

# 척수의 한계선량 극복을 위한 Dose Dynamic MLC 사용에 대한 선량 평가 및 유용성 고찰

서울아산병원 방사선종양학과

박철수, 백금문, 홍동기, 양오남, 윤인하, 윤화룡, 김정만

## I. 서론

방사선 치료의 궁극적인 목적은 종양조직에는 최대한의 선량을 조사하고 주위정상조직은 보호함으로써 치료성적을 극대화시키는데 있다. 최근 폐암의 방사선 치료에 있어서는 고선량의 방사선 치료가 요구되고 있다. 이런 고선량의 방사선치료시에는 정상폐, 심장, 척수등의 정상조직의 보호가 문제가 된다. 그 중에서도 T4N2M0의 수술전 비소세포성폐암의 경우 척수의 한계선량으로 인하여 치료계획시에 많은 제한을 받게 된다.

AP-PA로 대항2문으로 4500CGY까지 조사 후 척수의 선량을 줄이기 위해 2차 치료계획을 실시한다. 이때 3문 조사치료나 3차원 입체조형치료계획을 실시 할 수 있다. 그러나 이때에도 역시 척수의 한계선량이 문제가 된다. 이렇게 폐암환자의 경우 척수의 한계선량으로 인하여 boost field의 치료계획시 척수의 한계선량으로 인하여 2차 치료 계획시 치료계획에 장애가 된다.

본 연구에서는 T4N2M0의 수술전 비소세포성 폐암 환자를 대상으로 1차 치료를 AP-PA로 대항2문 조사 후 척수의 선량을 줄이기 위해 Boost field의 2차 치료가 필요한 환자중 Total dose가 7020cGy까지의 선량을 요구하는 환자를 대상으로 하였습니다.

이에 본연구에서는 기존의 Conventional 한 plan과 Dose dynamic MLC에 의한 plan을 비교하여 보았고 Dose Dynamic MLC를 이용하여 유용성을 평가해 보았다. 그리고 이렇게 Dose dynamic MLC에 의한 plan을 실시할경우 척수의 한계선량을 조절하여 높은 선량의 방

사선치료가 가능한지와 또, Dose dynamic MLC에 의한 plan을 실시할 경우 척수의 적절한 차폐범위는 어느 정도가 적정한지를 알아 보았다.

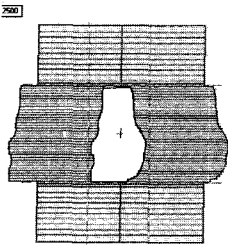
## II 실험재료 및 방법

### 1. 실험장비 및 기구

- 1) Varian CL-21EX (U.S.A)
- 2) Varian Millennium MLC (120 leaf)
- 3) Radiation Planning System (Render Plan)
- 4) X-Omat film (Kodak)
- 5) Polystyrene phantom
- 6) Film scanner (Vidar)
- 7) Etc

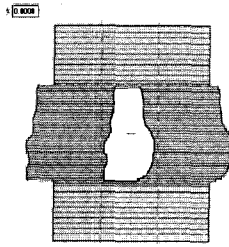
## 2. Dose Dynamic MLC 사용

그림1



0

그림2



0.25

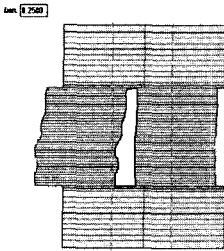
그림3



Dose Dynamic MLC를 구동하였을 때 선량의 변화와 사용에 대하여 설명한다. 본연구에서 사용한 Dose Dynamic MLC는 40%의 transmission factor값을 사용하였고 3개의 Segment로 Dose Dynamic MLC를 제작하였다. Dose Dynamic MLC를 구동하여 Dose fraction

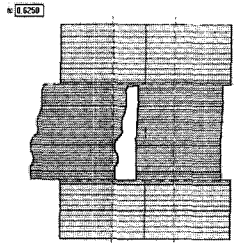
을 0(그림1)에서 0.25(그림2)로 변화시켰을 때 그림3과 같이 치료전체 field에 방사선이 조사된다. 이때 그림3에 조사된 방사선량은 한 field에 조사하고자 하는 선량의 40%가 조사된 것이다. 그림4

