

## 동적 다엽콜리메이터를 이용한 척수의 부분 차폐 기법

울산대학교 의과대학, 서울아산병원 방사선종양학과\*, 경기대학교 의학물리학과†

조삼주\*·† · 이병용\* · 이상욱\* · 안승도\* · 김종훈\* · 권수일† · 최은경\*

두경부 및 흉부에서 척수 견딜선량은 방사선 치료 제약 조건중의 하나이다. 이 영역에서 척수 견딜 선량을 임상적으로 허용 가능한 수준으로 유지하면서 표적에 임상적으로 유의한 선량을 전달하는 것은 쉽지 않은 문제이다. 기존의 치료 방법을 적용할 때 따르는 문제를 해결하기 위해 동적 다엽콜리메이터(dynamic multi leaf collimator, dMLC)를 사용한 척수의 부분 차폐 기법(spinal cord partial block technique)을 개발하였다. 이 기법은 기존의 3차원 방사선 치료 계획 장치를 사용하여 치료계획을 수립한다. 치료 계획 절차는 표적을 잘 포함 할 수 있는 빔 방향 및 빔 개수를 설정한 후, 척수 등 방사선 민감 장기를 보호하기 위한 부분차폐를 적용하여 최적화된 선량분포를 만들어 낸다. 이 기법의 유용성을 평가하기 위해 동일한 환자에 대해 기존의 치료 계획과 PBT 치료 계획을 수립하여 상호 비교 평가하였다. 평균 선량과 DVH를 치료 계획 평가 인자로 사용하였다. 임상 적용 가능성을 위해 일련의 정도관리를 수행하여 평가하였다. 이 정도관리는 선량 분포 검증에 대한 필름 도시메트리와 단일점 측정으로 구성되어 있다. PBT 치료계획이 기존의 치료계획 보다 좋은 결과를 얻을 수 있었으며, 두경부에서 유용한 치료 기법임을 볼 수 있었다.

**중심단어** : 동적 다엽콜리메이터, 방사선 치료계획, 전방향 IMRT

### 서 론

두경부 또는 흉부에서의 방사선 치료는 급격한 체표 변화로 인해 균일한 선량 분포를 이루기가 용이하지 않고, 방사선 민감장기에 대한 견딜선량으로 인해 표적에 대한 처방 선량 전달에 제약이 있다. 특히 척수는 대부분의 두경부 치료에서 표적 근처에 길게 늘어진 모양으로 놓여 있기 때문에 척추의 견딜선량이 표적에 대한 처방 전달 선량에 큰 영향을 미친다.<sup>1,2)</sup>

이러한 문제를 해결하기 위해 납 합금 등으로 제작한 부분 차폐 블록을 전통적인 치료에서 사용하고 있으나, 복잡한 치료에서는 블록 제작 및 블록 교환에 따른 제약이 있다.<sup>3,4)</sup> 한편, 최근 영상 기술과 컴퓨터 성능의 향상에 따라 방사선 치료 영역에서 표적에만 높은 선량을 전달할 수 있는 3차원 방사선 치료 및 정위방사선치료(stereotactic radiotherapy)가 가능하게 되었다. 특히 가장 발달된 형태의 3차원 방사선

치료인 역방향 세기조절 방사선 치료(intensity-modulated radiation therapy; IMRT)는 치료에 제약이 있던 두경부에서 좋은 성적을 거두고 있다. 그러나 역방향 세기조절 방사선치료는 통상적인 치료 기술에 비해 우수한 성적의 결과를 얻을 수 있지만, 치료 장비 및 인력 운용에 따른 문제점이 있어 아직은 널리 이용되지 못하고 있는 실정이다.<sup>5-12)</sup> 본 연구에서는 전방향 IMRT 기능이 없는 통상적인 치료계획 장비를 이용하여 수동으로 동적 다엽콜리메이터(dynamic multi leaf collimator, dMLC)를 조절하여 한 조사면 내에서 최적화된 선량 분포를 이룰 수 있는 방사선 세기패턴을 만들어 두경부에 최적화된 선량을 전달할수 있는 치료 계획을 수립할 수 있고, 비교적 간단한 치료 계획 및 정도 관리(quality assurance, QA) 절차로 인해 치료의 효율성을 극대화 할 수 있는 치료 기법을 개발하였다.

