

## 세기조절방사선치료에서 선량을 변화에 따른 선량분포 특성

\*차의과대학대 학교 분당차병원 방사선종양학과, †영남대학교 의과대학 방사선종양학교실

강민규<sup>†</sup> · 김성준\* · 신현수\* · 김성규<sup>†</sup>

세기조절방사선치료(intensity modulated radiation therapy, IMRT)는 치료면적을 소조사면으로 나누어 여러 방향에서 방사선이 조사되기 때문에 기존의 치료방법에 비해 많은 MU와 더 긴 치료시간이 요구된다. 통증 및 장애 등으로 인해 장시간 같은 자세를 유지하기 어려운 환자의 경우, 효과적인 치료를 위해서는 선량을 증가시켜 치료시간을 줄이는 것이 한 방법이다. 본 연구에서는 선량을 변화에 따른 선량 및 선량분포를 측정하고 그 변화를 알아보았다. IMRT 치료계획은 ECLIPSE 시스템(Varian, SomaVision 6.5, USA)을 이용하여, 0°, 72°, 144°, 216°, 288° 방향의 5분 조사로 계획하였다. 선량을 변화에 따른 선량 및 선량분포 확인을 위해 선량은 100, 300, 500 MU/min으로 설정하였으며, 선량과 선량분포는 이온함(PW, TN31014)과 필름(EDR2, Kodak)을 이용하여 각각 측정하였다. 이때 필름 선량계는 아크릴 팬텀에 삽입 후 빔의 조사방향과 나란하게 설치되었고 방사선조사를 위한 선형가속기는 21EX-S (Varian, USA)를 이용하였다. 측정된 필름 선량계는 VXR-16 (Vidar System Corporation)을 이용하여 분석함으로써 선량분포를 확인하였다. 선량이 증가할수록 CTV를 포함하는 100% 선량분포의 면적이 거의 선형적으로 감소함을 보였다.

**중심단어:** 세기조절방사선치료, 선량, 선량분포

### 서론

세기조절방사선치료(intensity modulated radiation therapy, IMRT)는 입체조형방사선치료(conformal radiation therapy)와 같은 기존의 치료방식에 비해 종양조직에는 더 많은 방사선량을 조사하면서, 주위 정상조직과 주요 장기에는 더 적은 방사선량이 조사되게 할 수 있다.<sup>1-5)</sup> 이에 따라 암 조직에 총 조사선량을 증가시킴으로써 암 환자의 생존율을 높이는 데 기여하는 유용한 치료법이다. 세기조절방사선치료는 다엽콜리메이터(multileaf collimator, MLC)를 구동시켜 임상표적용적(clinical tumor volume, CTV)에 원하는 방사선량을 조사하도록 한다. 이 치료법은 MLC가 구동이 되어 방사선치료조사면이 만들어지고 빔이 조사되는 고정(static) 방법인 단계별조사기법(step and shout)과 MLC가 구동되는 것과 동시에 빔이 연속적으로 조사되는 동적(dynamic)방법인 슬라이딩윈도우 기법이 있다.<sup>6,7)</sup> 단계별조사기법은 치료 계획, 치료정보의 전달, 치료전달 과정에 대한 정도관리가

용이하지만, 슬라이딩윈도우 기법은 MLC 모양이 변화하는 상태에서도 빔이 계속해서 조사되기 때문에 정도관리에 제약이 있다는 단점이 있다. 일반적으로 세기조절방사선치료는 일반적으로 5분 이상의 빔이 여러 방향으로부터 조사되기 때문에 기존의 치료방법에 비해 더 긴 치료시간이 요구된다. 따라서 정도관리에 대한 문제점은 가지지만 치료시간을 줄일 수 있는 슬라이딩윈도우 기법이 선호되고 있다. 또한 통증 및 장애 등으로 인해 장시간 같은 자세를 유지하기 어려운 환자의 경우, 효과적인 치료를 위해서는 선량을 증가시켜 치료시간을 줄이는 것이 한 방법이다. 일반적으로 선형가속기나 X선 등의 원격조사에 사용하는 선량율(100~1000 cGy)의 범위 내에서는 선량에 따른 선량분포변화가 거의 없다고 알려져 있다.

본 연구에서는 치료계획에서 수립되고 측정을 통해 획득한 선량과 선량분포를 선량을 변화에 따라 비교 및 분석해봄으로써 그 변화정도를 알아보고자 한다.