그림4



0.25

그림5



0.625

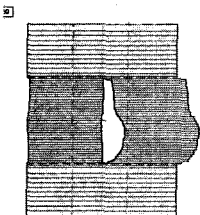
그림6



이어 Dose Dynamic MLC를 계속 구동하여 Dose fraction을 0.25(그림4)에서 0.625(그림5)로 변화시켰을 경우 조사부위의 선량은 한 field에 조사하고자 하는 선량의 60%가 조사된다. 이때 왼쪽폐와 척수는 Dose

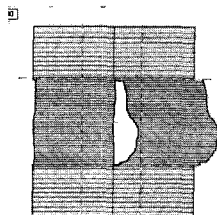
Dynamic MLC로 차폐되었다. 이 경우 그림6과 같이 오른쪽 폐에만 60%의 방사선이 더 조사되어 오른쪽 폐에는 100%의 방사선이 조사되게 된다.

그림7



0.625

그림8

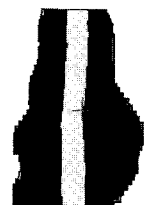


1.000

그림9



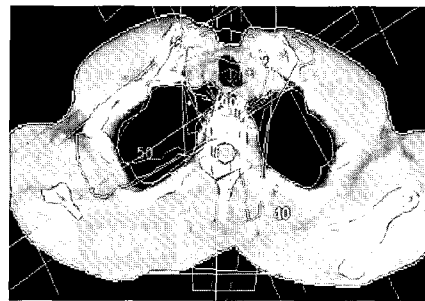
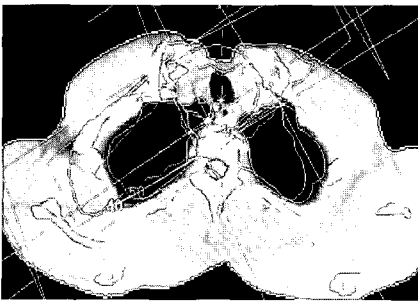
그림10



이어 Dose Dynamic MLC를 계속 구동하여 Dose fraction을 0.625(그림7)에서 1.000(그림8)로 변화 시켰을 경우 조사부위의 선량은 한 field에 조사하고자 하는 선량의 60%가 조사된다 이때 오른쪽폐와 척수는 Dose Dynamic MLC 로 차폐되었다 이 경우 그림9과 같이 왼쪽 폐 에만 60%의 방사선이 더 조사되어 왼쪽 폐에는 100%의 방사선이 조사되게 된다 이렇게 Dose fraction을 0 에서 1 까지 변화 시켜 Dose

Dynamic MLC를 구동 구동하였을 경우 그림10과 같이 오른쪽 폐와 왼쪽 폐에는 100%의 선량이 조사되고 척수에는 40%의 선량이 조사되게 된다 이렇게 Dose Dynamic MLC를 사용할 경우 척수에 조사되는 선량을 조절 할 수가 있다.

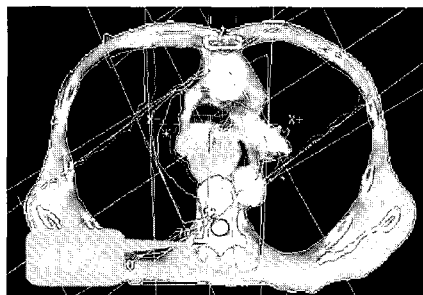
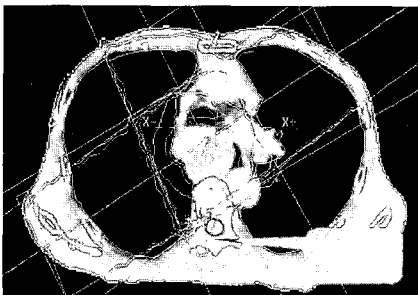
### 3. Conventional plan과 Dose dynamic MLC plan의 비교



UPP-5cm에서의 비교

기존의 conventional 한 plan과 dose dynamic MLC에 의한 plan을 비교하여 보았다 UPP-5cm에서의 conventional plan의 경우 40% 등선량곡선에 cord가 2/3 정도 포함된 것을 볼 수 있다. 그러나 똑같은 조건

