

Introduction and feasibility study of the HD-270 MLC

Dept. of Radiation Oncology, Hallym University, Anyang, Korea

Dae Young Kim, Won Taek Kim, Hwa Jung Lee, Kang Hyeok Lee

I . Purpose

The multileaf collimator(MLC) has many advantages, but use of the MLC increased effective penumbra and isodose undulation in dose distribution compared with that of an alloy block. In this work, we introduced the HD-270 MLC, which can improve the above disadvantages of MLC, and reported its feasibility study.

II . Method and Materials

The HD-270 MLC is a technique which combines the use of the existing Siemens multileaf collimator(3D MLC) with patient translation perpendicular to the leaf plane. The technique produces a smoothed isodose distribution with the reduced isodose undulation and effective penumbra.

To assess the efficacy of the HD-270 technique and determine the appropriate resolution, a polygonal shaped MLC field was made to produce field edge angles from 0 degree to 75 degree with a step of 15 degree. Each HD-270 group was generated according to the allowed resolution, i. e., 5, 3, and 2mm. The experiment was carried out on Primus, a Siemens linear accelerator configured with HD-270 MLC. The total 60 MU of 6 MV photon beam was delivered to X-Omat film(Kodak, USA) at a SAD of 100 cm and 1.5 cm depth in solid water phantom. Exposed films were scanned by Lumiscan75(LUMISYS) and analyzed using RIT113 software(Radiological Imaging Technology Inc., USA).

To test the mechanical accuracy of table movement, the transverse, longitudinal, and vertical positions were controlled by a consol with +5 mm, ± 4 mm, ± 3 mm, and ± 2 mm steps, and then measured using a dial gauge with an accuracy of 0.001 inch. During the experiments, the table loaded with about 50Kg human phantom to simulate the real treatment situation.

III. Results

The effective penumbra and isodose undulation became larger with increase the resolution and field edge angle. The accuracy of the table movement on each direction is good within the ± 1 mm.

IV. Conclusion

Clinical use of the MLC can be increased by using of the HD-270 MLC which complements to the disadvantages of the MLC.

I. 서 론

방사선치료의 범위를 설정하기 위해 과거에는 납합금블록이 주로 사용되었으나 최근에는 다엽콜리메이터(MLC)가 많이 사용되고 있다. MLC는 납합금블록을 이용하는 것에 비해 효율성 측면에서 많은 장점을 가지고 있다.

치료중 자동으로 방사선의 조사영역을 변경하는 것을 가능하게 해 주므로 삼차원입체조형치료(3D conformal therapy), 세기조절방사선치료(IMRT)등 조사영역의 수가 극단적으로 많아지는 경우에도 원활한 치료를 가능하게 해 주고 있다. 그러나 MLC의 물리적 특성상 복잡한 모양의 조사영역을 치료하는 경우 납합금블록에 비해 한계가 있는 경우가 많다(그림. 1).

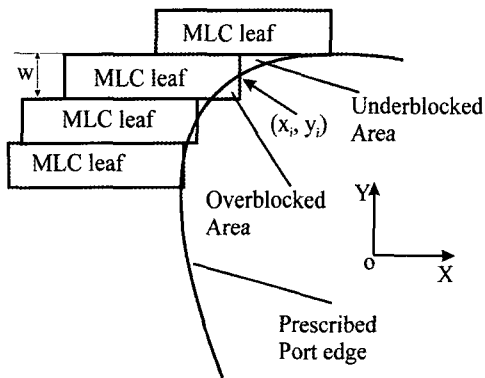


Fig 1. Underblocked Area & Overblocked Area

MLC는 각각의 leaf폭의 두께와 끝단의 모양이 일정하므로 과도하게 조사되는 부위와 과도하게 차폐되는 부위가 필연적으로 생기며 이로 인해 선량분포 또한 납합금블록으로 조사하는 경우와 달라지게 되어 유효반음영의 크기가 증가하고 조사영역경계의 요동현상이 발생하는 것이다(그림. 2).

