

## 전립선암에서 세기조절방사선치료의 선량분포 특성

영남대학교 의과대학 방사선종양학교실

김성규 · 최지훈 · 윤상모

전립선암에서 세기조절방사선치료와 입체조형방사선치료의 선량분포 특성을 비교하였다. 세기조절방사선치료에서는 치료계획표적용적에 200 cGy를 33회 조사하여 6,600 cGy가 조사되도록 하였다. 세기조절방사선치료에서는 PTV의 최대선량이 104.4%이었으며, 최소선량이 89.5%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 PTV의 최대선량이 105.3%이었으며, 최소선량이 85.5%을 나타내었다. 100%에 대한 CI는 세기조절방사선치료에서 1.02였으며, 삼차원입체조형치료에서는 0.97을 나타내었다. 중요장기 직장에 대해서 세기조절방사선치료에서는 5,000 cGy 이상이 34.0%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 63.3%였고, 방광에 대해서 세기조절방사선치료에서는 4,000 cGy 이상이 30.1%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 30.6%였고, 오른쪽 대퇴골두부에 대해서 세기조절방사선치료에서는 2,000 cGy 이상이 9.5%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 17.5%였고, 왼쪽 대퇴골두부에 대해서 세기조절방사선치료에서는 2,000 cGy 이상이 10.6%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 18.3%을 나타내었다. 삼차원입체조형치료와 세기조절방사선치료의 비교에서 세기조절방사선치료가 삼차원입체조형치료에 비해 PTV의 선량분포에서는 5%의 정도 선량분포의 이득이 있었으며, 직장 선량에 대해서는 5,000 cGy 이상 선량에서 29.3%의 감소가 있었고, 방광 선량에 대해서는 거의 비슷한 분포를 나타내었고, 오른쪽 대퇴골두부의 선량에서는 8.0%, 왼쪽 대퇴골두부의 선량에서는 7.7%의 선량 이득을 나타내었다.

**중심단어:** 세기조절방사선치료, 입체조형방사선치료, 전립선암, 선량분포, 선량용적 그래프

### 서 론

전립선암은 유럽이나 서구사회에서 남성에서 발생하는 가장 흔한 악성 종양으로 알려져 있으며 미국에서도 연간 발생하는 암중에서 남성암에서 발생빈도가 가장 높은 것으로 보고하고 있으며, 암으로 인한 사망률은 폐암에 이어 2위를 차지하고 있다.<sup>1)</sup> 우리나라에서도 경제생활에서 문화생활로 사회구조가 이동함에 따라 평균수명의 증가, 식생활의 서구화 등으로 전립선암이 최근 들어 급격하게 증가하고 있는 추세이다. 통계청의 통계에 의하면 1995년에 전립선암 발생 환자수에 비해 2005년에는 3.2배 증가하였으며, 2008년에는 남성암 발생 환자수의 2.3%를 차지하고 있으며, 60, 70대가 75.5%를 차지하고 있다.<sup>2)</sup>

전립선암의 방사선치료는 1911년 Pasteau<sup>3)</sup>가 라듐을 사용하여 처음으로 시도하였다. 그 후 직장이나 전립선 요도

를 통하여 라듐 바늘을 심기도 하였다. Caulk<sup>4)</sup>는 근접방사선치료와 외부방사선치료를 병행하여 치료하였으며, Flocks<sup>5)</sup>는 전립선 그랜드로 방사성물질 콜로이드를 삽입 주사하여 합병증 없이 암부위의 국소 제어율이 50% 이상 되었다고 보고하였다. 초기의 전립선암의 치료방법으로는 성기능의 유지보존 때문에 수술보다는 방사선치료를 많이 권하고 있다. 특히 미국 메모리얼 슬론-케터링 병원에서는 전립선암 환자들의 치료를 위하여 방사선의 근접치료를 사용하고 있다.<sup>6)</sup> 그렇지만 진행된 전립선암의 일반적인 치료는 외부방사선치료에 의존하고 있는데 세기조절방사선치료가 가능하게 됨으로써 치료효과의 향상과 주위 중요장기의 정상보존으로 전립선암의 치료에 크게 기여할 수 있게 되었다.

여기서는 본원에서 전립선암으로 세기조절방사선치료를 받은 10명의 환자를 대상으로 삼차원입체조형치료법과 세기조절방사선치료법의 선량분포 특성을 비교분석하여 전립선암에서의 세기조절방사선치료법의 유용성을 살펴보고자 한다.

이 논문은 2010년 8월 10일 접수하여 2010년 9월 14일 채택되었음.  
 책임저자 : 김성규, 대구시 남구 대명 5동 317-1  
 영남대학교 의과대학 방사선종양학교실  
 Tel: 053)620-3373, Fax: 053)624-3599  
 E-mail: skkim3@ynu.ac.kr

재료 및 방법

본원이 보유하고 있는 전립선암 환자 치료용 방사선치료기는 120 다엽콜리메이터가 부착된 선형가속장치(Varian 21 EX-s, USA) 10 MV X-ray이었으며, 방사선치료계획은

ECLIPSE 시스템(Varian, Aria 8.7, USA)을 사용하였다.