### 대상 및 방법

#### 1. 환자 및 영상획득

7명의 두경부 부위 치료 환자를 대상으로 앙와위 자세에서 CT simulator (AcQsim, Philips, USA)를 이용하여 0.5 cm 간격으로 영상을 얻었다. 이렇게 얻은 영상을 치료 계획 수립을 위해 네트워크를 통해 방사선 치료계획장치(Render Plan V 2.8, Elekta, Sweden)로 전송하였다.

이 논문은 2002년 11월 18일 접수하여, 2003년 1월 7일 채택됨.  
이 연구는 과학기술부 원자력 중장기 과제 M2-0203-21-0029/02-A07-03-003-2-0의 지원에 의해 수행되었음.

책임 저자 : 이병용, (138-736) 서울시 송파구 풍납동 388-1  
서울아산병원 방사선종양학과  
Tel : 02)3010-4433, Fax : 02)482-6987  
E-mail : yiby@amc.seoul.kr

## 2. PBT 치료 계획

PBT (partial block technique)는 한 조사면내에서 있는 방사선 민감 장기를 차폐하거나, 선량 균일도를 높이기 위한 추가적으로 선량 보상체를 적용하는 기법이다. Fig. 1은 PBT 치료 계획의 절차를 보여주는 흐름도 이다. PBT 치료 계획의 절차는 우선, RTP의 BEV (beam's eye view)에서 3차원 치료계획과 유사하게 PTV (planning target volume, 계획용표적체적)를 잘 포함할 수 있는 빔 방향 및 빔의 개수를 설정한다. 이 단계에서 기존의 3차원 치료 계획은 방사선 민감 장기를 차폐하도록 빔 방향 및 조사면 모양을 결정한다. 그러나 복잡한 치료에서는 PTV에 대해 임상적으로 유의한 선량을 전달하기 위해서 일정 정도 빔 방향 및 조사면 모양을 타협할 수 밖에 없다. PBT는 이와 달리 한 조사면내에 PTV 및 방사선 민감장기도 포함되도록 빔 방향 및 조사면 크기를 설계한다. Fig. 2는 BEV에서 본 PBT 조사면의 한 예로서, 조사면 내에 PTV 및 척수까지 포함 된 것을 볼 수

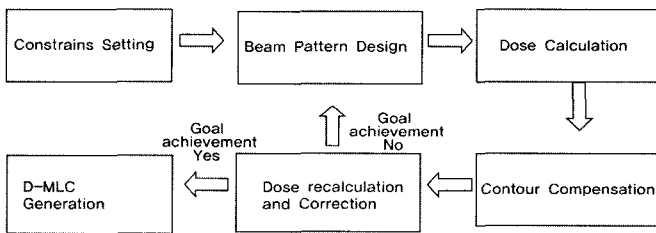


Fig. 1. Procedures for PBT plan.

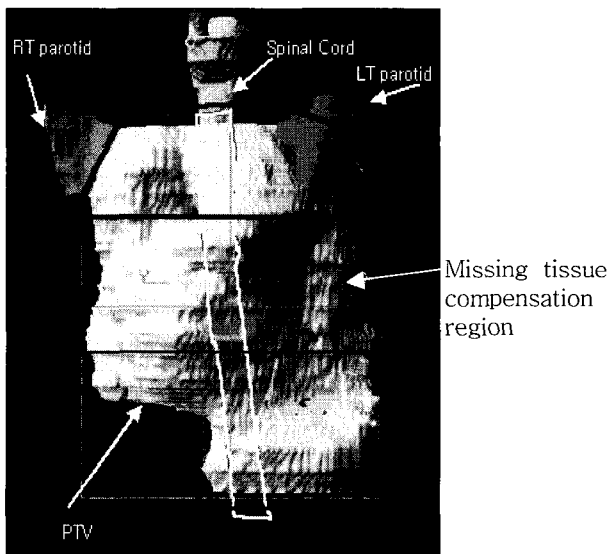


Fig. 2. Example of forward intensity modulated radiation field.