### 재료 및 방법

본 연구를 위해 Fig. 1과 같이 24.5×24.5×1.0 (cm<sup>3</sup>) (팬텀 I), 24.5×24.5×2.0 (cm<sup>3</sup>) (팬텀 II) 크기의 아크릴 팬텀을 각각 20개와 1개를 제작하였다. Fig. 1b와 같이 팬텀 II는 이

이 논문은 2010년 4월 14일 접수하여 2010년 4월 26일 채택되었음.  
 책임저자 : 김성규, (705-717) 대구시 남구 대명동 317-1  
 영남대학교 의과대학 방사선종양학교실  
 Tel: 053)620-3373, Fax: 053)624-3599  
 E-mail: skkim3@ynu.ac.kr

온함 설치를 위해 팬텀 중심에 직경 0.8 cm, 길이 12.5 cm 크기의 공간이 위치하고 있다. 세기조절방사선치료계획을 위해 팬텀 I 20개를 이용하여 24.5×24.5×20 (cm<sup>3</sup>) 크기의 팬텀을 구성하고 치료계획 CT를 시행하였다. Fig. 2는 위의 크기로 구성된 팬텀과 스캔된 CT 영상을 보이고 있다. 치료계획은 본원이 보유하고 있는 ECLIPSE 시스템(Varian, SomaVision 6.5, USA)을 이용하였다. 본 시스템에서 3D로 재구성된 팬텀 CT영상을 바탕으로 Fig. 3a와 같이 가상의 임상표적용적 CTV와 가상의 정상조직인 NT1, NT2, NT3, 그리고 NT4를 설정하였으며, 계획표적용적 PTV는 CTV로

부터 5 mm간격을 두고 지정하였다. 처방선량은 일일선량 2 Gy씩 35회 조사하는 방식으로 총 70 Gy로 계획하였고 이때 제한 선량은 NT1, NT2, NT4가 각각 12 Gy, NT3가 45 Gy 이하가 되도록 하였다. 조사 빔은 6 MV X-선을 이용하여 Fig. 3b와 같이 갠트리각도 0°, 72°, 144°, 216°, 288° 방향으로 5문이 조사되어졌으며, 슬라이딩윈도우 기법을 이용하였다. 선량율은 100, 300, 500 MU/min 각각에 대해 치료 계획을 수립하였다.

표적의 중심선량 측정을 위해 Fig. 4a와 같이 팬텀 II를 가운데 두고 아래위에 팬텀 I 9개를 각각 놓아 24.5×24.5×20 (cm<sup>3</sup>) 크기의 팬텀으로 구성하였다. 이 팬텀을 등중심에 대해 대칭이 되게 두고, 선량측정을 위해 팬텀 II 중심에 있는 공간에 이온함(PW, TN31014)을 설치하였다. 다음으로 선량분포는 Fig. 4b와 같이 팬텀 I을 좌우에 10개씩 두어 24.5×24.5×20 (cm<sup>3</sup>) 크기의 팬텀을 구성하고 그 중심에 필름(EDR2, Kodak)을 삽입하여 측정되었다. 이때 필름의 면이 갠트리 회전축 방향으로 향하게 하였다. 측정된 필름은 VXR-16 (Vidar System Corporation)을 이용하여 분석함으로써 선량분포를 확인하였고, 방사선 조사를 위한 선형 가속기로 21EX-S (Varian, USA)가 사용되었다.

결 과

중심점에 200 cGy 선량을 투여할 목표로 선량을 100, 300, 500 MU/min 각각에 대해 중심점 선량을 측정하였다. 그 결과 중심점 선량은 각각 197.13, 194.8, 그리고 192.4

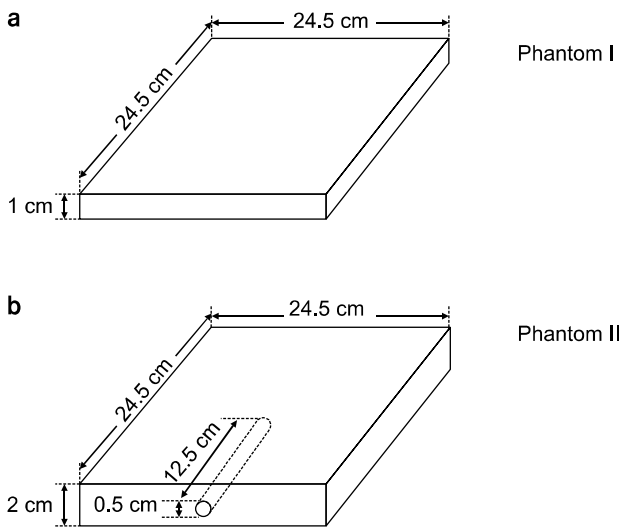


Fig. 1. Acrylic phantom for measurement.