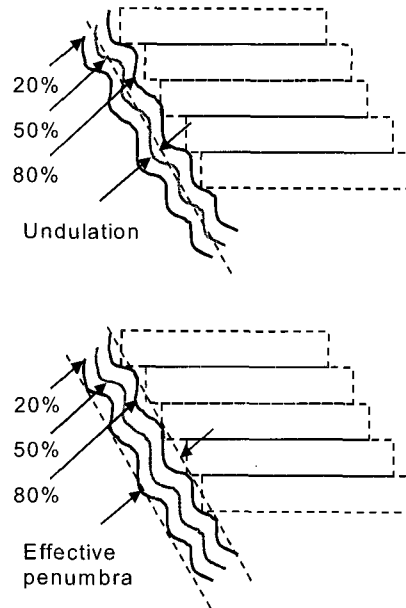


Fig 2. Undulation & Effective penumbra

조사영역경계의 요동(undulation)현상은 50%의 isodose curve에서 피크치와 최저치의 최대거리를 말하고, 유효반음영은 80% isodose curve의 최고치와 20% isodose curve의 최저치 사이의 크기를 말한다. 이러한 단점을 극복하기 위한 방법들에는 크게 나누어 하드웨어적 방법과 기술적 방법이 있는데, 하드웨어적 방법으로는 다엽콜리메이터에 추가적인 장치를 설치하는 방법이 있고, 기술적인 방법으로는 치료테이블을 움직이고 다음에 다엽콜리메이터의 위치를 재결정하는 방법이 있다. 물론 다엽콜리메이터의 폭을 작게 만드는 것이 최상의 방법이다. MLC의 두께를 줄이면 undulation이나 유효반음영의 크기가 감소된다는 연구결과가 발표된바 있다. 하지만 하드웨어 기술적으로 어렵고 leaf의 수가 많아짐으로 leaf사이의 누설선 또한 고려해야되고 추가비용도 많이 든다.⁴⁾

그러나 물리적으로 MLC의 두께를 줄이는 것이 아니라 물리적으로는 1cm 두께의 MLC를 사용하

면서 1cm이하의 MLC의 작동을 할 수 있도록 하는 ‘isocenter-shift technique’이 소개된바 있다.⁵⁾ 이 방법은 선형가속기치료테이블(treatment couch)의 위치를 방사선조사 도중에 미세하게 움직여주는 치료방법으로 fig. 3 에서 보듯이 1cm 두께의 MLC를 이용하여 방사선을 조사하는 도중 치료테이블의 위치를 5mm 이동시키면 조사영역이 5mm 이동하게 되고 이 때 조사영역의 위치 변화에 동조하여 MLC가 조절되어 이동된 조사영역에 맞추어주면 실제로는 1cm 두께의 다엽콜리메이터를 사용했지만 5mm 두께의 MLC를 사용한 것과 같은 효과를 나타내는 것이다(fig. 3a, b).

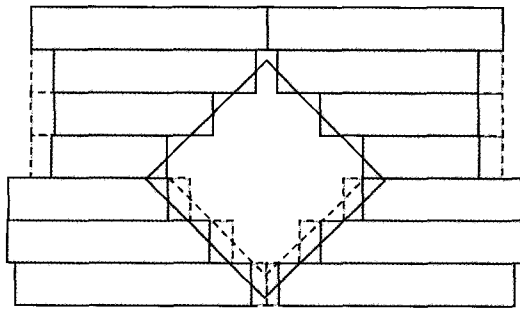


Fig 3a. Two segments with 5mm shift

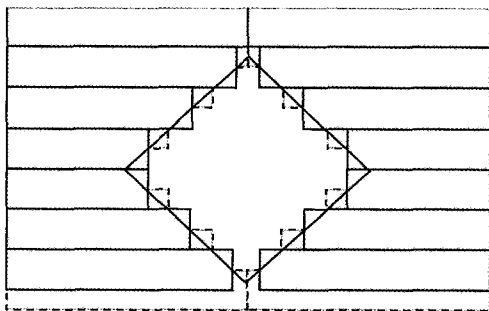


Fig 3b. Readjusted leaf position after 5mm shift (a) in the collimator coordinate system, and (b) in the patient coordinate system

이러한 결과는 치료테이블의 이동을 미세하게

나누어줄수록 납합금블록을 이용하여 조사하는 것과 유사한 결과를 얻을 수 있다는 것을 보여준다.