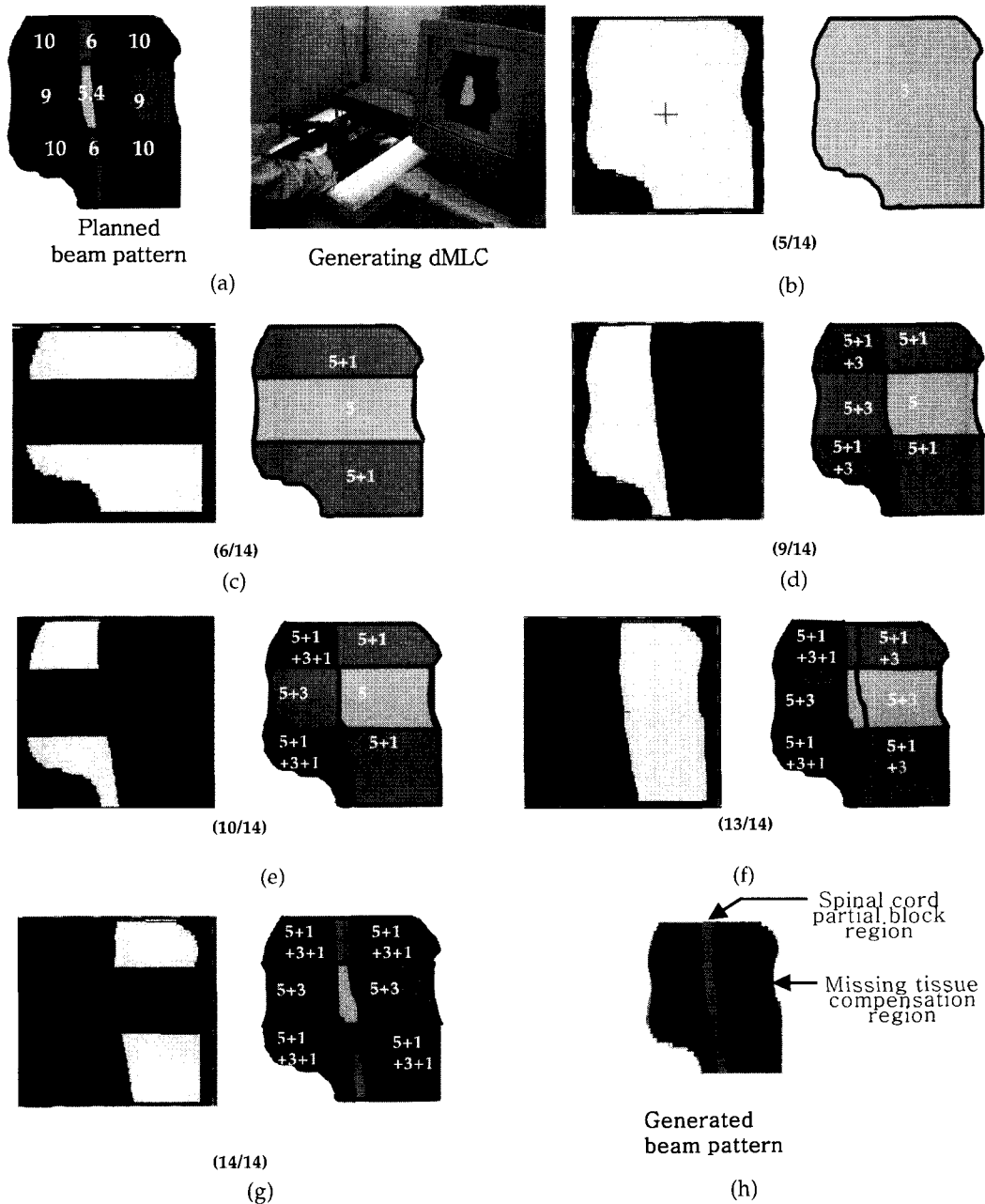
있다. 빔 방향 및 조사면 모양이 결정되면 척수 등 방사선 민감 장기의 견딜 수 있는 선량을 바탕으로 치료 계획 제약 조건을 설정하고, 한 조사면 내에 PBT 기법을 적용하여 빔 세기 패턴을 조절한다. 모든 빔에 대한 빔 세기 패턴 설계가 끝나면 최적화된 선량 분포를 얻기 위해 예비적인 계산을 수행한다. 대부분의 두경부 치료 계획에서는 급격한 체표 변화와 비교적 큰 조사면으로 인해 중심 영역과 가장 자리의 선량분포가 불균일하게 나타나는데, 중심영역에 부분 차폐를 적용하여 선량 분포를 균일하게 만든다. 최적화된 선량 분포를 위한 빔 패턴 설계를 위해 선량 재계산 및 수정을 반복하여 임상적으로 적용 가능한 치료 계획을 얻었을 때, 빔 조건 및 부분차폐 조건 자료를 이용하여 dMLC를 제작한다. Fig. 3은 Fig. 2에서 설계한 한 조사면 내에서의 부분 차폐 블록을 근거로 하여 수동으로 작성하는 dMLC 생성절차이다. Fig 3a는 치료 계획에서 얻은 한 조사면의 빔 패턴과 실제 임상에서 수동으로 필름을 이용하여 dMLC 파일을 작성하는 사진이다. Fig 3에서 생성할 빔 패턴은 9개의 부분으로 분할되어 있으며 각각의 구획에 전달해야할 강도를 10에 대해 상대적으로 표시해 놓았다. Fig. 3b-g는 각 단계별 분할 조사면의 모양 및 각 분할 조사면의 가중을 보여준다. Fig. 3b에서는 척수를 포함한 PTV 표적에 대해 계산된 선량을 전달한다. 이때 전달 선량은 척수의 견딜 수 있는 선량이하로 설계한다. Fig. 3d, f는 척수의 견딜 수 있는 선량을 유지하면서 PTV에 대해 임상적으로 유효한 처방 선량을 전달하기 위해 생성한 분할 조사면이다. Fig. 3c, e, g는 선량 균일도를 높이기 위해 중심 영역에 추가한 선량 보상체에 대한 분할 조사면이다. Fig. 3h는 Fig. 3b-g의 분할 조사면의 가중을 누적하여 생성한 모의 (simulation) 영상이다. 이 모의 영상은 RTP에서 생성한 빔 세기 패턴과 실제 필름을 이용하여 얻은 빔 세기 패턴과 비