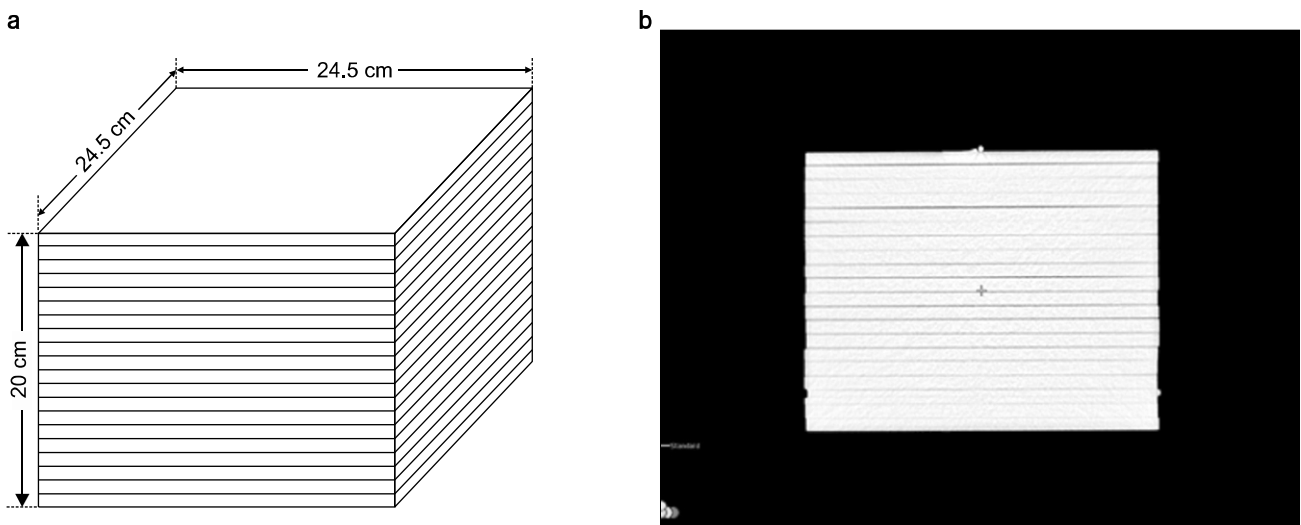


Fig. 2. 24.5×24.5×20 cm<sup>3</sup> size phantom (a) and reconstructed 3D CT image (b).