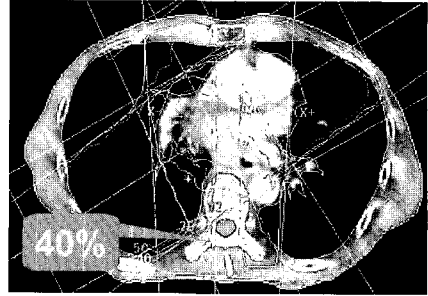
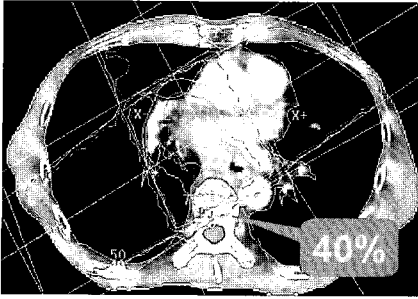
으로 Dose Dynamic MLC를 사용하여 plan 했을 경우에 Upp-5cm에서는 척수가 40% 등선량곡선에서 완전히 빠지는 것을 볼 수 있다.



Center에서의 비교

다음은 Center에서의 Conventional 한 plan과 Dose dynamic MLC에 의한 plan을 비교하여 보았다 마찬가지로 conventional한 plan의 경우에는 40% 등선량곡선

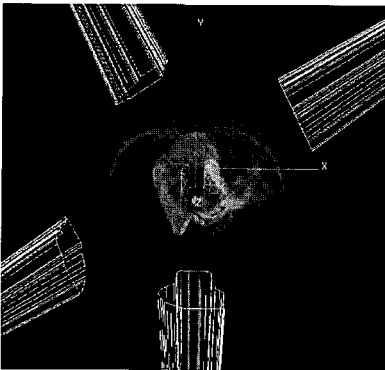
에서 척수가 반이 들어가 있으나 Dose dynamic MLC를 이용한 plan에서는 척수가 완전히 빠져 있는 모습을 볼 수 있다.



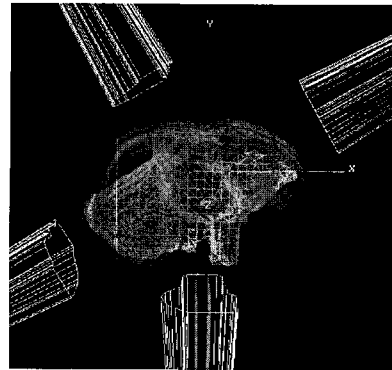
Lower 5cm 에서의 비교

Lower 5cm 지점에서의 Conventional 한 plan과 Dose dynamic MLC에 의한 plan을 비교 하였다 Lower 에서

도 마찬가지로 40% 등선량곡선에서 척수 빠지는 것을 볼 수 있다.



95% PTV



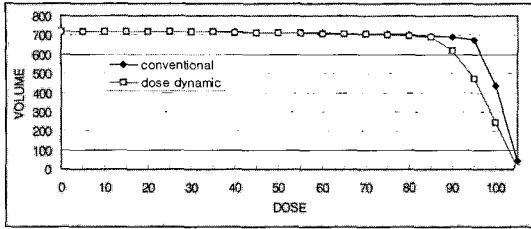
35% CORD

Beam's eye view image

다음은 위에서 설명한 Dose dynamic MLC에 의한 plan 을 Beam's eye view image로 본 것이다. post에서 조사 되는 과란 beam이 dose dynamic MLC를 사용한 beam 이다.오른쪽은 95% 등선량곡선 에서의 image이다. 척 수를 피하기 때문에 PTV를 포함하지 못 할 것으로 생

각되나 그와는 달리 PTV를 충분히 포함되는 것을 볼 수 있다. 왼쪽은 35% 등 선량곡선에서의 image이다. 기 존의Conventional 한 plan에 비해 치료field 가 하나 더 많은데 에도 불과 하고 Dose dynamic MLC에 의한 plan 의 경우 척수가 충분히 빠지는 것을 알 수 있다.

