

세기조절방사선치료의 정도관리

김 성 규

영남대학교 의과대학 방사선종양학교실

Quality Assurance in Intensity Modulated Radiation Therapy

Sung-Kyu Kim

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

— Abstract —

Intensity-modulated radiation therapy (IMRT) is believed to be one of the best radiation treatment techniques. IMRT is able to deliver fatal doses of radiation to the tumor region with minimal exposure of critical organs. It is essential to have a comprehensive quality assurance program to assure precision and accuracy in treatment, due to the character of IMRT. We applied quality assurance technique to the Eclipse treatment planning system and sought to determine its effectiveness in patient treatment planning. An acrylic phantom, film, and an ionization chamber were used in this study.

Key Words: Intensity modulated radiation therapy, Quality assurance, Radiation treatment planning

서 론

세기조절방사선 치료는 기존의 방사선치료에 비해 종양조직에는 더 많은 방사선량을 조사하면서, 주위 정상조직과 중요 장기에는 최소한의 방사선량이 조사되게 하여 암조직에 조

사되는 방사선량을 증가시킴으로 생존율을 높이고자 하는 방사선 치료법이다.¹⁻⁶⁾ 그러므로 치료성적의 향상으로 암환자의 생존율을 증가시키고 삶의 질을 높이는데 기여할 수 있는 이제 까지 연구 개발된 치료법 중에서 가장 강력한 방사선 치료법이다.

책임저자 : 김성규, 대구시 남구 대명동 317-1, 영남대학교 의과대학 방사선종양학교실
Tel: (053) 620-3373, Fax: (053) 624-3599, E-mail: skkim@med.yu.ac.kr

이러한 세기조절방사선 치료가 환자에게 적용되기 위해서는 환자의 모의치료에서부터 치료계획, 환자에게 방사선이 조사되는 과정까지 2 mm 이내의 오차를 유지하여야 하는 극도로 정확성을 요구하고 있다. 이러한 정확성의 요구 때문에 환자에게 방사선을 조사하기 전 종양부위와 근접해 있는 중요 장기에 방사선이 치료계획된 대로 정확하게 조사되는지 검증하는 정도관리(Quality Assurance/Quality Control, QA/QC) 과정이 무엇보다도 중요하며 필수적이다.

세기조절방사선치료를 하기 위해서 필수적으로 충족되어야 사항은 다음과 같다.⁶⁾ 첫째 선량분포가 종양일체형이 되어야 하며 고선량범위 내에 중요 장기가 제외되어야 하며, 둘째 조사면적이 표시되는 컴퓨터 단층촬영 영상의 여러 장을 연속 스캔하여 이 영상들을 디지털 화재구성을 통한 방사선조사 방향에서 해부학적 구조와 종양의 형태가 공간적으로 표현되어야 하며, 셋째 치료부위와 방사선 민감장기에 대한 조사면적의 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.

세기조절방사선치료를 다엽콜리메이터(Multi-leaf Collimator, MLC)를 구동시켜 CTV(Clinical target volume)에 원하는 방사선량을 조사하도록 한다. 이때 1) MLC가 먼저 구동이 되어 방사선 치료조사면적이 만들어지고 빔이 조사되는 static 방법인 stop & shoot 방법과 2) MLC가 구동되는 것과 동시에 빔이 계속적으로 조사되는 dynamic 방법인 sliding window 방법

이 있다.^{7,8)} Static 방법에서는 빔이 정지 상태에서 방출 될 때 선량율이 계속 변화한다는 단점을 가지고 있고, dynamic 방법에서는 선량율은 일정하게 조사되지만 MLC 모양이 계속 변화하며, MLC가 변화하는 상태에서도 빔이 조사된다는 단점을 가지고 있다. 일반적으로 세기조절방사선치료시 static 방법과 dynamic 방법에서 치료계획의 정도관리, 치료정보의 전달에 관한 정도관리, 치료전달 과정에 대한 정도관리를 통하여 정도관리가 확인되어야만 환자에게 방사선치료를 적용할 수 있다.⁷⁾ 세기조절방사선 치료에서 정도관리 절차는 먼저 모의치료 장치의 중심점과 세기조절방사선 치료를 시행하기 위한 planning CT 영상의 DRR(Digital Reconstruction Radiograph)이 일치하는지를 먼저 확인하여야 하며, 그리고 치료계획된 대로 방사선량이 조사되는가에 대한 정도관리가 이루어져야 한다(Fig. 1).