이러한 효과를 얻기 위해 본원에서 사용중인 HD270 MLC에 관한 소개와 유용성을 평가 하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. HD-270 MLC의 원리소개

HD270 MLC는 씨멘스사의 선형가속기인 프라이머스와 연결된 프라임뷰라는 프로그램에 있는 소프트웨어옵션으로 씨멘스 MLC를 사용하면서 치료테이블(ZXT)을 leafs면에 항상 수직방향으로 이동시킴으로써 유효반응영과 조사영역경계의 요동현상을 감소시킨다.

치료테이블의 이동은 젠트리, 콜리메이터, 테이블 각도, source to target volume distance (usually 100 cm)에 고려되어 삼차원적으로 이뤄지며 HD270 그룹의 resolution은 2mm, 3mm, 5mm의 옵션 중에서 적당한 값을 선택 할 수 있으며, 선택한 resolution에 의해 각 그룹의 segments의 개수가 결정된다.

치료 Field의 MU값은 만들어진 HD270 group의 각 segments에 등가 적으로 나뉘어진다. 등가 적으로 나누어지지 않을 때는 나머지 값이 original segment에 우선적으로 주어지고 각 segments에 나누어진다. 치료시간은 총 MU값은 변함어 없기 때문에 테이블이동과 MLC가 조정되는 시간만큼 증가하며 HD270 MLC가 적용된 빔의 수와 선택한 resolution에 의해 영향을 받는다. 예를 들면 대향2분 조사에서 두 빔에 대해 2mm resolution을 사용했을 때 약 1분 정도 증가하였다.^{2),3)}

2. HD-270 MLC의 선량특성평가

1) 측정장비

- Siemens Primus (photon 6MV)
- Solid water phantom
- X-Omat film (Kodak)
- Lumiscan75 (Lumisys)
- RIT113 (Radiological Imaging Technology Inc. USA)

2) 측정방법 및 분석

HD-270 MLC의 효율성과 적당한 resolution (5mm, 3mm, 2mm)을 결정하기 위해 field edge angle(Y축과 이루는 각)과 resolution을 변화시켜 유효반음영과 조사영역 경계의 요동의 변화를 측정하였다.

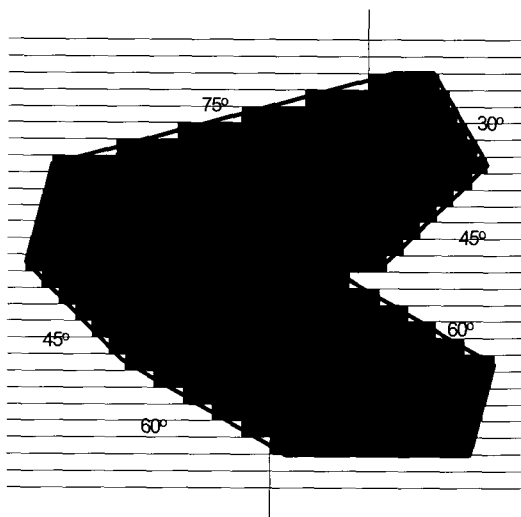


Fig 4. Irregular Field

그림 4. 처럼 field edge angle이 0도에서 75도 까지 15도의 간격으로 된 다각형의 field를 만들고 resolution은 5mm, 3mm, 2mm로 각각의 HD-270 group을 만들었다. 각각 만들어진 HD270그룹을 가지고 solid phantom에서 SAD 100cm, depth

1.5cm으로 X-Omat film(Kodak)에 6MV 60MU로 조사하였다(그림 5).