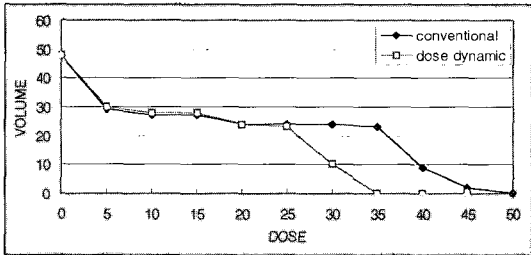
#### 4. Conventional plan과 Dose dynamic MLC plan의 DVH에 의한 비교



PTV의 DVH 비교

Conventional한 plan과 dose dynamic MLC에 의한 plan을 DVH로 비교해 보았다.

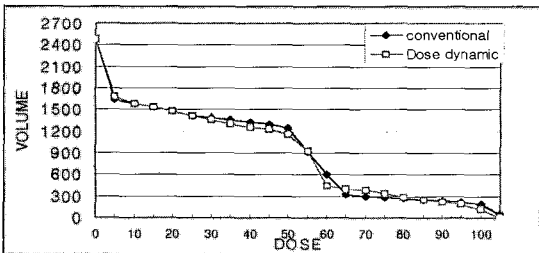
Convention plan과 dose dynamic MLC에 의한 plan의 PTV를 DVH를 비교하여 보았을 때 각각의 경우 약간의 차이를 볼 수 있으나 원하고자 하는 부분에서는 PTV를 충분히 포함하는 것을 알 수 있습니다.



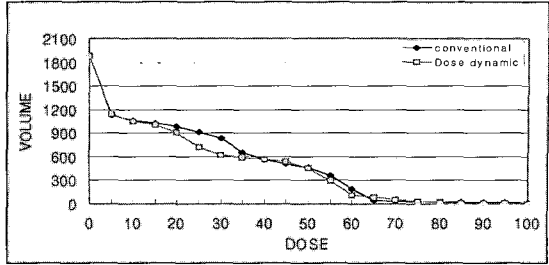
CORD의 DVH 비교

Cord에서 Conventional plan과 Dose dynamic MLC에 의한 plan을 DVH로 비교해 보았다.

25%되는 지점까지는 서로 비슷한 volume을 보이고 있으나 35% 되는 지점에서부터는 dose dynamic MLC plan의 경우가 월등히 우수한 것을 알 수 있다



Rt. lung의 DVH 비교



Lt. lung의 DVH 비교

Rt. lung 과 Lt. lung을 DVH로 비교해 보았다 Dose dynamic MLC plan의 경우에는 field의 수가 하나 더 많은데도 불구하고 conventional plan과 비슷한 분포를 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이 conventional plan과 dose dynamic MLC plan을 DVH로 비교해 보았다. Dose dynamic MLC를 이용하여 plan을 하였을 경우에는 PTV는 충분히 포함하면서 척수에 조사되는 선량을 줄여 척수의 한계선량을 조절할 수 있다는 것을 알 수 있다.

#### 5. Dose dynamic MLC 사용에 있어서의 척수의 적절한 차폐범위

위에서 설명한 dose dynamic MLC를 이용하여 cord의 선량을 조절하고자 할 경우 과연 cord의 차폐 범위는 어느 정도가 적당한지를 알아보기 위해 다음과 같이 2가지 방법으로 실험해 보았다.

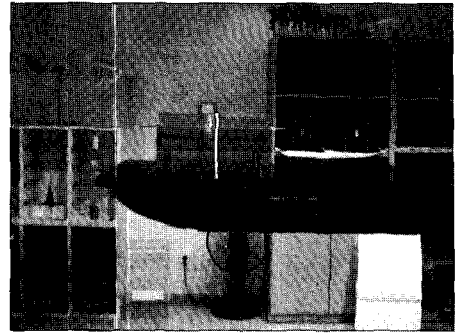
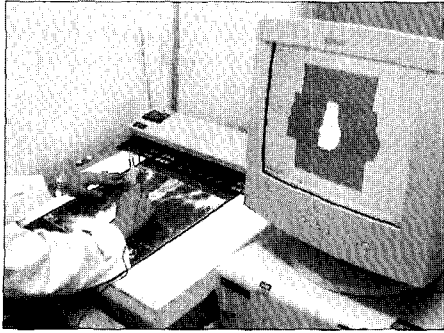
첫 번째는 X-omat film을 이용하여 film dosimetry를 시행해 보았고 두 번째 방법으로는 RTP planning system을 이용하여 0, 3, 6, 9mm의 범위 중 적절한 범위를 찾고자 하였습니다.