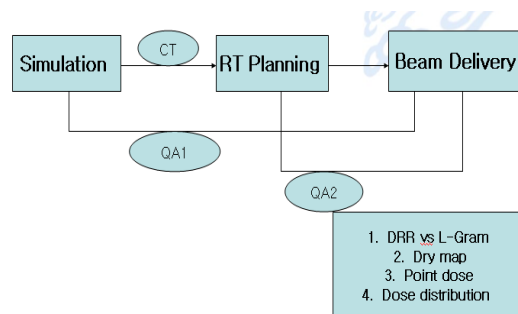


Fig. 1. The system flowchart of quality assurance in intensity modulated radiation therapy.

재료 및 방법

세기조절방사선 치료의 정도관리를 위하여 사용한 하드웨어 구성은 Varian 120 Muti Leaf Collimator와 EPID(Electronic portal imaging

device)가 장착된 21EX 선형가속장치(Varian, 미국)와 물리적인 인자를 이용한 선량분포 최적화 역계산(inverse calculation) 치료계획장치인 Eclipse (Varian, Ver 6.5, 미국)를 사용하였다. 정도관리를 실시하기 위한 장치로는 크기가 25 cm × 25 cm × 25 cm인 아크릴팬텀과 인체모형팬텀을 사용하였으며, 또한 필름 선량분포확인을 위하여 Vidar 16 Film Sacnner (Vidar, 독

일)을 사용하였고, 530 Electrometer (victreen, 미국)와 0.01 cc ionchamber와 5500 TLD (Harshow, 미국)로 선량을 측정 확인하였다.