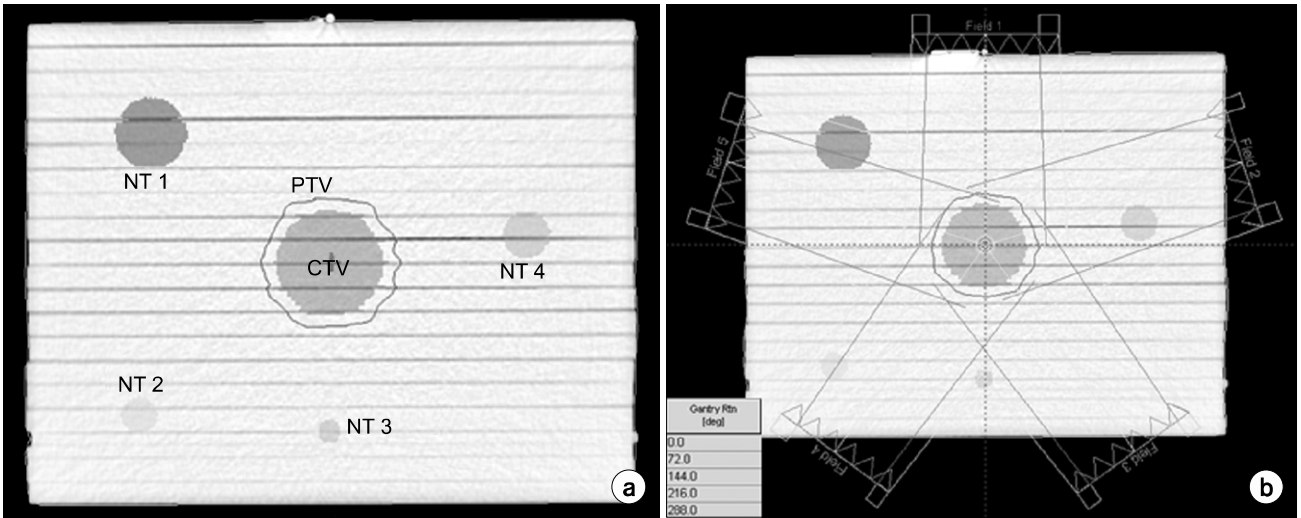


Fig. 3. Clinical target volume in phantom CT image (a) and planed gantry angles (b).

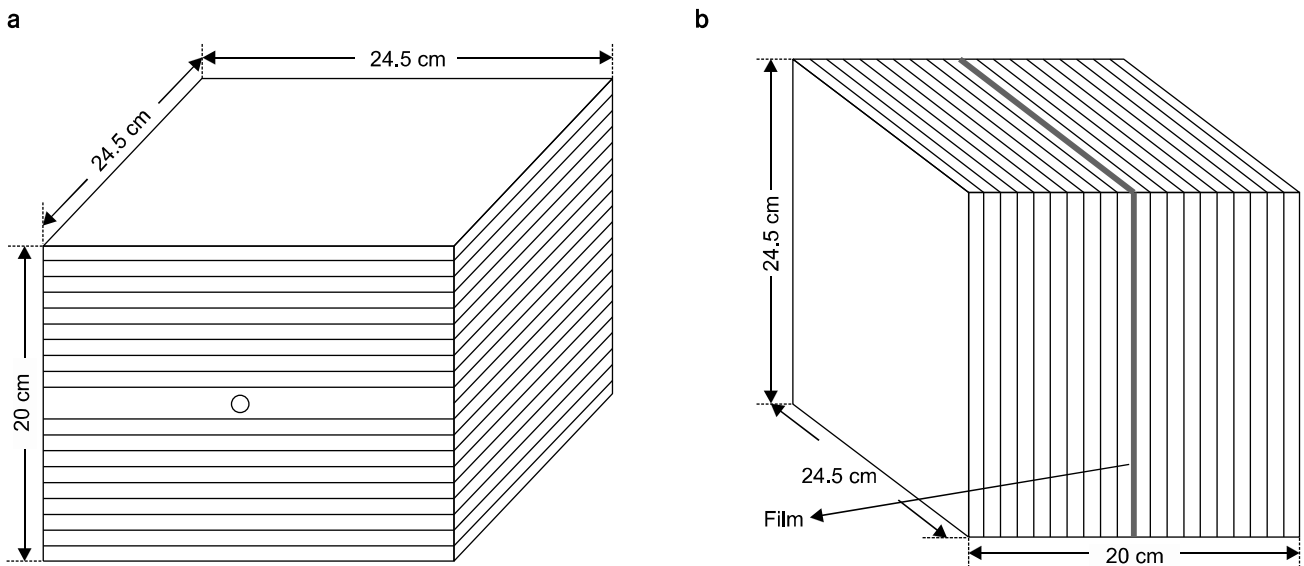


Fig. 4. Construction of phantom I and II for measurement (a) ion chamber measurement (b) film measurement.

cGy였다. Fig. 5에 치료계획에서 예측된 선량과 측정된 선량을 비교하였다. 치료계획 상에서 예측된 선량은 선량율이 증가할수록 다소 감소하는 것으로 나타났으며, 실제 측정된 선량 또한 선량율이 증가함에 따라 선형적으로 감소함을 볼 수 있다. 계획된 선량과 측정된 선량을 비교해 보면 선량율이 100 MU/min에서는 오차가 2.7%였고, 선량율이 500 MU/min로 증가시켰을 경우는 오차가 3%를 넘는 것을 확인하였다. Fig. 6은 선량을 변화에 따른 선량분포와 CTV를 포함하는 100% 선량곡선의 면적 변화를 그래프로

나타낸 것이다. 위의 결과와 같이 선량율이 증가할수록 CTV를 포함하는 선량분포의 면적이 거의 선형적으로 감소함을 보였다.

