

# The usefulness of Forward IMRT for Head and Neck Cancer

*Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center*

Geum Mun Baek, Dae Sup Kim, Kwang Ho Park, Chung Man Kim

## I. Purpose

The dose distribution in normal tissues and target lesions is very important in the treatment planning. To make the uniform dose distribution in target lesions, many methods have been used. Especially in the head and neck, the dose inhomogeneity at the skin surface should be corrected. Conventional methods have a limitation in delivering the enough doses to the planning target volume (PTV) with minimized dose to the parotid gland and spinal cord. In this study, we investigated the feasibility and the practical QA methods of the forward IMRT.

## II. Material and Methods

The treatment plan of the forward IMRT with the partial block technique using the dynamic multi-leaf collimator (dMLC) for the patients with the nasopharyngeal cancer was verified using the dose volume histogram (DVH). The films and pinpoint chamber were used for the accurate dose verification.

## III. Results

As a result of verifying the DVH for the 2-D treatment plan with the forward IMRT, the dose to the both parotid gland and spinal cord were reduced. So the forward IMRT could save the normal tissues and optimize the treatment.

Forward IMRT can use the 3-D treatment planning system and easily assure the quality, so it is easily accessible comparing with inverse IMRT

## IV. Conclusion

The forward IMRT could make the uniform dose in the PTV while maintaining under the tolerance dose in the normal tissues comparing with the 2-D treatment.

Key words : forwardIMRT, dynamic MLC, dose distribution, Nasopharyngeal cancer

## I. 서 론

방사선 치료 시 최적화된 선량 분포를 얻는 것은 정상조직의 장애를 최소화하며 종양조직 선량을 높여 방사선 치료 효율을 극대화 하는데 매우 중요하다. 특히 양측 경부 림프절 전이가 있는 두경부(Head & Neck)종양의 방사선 치료계획 시 체표윤곽의 변화가 심하며, 표적이 말굽모양을 갖고 쇄골상림프절(SCL)까지 연장되는 경우가 많이 있다. 이러한 경우의 방사선 치료 시 균일한 선량 분포를 이루기는 용이하지 않아, 치료부위의 균일한 선량분포를 얻기 위하여 여러 가지 방법을 이용하여 선량 불균일 보정을 하고 있다. 또한 기존의 치료방법으로는 gross tumour volume(GTV)에 junction을 발생시키지 않으면서 parotid gland와 spinal cord의 tolerance dose 이하를 유지하면서 planning target volume(PTV)에 충분한 치료 선량을 전달하기에는 여러 가지 어려움이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 납 합금 등을 이용하여 부분 차폐 block을 제작하여 치료에 이용하고 있으나 복잡한 치료에서는 여러 가지 제약으로 인하여 치료의 이용에 한계가 있다.

이에 본 연구에서는 통상적인 치료계획 장비를 이용하여 수동으로 dynamic Mult-Leaf Collimator(dMLC)를 조절하여 한 조사면내에서 최적화된 선량분포를 이룰 수 있도록 partial block technique(PBT)방법을 적용한 전방향 세기조절방사선치료(forward Intensity Modulated Radiation Therapy, Forward IMRT)계획을 설계하여 두경부 종양에 최적화된 선량을 전달할 수 있었다. 이러한 Forward IMRT를 이용한 두경부 종양의 방사선 치료의 유용성

및 실용적인 정도관리(quality assurance, QA) 방법에 관한 연구를 하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 연구대상

양측 경부 림프절 전이가 있는 비인두암(nasopharyngeal cancer) 환자를 대상으로 하였으며, 양와위 자세(supine position)에서 CT simulator(AcQ Sim, Philips, USA)를 이용하여 0.5cm 간격으로 영상을 얻어 3차원 치료계획장치(Render plan, Elekta, Sweden)로 전송하여 치료 계획을 수립 하였으며, 21EX 선형가속기(Varian, USA)에서 dynamic Mult-Leaf Collimator(dMLC) 120-leaf(Varian, USA)를 이용하였다.

### 2. 치료계획 수립 절차

그림1은 치료계획의 수립 절차를 보여주는 흐름도이다.

partial block technique(PBT)는 한 조사면내에 있는 방사선 민감 장기를 차폐하거나, 선량 균일도를 높이기 위한 추가적으로 선량 보상체를 적용하는 기법이다.

