

# 세기조절방사선치료에서 조사방법이 빔 파라미터 및 선량에 미치는 영향에 대한 연구

영남대학교 의과대학 방사선종양학교실

김 성 규 · 김 명 세 · 윤 상 모

세기조절방사선치료에는 다엽콜리메타의 구동방식에 따라 static 방법과 dynamic 방법이 있다. 세기조절방사선치료의 정도관리는 치료계획의 정도관리, 치료정보의 전달에 관한 정도관리, 치료전달 과정에 대한 정도관리를 통하여 이루어진다. 여기서는 static 방법과 dynamic 방법에 대하여 같은 조건으로 치료계획 정도관리를 시행하여 dynamic 방법의 환자 적용에 대한 타당성을 살펴보았다. 세기조절방사선치료에서 다엽콜리메타의 움직임이 static 방법인 stop and shoot 방법과 다엽콜리메타의 움직임이 dynamic 방법인 sliding window 방법과 비교검토한 결과 임상표적용적(clinical target volume, CTV)의 크기가 직경 3 cm인 경우에는 중심점에서의 선량분포 차이가 0.2%였으며, 선량분포의 90% 면적의 차이가 2.7%였으며, CTV의 크기가 직경 7 cm인 경우에는 중심점에서의 선량분포 차이가 0.2%였으며, 선량분포의 90% 면적의 차이가 2.2%였으며, CTV의 크기가 12 cm인 경우에는 중심점에서의 선량분포 차이가 0.4%였으며, 선량분포의 90% 면적의 차이가 2.9%였다. 실제 폐암 환자에서도 CTV의 크기에 따라 static 방법과 dynamic 방법에서 중심점에서의 선량 차이는 0.3%에서 0.6%를 나타내고 있다. 가상 펜텀에서는 CTV의 크기에 따라 중심점에서의 측정 선량이나 90% 등선량 곡선 면적이 차이가 없었고, 실제 폐암환자에서는 중심점의 측정선량은 차이가 없었지만 90% 등선량곡선의 면적은 CTV가 커짐에 따라 두 방법간에 차이가 커짐을 알 수 있었다.

**중심단어:** Dynamic 세기방사선치료, 다엽콜리메타, MLC 구동

## 서 론

세기조절방사선치료는 기존의 방사선치료에 비해 종양 조직에는 더 많은 선량을 조사하면서, 주위 정상조직과 중요 장기에는 더 적은 선량이 조사되게 하여 암조직에 총 조사선량을 증가시킴으로 생존율을 높이고자 하는 방사선 치료법이다.<sup>1-4)</sup> 그러므로 치료성적의 향상으로 암환자의 생존율을 증가시키고 삶의 질을 높이는데 기여할 수 있는 이제까지 연구 개발된 치료법 중에서 가장 강력한 치료법이다.

세기조절방사선치료를 하기 위해서 필수적으로 충족되어야 사항은 다음과 같다.<sup>4)</sup> 첫째, 선량분포가 종양일체형이 되어야 하고 고선량 범위 내에 중요 장기가 제외되어

야 하며, 둘째, 조사면적이 표시되는 컴퓨터단층촬영 영상의 여러 장을 연속 스캔하여 이 영상들을 디지털화재구성을 통한 방사선조사 방향에서 해부학적 구조와 종양의 형태가 공간적으로 표현되어야 하며, 셋째, 치료부위와 방사선 민감장기에 대한 조사면의 최적화 영역 결정이 이루어져야 하며, 넷째, 종양부위 내에 균등한 선량이 조사되어야 하며, 다섯째, 치료계획대로 치료되었는지 확인할 수 있는 시뮬레이션 필름과 치료 필름을 비교 및 선량측정을 점검할 수 있는 정도관리 시스템이 있어야 한다.

세기조절방사선치료는 다엽콜리메타(multileaf collimator, MLC)를 구동시켜 CTV에 원하는 방사선량을 조사하도록 한다. 이때 1) MLC가 먼저 구동이 되어 방사선치료 조사면적이 만들어지고 빔이 조사되는 static 방법<sup>5)</sup>인 stop & shoot 방법과 2) MLC가 구동되는 것과 동시에 빔이 계속적으로 조사되는 dynamic 방법<sup>6)</sup>인 sliding window 방법이 있다. Static 방법에서는 빔이 stop 상태에서 shoot될 때 선량률이 계속 변화한다는 단점을 가지고 있고, dynamic 방법에서는 선량률은 일정하게 조사되지만 MLC 모양이 계속 변화하며, MLC가 변화하는 상태에서도 빔이 조사된

이 논문은 2006년 5월 24일 접수하여 2006년 6월 26일 채택되었음.  
책임저자 : 김성규, (705-717) 대구시 남구 대명동 317-1  
영남대학교 의과대학 방사선종양학교실  
Tel : 053)620-3373, Fax: 053)624-3599  
E-mail: skkim@med.yu.ac.kr

다는 단점을 가지고 있다. 일반적으로 세기조절방사선치료 시 static 방법은 치료계획의 정도관리, 치료정보의 전달에 관한 정도관리, 치료전달 과정에 대한 정도관리를 통하여 정도관리가 확인되었지만, dynamic 방법에 대해서는 MLC 모양이 변화하는 상태에서도 빔이 계속적으로 조사되는 상황이기 때문에 정도관리에 대해 많은 문제점을 가지고 있다.<sup>7-9)</sup>

이 연구에서는 static 방법과 dynamic 방법에 대하여 같은 조건으로 치료계획 정도관리를 시행하여 dynamic 방법의 환자 적용에 대한 타당성을 논의하고자 한다.