Table 1. Example of the typical PBT beam arrangement

	Beam energy (MV)	Gantry angle (°)	No. of sub-field	Weight	Others*
Beam 1	15	180	6	33.3	MTC 90% <sup>†</sup>
Beam 2	15	230	3	33.3	
Beam 3	6	300	6	16.7	MTC 90% <sup>†</sup>
Beam 4	6	330	6	33.3	MTC 90% <sup>†</sup>
Beam 5	6	30	6	33.3	MTC 90% <sup>†</sup>
Beam 6	6	60	6	16.8	MTC 90% <sup>†</sup>
Beam 7	15	130	3	33.3	

\*All the beams have 70% transmission shielding blocks for the spinal cord

<sup>†</sup>90% transmission shielding for the missing tissue compensation



**Fig. 3.** Schematic procedures of the partial shielding block field generation. Fluence map is generated from the forward IMRT planning (a), then leaf sequence is designed for the delivery of the fluence map. Numbers on the fluence map indicates the arbitrary treatment units or the beam intensities. Total 14 treatment units are delivered for this case, while the planned each beam segment is shown in (a). The number 6/14 in (c) represents that the 6 treatment units out of 14 are cumulated for this treatment. Number in the beam pattern in Fig. (c) - (b) show the delivered beam intensities.

교 평가 할 때 사용한다. Table 1은 PBT에서 사용하는 일반적인 빔 구성으로서 빔 갱트리 각도, 분할 조사면의 개수 및 빔 가중을 수록하여 놓았다. 분할 조사면은 빔 2, 7과 같이 기본적으로 3개로 구성되지만 중심 영역에 선량 보상을

할 경우 Fig. 3과 같이 6개로 늘어난다. 치료 계획의 최종 적합성 판정은 척수에 대한 최대 선량이 PTV 선량의 70% 이내를 만족하고, PTV 전체 부피의 95%에 대해 처방 선량을 전달할 때 최대 선량이 15%를 넘지 않는 조건을 사용하

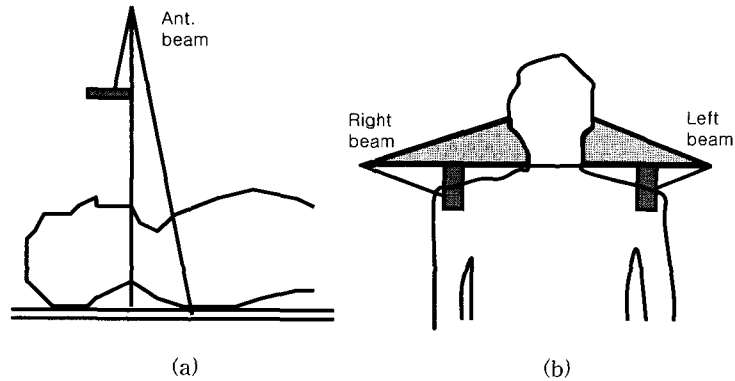


Fig. 4. Conventional radiation treatment technique for H&N.<sup>14)</sup> (a) Anterior beam (b) Right and left beam.

였다.

