반응영과 같이 1cm이하로 측정되었다. 그러나 다엽콜리메이터는 폭이 1cm인 차폐엽들로 구성되어있기 때문에 부정형 조사면을 차폐할경우 계단식 차폐면으로 인한 뾰족한 모서리의 선량변화는 조직깊이에 따라 다소 완화되며 10cm깊이에서의 유효반응영은 1cm로서 방사선치료에 큰 무리가 없으며 조사면이 10×10cm<sup>2</sup> 이상에서는 반응영율이 5%미만으로 방사선치료 오차이내이지만 경사각이 크거나 조사면이 작을 경우 많은 오차가 발생되므로 다엽콜리메이터에 대한 별도의 측정자료를 준비하여 방사선치료계획컴퓨터에 저장시켜 임상에 적용하여야 한다.

## 참 고 문 헌

1. **Bloch P, Altschuler MD etc.** Calculating the 3D dose distribution when a multileaf collimator is employed to define the beam. *Med Phys* 1991; 18:641
2. **Boyer AL, Desobry GE, Wells NP.** Potential and limitations of invariant kernel conformal therapy. *Med Phys* 1991; 18:703-712
3. **Takahashi S.** Conformation radiotherapy, rotation techniques as applied to radiography and radiotherapy. *Acta Radiol Suppl* 1965; 2:42-45
4. **Ishigaki T, Sakuma S, Banno T, et al.** Computer assisted conformation radiotherapy system. *Europ J Radiol* 1983; 3:367-374
5. **Leven MB, Kijewski PK, Chin LM, et al.** Computer controlled radiation therapy. *Radiology* 1978; 129:769-776
6. **Brahme A.** Optimization of stationary and moving beam radiation therapy techniques. *Radioth Oncol* 1988; 12:129-139
7. **Galvin JM, Smith AR, Lally B.** Characterization of multileaf collimator system. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 1993; 25:181-192
8. **LoSasso T, Chui CS, Kutcher GJ, et al.** The use of a multileaf collimator for conformal radiotherapy of carcinomas of the prostate and nasopharynx. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 1993; 25:161-170
9. **Galvin JM, Smith AR, Moeller RD, et al.** Evaluation of multileaf collimator design for photon beam. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 1992; 23:789-801
10. **Powlis WD, Smith AR, Cheng E, et al.** Initiation of multileaf collimator conformal radiation therapy. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 1993; 25:171-179
11. **Jordan TJ, Williams PC.** The design and performance characteristics of a multileaf collimator. *Phys Med Biol* 1994; 39:231-251
12. **Boyer AL, Ochran TG, Nyerick CE, et al.** Clinical dosimetry for implementation of a collimator. *Med Phys* 1992; 19:1255-1261
13. **Brahme A.** Dosimetric precision requirements in radiation therapy. *Acta Radiol Oncol* 1984; 26:403-412



국문초록 =

### 방사선 입체조형치료용 다엽콜리메이터의 특성과 조직내 선량분포 측정

연세대학교 의과대학 치료방사선과학교실

추 성 실 · 김 귀 언

**목적** : 다엽콜리메이터를 이용하여 부정형의 치료부위를 편리하고 정확히 차폐하며 삼차원 입체조형치료를 원활히 수행하기 위하여 다엽콜리메이터의 차폐특성을 계측하고 치료계획을 위한 최적방법을 확정한다.

**대상 및 방법** : 차폐폭이 1cm이고 길이가 15cm인 52개의 금속차폐엽들이 양방향 각각 26개로 구성되어 컴퓨터계획에 의거 여러모양의 차폐면을 구사할 수 있는 다엽콜리메이터(Multileaf collimator)를 대상으로 방사선 치료에 요구되는 고에너지 방사선의 출력선량을, 차폐 및 투과효과, 반응영, 조직내 선량분포등을 전리함측정기와 열형광측정기 및 필름 선량측정방법을 이용하여 계측하였다. 다엽콜리메이터의 계단식 반응영 측정은 고체팬텀과 비디오밀도측정기를 이용하여 실효반응영(Effective penumbra)과 일반적반응영(General penumbra)으로 구분 평가하였다.

**결과** : 다엽콜리메이터의 출력선량은 표준차폐조리개에 비교하여 출력 선량율이 1-2%증가 되었으며 치료오차 이내로 평가되었다. 다엽콜리메이터의 방사선투과 선량은 6-10MV X선에서 평균 2%로 표준차폐조리개보다 컸지만 혼합차폐벽돌보다 적었다. 원형으로 형성된 차폐엽 끝면의 조사선량은 약 20%증가 되었으며 엽과 엽사이의 선량은 6mm 폭의 5%증가로 심부치료에 영향이 없었다. 다엽콜리메이터의 실효반응영(20-80%)은 약 6mm로서 혼합차폐벽돌과 거의 같았으나 중심선에서 벗어날수록 2-3%증가되었다. 다엽콜리메이터에 의한 계단식 모양의 반응영은 6-10MV x-선에서 차폐면 경사각이 45도일 때 약 11mm로 가장 컸으며 방사선속에 평행히 절단된 차폐벽돌보다 약 5mm 더 증가되었다.

**결론** : 다엽콜리메이터는 1cm폭의 차폐엽들로 구성되어 계단식 차폐면에 대한 반응영이 다소 증가되고 있지만 조직내부의 다문조사 경우 반응영이 완화되므로 부정형 조사면 차폐에 적합하며 방사선 입체조형치료를 수행할 수 있는 가장 적당한 차폐기구로 생각된다.