## 재료 및 방법

세기조절방사선치료(intensity modulated radiation therapy, IMRT)를 위한 hardware 구성은 Varian 120 MLC와 전자포탈영상장치(electronic portal imaging device, EPID)가 장착된 21EX 선형가속장치(Varian, USA)와 물리적인 인자를 이용한 선량분포 최적화 역계산(inverse calculation) 치료계획장치인 ECLIPSE 시스템(Varian, USA)으로 되어있다. 정도관리를 실시하기 위한 장치로는 크기가 25×25×20 cm인 아크릴을 사용하였으며, 또한 필름 선량분포확인을 위하여 Vidar 16 Film Scanner (Vidar, Germany)와 텐시토미터 Omni Pro Accept 6.0a (IBA, Germany)를 사용하였고, Electrometer 530 (vicotreen, USA)와 0.01 cc ionchamber (PTW, Germany)로 선량을 측정 확인하였다.

IMRT 시 dynamic 방법에 대한 치료계획에 대한 선량평가를 위하여 다음과 같은 모델을 설정하였다. 본원이 보유하고 있는 선형가속장치의 다엽콜리메타의 가로길이는 13 cm이다. 이론상 CTV의 크기가 13 cm보다 크면 같은 갠트리 각도에서 치료면적이 두 개로 분리되어 IMRT가 행해지게 된다. IMRT 시 치료면적이 분리되지 않는 경우와 치료면적이 분리되는 경우로 나누어 생각할 수 있다. 그래서 치료면적의 분리를 기준으로 CTV의 크기가 직경 10 cm 이하인 경우와 10 cm 이상인 경우로 나누었으며, 본원 선형가속기의 MLC의 선량분포 특성에서 조사면적이 6 cm 이상에서는 편평도가 2% 미만인데, 조사면적이 5 cm 미만에서는 편평도가 5% 선이다. 그래서 CTV의 크기를 5 cm을 기준으로 나누어 살펴보았다.

이러한 이유로 펜텀에서 CTV의 크기를 직경 3 cm, 7 cm, 12 cm인 경우에 대하여 살펴보았으며, 실제 폐암 환자에서도 CTV의 크기가 5 cm 이하, 5 cm에서 10 cm, 10 cm 이상으로 나누어 살펴보았다.

IMRT에서 dynamic 다엽콜리메타에 대한 성능평가를 위하여 먼저 25×25×20 cm 크기의 아크릴 펜텀에 대하여 치료계획 컴퓨터단층촬영을 실시하였다. 펜텀의 중심부에 가상적인 CTV의 크기를 직경 3 cm인 경우와 7 cm인 경우와 12 cm인 경우를 설정하여 CTV의 크기에 따른 static 방법과 dynamic 방법의 중심점에서의 선량을 측정하여 비교하였으며, 또한 선량분포를 비교하여 dynamic 방법의 임상 적용에 대한 타당성을 확인하였다. 나아가 실제 폐암환자에서도 암의 크기에 따라 static 방법과 dynamic 방법에 대한 중심점에서의 선량과 선량분포곡선을 비교하여 dynamic 방법의 임상 적용에 대한 타당성을 확인하였다.

폐암환자에서는 static 방법과 dynamic 방법으로 IMRT 치료계획을 실행하여 각각에 대하여 펜텀 선량으로 환산하여 CTV의 중심점에서의 coronal view에 대한 선량분포를 얻었으며, 이것을 실제 측정값과 비교하기 위하여 펜텀 중앙면에 필름을 삽입하였다. 저감도 필름인 EDR2 (코닥사, USA) 필름을 사용하였다. EDR2 필름에 본원의 선형가속기 6 MV와 10 MV 에너지에 대하여 SSD 100 cm, 조사면적 10×10 cm, 최대값 깊이에서 0 cGy, 10 cGy, 20 cGy, 50 cGy, 75 cGy, 100 cGy, 150 cGy, 200 cGy, 250 cGy, 300 cGy를 조사하여 각 에너지에 대한 HD 특성곡선을 얻었다.

펜텀에서 가상 CTV에 대한 계산선량은 5,000 cGy (200 cGy×25회)으로 하였으며, CTV의 크기에 관계없이 빔을 조사한 방향은 갠트리 각도가 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315에서 8개 빔을 조사하였고, CTV에 대한 제약조건은 계산선량 5,000 cGy에 대하여 5,000 cGy 이상 5,050 cGy까지 허용하며 5,000 cGy 이상이 3% 이하가 되도록 하였으며, 5,000 cGy 이하 4950 cGy까지 허용하며 5,000 cGy 이하가 3% 미만까지 허용하였다. 폐암 환자에서는 CTV의 위치에 따라 조사되는 빔의 방향과 개수는 달리하였으며, 제약조건은 동일하게 하였다. CTV의 직경 크기가 5 cm 이하인 부피가 35.5 cc인 환자에서는 조사한 빔 방향은 갠트리 각도 300, 320, 340, 0, 20, 40에서 6개 빔을 조사하였고, CTV에 대한 제약조건은 계산선량 5,040 cGy (180 cGy×28회)에 대하여 5,040 cGy 이상 5,140 cGy까지 허용하며 5,040 cGy 이상이 5% 이하가 되도록 하였으며, 5,040 cGy 이하 4,940 cGy까지 허용하며 5,040 cGy 이하가 5% 미만까지 허용하였다. 또한 폐에 조사되는 선량에 대한 제약조건은 오른쪽, 왼쪽 폐에 대하여 V20, 즉 2,000 cGy 이상 조사되는 선량이 30% 미만이 되도록 허용하였다. 척수에 조사되는 선량에 대한 제약조건은 2,000 cGy 이상이 0%가 되도록 하였다.

Table 1. The measurement values of the central point dose according to the sizes of clinical target volume (CTV) depending on the delivery techniques of intensity modulated radiation therapy.

CTV size	Central dose		Difference (%)
	Dynamic	Static	
3 cm	98.2	98.0	0.2
7 cm	98.9	98.7	0.2
12 cm	100.1	99.7	0.4

CTV의 직경 크기가 5 cm에서 10 cm인 CTV의 부피가 296.8 cc인 환자에서는 조사한 빔 방향은 갠트리 각도 340, 5, 30, 55, 80, 105, 130, 155에서 8개 빔을 조사하였고, CTV의 직경 크기가 10 cm 이상인 CTV의 부피가 903.5 cc인 환자에서는 조사한 빔 방향은 갠트리 각도 25, 0, 335, 310, 285, 260, 235, 210에서 8개 빔을 조사하였다.