### 3. 치료계획 평가 및 정도관리

PBT 치료계획의 유용성을 평가하기 위해 PBT 치료 계획을 수립한 동일한 환자에 대해 방사선 치료계획 경험이 풍부한 방사선 선량사에 의뢰하여 Fig. 4와 같이 기존의 치료계획을 수립하였으며, 각각의 경우에 대해 PTV, 척수의 DVH (dose volume histogram)를 비교하였다. 세기조절 방사선치료의 일반적인 정도관리 목록으로는 각 조사면에 대한 빔 세기 패턴 확인, RTP와 측정된 등선량 분포 비교, 한 점 또는 특정 점에서의 선량 측정이 있다. 빔 세기 패턴은 RTP 상에서 특정 깊이에서 계산하여 얻은 세기 패턴과 실제 MLC로 전달하여 얻은 세기 패턴의 비교이다. 등선량 분포 측정 및 단일점 선량 측정은 환자 치료 계획에서 수립한 치료 조건을 환자 영상 대신 팬텀 영상을 적용한 치료계획에 적용하여 얻은 치료 계획 결과를 이용하는 정도관리이다. 단일점 선량 측정은 0.015 cc 전리함(PinPoint Chamber, type 31006, PTW, Germany)을 사용하였으며, 등선량 분포는 필름(X-omat V, Kodak, USA)을 사용하였다. Fig. 5에는 자체 제작한 정도관리용 물 팬텀 및 이온 전리함을 이용한 단일점 측정 setup을 볼 수 있다. 자체 제작한 정도관리용 물 팬텀은 등선량 분포 및 단일점을 측정하는 원통형 부분과 원통형 팬텀 지지 및 전리함 지지대를 고정하는 육각형 부분으로 구성되어 있다. 등선량 분포는 불투명 아크릴로 만든 방수 필름 삽입체 속에 필름을 장전하여 전달된 선량 분포를 측정하였다. 한편 전리함 지지대는 상업용 디지털 캘리퍼를 채용하여 제작하였으며, 디지털 디스플레이를 통해 전리함을 측정점으로 정확하게 이동시킬 수 있었다. 선량 전달은 21EX (Varian, USA) 가속기를 사용하였다.

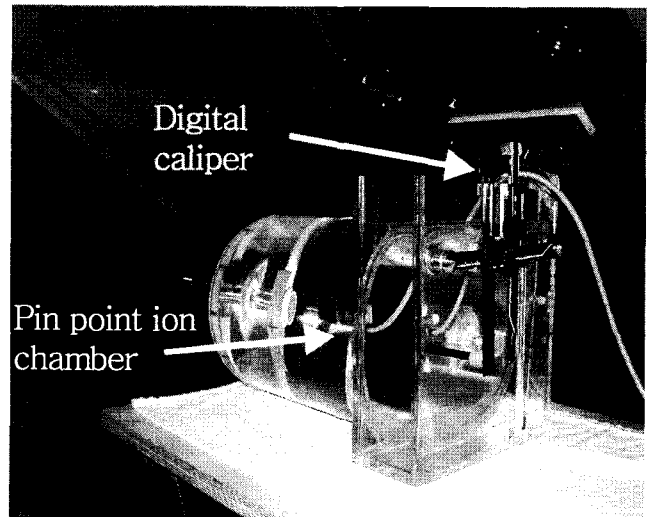


Fig. 5. A cylindrical water phantom system for the point dose measurement.

Table 2. Dose (%) delivered to PTV and normal structure by PBT plans and by conventional plans

PTV		Spinal cord	RT-parotid G	LT-parotid G
Conventional plans	Avg. 98	66	67	70
	(Max) (116)	(101)	(104)	(105)
P B T plans	Avg. 92	41	51	63
	(Max) (106)	(62)	(102)	(102)

### 결 과

임상적으로 중요한 선량 특성 판단 인자는 표적에 대한 평균, 최대, 최소 선량 및 부피, 정상장기에 대한 평균, 최대 및 최소 선량이 있다. Table 2는 PBT와 기존의 치료계획으

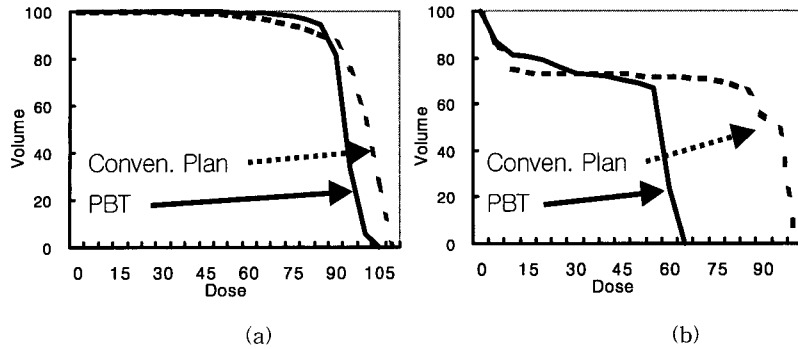


Fig. 6. The DVH comparison of each organ. (a) PTV, (b) Spinal Cord. Solid lines indicate the DVHs from the PBT plan, while dotted lines from the conventional plan.