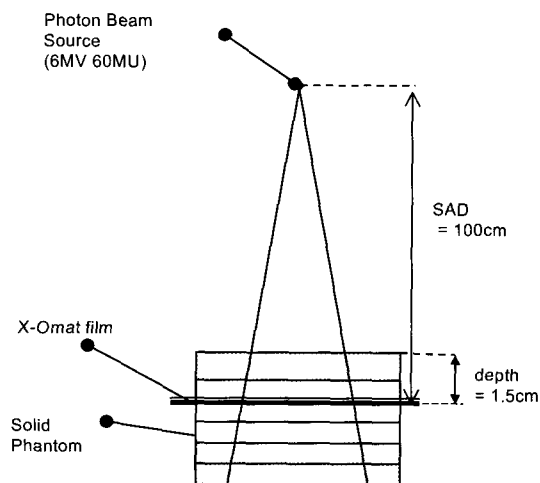


Fig 5. Experimental Set-up

조사된 film은 Lumiscan75(LUMISYS)로 스캔 해서 RIT113(Radiological Imaging Technology Inc. USA)으로 분석하였다.

3. 치료테이블 정도관리

치료테이블 움직임의 정확성을 테스트 하기 위해서 50Kg의 인체모형팬텀을 테이블 위에 놓고 vertical, longitudinal, lateral의 세 직각방향으로 테이블의 디지털 값을 +5mm, ±4mm, ±3mm, ±2mm 단계별로 변화시켜가며 1/1,000 인치의 정밀도를 가지는 dial gauge로 변화 값들을 10회 반복 측정하였다(그림 6).

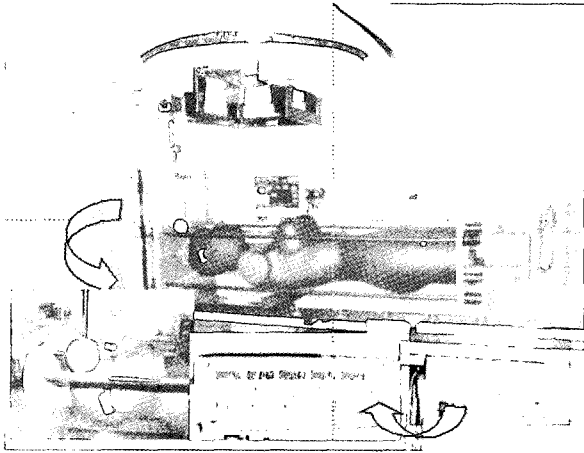


Fig 6. Survey of accuracy for Table motion

III. 결 과

1. HD-270 MLC에 대한 측정결과

그림. 7 에서 알 수 있듯이 MLC를 사용했을 경우 납합금블록으로 조사하는 경우와 비교시 조사 영역경계에서 심한 요동현상이 발생한다는 것을 알 수 있다. 그러나 HD270 MLC를 사용하면서 resolution이 감소 할 수록 그러한 현상은 현저히 줄어들고, 2mm resolution은 조사야 가장자리 부분에서 블록의 경우와 거의 유사한 선량분포를 나타내고 있다(fig. 7a, b, c, d, e).