전립선암 환자에 대하여, 먼저 방사선조준장치에서 중앙부위에 대한 기준선을 설정하였으며, planning CT는 3 mm 두께로 단층촬영 영상을 획득하였으며, 획득한 단층촬영 영상은 Varis 시스템으로 전송하여 ECLIPSE 시스템에서 치료계획을 시행하였다. 삼차원입체조형치료법과 세기조절

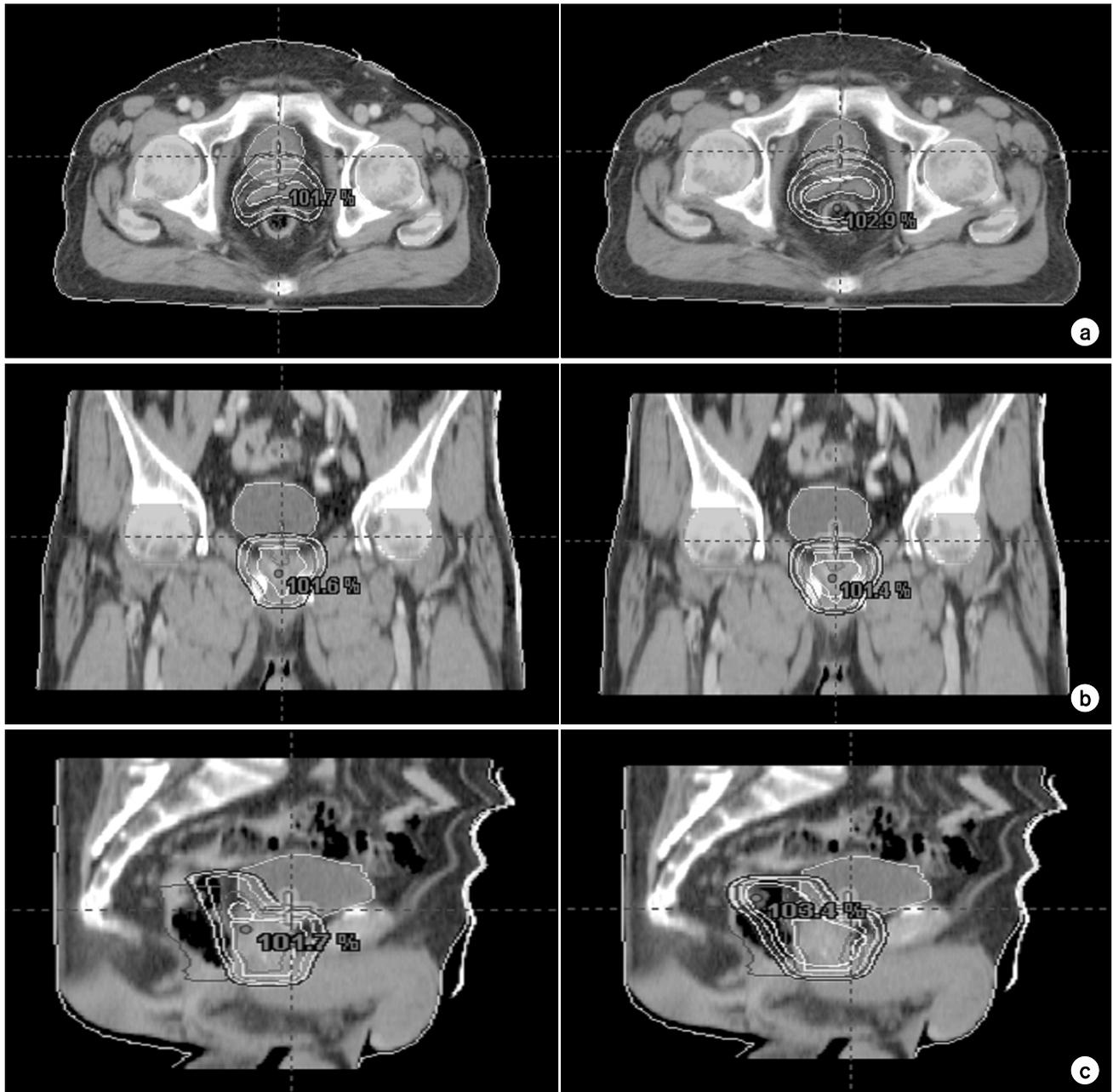


Fig. 1. The comparisons of isodose curves for IMRT (left side) and 3DCRT (right side) plans. (a) Axial view, (b) Coronal view, (c) Sagittal view.

Table 1. The dose distribution of critical organs for IMRT and 3DCRT in prostate cancer patients.