결과 및 토의

1. 치료계획의 정도관리

세기조절방사선 치료를 시행할 환자를 모의

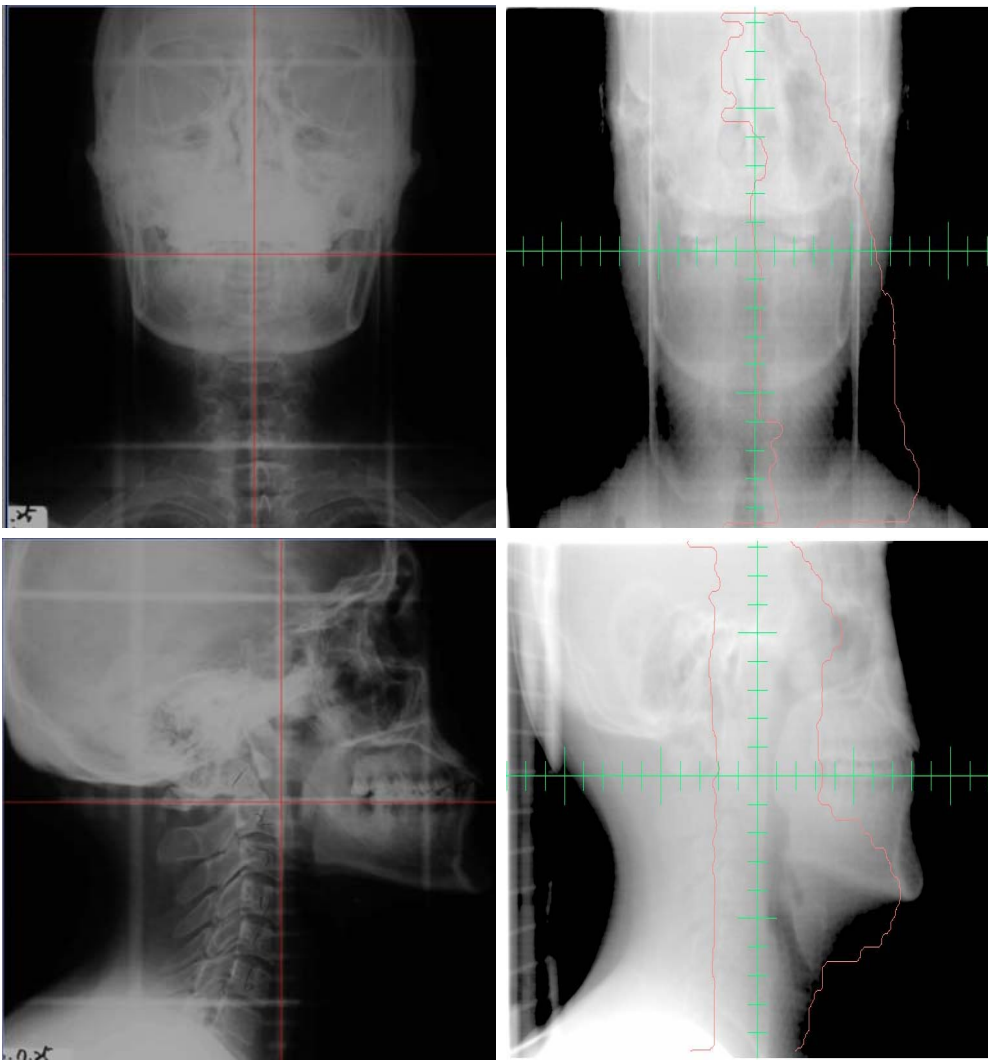


Fig. 2. Compare simulation film image (left) to DRR image (right) (AP: upper site & Lat: lower site image).

치료장치에서 치료할 부위의 기준점을 표시한다. 치료계획 컴퓨터영상촬영기 영상을 얻어 팩스 시스템에서 치료계획장치의 영상통합시스템인 Varis 시스템으로 영상을 전송한다. 전송된 영상을 가지고 임상종양학적, 치료계획학적, 중요 장기 등을 표시한다. 임상종양학적인 총

선량을 결정하고, 이에 따른 중요 장기들에 허용할 수 있는 선량을 정하여 조건에 부합하는 최적의 치료계획을 얻는다.

치료전달 과정에 대한 정도관리는 선량제한 인자 검토, 다엽시준기 sequence file 작성, 정도관리 확인용 팬텀 플랜, 팬텀 플랜 확인 측정,