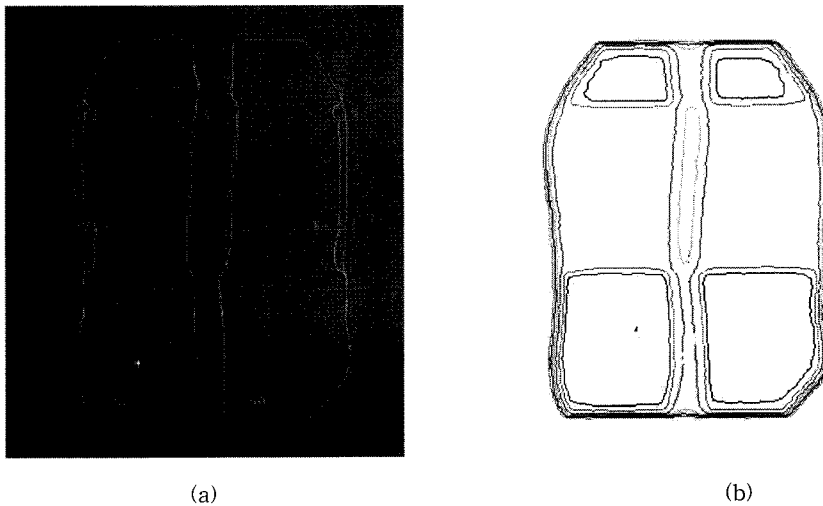


Fig. 7. Intensity pattern comparison. (a) Planned image in the RTP, (b) Acquired image from irradiated film.

로 얻은 PTV와 정상장기에 대한 최대 선량과 평균 선량 목록이다. Table 2의 결과 PBT 치료 계획은 전통적인 치료 계획에 비해 PTV에 대한 선량이 낮지만 척수 및 좌, 우 이 하선에 대한 최대 및 평균 선량을 줄여 줄 수 있음을 볼 수 있다. Fig. 6은 PTV와 척수에서 얻은 DVH로서 통상적인 치료계획과 PBT 치료 계획 모두 임상적으로 허용 가능한 표적 포함율을 볼 수 있지만 PBT 치료 계획이 척수에서 현저한 선량 감소 효과를 얻는 것을 볼 수 있다. Fig. 7은 한 조사면의 빔 세기 패턴 비교의 예를 보여주는 그림이다. Fig 7a는 치료계획 장치에서 얻은 빔 세기 패턴이며, Fig. 6b는 필름 도시메트리로 얻은 빔 세기 패턴이다. Fig. 7과 같은 빔 세기 패턴 측정을 통해 수동으로 작성한 dMLC의 분할 조사면의 형태 및 가중 정확도를 평가하였다. Fig. 8은 RTP에서 얻은 등선량 분포와 필름으로 측정하여 얻은 등선량 분포를 겹쳐 비교한 그림이다. Fig. 8에서 RTP에서 얻은 등선

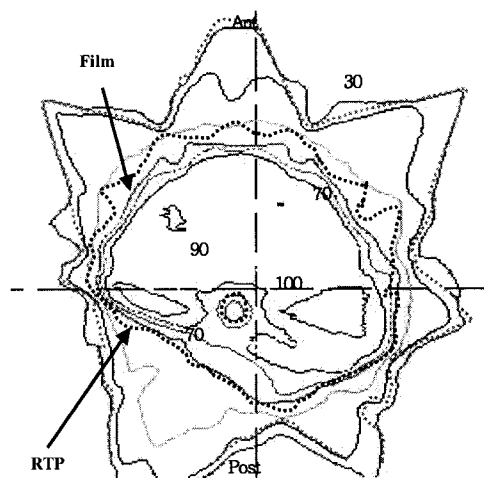


Fig. 8. Comparison of isodose distribution between the RTP and the film measurement for the cylindrical phantom plan, which is imported from an axial slice of the H&N case.