### 고찰 및 결론

세기조절방사선치료는 종양조직에는 많은 방사선량을 조사하고 정상조직에는 적은 방사선량을 조사할 수 있다는 점에서 매우 유용한 치료법이지만 긴 치료시간으로 인

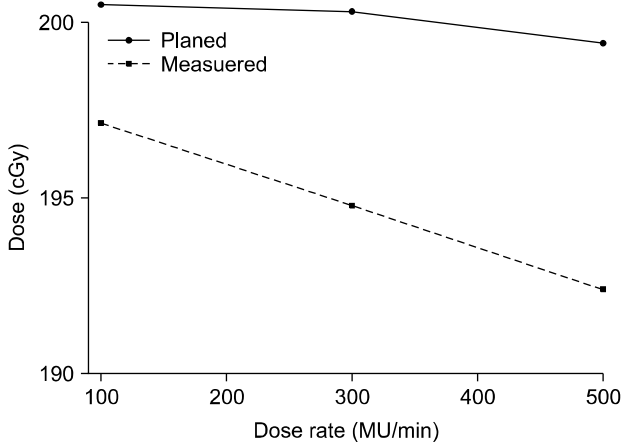


Fig. 5. Planned dose and measured dose (dose rate: 100, 300, 500 MU/min).

해 임상 적용 시 약간의 문제를 내포하고 있었다. 이를 개선하는 한 방법은 선량율을 증가시켜 치료시간을 줄이는 것이다. 본 연구에서는 이 방법이 실제 치료에 적용이 가능한지를 알아보기 위하여 선량율 변화에 따른 선량 및 선량 분포변화를 측정해보았다. 그 결과 선량분포의 중심점 선량은 선량율이 증가함에 따라 감소하였으며, 이에 따라 표적을 포함하는 선량곡선의 면적 또한 감소하였다. 특히 치료 시 일반적으로 사용되고 있는 300 MU/min보다 높은 선량율인 500 MU/min에서 계획된 선량과의 측정된 선량의 오차가 허용범위를 넘어서는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 MLC 움직임에 관련이 있다고 판단된다. 본 연구에서는 실제 임상 적용가능 정도를 확인하기 위해 본원에서 세기조절방사선치료 시 이용되고 있는 슬라이딩윈도우 기법으로 실험하였다. 이 방법은 MLC가 구동되는 상태에서 빔이 계속해서 조사되는 방식으로써, 선량율의 증가에 따라 MLC의 움직임이나 구동속도의 차이가 발생하기 때문에 선량 및 선량분포가 변화되는 것으로 생각된다. 선량율이 높은 경우에는 선량분포에 대한 다른 기준에서 치료확인이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

위의 결과들로 미루어볼 때, 선량율을 증가시키는 것은 치료시간을 줄일 수는 있으나 정확하고 세밀한 치료를 위해서는 지양되어야 될 것이다. 또 선량 및 선량분포와 같은 수치적인 효과뿐만 아니라 선량율을 증가시켰을 때 환자에 미치는 생물학적 효과도 고려되어야 할 것이다.