치료계획의 절차는 우선 RTP의 beam's eye view(BEV)에서 3차원적 치료계획과 유사하게 PTV를 잘 포함 할 수 있는 빔 방향 및 빔의 개수를 설정한다. 이 단계에서 기존의 3차원 치료계획은 방사선 민감 장기를 차폐하도록 빔 방향 및 조사면 모양을 결정한다.

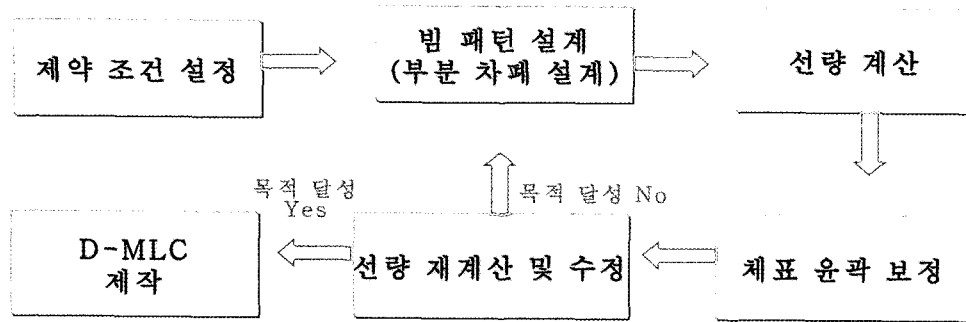


Fig 1. Flow chart of Treatment planning

그림 2는 BEV에서 본 PBT 조사면의 한 예로서 조사면내에 PTV 및 척수까지 포함 된 것을 볼 수 있다. 빔 방향 및 조사면 모양이 결정되면 척수 등 방사선 민감 장기의 tolerance dose을 바탕

으로 치료계획 제약 조건을 설정하고 한 조사면내에 PBT 기법을 적용하여 빔 세기 패턴을 조절한다.

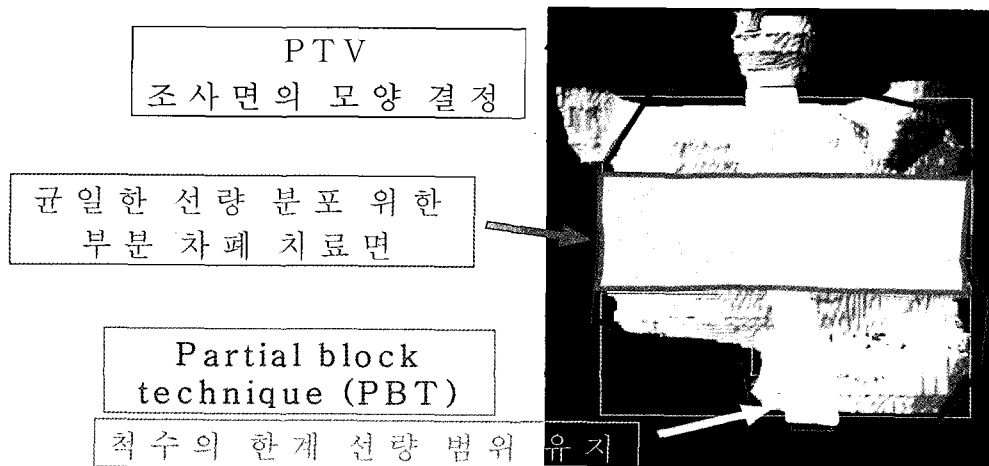


Fig 2. Principle of load shielding for IMRT

각각의 모든 빔에 대한 빔 세기 패턴 설계가 끝나면 최적화된 선량 분포를 얻기 위해 예비적인 계산을 수행한다. 대부분의 경우 두경부 치료 계획에서는 급격한 체표 변화와 비교적 큰 조사면으로 인해 중심영역과 가장 자리의 선량분포가 불균일하게 나타나는데 중심영역에 부분차폐를 적용하여 선량분포를 균일하게 만든다. 최적화된 선량분포를 위한 빔 패턴 설계를 위해 선량 재 계산 및 수정을 반복하여 임상적으로 적용 가능한 치료 계획을 얻었을 때 빔 조건 및 부분 차폐 조건을 이용하여 dMLC를 제작한다. 불규칙한 체표 보상을

위하여 치료계획장치에서 계산한 선량분포의 최대 선량이 다른 단면에 비해 10%이상 높게 분포하는 단면의 선량을 줄일 수 있도록 2~3개의 치료면에서 90%로 투과하는 부분차폐 치료면을 추가로 설계한다.