결 과

펜텀에서 CTV의 크기에 따라 세기조절방사선치료 시 static 방법과 dynamic 방법에서 선량분포 특성은 다음과 같았다. 먼저 객관적인 비교를 위하여 펜텀에서와 실제 폐암 환자에서 1회 계산선량 200 cGy와 180 cGy를 100으로 환산하여 측정선량을 100에 대한 상대값으로 표시하였다.

첫째, CTV의 크기가 직경 3 cm인 경우에는 dynamic 방법에서는 계산값 100에 대하여 측정값은 98.2이었고 MU는 363이었으며, 이에 비해 static 방법에서 계산값 100에 대하여 측정값은 98.0이었고 MU는 371이었으며, CTV의 직경 크기가 7 cm인 경우에는 dynamic 방법에서는 계산값 100에 대하여 측정값은 98.9이었고 MU는 414이었으며, 이에 비해 static 방법에서 계산값 100에 대하여 측정값은 98.7이었고 MU는 340이었으며, CTV의 직경 크기가 12 cm인 경우에는 dynamic 방법에서는 계산값 100에 대하여 측정값은 100.1이었고 MU는 531이었으며, 이에 비해 static 방법에서 계산값 100에 대하여 측정값은 99.7이었고 MU는 334이었다(Table 1).

펜텀에서 CTV의 직경 크기가 5 cm 이하에서 선량분포에서는 90%의 면적은 dynamic 방법이 8.42 cm<sup>2</sup>이었으며, static 방법은 8.66 cm<sup>2</sup>이었으며, 100%의 면적은 0.5 cm<sup>2</sup>, 2.21 cm<sup>2</sup>이었다. CTV의 크기가 5 cm 이상 10 cm 이하인 경우에는 선량분포에서 90%의 면적은 dynamic 방법이 22.71

Table 2. Central point doses according to the sizes of clinical target volume (CTV) from lung cancer patients depending on the delivery techniques of intensity modulated radiation therapy.

CTV size	Central dose		%Difference
	Dynamic	Static	
35.5 cc	98.2	97.6	0.6
296.8 cc	99.0	98.1	0.9
903.5 cc	101.5	100.7	0.8

cm<sup>2</sup>이었으며, static 방법은 23.24 cm<sup>2</sup>이었으며, 100%의 면적은 1.47 cm<sup>2</sup>, 6.1 cm<sup>2</sup>였다. CTV의 크기가 10 cm 이상인 경우에는 선량분포에서 90%의 면적은 dynamic 방법이 170.23 cm<sup>2</sup>이었으며, static 방법은 175.43 cm<sup>2</sup>이었으며, 100%의 면적은 14.1 cm<sup>2</sup>, 61.67 cm<sup>2</sup>였다(Table 2, Fig. 1, 2).

Fig. 1의 좌측 상은 CTV의 크기가 직경 3 cm일 때 dynamic 방법으로 IMRT한 CTV의 중심점에서의 axial view의 선량분포이며, 우측상은 coronal view의 선량분포이며, 좌측 하는 중심점에서 coronal view의 필름스캔이며, 우측 하는 필름 스캔한 것을 덴시토미터에서 중심점 선량을 기준으로 하여 선량분포를 나타낸 것이다. Fig. 2의 좌측 상은 CTV의 크기가 직경 3 cm일 때 static 방법으로 IMRT한 CTV의 중심점에서의 axial view의 선량분포이며, 우측상은 coronal view의 선량분포이며, 좌측 하는 중심점에서 coronal view의 필름스캔이며, 우측 하는 필름 스캔한 것을 덴시토미터에서 중심점 선량을 기준으로 하여 선량분포를 나타낸 것이다. CTV의 직경 크기가 7 cm와 12 cm일 때도 같은 방법으로 선량분포를 구하여 IMRT 시 dynamic 방법과 static 방법의 선량분포를 구하여 비교 분석하였다. 여기서 %의 차이 Difference (%) =  $\frac{|\text{dynamic} - \text{static}|}{\text{static}} \times 100$  식에 의하여 구해졌다.

실제 폐암 환자에게 적용하여 비교 검토한 결과 CTV의 크기가 35.5 cc인 환자의 경우에는 dynamic 방법에서는 계산값 100에 대하여 측정값은 98.2였고 MU는 293이었으며, 이에 비해 static 방법에서 계산값 100에 대하여 측정값은 97.6이었고 MU는 249였으며, 폐암환자의 CTV의 크기가 296.8 cc인 경우에는 dynamic 방법에서는 계산값 100에 대하여 측정값은 99.0이었고 MU는 402였으며, 이에 비해 static 방법에서 계산값 100에 대하여 측정값은 98.1이었고 MU는 318이었으며, 폐암환자의 CTV의 크기가 903.5 cc인 경우에는 dynamic 방법에서는 계산값 100에