##### 실험방법 1

첫 번째 방법에 의한 film dosimetry를 시행하였습니다. 각각 척수에서 0,3,6,9 mm를 뛰어 dose dynamic MLC를 제작하였고 MLC는 40% transmission factor값을 사용하였습니다.

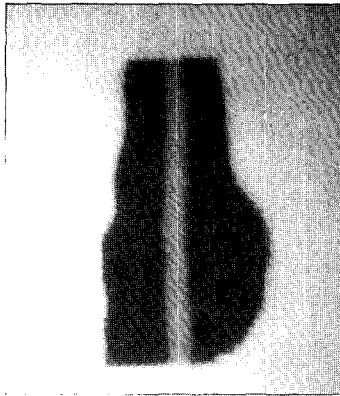
15MV의 에너지로 Dmax에서 측정하였습니다.

field size는 환자의 치료 field와 같은 12x18로 열고 50MU를 주어 측정하였습니다.

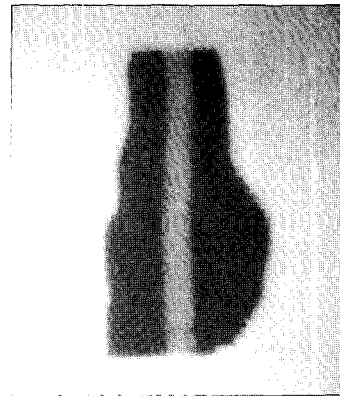


위와 같은 방법으로 각각 0, 3, 6, 9mm를 띄어 MLC를 제작하여 MLC를 구동시키면서 Dmax지점에서 X-omat film에 조사하였다. 각 50MU를 주고 조사하여 얻은 X-omat film을 film에 scanner를 통해 scan하여 얻은 image입니다. 각각 0, 3,

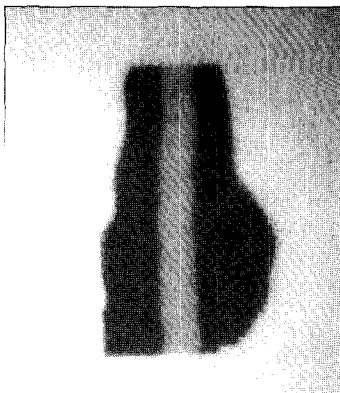
6, 9mm입니다. film에서도 볼 수 있듯이 척수의 크기가 각각 다른 것을 알 수 있습니다. 여기에서 우리가 어느 정도의 간격을 두고 MLC를 만들었을 때 적절한 범위는 어느 정도인가를 알고자 합니다.



0mm



3mm



6mm



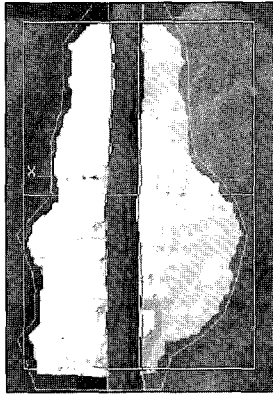
9mm

### 실험방법 2

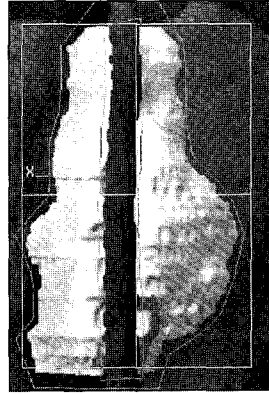
적절한 차폐범위를 알아보기 위해 두 번째 방법으로 RTP의 computer planning system을 이용하여 차폐범위를 각각 0, 3, 6, 9mm로 planning 하여 cord와 PTV를

DVH로 비교하는 방법의 실험을 하였습니다.