**Table 3.** Point dose measurements of reference point and spinal cord point unit: cGy

Case	Point	Reference			Spinal Cord		
	RTP	Measurement	Difference	RTP	Measurement	Difference	
Pat. 1	92.7	93	0.3	68	67	1	
Pat. 2	100	104.6	4.6	61	64.4	3.4	
Pat. 3	100	101.8	1.8	77.3	78.6	1.3	
Pat. 4	100	97.4	2.6	62	64.1	2.1	
Pat. 5	100	100.4	0.4	85.6	89	3.4	
Pat. 6	100	102.5	2.5	75.5	78.5	3	
Pat. 7	100	102.9	2.9	89.3	93.4	4.1	

량을 점선으로 표시하였으며, 필름에서 얻은 등선량은 실선으로 표시하였는데, 각각 화살표가 가리키는 90% 등선량 곡선에서 볼 수 있듯이 비교적 유사한 선량 분포 추세를 볼 수 있다. Table 3은 7명의 환자에 대한 기준점과 척수에서 얻은 RTP와 단일점 측정 결과 및 차이 목록이다. Pat. 1-5는 두경부 환자에 대한 측정 결과이고 Pat. 6, 7은 상부 식도암 환자의 예로서, 치료 조사면이 두경부에 걸쳐 있어 평가 대상으로 삼았다. Table 7에서 RTP와 측정에서 얻은 결과는 기준점에서 최대 4.6%, 최소 0.3% 그리고 평균 2.1%의 차이 결과를 얻었으며, 척수점에서는 최대 4.1%, 최소 1% 그리고 평균 2.6%의 차이였다.

**논의 및 결론**

역방향 세기조절 치료계획 기능이 없는 기존의 치료계획 장치를 이용하여 척수 PBT 기법을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 기법의 장점은 dMLC를 사용하기 때문에 납 합금을 제작하거나, 방사선 전달 시 블록 교체에 따른 많은 시간을 줄일 수 있다는 것이다. 또한 치료 계획 수립시 단순히 블록 투과율에 따른 분할 조사면 설정으로 치료 조사면을 단순히 하면서 최적화된 선량 분포를 얻을 수 있었다. 새로 개발한 치료 기법의 유용성을 평가하기 위해 수행한 통상적인 치료 기법과의 비교 평가 결과에서 PTV에 대한 선량 분포는 개선된 점이 없으나, 척수 등의 정상장기에서의 방사선 선량 분포는 뚜렷한 개선 효과가 있음을 DVH 및 평균, 최소 선량 인자들 통해 확인 할 수 있었다. 환자 치료에 적용하기 위해 실시한 일련의 정도관리에서 RTP와 측정된 결과를 정성적 및 정량적인 평가를 통해 검증할 수 있었다. 한편 본 연구에서는 leaf sequence 생성 기능이 없는 RTP를 사용하였으므로, 필름에 기반하여 dMLC를 생성할 때 많은 시간이 필요한 문제점이 있었다. 그러나 leaf sequence 생성 기능이 있는 RTP에서는 이러한 제약이 없이 두경부 치료에서 효율

적으로 사용할 수 있으리라 사료된다. Mott JH 등<sup>14)</sup> 은 MLC를 활용한 세기조절 빔을 만들어 선량 보상체에 대한 가능성을 보고하였고 Alecu R 등<sup>15)</sup>은 골반에 대한 방사선 치료에서 기존의 납으로 제작한 선량 보상체와 MLC에 의한 선량 보상체를 제작하여 비교 평가하였다. Hansen VN 등<sup>16)</sup>은 유방암 치료에서 MLC를 사용한 선량 보상체를 구현하였고 이를 물리적 보상체와 비교하여 그 유용성을 보고하였다. 본 연구에서는 급격한 신체 윤곽 및 근접해 있는 방사선 민감장기에 따라 방사선 치료 계획 수립에 제한이 따르는 두경부에서 MLC를 사용하여 선량 보상 및 부분 차폐 효과를 얻을 수 있는 기법을 개발하였으며, 기존의 치료 계획에 비해 만족할 만한 결과를 보일 수 있는 방법임을 알았다.