그림 3은 어깨에 불필요한 방사선 전달을 방지하기위하여 7개 방향의 빔을 서로 마주보지 않게 전방 4개, 후방 3개의 빔을 배열하였으며 척수 보호를 위하여 dMLC를 이용하여 척수로 60%가 투과되도록 부분차폐를 하였다.

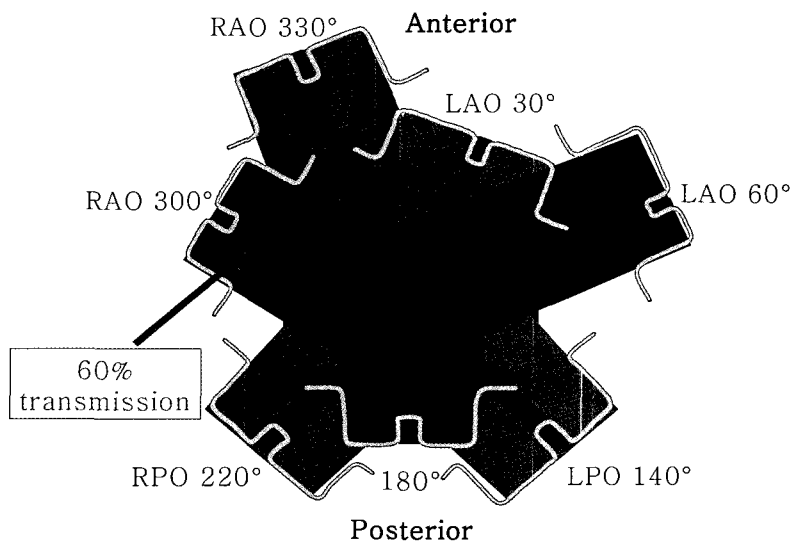


Fig 3. Beam direction

그림 4-1, 2는 그림 2에서 설계한 한 조사면 내에서의 부분차폐 black을 근거로 하여 수동으로 작성하는 dMLC를 생성하는 절차로 치료계획에서 얻은 한 조사면의 빔 패턴과 실제 임상에서 수동으로 필름을 이용하여 dMLC 파일을 작성하는 것이다. 생성할 빔 패턴은 9개의 부분으로 분할되어 있으며 각각의 구획에 전달해야할 강도를 10에

대해 상대적으로 표시했으며, 각 단계별 분할 조사면의 모양 및 각 분할 조사면의 가중을 보여준다. 또한 척수를 포함한 PTV 표적에 대해 계산된 선량을 전달한다. 이때 전달 선량은 척수의 tolerance dose 이하로 설계한다. 그림 4-2는 척수의 tolerance dose을 유지하면서 PTV에 대해 임상적으로 유효한 처방선량을 전달하기 위해 생성

한 분할 조사면이다. 그림 4-1, 2에서 총 14까지 dMLC의 분할 시간이 설정 되어 있으며 생성할 빔 패턴에 따라 각 영역 별로 세기가 누적하여 생성한 simulation 영상을 볼 수 있으며, 이 simulation

영상은 RTP에서 생성한 빔 세기 패턴과 실제 필름을 이용하여 얻은 빔 세기 패턴을 비교 평가 할 때 사용한다.