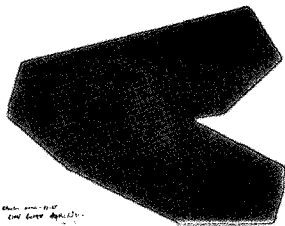


Fig 7a. block

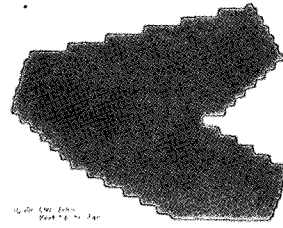


Fig 7b. 10mm

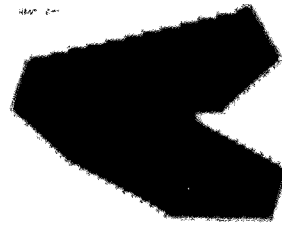


Fig 7c. 5mm

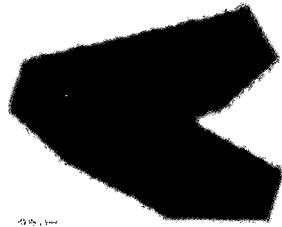


Fig 7d. 3mm

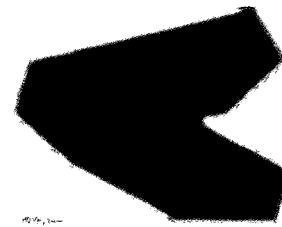


Fig 7e. 2mm

Fig 7. Comparison of effective penumbra and field edge variation

표 1과 표 2는 각 resolution과 field edge angle의 변화에 따른 유효반음영과 조사영역 경계의 요동의 변화를 나타내고 있으며, 그림. 8과 그림. 9

는 결과를 도표로 나타낸 것이다. Resolution과 field edge angle이 감소 할 수록 유효반음영과 조사영역 경계의 요동현상은 감소한다는 사실을 알 수 있다.

Table 1. Deviation of effective penumbra(mm)

	10mm	5mm	3mm	2mm	block
15 deg.	4.9	4.4	4.7	4.4	3.4
30 deg.	6.3	5.9	5.4	5.1	3.4
45 deg.	8.6	7.3	7.4	6.8	3.4
60 deg.	10.9	8.6	8.1	7.3	3.4
75 deg.	12.4	9.8	9.3	7.8	3.4

Table 2. Deviation of shaking variation(mm)

	10mm	5mm	3mm	2mm	block
15 deg.	1.2	0.0	0.3	0.0	0
30 deg.	2.0	0.0	0.8	0.2	0
45 deg.	3.7	0.3	0.5	0.6	0
60 deg.	5.9	1.6	1.7	0.0	0
75 deg.	7.8	2.9	2.2	0.5	0

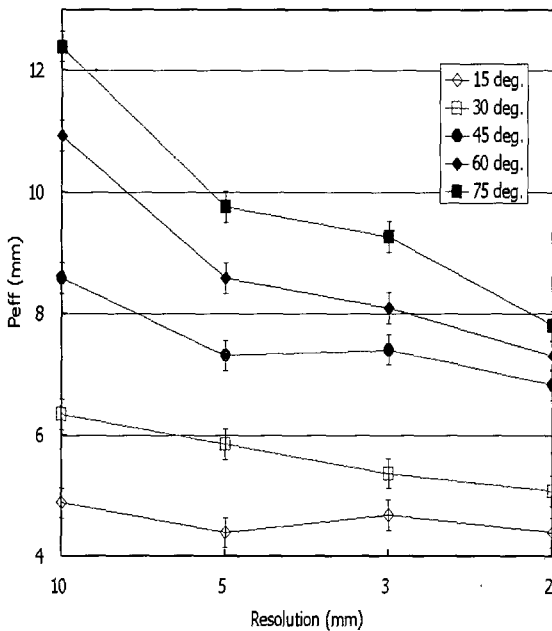


Fig 8. Peff_avg (mm)