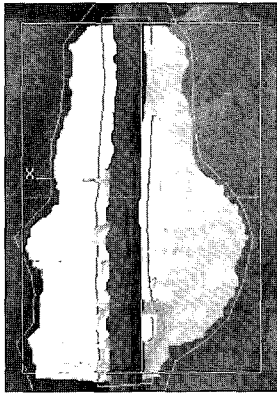
RTP의 computer planning system을 이용하여 차폐범위를 척수에서 0mm, 3mm, 6mm, 9mm로 각각 띄어 planning한 image이다.



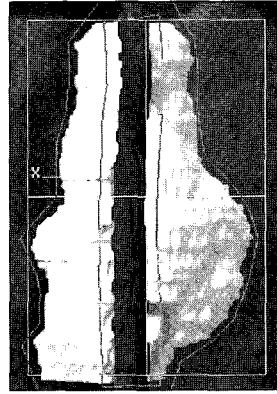
0mm



3mm



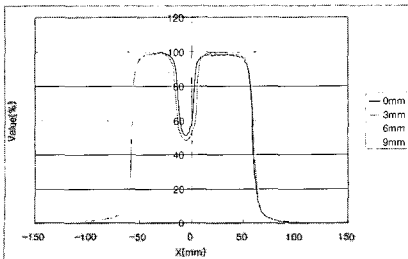
6mm



9mm

## III 결 과

### 실험1 결과



위치	범위	0mm	3mm	6mm	9mm
Lung (RT)		99.6	99.7	99.7	99.6
Cord (RTmargin)		70.3	46.5	42.0	41.8
Cord (LTmargin)		71.2	47.2	42.1	41.9
Lung (LT)		100	100	100	100

실험방법 1과 같은 방법으로 film dosimetry를 실시한 결과입니다.

cord에서 각각 0, 3, 6, 9mm의 범위를 띄어 같은 조건으로 film scan을 실시한 결과입니다.

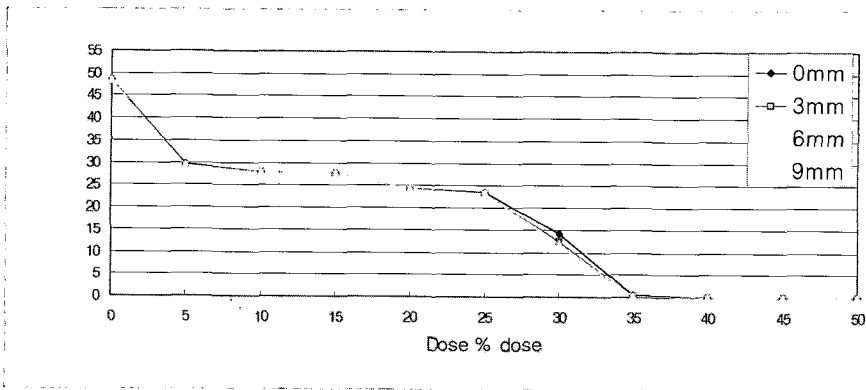
각각의 경우 차이를 보이는 것을 볼 수 있다. 6mm와 9mm의 경우가 산란선의 영향을 적게 받아 적정할것으로 생각하나 6mm와 9mm의 경우에는 PTV를 포함하는 영역이 3mm보다 떨어 지므로 산란선의 영향을 적게 받으면서 PTV는 충분히 포함하는 3mm를 사용함이 적절하다는 것을 알수있다.

### 실험2 결과

RTP의 computer planning system을 이용한 실험 결과

다음은 RTP의 computer planning system을 이용한 실험 결과입니다.

먼저 cord에서 각각 0, 3, 6, 9mm의 차폐범위를 두어 planning한 결과 얻은 DVH가 되겠습니다. 그래프에서 보듯이 25% 되는 지점까지는 모든 범위에서 비슷하게 되는 것을 볼 수 있으나 25% 이상 35%까지의 지점에서 약간의 차이를 볼 수 있습니다. 하지만 35% 이상의 영역에서는 0.3.6.9mm 모두 방사선이 조사되지 않는 것을 알수 있습니다. 표에서도 마찬가지로 30%영역에서 약간의 차이를 보이고 그이상 이하에서는 상이한 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 여기서도 마찬가지로 PTV를 고려하여 MLC를 선택한다면 3mm를 선택함이 가장 적절한 값을 얻을 수 있다.