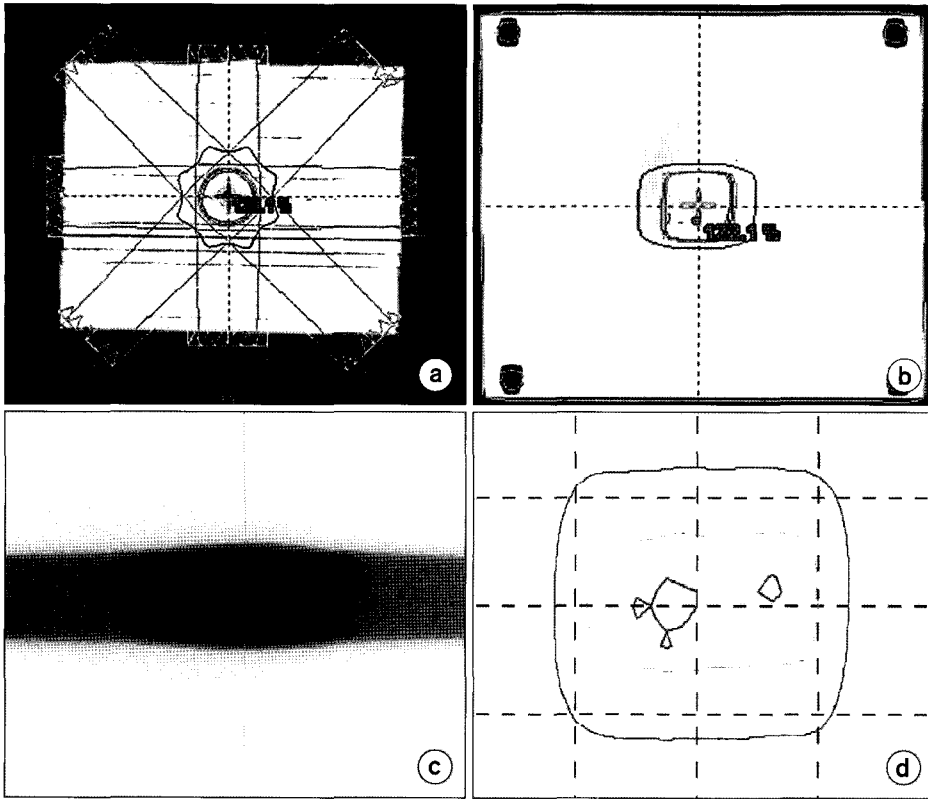


Fig. 1. Comparison of dose distributions using dynamic IMRT technique for a phantom with diameter of clinical target volume of 3 cm. (a) Axial view of treatment planning, (b) Coronal view of treatment planning, (c) View of film scan for the phantom beam, (d) Dose distributions obtained using film exposure.

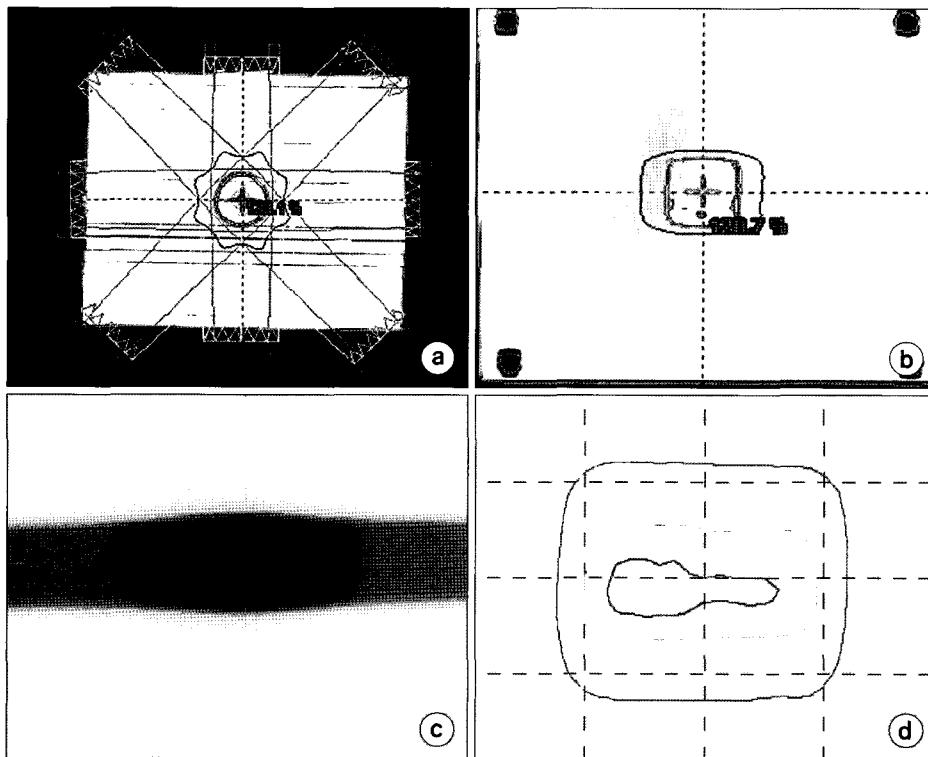


Fig. 2. Comparison of dose distributions using static IMRT technique for a phantom with diameter of clinical target volume of 3 cm. (a) Axial view of treatment planning, (b) Coronal view of treatment planning, (c) View of film scan for the phantom beam, (d) Dose distributions obtained using film exposure.

Table 3. The 90% isodose area according to the sizes of clinical target volume (CTV) depending on the delivery techniques of intensity modulated radiation therapy.

CTV size	Dynamic (cm <sup>2</sup> )		Static (cm <sup>2</sup> )		%Difference
	90%	100%	90%	100%	
3 cm	8.42	0.5	8.66	2.21	2.7 (77.3)
7 cm	22.71	1.47	23.24	6.1	2.2 (75.9)
12 cm	170.23	14.1	175.43	61.67	2.9 (77.1)

Table 4. The 90% isodose area according to the sizes of clinical target volume (CTV) from lung cancer patients depending on the delivery techniques of intensity modulated radiation therapy.