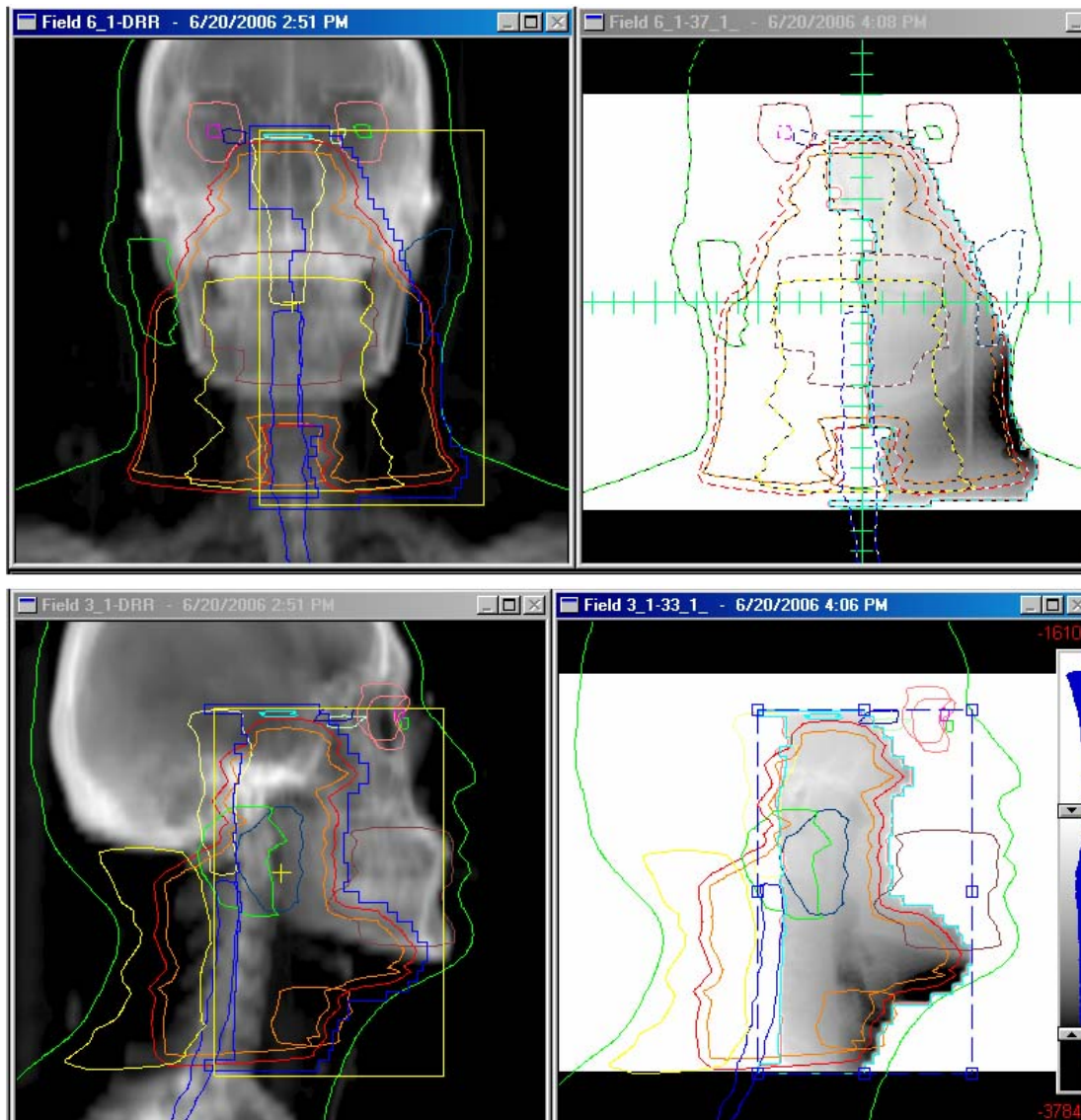


Fig. 3. The quality assurance of DRR (left) vs L- Gram (right) in intensity modulated radiation therapy (Ap: upper site, Lat: lower site).

기준점선량 비교 측정등을 고려하여야 한다.

치료계획의 정도관리를 시행하기 위하여 세기조절방사선치료계획이 결정된 환자에 대한 모의치료장치에서의 영상과 치료계획장치에서의 컴퓨터단층촬영기 영상과 치료기에서의 DRR 영상을 비교하여 정확하게 기준점이 일치하는지를 확인하여야 한다. 그림 2에서 확인한 결과 1 mm의 오차를 보이고 있다(Fig. 2).

또한 결정된 치료계획에 대하여 그 환자의 모의치료영상과 치료계획장치에서의 디지털화재구성사진과 치료장치에서의 치료확인영상(L-gram)을 비교하여 두 영상의 기준점이 일치하는지 확인한다(Fig. 3).

2. 치료정보의 전달에 관한 정도관리

치료정보의 전달에 관한 정도관리에는 모의치료영상과 sequence image의 확인, 모의치료영상과 beam pattern의 비교, sequence image와 RTP의 비교, dry map과 모의치료영상의 비교, 모의치료영상과 치료부위의 기준점의 비교 등을 고려하여야 한다.¹⁰⁾

정도관리를 시행할 수 있는 아크릴팬텀의 평단면에 대한 계산치와 측정치를 비교하여 선량분포에 대한 정확성을 확인하며, 챔버 부피

가 0.01 cc 정도 되는 이온 챔버를 사용하거나 TLD를 이용하여 특정점의 방사선량을 비교하여 세기조절방사선치료의 기능의 유무를 결정한다. 선량기울기가 완만한 기준점에서 lateral로 0.1 cm, posterior로 0.02 cm, in으로 1.3 cm 이동한 특정 비교점에서 세기조절 방사선치료 계획을 아크릴 팬텀으로 옮겨 정도관리에 사용한 계산된 계산치가 1.50 Gy였으며, 같은 조건으로 아크릴 팬텀을 설치하여 정도관리를 시행하기 위하여 측정된 방사선량은 1.485 Gy였으며, TLD에서의 측정치는 1.483 Gy였다. 측정치의 비교에서 이온챔버와 TLD에서 각각 1.0%, 1.2%의 차이를 보였다(Fig. 4). 또한 실제로 세기조절방사선치료를 시행할 환자에게 아크릴팬텀을 사용한 선량분포의 정도관리¹¹⁾에서 가로는 0.1 cm의 오차를 보이고 있으며, 세로도 0.1 cm의 오차를 보이고 있다 (Fig. 5).