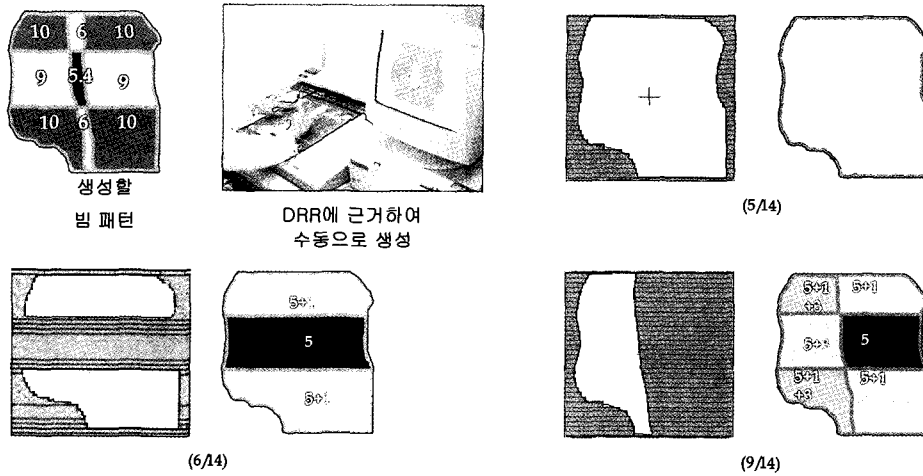


Fig 4-1. dMLC formation procedure-1

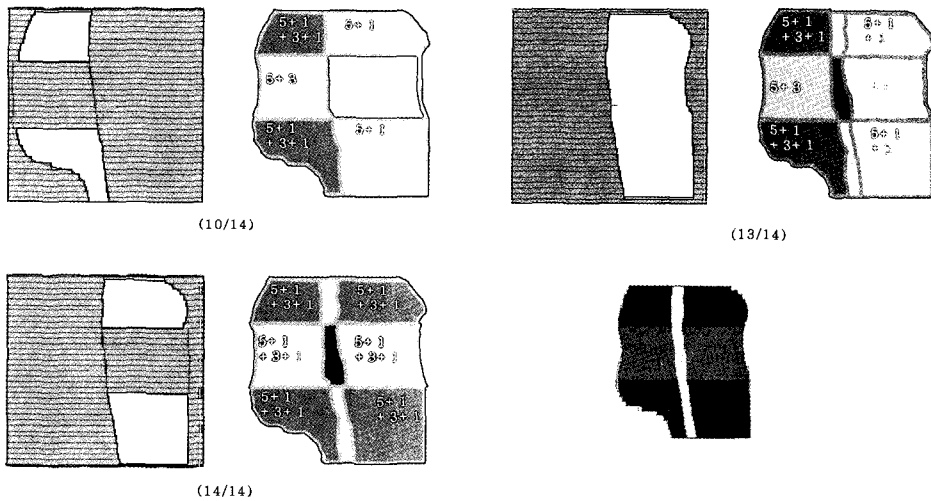


Fig 4-2. dMLC procedure-2

치료계획의 최종 적합성 판정은 척수에 대한 최대 선량이 PTV 선량의 70%이내를 만족하고, PTV 전체 부피의 95%에 대해 처방선량을 전달 할 때

최대선량이 15%를 넘지 않는 조건을 사용하였다.

### 3. 치료계획 평가 및 정도관리

치료계획의 유용성을 평가하기 위하여 치료계획을 수립한 동일한 환자에 대하여 기존의 치료계획과 Forward IMRT를 위한 치료계획에 대하여 PTV, spinal cord, parotid gland, dose volume histogram(DVH)를 비교하였다. Forward IMRT의 일반적인 정도관리 목록으로는 각 조사면에 대한 빔 세기 패턴 확인, RTP와 측정된 등선량 분포 비교, 팬텀 치료계획을 수립하고 기준점 또는 특정점에서의 점 선량 측정이 있다.

빔 패턴 및 등선량 분포의 특성을 나타낸 것으로 빔 세기 패턴 측정은 빔에 대해 필름을 수직으로 설정하며 각각의 조사면에 대하여 측정한다. RTP 상에서 특정 깊이에서 계산하여 얻은 빔 세기 패턴과 실제 MLC로 전달하여 얻은 빔 세기 패턴의 비교이다. 등선량 분포의 측정은 빔에 대해 film을 평행하게 설정하며 모든 조사면을 합산하여 구하며, 필름(X-Omat V, Kodak, USA)을 사용하였다. ....