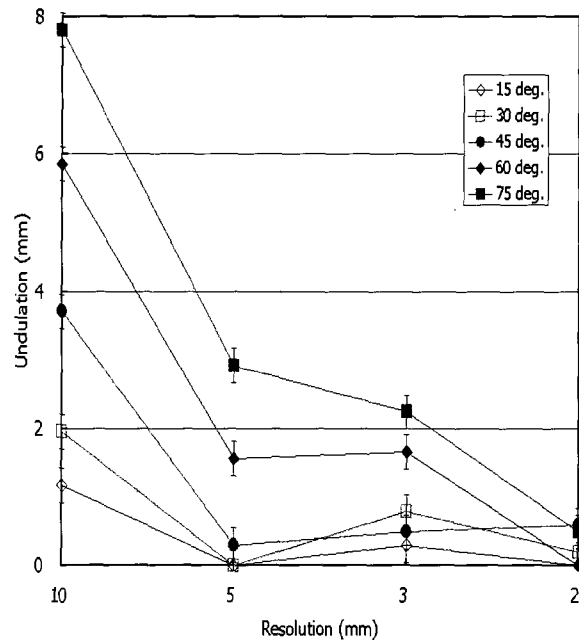


Fig 9. Undulation (mm)

2. 테이블 움직임의 정확성에 대한 측정결과

표 3 은 vertical, longitudinal, lateral의 세 각각 방향으로 +5mm, ±4mm, ±3mm, ±2mm 별로 이동

값에 대한 측정치의 평균과 표준편차를 나타내고 있다. 오차범위는 ±1mm 이내로 양호하였다.

Table 3. Treatment table (mm)

	+2mm			-2mm			+3mm			-3mm		
	ver.	long.	lat.	ver.	long.	lat.	ver.	long.	lat.	ver.	long.	lat.
avg.	1.95	1.94	1.99	1.98	1.92	1.99	3.03	2.97	3.02	2.99	3.09	3.02
SD	0.13	0.16	0.06	0.16	0.20	0.09	0.17	0.08	0.12	0.13	0.32	0.11

	+4mm			-4mm			+5mm		
	ver.	long.	lat.	ver.	long.	lat.	ver.	long.	lat.
avg.	3.92	4.00	3.98	3.92	3.86	4.01	5.00	4.94	5.03
SD	0.06	0.09	0.12	0.10	0.14	0.06	0.09	0.18	0.10

3. 임상적용

whole brain치료에 HD270 MLC를 사용한 경우이다. 이 때 까지 field 마진 부분의 scalloped한 현상 때문에 MLC대신에 블록을 사용을 선호하는 부분들도 있었는데 2mm resolution의 HD270 MLC를 사용하여 이러한 현상을 없애주면 블록대신에 MLC를 사용해도 그리 무리는 없을 것 같다 (fig. 10 a, b, c, d).



Fig 10b. block

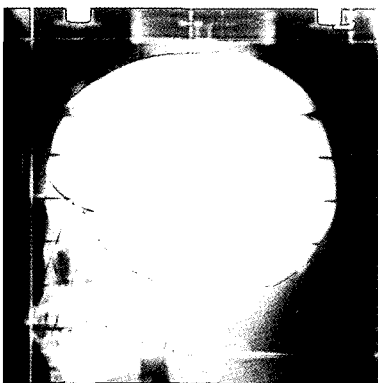


Fig 10a. simulation film

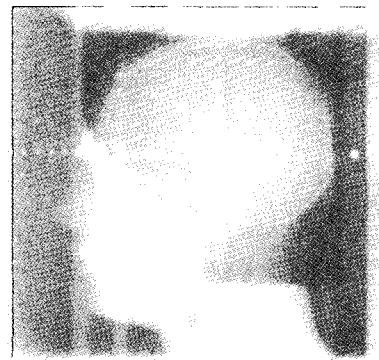


Fig 10c. MLC

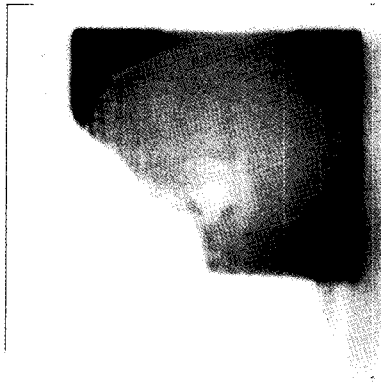


Fig 10d. HD270 MLC
(2mm resolution)