**참 고 문 헌**

1. Kuo JV, Cabebe E, Ghazi MA, Yakoob R, Ram-singhani NS, Sanford R: Intensity-modulated radiation therapy for the spine at the university of California. *Irvine. Med Dosim* 27(2):137-145 (2002)
2. Pirzkall A, Lohr F, Rhein B, et al: Conformal radiotherapy of challenging paraspinal tumors using a multiple arc segment technique. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 48(4):1197-1204 (2000)
3. Picket B, Weil M, Weaver KA: The use of a partial transmission shield to reduce the optic chiasm doses during radiation therapy treatment of brain tumors. *Med Dosim* 21(4):243-250 (1996)
4. Ma L, Chang W, Chin ML, Tate EM, Boyer AL: Using static MLC Fields to Replace Partial transmission cerrobend blocks in treatment planning of rectal carcinoma cases. *Med Dosim* 23(4):264-266 (1998)
5. Boyer AL, Gels P, Grant W, Carol M: Modulated beam conformal therapy for head and neck tumors. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 39(1):227-236 (1997)
6. Neve WD, Gersem WD, Derycke S, et al: Clinical delivery of intensity modulated conformal radio-

- therapy for relapsed or second-primary head and neck cancer using a multileaf collimator with dynamic control. *Radio Oncol* 50:301-314 (1999)
7. Wu Q, Mannin MG, Ullrich RS, Mohan R: The potential for sparing of parotids and escalation of biologically effective dose with intensity-modulated radiation treatments of head and neck cancer: a treatment design study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 46(1):195-205 (2000)
  8. Gersem WD, Claus F, Wagter CD, Neve WD: An anatomy-based beam segmentation tool for intensity modulated radiotherapy and its application to head-and-neck cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 51(3):849-859 (2001)
  9. Claus F, Gersem WD, Vanhoutte I, et al: Evaluation of a leaf position optimization tool for intensity modulated radiation therapy of head and neck cancer. *Radio Concol* 62:281-286 (2001)
  10. Eisbruch A: Clinical aspects of IMRT for head-and-neck cancer. *Med Dosim* 27(2):99-104 (2002)
  11. Xiao Y, Galvin J, Hossain M, Valicenti R: An optimized forward-planning for intensity modulated radiation therapy. *Med Phys* 27(9):2093-2099 (2000)
  12. Neve WD, Wageter CD, Jaeger KD, et al: Planning and delivering high dose to targets surrounding the spinal cord at the lower neck and upper mediastinal levels: static beam-segmentation technique executed with a multileaf collimator. *Radiothe Oncol* 40(3):271-279 (1996)
  13. Eisbruch A, Marsh LH, Martel MK, et al: Comprehensive irradiation of head and neck cancer using conformal multisegmental fields: Assessment of target coverage and noninvolved tissue sparing. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 41(3):559-568 (1998)
  14. Mott JH, Hounsell AR, Budgell GJ, Wilkinson JM, Williams PC: Customised compensation using intensity modulated beams delivered by dynamic multileaf collimation. *Radio Oncol* 53(1):59-65 (1999)
  15. Alecu R, Alecu M, Loomis T, Ochran T, He T: Traditional and MLC based dose compensator design for patients with hip prostheses undergoing pelvic radiation therapy. *Med Dosime* 24(1):33-7 (1999)
  16. Hansen VN, Evans PM, Shentall GS, Helyer SJ, Yarnold JR, Swindell W: Dosimetric evaluation of compensation in radiotherapy of the breast: MLC intensity modulation and physical compensators. *Radio Oncol* 42(3):249-56 (1997)

## Spinal Cord Partial Block Technique Using Dynamic MLC

Sam Ju Cho<sup>\*†</sup>, Byong Yong Yi\*, Sang-wook Lee\*, Seung Do Ahn\*,  
Jong Hoon Kim\*, Soo Il Kwon<sup>†</sup>, Eun Kyung Choi\*

*\*Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center,  
College of Medicine, University of Ulsan, Seoul, Korea*

*†Department of Medical Physics, Kyonggi University, Suwon, Korea*

The spinal cord dose is the one of the limiting factor for the radiation treatment of the head & neck or the thorax region. It is not an easy task to maintain the spinal cord dose below tolerance and to keep the clinically acceptable dose to the PTV in this region. To overcome this problem, the spinal cord partial block technique (PBT) with the dynamic Multi-Leaf Collimator (dMLC) has been developed. This technique is an extension of the conventional treatment planning. In the beginning the beam directions are selected as same as the conventional treatment planning to encompass the PTV, then the partial block are designed to shield the spinal cord. The plan comparisons between the conventional therapy plan and the PTB plan were performed to evaluate the validity of this technique. The mean dose and the dose volume histogram (DVH) were used as the plan comparison indices. A series of quality assurance (QA) was performed to guarantee the reliable treatment. The QA consisted of the film dosimetry for the verification of the dose distribution and the point measurements. The PBT plan generated better results than the conventional treatment plan and it was proved to be useful for the H&N region.

**Key words** : Dynamic MLC, Radiation treatment plan, Forward IMRT