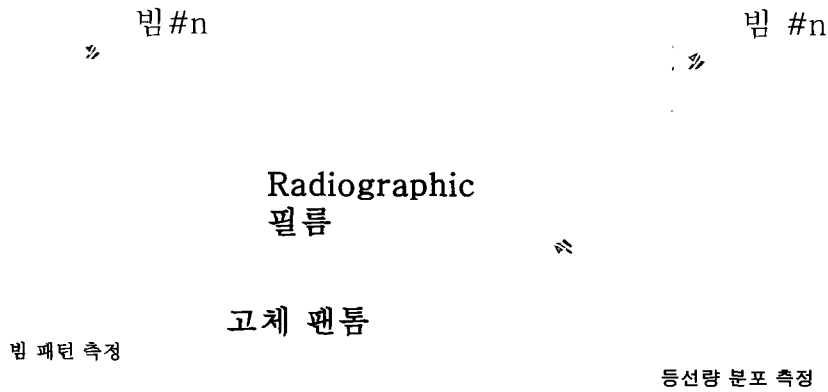


Fig 5. Beam pattern and measurement of dose distribution

그림 6은 원통형 팬텀에서의 치료계획으로 기준점 선량 측정은 환자 치료계획에서 수립한 치료조건을 환자 영상 대신 자체 제작한 원통형 팬텀에 적용하여 얻은 치료계획 결과를 이용하는 정도관리이다. 기준점 및 특정점 선량의 측정은 0.015 cc 전리함(Pinpoint Chamber, type 31006, PTW, Germany)을 사용하여 측정 하였다.

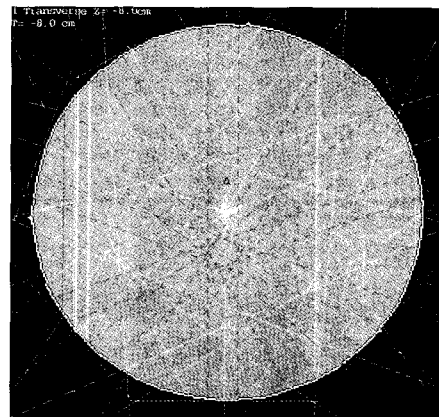


Fig 6. Treatment planning in cylindrical phantom

그림 7은 자체 제작한 정도관리용 물 팬텀 및 이온 전리함을 이용한 기준점 및 특정점 선량의 측정을 하는 것을 볼 수 있다. 디지털 캘리퍼를 채용한 전리함 지지대를 사용하여 정밀한 점 선량 측정이 가능하며, 기준점 및 특정 점에 전리함을

위치하고 팬텀 치료계획에 따라 방사선을 조사한다. 선량 전달은 21EX (Varian, USA) 선형 가속기를 사용하였다.

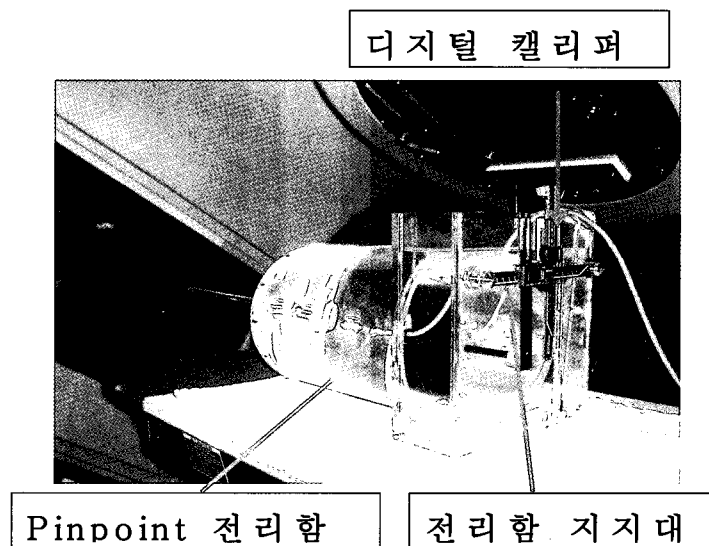


Fig 7. Measurement of point dose

### III. 결 과

그림 8-1, 2, 3에서는 2차원적 치료계획과 Forward IMRT의 치료계획으로 얻은 PTV와 정상장기 spinal cord, rt, lt parotid gland 대한

DVH 비교로서 Forward IMRT를 적용한 치료계획이 최대 및 평균선량을 줄여 줄 수 있었다. 특히 spinal cord, rt, lt parotid gland,의 현저한 선량 감소 효과를 얻을 수 있었다.