CTV size	Dynamic (cm <sup>2</sup> )		Static (cm <sup>2</sup> )		%Difference
	90%	100%	90%	100%	
35.5 cc	13.62	2.0	13.36	1.62	1.9 (23.4)
296.8 cc	42.98	1.13	45.16	16.06	4.8 (92.9)
903.5 cc	110.96	9.75	122.15	23.0	9.1 (57.6)

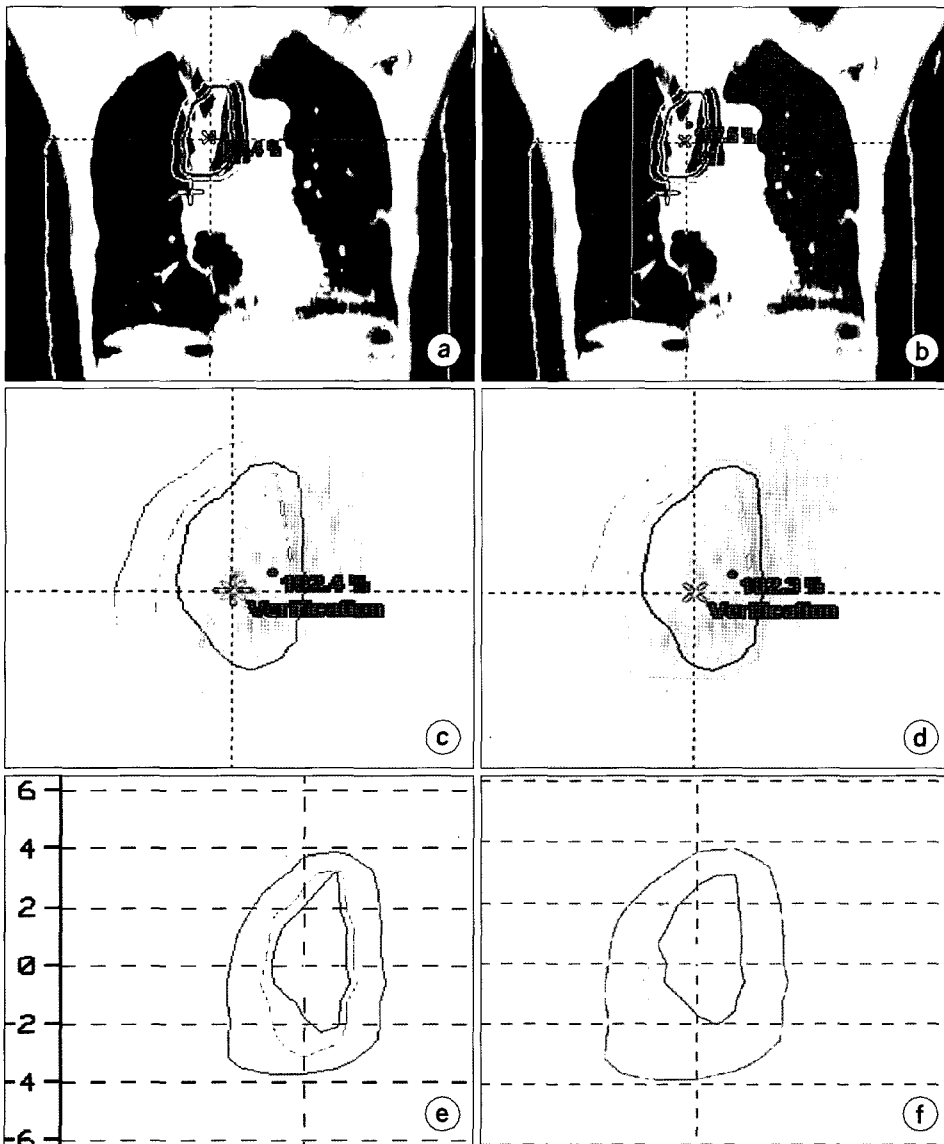


Fig. 3. Comparison of dose distributions using dynamic (left side) and static (right side) IMRT technique for a lung cancer patient with a small tumor volume of 35.5 cc. (a, b) The patient's treatment planning, (c, d) Dose distributions of a phantom for the patient's beam, (e, f) Dose distributions obtained using film exposure.

대하여 측정값은 101.5였고 MU는 689였으며, 이에 비해 static 방법에서 계산량 100에 대하여 측정값은 100.7이었고 MU는 501이었다(Table 2, 4).

Fig. 3~5에서 좌측 상은 IMRT의 치료계획에서 dynamic 방법으로 치료계획한 것이며, 좌측 중은 dynamic 방법에 대한 선량평가를 위하여 치료계획한 것에 대한 팬텀 치료계획으로 환산한 선량분포이며, 좌측 하는 팬텀 치료계획으로 환산한 것에 대한 평가를 위하여 필름 스캔을 하여 선량분포 특성을 살펴본 것이다. 우측의 상은 static 방법에 대하여 같은 방법으로 치료계획을 한 것이며, 우측 중은 선량평가를 위하여 팬텀 치료계획으로 환산한 선량분포이며, 우측 하는 팬텀 치료계획으로 환산한 것에 대한 평가를 위하여 필름 스캔을 하여 얻은 선량분포이다.

필름 스캔에 의한 선량분포의 비교에서는 CTV의 크기가 35.5 cc인 폐암 환자에서 90% 선량분포의 선량분포 면적에서 dynamic 방법에서 13.62 cm<sup>2</sup>이며 static 방법에서 13.36 cm<sup>2</sup>로 1.9%의 차이를 나타내었으며, 100%의 선량분포 면적은 2.0 cm<sup>2</sup>, 1.62 cm<sup>2</sup>였다(Fig. 3).

CTV의 크기가 296.8 cc인 폐암 환자에서 90% 선량분포의 선량분포 면적에서 dynamic 방법에서 42.98 cm<sup>2</sup>이며 static 방법에서 45.16 cm<sup>2</sup>로 4.8%의 차이를 나타내었으며, 100%의 선량분포 면적은 1.13 cm<sup>2</sup>, 16.06 cm<sup>2</sup>였다(Fig. 4).

CTV의 크기가 903.5 cc인 폐암 환자에서 90% 선량분포의 선량분포 면적에서 dynamic 방법에서 110.96 cm<sup>2</sup>이며 static 방법에서 122.15 cm<sup>2</sup>로 9.1%의 차이를 나타내었으며, 100%의 선량분포 면적은 9.75 cm<sup>2</sup>, 23.0 cm<sup>2</sup>였다(Fig. 5).