3. 치료전달 과정에 대한 정도관리

치료전달 과정에 대한 정도관리에는 localization image verification, verification image와 모의치료영상의 비교, leaf sequence의 verification 등을 고려하여야 한다.^{12, 13)}

치료전달 과정에 대한 정도관리를 치료계획



Fig. 4. Dose measurement of TLD in quality assurance of intensity modulated radiation therapy.

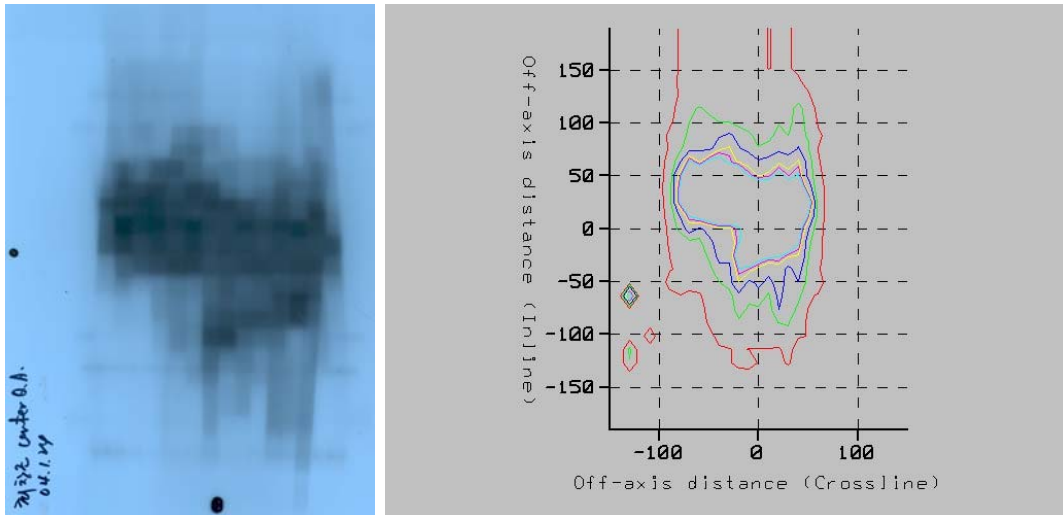


Fig. 5. Film of intensity modulated radiation therapy phantom planning dosimetry for coronal plane.

정도관리에서 모의치료장치의 영상과 치료기기의 디지털화재구성사진 영상의 비교에서 매 치료시마다 환자의 정확한 Set-Up를 치료면적의 중심점에서 비교해본 결과 1 mm의 오차를 보이며 정확하게 일치한 상태에서 치료가 이루어졌음을 확인할 수 있었다.

환자치료시 치료에 대한 정도관리는 다시 한번 모의치료영상과 Set-Up한 환자의 DRR image을 확인하고 치료를 시행해야 한다.

환자치료시 치료에 대한 정도관리를 위해서는 치료하기 전 먼저 팬텀에 대하여 film으로 모의 치료를 시행하고, 다음 치료시 팬텀의 모의 치료 map과 치료 map를 비교하여 검증할 수 있다(Fig. 6).