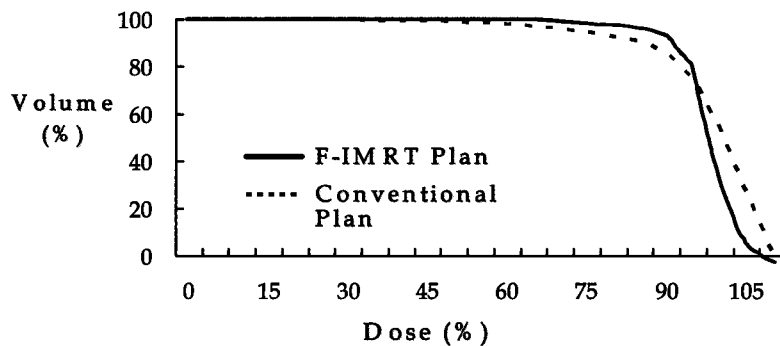


Fig 8-1. DVH Comparison - PTV

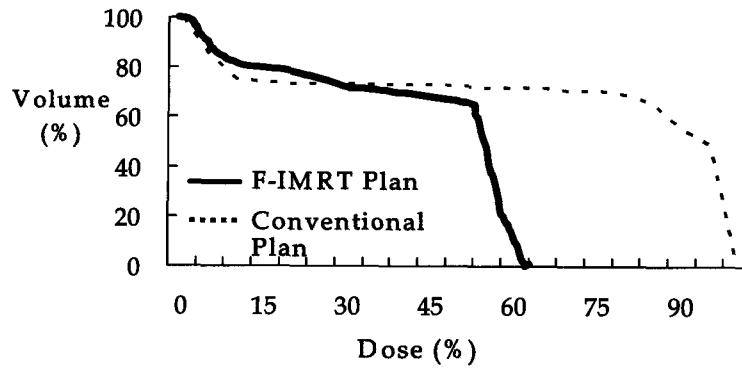


Fig 8-2. DVH Comparison - Spinal Cord

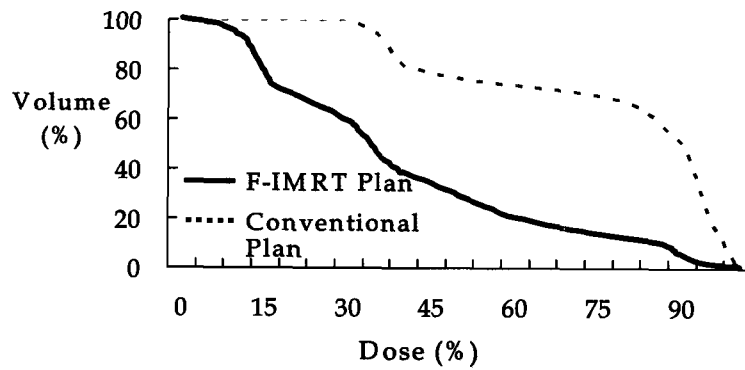


Fig 8-3. DVH Comparison - Parotid gland

표 1은 기존의 치료계획으로 얻은 PTV와 정상 장기에 대한 최대 선량과 평균선량을 나타낸 것이다.

그림 9는 한 조사면의 빔 세기 패턴의 비교를 보여 주는 것으로 RTP에서 얻은 빔 세기 패턴과 조사한 필름 도시메트리로 얻은 빔 세기 패턴을

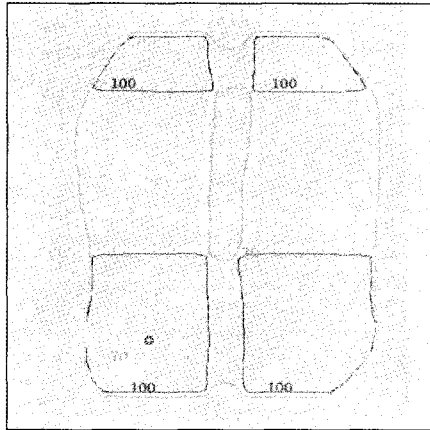
Table 1. Comparison of Plan

Structure Plan		PTV	Spinal Cord	Parotid gland	
				Right	Left
Conventional Plan	Ave	98	66	67	70
	Max	116	101	104	105
F-IMRT Plan	Ave	92	41	51	63
	Max	106	62	102	102

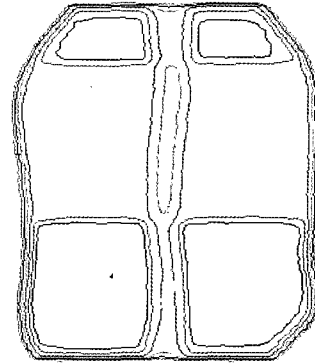


정성적으로 비교한 것이다. 이와 같이 같은 빔 세기 패턴 측정을 통해 수동으로 작성한 dMLC의 분할 조사면의 형태 및 가중 정확도를 평가 하였

으며, 100%선과 70%선의 비교를 통해 조사면 빔 세기 패턴을 확인 할 수 있었다.