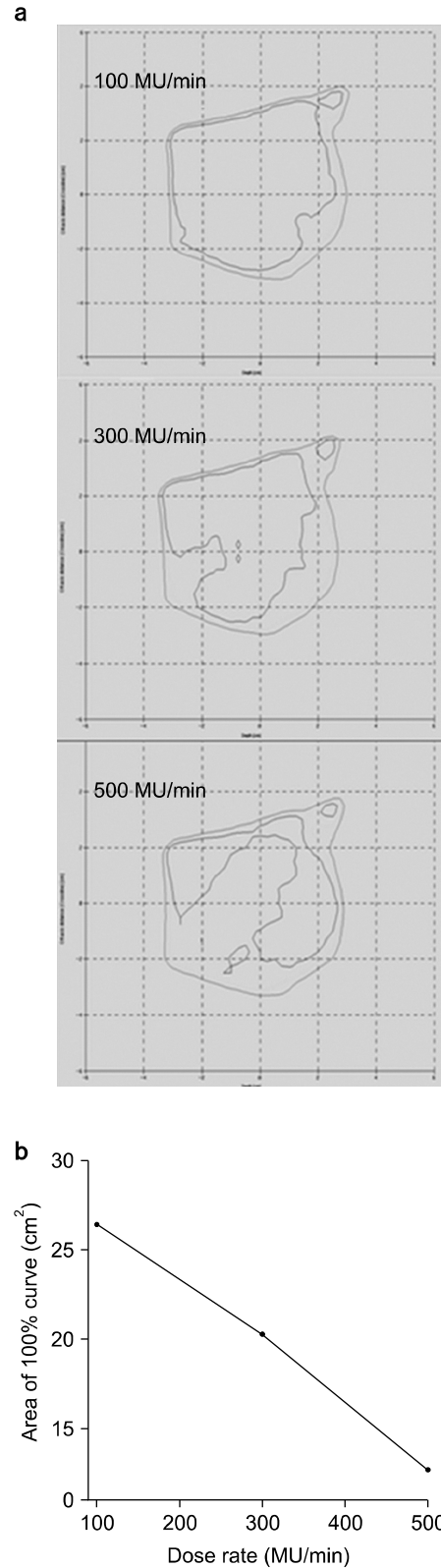


Fig. 6. Dose distribution (Red line: 90%, Green line: 95%, Blue line: 100%) and Variation of 100% curve area (a) and Area of 100% according to dose rate (b).

## 참 고 문 헌

1. Garden AS, Morrison WH, Rosenthal DI, Chao KSC, Ang KK: Target coverage for head and neck cancers treated with IMRT: review of clinical experiences. *Seminars in Radiation Oncology* 14:103-109 (2004)
2. Yao M, Karnell LH, Funk GF, Lu H, Dornfeld K, Buatti JM: Health-related quality of life outcomes following IMRT versus conventional radiotherapy for oropharyngeal squamous cell carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 69:1354-1360 (2007)
3. Fenkell L, Kaminsky I, Breen S, Huang S, Van Prooijen M, Ringash J: Dosimetric comparison of IMRT vs. 3D conformal radiotherapy in the treatment of cancer of the cervical esophagus. *Radiotherapy and Oncology* 89:287-291 (2008)
4. Fenoglietto P, Laliberte B, Allaw A, et al: Persistently better treatment planning results of intensity-modulated (IMRT) over conformal radiotherapy (3D-CRT) in prostate cancer patients with significant variation of clinical target volume and/or organs-at-risk. *Radiotherapy and Oncology* 88:77-87 (2008)
5. Garofalo MC, Nazareth DP, Errens M, D'fSouza W, Regine WF: A comparison of 3D-CRT and IMRT planning for patients with T3Nx or T4Nx Mid/Distal rectal cancers: potential for small bowel sparing and reductions in Dose-limiting acute GI toxicity. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 72:S250 (2008)
6. 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)
7. Xia P, Chuang C, Verhey L: Communication and sampling rate limitations in IMRT with a dynamic multileaf collimator system. *Med Phys* 29:412-423 (2002)

## Property of Dose Distribution in Accordance with Dose Rate Variation in Intensity Modulated Radiation Therapy

Min Kyu Kang<sup>†</sup>, Sung Joon Kim\*, Hyun Soo Shin\*, Sung Kyu Kim<sup>†</sup>

\*Department of Therapeutic Radiology & Oncology, CHA Bundang Medical Center, CHA University, Seongnam, <sup>†</sup>Department of Therapeutic Radiology & Oncology, College of Medicine, Yeungnam University, Daegu, Korea

As radiation is irradiated from various directions in intensity modulated radiation therapy (IMRT), longer treatment time than conventional treatment method is taken. In case of the patients who have problem to keep same posture for long time because of pain and injury, reducing treatment time through increased dose rate is a way for effective treatment. This study measured and found out the variation of dose and dose distribution in accordance with dose rate variation. IMRT treatment plan was set up to investigate from 5 directions - 0°, 72°, 144°, 216°, 288° - using ECLIPSE system (Varian, SomaVision 6.5, USA). To confirm dose and dose rate in accordance with dose rate variation, dose rate was set up as 100, 300, 500 MU/min, and dose and dose distribution were measured using ionization chamber (PTW, TN31014) and film dosimeter (EDR2, Kodak). At this time, film dosimeter was inserted into acrylic phantom, then installed to run parallel with beam's irradiating direction, 21EX-S (Varian, USA) was utilized as linear accelerator for irradiation. The measured film dosimeter was analyzed using VXR-16 (Vidar System Corporation) to confirm dose distribution.

**Key Words:** IMRT, Dose rate, Dose distribution