4. 환자치료시 치료에 대한 정도관리

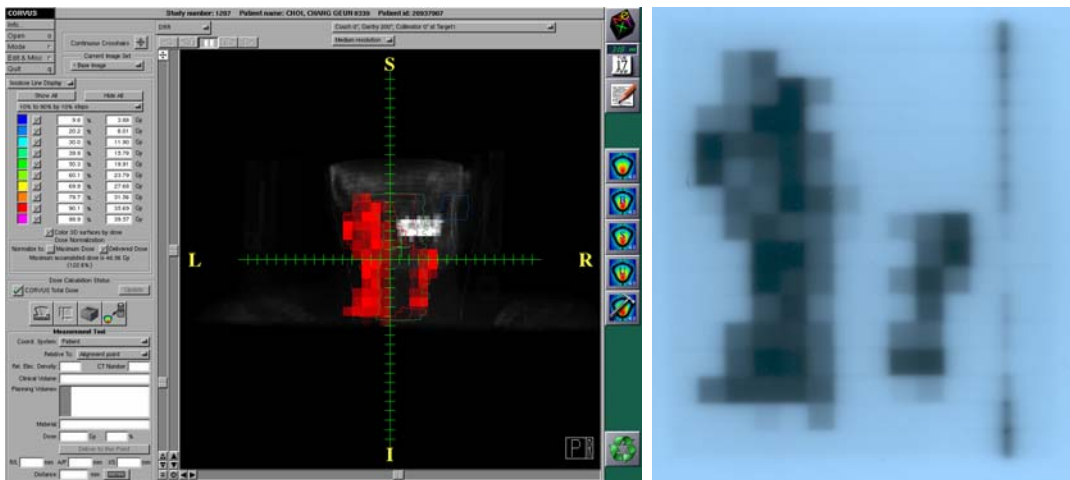


Fig. 6. Comparison of the beam pattern radiation treatment planning system and that form the film dry map.

결 론

세기조절방사선치료를 환자에게 적용하기 위해서는 치료계획의 정도관리, 치료정보의 전달에 관한 정도관리, 치료전달 과정에 대한 정도관리와 환자치료시 치료에 대한 정도관리를 통하여 방사선치료가 이루어짐을 알 수 있다.

세기조절방사선 치료계획의 정도관리와 치료정보의 전달에 관한 정도관리와 치료전달 과정에 대한 정도관리를 직접 환자를 대상으로 확인한 결과 본 병원이 사용하고 있는 역방향 세기조절방사선 치료계획장치인 eclipse 시스템 치료계획과 21 Ex 선형가속기에서의 치료에 대한 정도관리가 잘 일치함을 볼 수 있었고, 선량 전달에 있어서도 특정점에서의 계산선량과 측정선량이 1% 정도의 오차를 나타내어 정도관리를 통한 시술의 정확함을 확인할 수 있어서 안전하고 정확한 환자 치료의 적용을 유도할 수 있었고, 환자 치료시 치료의 정확성에 대한 검증도 할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Mohan R, Wang X, Jackson A. The potential and limitations of the inverse radiotherapy technique. 1994 Sep 15;32(3):232-48.
2. Bortfeld T, Boyer AL, Schlegel W, Kahler DL, Waldron TJ. Realization and verification of three-dimensional conformal radiotherapy with modulated fields. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1994 Nov 15;30(4):899-908.
3. Convey DJ, Rosenbloom ME. The generation of intensity modulated fields for conformal radiotherapy by dynamic collimation. Phys Med Biol 1992 Jun 15;37(6):1359-74.
4. Brahme A, Roos J, Lax I. Solution of an

integral equation encountered in radiation therapy. Phys Med Biol 1982 Oct 15;27(10):1221-9.

5. Xing L, Chen G. Iterative methods for inverse treatment planning. Phys Med Biol 1996 Oct 15;41(10):2107-23.
6. Webb S. Intensity-Modulated Radiation Therapy. 1st ed. Bristol and Philadelphia:IoP; 2001.
7. 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 2002 Aug 15;29(8):1687-92.
8. Xia P, Chuang C, Verhey L. Communication and sampling rate limitations in IMRT delivery with a dynamic multileaf collimator system. Med Phys 2002 Mar 15; 29(3):412-23.
9. Low DA, Harms WB, Mutic S. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. Med Phys 1998 May 15;25(5):656-61.
10. 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 2000 Sep 15;45(9):2519-30.
11. Dogan N, Leybovich LB, Sethi A. Comparative evaluation of Kodak EDR2 and XV2 films for verification of intensity modulated radiation therapy. Phys Med Biol 2002 Nov 15;47(22):4121-30.
12. Cho BC, Park SW, Oh DH, Bae HC. Quality assurance for intensity modulated radiation therapy. J Korean Soc Ther Radiol Oncol 2001 Sep 30;19(3):275-296.
13. Kim SK, Kim MS, Yun SM. Dosimetric Evaluation of Static and Dynamic Intensity Modulated Radiation Treatment Planning and Delivery. Korean J of Med Phys 2006 Jun 30;17(2):114-22.