RTP에서 얻은 한 조사면의 빔 패턴

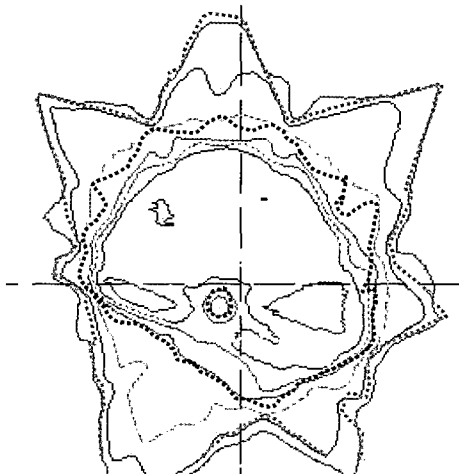


조사한 필름에서 얻은 한 조사면의 빔 패턴

Fig 9. Measurement of Beam pattern

그림 10은 필름으로 측정하여 얻은 등선량 분포를 RTP에서 얻은 등선량 분포를 겹쳐 비교한 것

으로 90%, 60% 등선량 분포가 비교적 서로 유사한 선량 분포 추세를 볼 수 있었다.



실선 - 필름  
점선 - RTP

Fig 10. Comparison of dose distribution

그림 11은 RTP에서 얻은 선량과 기준점, 특정점에서 얻은 선량과의 측정을 나타낸 것으로 RTP에서 얻은 선량과 측정하여 얻은 선량값이 잘 일치함을 표2에 나타내었다. 측정 결과 기준점에서 1.5%의 차이를 보였으며, 특정점에서는 2%의 차이 결과를 얻었다.

Table 2. Measurement of point dose

측정점	RTP	측 정	차 이
기준점	100	101.5	1.5
특정점	75.5	77.5	2

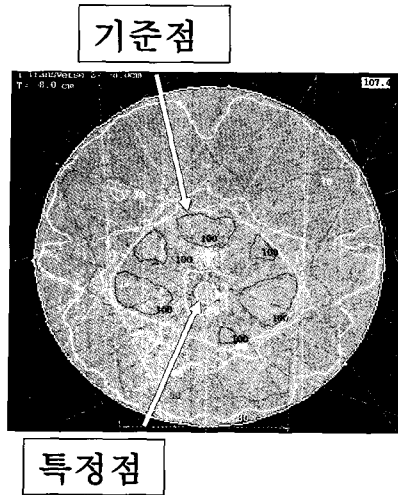


Fig 11. Measurement of point dose

#### IV. 결 론

역방향 세기 조절 치료계획 기능이 없는 기존의 치료계획 장치를 이용하여 PBT기법을 이용하여 전방향 세기조절 치료를 시행함으로써 동일 평면 상에서 표적내의 선량 불균일성은 최대 10%까지 증가하지만 말굽 모양 등 불규칙적인 표적을 잘 포함하는 치료계획을 세우고 치료를 시행 할 수 있었다. 척수는 60~70%이내의 선량을 갖도록 설계하여 척수의 부작용 가능성을 감소시키면서 70Gy이상까지 투여 할 수 있었다. 통상적인 치료 기법과 비교 평가한 결과 PTV에 대한 선량 분포는 크게 개선된 점이 적으나, 척수, 좌우 이하선 등 정상장기에서의 방사선량 분포는 뚜렷한 개선 효과가 있음을 확인 할 수 있었다. 또한 급격한 체표모양의 변화에도 불구하고 단면간의 선량 분포차이는 10% 이내로 감소되었다. 이와 같이 전방향 세기조절 치료는 7방향 치료계획으로 양측 경부 림프절 전이가 있는 두경부 종양에서 균일한 선량 분포를 이루면서 효율적으로 치료 할 수 있는 치료기법 이었다.