Fig 10. Comparison of field boundary

IV. 결 론

HD-270 MLC를 사용함으로써 납합금블록을 대신해 다엽콜리메이터를 사용했을 때 생기는 반응영의 크기증가나 조사영역경계의 요동현상의 발생 같은 단점들을 보완 할 수 있어 다엽콜리메이터의 임상 적용범위를 보다 넓힐 수 있을 것이다. 그리고 앞으로 치료계획시에 이러한 방법을 이용하여 기존의 1cm두께의 다엽콜리메이터를 이용한 치료 계획과 eyeball, lens, optic nerve, optic chiasm, spinal cord 같은 정상조직에 대한 DVH와 정상조직손상확률(normal tissue complication probability, NTCP)값들을 비교한다면 보다 치료의 질을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Boyer AL, Ochran TG, Nyerick CE, et al. : Clinical dosimetry for implementation of a multileaf collimator. Med Phys, 19, 1255-1261, 1992
2. Siemens Medical Systems Inc. : HD-270 MLC User Manual, 2000
3. Xue J, Zhang P, Wu J, et al. : Implementation of the isocenter-shift technique for smoothing MLC field edge on a 3D treatment planning system, Med Phys, 29, 1413-1420, 2002
4. 김상노, 조병철, 서태석 등 : 가상 미세 세기조절방사선치료기법의 임상 적용을 위한 예비적 연구, 한국의학물리학회, 제13권 제1호, 32-36, 2002
5. 김창욱, 김희남, 임충근 등 : 다엽콜리메이터 조사야의 반응영 및 선량분포 개선에 대한 연구, 대한방사선치료기술학회, 제10권, 88-93, 1998

HD-270 MLC의 소개 및 유용성평가

한림대학교 성심병원 방사선종양학과

김대영, 김원택, 이화중, 이강혁

I. 목 적

MLC의 단점인 조사영역경계의 요동현상이나, 반응영의 크기를 감소시킬 수 있는 HD270 MLC에 관한 소개와 유용성에 대해 평가하였다.

II. 대상 및 방법

HD-270 MLC는 PRIMUS(Siemens)의 치료테이블(ZXT) 과 다엽콜리메이터(3D MLC)를 leafs면에 수직방향으로 이동시킴으로써 유효반응영과 조사영역 경계의 요동을 감소시킨다. HD-270 MLC의 효율성과 적당한 resolution을 결정하기 위해 field edge angle(Y축과 이루는 각)이 0도에서 75도까지 15도의 간격으로 된 다각형의 field를 만들고 resolution은 5mm, 3mm, 2mm로 각각의 HD-270 group을 만들어 Siemens사 선형가속기(PRIMUS)의 6MV 광자선을 사용하여 solid phantom에서 SAD 100cm, depth 1.5cm으로 X-Omat film(Kodak)에 60MU로 조사하였다. 조사된 film은 Lumiscan75(LUMISYS)로 스캔해서 RIT113(Radiological Imaging Technology Inc. USA)으로 분석하여 유효반응영과 조사영역 경계의 요동의 변화를 측정하였다. 그리고 치료테이블 움직임의 정확성을 테스트하기 위해 테이블 위에 50Kg의 인체모형팬텀을 놓고 0.001inch의 정밀도를 가진 dial gauge로 가로, 세로, 수직의 세 직각방향으로 $\pm 5\text{mm}$, $\pm 4\text{mm}$, $\pm 3\text{mm}$, $\pm 2\text{mm}$ 단계별로 측정하였다.

III. 결 과

Resolution과 field edge angle이 증가할수록 유효반응영과 조사영역 경계의 요동현상은 증가하였다. 그리고 지멘스 ZXT 치료테이블움직임의 오차범위는 $\pm 1\text{mm}$ 이내로 양호하였다.

IV. 결 론

최근 많이 사용되어지고 있는 다엽콜리메이터의 문제점들을 보완 할 수 있는 HD-270 MLC를 사용함으로써 MLC의 임상적용범위를 보다 넓힐 수 있을 것이다.