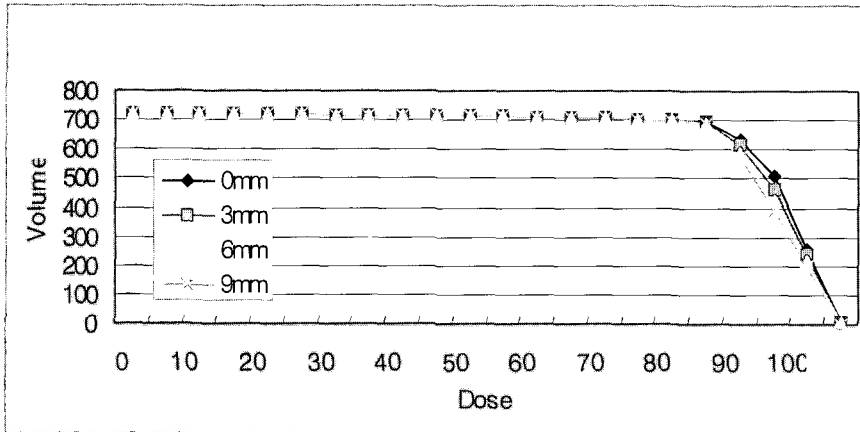
범위 \ DOSE	20%	25%	30%	35%	40%
0 mm	24.4	23.5	14.2	0.6	0
3 mm	24.3	23.4	12.4	0.4	0
6 mm	24.3	23.4	11.8	0.3	0
9 mm	24.3	23.4	11.7	0.3	0



다음은 0,3,6,9mm로 plan을 하였을 때 PTV에서의 관계  
를 DVH로 비교해 보았습니다

90% 지점까지는 0.3,6,9mm 모두 같은 양상을 나타내  
고 있으나 그 이상에서는 각각 다르게 나타내는 것을

볼 수 있다. 여기에서도 보듯이 척수에는 적은 선량이  
조사되면서 PTV는 충분히 포함하는 범위를 선택한다  
면 3mm일때가 척수에는 적고 PTV에는 상대적으로 유  
용한 선량이 들어가는 것을 알수 있다.



#### IV 결론 및 고찰

이상과 같이 Conventional plan과 Dose dynamic MLC 에  
의한 plan을 비교하여 Dose dynamic MLC 에의한 plan의  
유용성과 Dose dynamic MLC를 제작 사용 할 때에 척수  
의 적정한 차폐범위에 대하여 연구해 보았습니다.

Dose dynamic MLC를 이용하여 치료계획을 수립 할 경  
우 척수의 한계선량을 조절하여 폐암의 치료시 척수의  
한계선량에 구애를 받지 않고 고선량 까지 방사선치료  
를 가능하게 할 수 있었다.

아울러 Dose dynamic MLC를 제작할 때에는 제작자의  
정확성을 요구하며 기타의 인위적인 오차를 최소화하  
여 제작하여야 한다는 것을 알 수 있었습니다.

또한 척수를 차폐하는 MLC block의 차폐범위는 3mm  
정도가 적정하다는 것을 알 수 있고 Dose dynamic  
MLC를 사용하여 환자를 치료시에는 먼저 film scan이  
나 RTP system에 의한 dosimetry QA가 선행되어야 할  
것입니다. 그리고 dose dynamic MLC를 두경부 종양 치  
료에도 적용하여 사용한다면 유용하리라 생각합니다.

#### 참고문헌

1. 김영일 : 방사선치료 신광출판사
2. 이병용 : mutileaf collimator의 적정폭 연구 의학물리  
1994;549-55
3. 김창욱, 김희남외3명 다엽콜리메이터 조사야의 반음  
영 및 선량분포개선연구: 대한방사선 치료기술학회  
제10권 1998
4. 강세식 고인호 김영산등 방사선치료학 대학서림
5. 이재승 김현등 다엽콜리메이터의 leaf 사이를 통과한  
X-선의 선량분포에 대한고찰 :대한 방사선 치료기  
술학회 제12권 2000