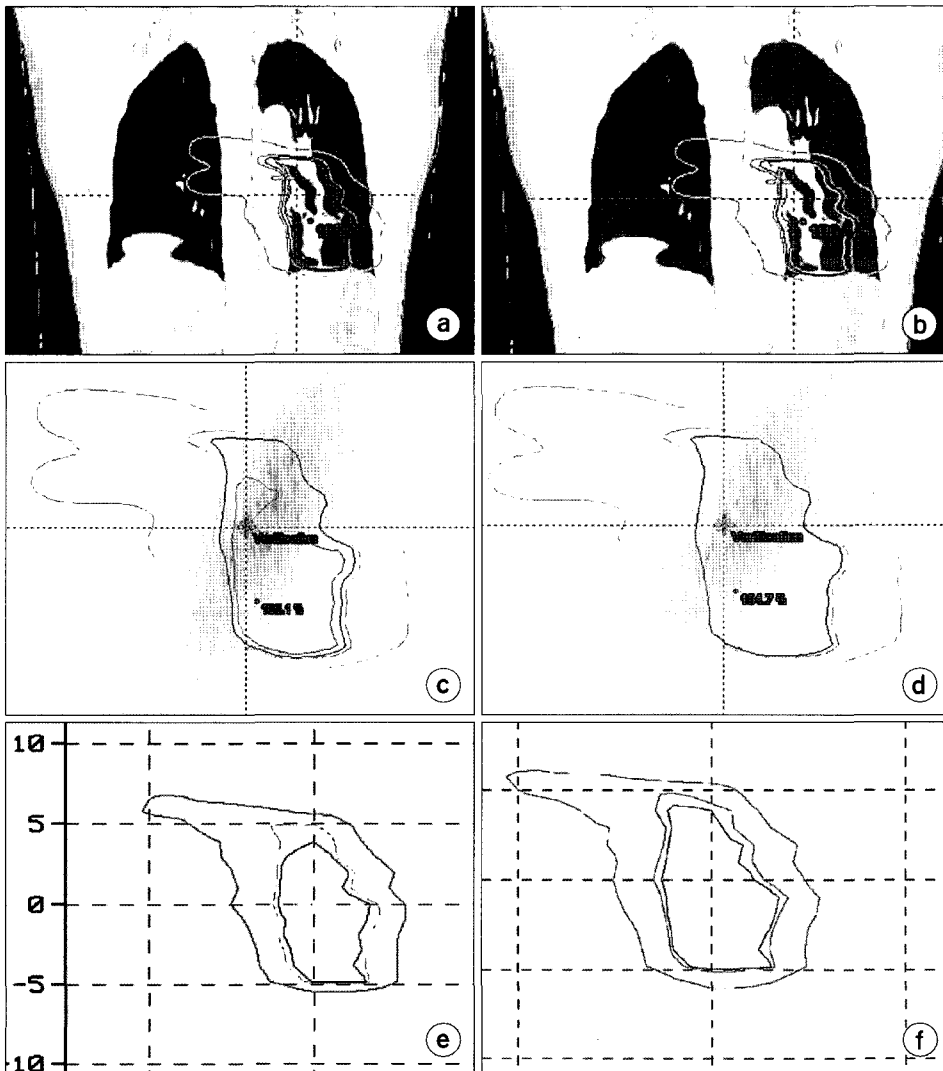


Fig. 4. Comparison of dose distributions using dynamic (left side) and static (right side) IMRT technique for a lung cancer patient with a middle tumor volume of 296.8 cc. (a, b) The patient's treatment planning, (c, d) Dose distributions of a phantom for the patient's beam, (e, f) Dose distributions obtained using film exposure.