#### VI. 고 찰

전방향 세기조절 치료는 dMLC를 사용하여 PBT기법을 이용하기 때문에 기존의 납 합금을 제작하거나 방사선 치료시 블록 교체에 따른 많은 시간을 줄일 수 있다. 그러나 환자 치료에 적용하기 위해 실시한 여러 가지 정도관리를 정성적, 정량적인 평가를 통해 검증 하는데 시간이 필요하다는 단점이 있다. 또한 leaf sequence 생성 기능이 없는 RTP를 사용하기 때문에 필름에 기반하여 dMLC를 생성할 때 많은 시간이 필요하기 때문에 문제점이 있었다. 이러한 제약이 없는 RTP에서는 전방향 세기조절 치료 방법이 두경부 치료에서 효율적으로 치료 할 수 있는 방법임을 알았다.

#### 참고문헌

1. Eisbruch A: Clinical aspects of IMRT for head-and-neck cancer, *Med Dosim*, 27(2): 99-104, 2002
2. 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
3. Neve WD, Gersem WD, Derycke S, et al: Clinical delivery of intensity modulated conformal radiotherapy for relapsed or second-primary head and neck cancer using a multileaf collimator with dynamic control. *Radio oncol*, 50, 301-314, 1999
4. Xiao Y, Galvin J, Hossain M, Valicenti R: An Optimized forward-planning for intensity modulated radiation therapy. *Med Phys*, 27(9):293-2099, 2000
5. Kuo JV, Cabebe E, Ghazi MA, Yakoob R, Ramsinghani NS, Sanford R: Intensity

-modulated radiation therapy for the spine at university of California. Irvine. Med Dosim, 27(2):137-145, 2002

6. Picket B, Chang W, Weaver KA: The use of a partial transmission shield to reduce the

optic chiasim doses during radiation therapy treatment of brain tumors. Med Dosim, 21(4): 243-250, 1996

# 두경부(Head & Neck)종양에서 Forward IMRT 유용성에 관한 고찰

서울아산병원 방사선종양학과

백금문, 김대섭, 박광호, 김정만

## I. 목 적

방사선 치료계획에 있어서 정상조직의 선량과 치료부위 선량의 분포는 매우 중요하다. 또한 치료부위의 균일한 선량분포를 얻기 위하여 여러 가지 방법을 이용하고 있다. 특히 두경부(Head & Neck) 종양의 방사선 치료 시 체표 윤곽의 변화가 심하여 이에 따른 선량 불균일 보정이 필요하다. 기존의 치료방법으로는 parotid gland 와 spinal cord 의 tolerance dose 이하를 유지하면서 planning target volume(PTV)에 충분한 치료 선량을 전달하기에는 여러 가지 어려움이 있다.

이에 본원에서는 Forward IMRT를 이용한 방사선 치료의 유용성 및 실용적인 정도관리 방법에 관한 연구를 하였다.

## II. 대상 및 방법

본 연구는 두경부(Head & Neck) 종양 비인두암(nasopharyngeal cancer)의 방사선 치료가 요구되는 환자를 대상으로 하여 2차원적인 치료계획과 dynamic Multileaf Collimator(dMLC)를 이용하여 partial block technique(PBT)방법을 적용한 Forward IMRT를 위한 치료계획을 dose volume histogram(DVH)로 비교 분석하였다. 또한 정도관리(quality assurance, QA)를 위하여 필름과 pinpoint chamber를 이용하여 정확한 선량 평가를 실시하였다.

## III. 결 과

2차원적인 치료계획과 Forward IMRT를 적용한 치료계획의 DVH를 비교 분석한 결과 Forward IMRT를 적용한 치료계획이 Rt, Lt parotid gland와 spinal cord에 들어가는 선량을 좀더 줄일 수 있었다. 이러한 Forward IMRT의 시도로 조사면의 방사선 세기가 정상조직의 보호를 개선시키고 치료의 최적화를 이룰 수 있었다. Inverse IMRT에 비해 기존의 3차원적 치료계획 장치를 이용할 수 있고 비교적 단순한 방사선 세기 패턴이므로 정도관리가 용이하였다.

## IV. 결 론

Forward IMRT는 2차원적인 치료법에 비하여 PTV에는 균일한 선량분포를 이루면서 정상조직에는 tolerance dose 이하로 선량을 전달 할 수 있는 치료기법이었다.