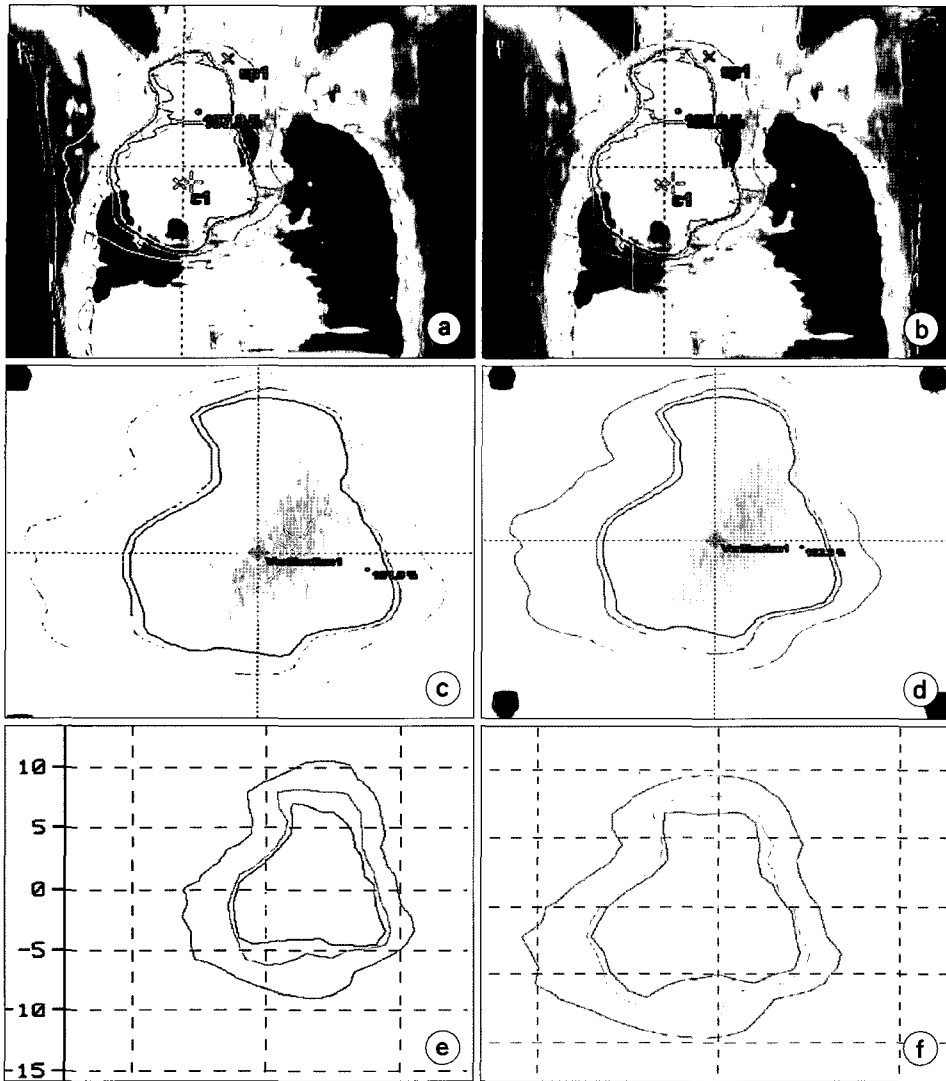


Fig. 5. Comparison of dose distributions using dynamic (left side) and static (right side) IMRT technique for a lung cancer patient with a large tumor volume of 903.5 cc. (a, b) The patient's treatment planning, (c, d) Dose distributions of a phantom for the patient's beam, (e, f) Dose distributions obtained using film exposure.

### 고 찰

세기조절방사선치료에서 static 방법에 대해서는 정도관리는 치료계획의 정도관리, 치료정보의 전달에 관한 정도관리, 치료전달 과정에 대한 정도관리로 나누어 생각할 수 있다. 대부분 정도관리에 대한 연구자들은 static 방법에 대하여 선량분포 특성을 확인하였다.

Cho 등<sup>10)</sup>과 Yoon 등<sup>11)</sup>은 치료계획 정도관리에 포함되어야 할 내용으로 선량제한인자 검토, 다엽 시준기 sequence file 작성, 팬텀 플랜, 팬텀 플랜 확인 측정, 기준점선량 비교 측정들을 고려하여야 한다고 주장하고 있으며, 치료정보 전달 정도관리에서는 모의치료영상과 sequence image의

확인, 모의치료영상과 beam pattern의 비교, sequence image와 방사선치료계획(radiation treatment planning, RTP)의 비교, Dry run과 모의치료영상의 비교, 모의치료영상과 치료부위의 중심점 비교 등을 고려하여야 한다고 주장하고 있으며, 치료전달 과정 정도관리는 Localization image verification, verification image와 모의치료영상의 비교, leaf sequence의 verification 등을 고려하여야 한다고 주장하고 있다.<sup>12,13)</sup>

세기조절방사선치료의 선량 전달에서 dynamic 다엽콜리메타의 적용은 두경부암이나 자궁경부암과 같은 움직임이 거의 없는 부위에 적용이 용이하며, 폐암이나 간암과 같은 움직임이 큰 부위에 적용할 때는 영상유도방사선치료와 병행하여 시행하거나, 움직임을 최대한으로 적게 하는 장

치를 부착하여 암부위를 정확하게 치료계획과 일치시켜야 적용이 가능하다. 또한 세기조절방사선치료의 선량 전달<sup>14)</sup>에서 dynamic 다엽콜리메타의 적용은 중복되는 부위에서 분리되어야 할 치료면적을 가지는 경우에 적용된다. 이러한 치료면적이 분리되는 경우에는 치료시간이 좀 더 걸리며, 정도관리에는 많은 시간이 소모된다.

Kaurin 등<sup>15)</sup>은 치료계획과 측정치의 90% 선량분포를 비교하여 3 mm 이내의 오차를 가져야 하고, 90% 이상이 되는 부피는 5~8% 미만이어야 한다고 주장하고 있으며, Xia 등<sup>6)</sup>은 세기조절방사선치료에서 dynamic 방법이 static 방법에 비해 치료시간을 짧게 하며, 조사되는 빔의 연속성 때문에 static 방법에서 기인하는 측정의 오차를 줄일 수 있다고 주장하고 있다.

세기조절방사선치료에서 다엽콜리메타의 움직임이 static 방법인 stop and shoot 방법과 다엽콜리메타의 움직임이 dynamic 방법인 sliding window 방법과 비교검토한 결과 그림과 표에서 볼 수 있듯이 펜텀에서는 두 조사방법에서 CTV의 크기에 관계없이 측정선량의 차이가 1.0% 미만이었으며, 선량분포에서 CTV의 직경 크기가 3 cm인 경우와 12 cm인 경우에서 2.7%와 2.9%의 차이를 나타내었으며, CTV의 직경 크기가 7 cm인 경우에서는 2.2%의 차이를 나타내어 CTV의 크기가 거의 영향을 미치지 않았다. 그러나 실제 폐암환자에서 두 조사방법에서 중심점에서의 측정선량은 CTV의 크기에 관계없이 차이가 1.0% 미만이었으며, 선량분포에서 CTV의 크기에 따라 1.9%, 4.8%, 9.1%로 나타나 CTV의 크기에 비례하여 90% 등선량곡선 면적이 줄어들음을 알 수 있다. 그러나 IMRT를 시행하는 대부분의 폐암환자에서 CTV의 크기는 10 cm보다 작기 때문에 dynamic 방법의 임상적용이 가능함을 알 수 있다.

## 결 론

세기조절방사선치료에서 다엽콜리메타의 움직임이 static 방법인 stop and shoot 방법과 다엽콜리메타의 움직임이 dynamic 방법인 sliding window 방법과 비교검토한 결과 CTV의 크기에 따라 중심점에서의 선량분포 차이가 0.2%에서 0.4%였으며, 선량분포의 90% 면적의 차이는 2.2%에서 2.9%였다. 또한 실제 폐암환자에서는 CTV의 크기에 따라 static 방법과 dynamic 방법에서 중심점에서의 선량 차이는 0.3%에서 0.6%였으며, 선량분포의 90% 면적의 차이는 1.9%에서 9.1%였다. 이러한 비교에서 펜텀과 실제 폐암환자에서 dynamic 방법과 static 방법을 살펴본 결과 측

정선량은 1% 미만의 차이를 나타내었고, 90% 선량분포의 면적을 비교하면 IMRT를 시행할 수 있는 CTV의 크기가 작은 경우에는 5% 미만의 차이를 보였고, 직경이 10 cm 이상 되는 매우 큰 CTV에서는 10% 정도의 차이를 보였다. 두 방법에 대한 MU의 차이는 컸지만 측정선량에서 hot spot가 생기지 않았으며, 90% 선량분포의 비교에서도 두 방법이 거의 비슷하였으므로 계산과정에서 알고리즘의 문제이지 실제 조사되는 선량에는 아무런 문제가 없음을 확인할 수 있었다. Dynamic 방법과 static 방법에서 중심점에서의 측정선량의 비교와 선량분포에서 90%의 면적비교와 MU의 검증으로 dynamic 방법의 임상 적용의 적절함을 확인할 수 있었다. 그러나 선량분포에서 dynamic 방법이 90%와 100%의 선량분포 면적이 static 방법에 비해 줄어든 것은 좀 더 dynamic 방법에 대한 연구가 필요함을 시사하고 있다.

## 참 고 문 헌

1. Mohan R, Wang X, Jackson A: The potential and limitations of the inverse radiotherapy technique. *Radiother Oncol* 32:232-248 (1994)
2. Bortfeld T, Boyer AL, Schlegel W, Kahler DL, Walden TJ: Radiation and verification of three-dimensional conformal radiotherapy with modulated fields. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 30:899-908 (1994)
3. Xing L, Chen G: Iterative methods for inverse treatment planning. *Phys Med Biol* 41:2107-2123 (1996)
4. Webb S: *Intensity-Modulated Radiation Therapy*. 1st ed, IoP. (2001), pp. 10-14
5. Zhu XR, Jursinic PA, Grimm DF: Evaluation of Kodak EDR2 film for dose verification of intensity modulated radiation therapy by a static multileaf collimator. *Med Phys* 29:1687-1692 (2002)
6. Xia P, Chuang C, Verhey L: Communication and sampling rate limitations in IMRT delivery with a dynamic multileaf collimator system. *Med Phys* 29:412-423 (2002)
7. Low DA, Harms WB, Mutic S: A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Med Phys* 25:660-661 (1998)
8. Martens C, DeWagter C, DeNeve W: The value of the PinPoint ionchamber for characterization of small field segments used in intensity-modulated radiotherapy. *Phys Med Biol* 45:2519-2530 (2000)
9. Dogan N, Leybovich LB, Sethi A: Comparative evaluation of Kodak EDR2 and XV2 films for verification of intensity modulated radiation therapy. *Phys Med Biol* 47:4121-4130 (2002)
10. Cho BC, Park SW, Oh DH, Bae HC: Quality assurance for intensity modulated radiation therapy. *J Korean Soc Ther*



- Radiol Oncol 19:275-286 (2001)
11. **Yoon SM, Yi BY, Choi EK, Kim JH, Ahn SD, Lee SW**: Quality assurance of patients for intensity modulated radiation therapy. J Korean Soc Ther Radiol Oncol 20:81- 90 (2002)
  12. **Mayer R, Williams A, Frankel T, et al**: Two-dimensional film dosimetry application in heterogeneous materials exposed to megavoltage photon beams. Med Phys 24:455-460 (1997)
  13. **vanBattum LJ, Heijmen BJ**: Film dosimetry in water in a 23MV therapeutic photon beam. Radiother Oncol 34:152-159 (1995)
  14. **Palta JR, Mackie TR**: *Intensity-Modulated Radiation Therapy: The State of the Art*. 1st ed. AAPM. (2003), pp. 343-345
  15. **Kaurin DGL, Maryanski MJ, Duggan DM, Morton KC, Coffey CW**: Use of MRI based polymer gel dosimetry, pelvic phantom, and virtual simulation to verify set-up and calculated three-dimensional dose distribution for a prostate treatment. Proc 1st Int Workshop on Radiation Therapy Gel Dosimetry 184-186 (1999)

## Dosimetric Evaluation of Static and Dynamic Intensity Modulated Radiation Treatment Planning and Delivery

Sung Kyu Kim, Myung Se Kim, Sang Mo Yun

Department of Therapeutic Radiology & Oncology, College of Medicine,  
Yeungnam University, Daegu, Korea

The two commonly used methods in delivering intensity modulated radiation therapy (IMRT) plan are the dynamic (sliding window) and static (stop and shoot) mode. In this study, the two IMRT delivery techniques are compared by measuring point dose and dose distributions. Using treatment planning system, clinical target volume (CTV) was created as a sphere with various diameter (3 cm, 7 cm, 12 cm). Two IMRT plans were performed to deliver 200 cGy to the CTV in dynamic and static mode. The two plans were delivered on a phantom and central point dose and dose distributions were measured. The central point dose differences between static and dynamic IMRT delivery were 0.2%, 0.2% and 0.4% when the diameter of CTV was 3 cm, 7 cm, and 12 cm, respectively. The differences in volume receiving 90% of the prescribed dose were 2.7%, 2.2%, and 2.9% for the diameter of CTV was 3 cm, 7 cm, and 12 cm, respectively. For lung cancer patients, the differences in central point dose were 0.2%, 0.2%, and 0.4% when the volume of CTV was 35.5 cc, 296.8 cc, and 903.5 cc, respectively. The differences in volume receiving 90% of the prescribed dose were 2.7%, 4.8%, and 9.1% when the volume of CTV was 35.5 cc, 296.8 cc, and 903.5 cc, respectively. In conclusion, it was possible to deliver IMRT plans using dynamic mode of MLC operation although the leaves are in motion during radiation delivery.

**Key Words:** Dynamic IMRT, Multileaf collimator, Leaf motion