Patients	PTV (cc)	100% volume (IMRT/3DCRT)	Rectum dose (%)		Bladder dose (%)		Rt-Femur dose (%)		Lt-Femur dose(%)	
			>50 Gy		>40 Gy		>20 Gy		>20 Gy	
			IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT
1	120.2	120/125.6	31.5	64.7	31.6	31.4	9.2	17.0	11.0	18.0
2	137.7	134.2/121.3	35.6	66.8	30.3	30.9	9.3	18.1	12.8	19.2
3	88.2	89.5/87.3	29.8	58.8	30.1	31.5	10.1	16.8	8.6	17.3
4	137.6	143.5/139.7	34.7	65.6	28.7	29.7	9.6	17.2	10.2	19.6
5	133.6	137.4/130.5	36.8	64.9	30.3	30.7	9.5	18.0	11.1	18.1
6	118.7	120.3/115.2	34.6	61.7	30.8	31.0	9.3	17.1	10.3	18.0
7	100.8	103/98.6	31.1	59.0	29.1	29.8	10.2	17.2	9.5	17.5
8	122.3	125.6/119	34.3	63.5	30.4	31.1	9.4	18.1	10.5	18.3
9	126.6	128.9/120.2	37.5	65.1	30.2	30.0	9.2	17.4	11.3	18.2
10	121.9	125.5/118.3	34.3	63.0	30.4	30.3	9.1	18.3	10.4	18.6
Avg.			34.0	63.3	30.1	30.6	9.5	17.5	10.6	18.3

방사선치료법의 방사선치료계획은 0°, 40°, 80°, 120°, 160°, 200°, 240°, 280° 그리고 320°의 9개 빔을 동일하게 사용하였다. Planning CT 영상에(Gross Tumor Volume, GTV), 임상종양용적(Clinical Tumor Volume, CTV), 치료계획표적용적(Planning Target Volume, PTV)과 직장, 방광, 대태골두부등을 CT와 MR 등의 영상을 참조하여 targeting 하였다. 임상종양용적(Clinical Tumor Volume, CTV)에서 0.5 cm의 간격을 두고 치료계획표적용적을 설정했다. 세기조절방사선치료에서는 치료계획표적용적(Planning Target Volume, PTV)에 200 cGy를 33회 조사하여 총 6,600 cGy가 조사되도록 하였으며, 제약조건으로는 PTV는 6,500 cGy 이상이 100% 되도록, 6,700 cGy 이상이 0% 되도록 하였으며, 관심장기로는 직장, 방광, 대태골두부를 고려하였으며, 직장의 방사선량은 5,000 cGy 이상이 35%미만이 되도록, 방광의 방사선량은 4,000 cGy 이상이 35% 미만이 되도록, 대태골두부의 방사선량은 2,000 cGy 이상이 15% 미만이 되도록 제약하였다. 삼차원입체조형치료는 PTV에 200 cGy를 33회 실시하여 총 6,600 cGy가 조사되도록 치료계획하였다.

### 결 과

전립선암의 세기조절방사선치료에서는 PTV의 최대선량이 104.4%이었으며, 최소선량이 89.5%이었으며, 삼차원입체조형치료에서는 PTV의 최대선량이 105.3%이었으며, 최소선량이 85.5%를 나타내었다(Fig. 1). Conformity Index (CI)는 PTV의 부피에 대한 100% 선량분포의 부피의 비를 나타내는 값으로 치료계획의 정당성을 판단하는 기준이 되는

지표이다. 여기서 100%에 대한 CI는 세기조절방사선치료에서 1.02였으며, 삼차원입체조형치료에서는 0.97을 나타내었다. 중요장기 직장에 대해서 세기조절방사선치료에서는 5,000 cGy이상이 34.0%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 63.3%였고, 방광에 대해서 세기조절방사선치료에서는 4,000 cGy 이상이 30.1%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 30.6%였고, 오른쪽 대퇴골두부에 대해서 세기조절방사선치료에서는 2,000 cGy 이상이 9.5%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 17.5%였고, 왼쪽 대퇴골두부에 대해서 세기조절방사선치료에서는 2,000 cGy 이상이 10.6%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 18.3%를 나타내었다(Table 1, Fig. 2). 본원에서 세기조절방사선치료를 시행한 전립선암 환자 10명에 대한 삼차원입체조형치료와 세기조절방사선치료에 대한 각 환자들에 대한 비교 값은 Table 1에 나타내었다.

### 고 찰

삼차원입체조형방사선치료가 전립선암에 적용되어 PTV 선량을 증가시킴으로 국소재발율의 상승을 가져와 고무적이었으나, 상대적으로 높은 PTV 선량 때문에 관심장기에 조사되는 선량이 높아져 관심장기의 부작용이 높아지게 되었다. 1995년부터 시작된 세기조절방사선치료는 바로 전립선암에 적용되어 PTV 선량은 그대로 유지하면서 관심장기의 선량을 감소시킬 수 있어서 전립선암에 있어서 세기조절방사선치료의 적용 가능성을 시사하였다.<sup>7)</sup>

Feuvret 등<sup>8)</sup>은 방사선치료계획에서 치료계획의 정당성에 대한 지표가 되는 값으로 Corformity Index (CI)를 제시하였

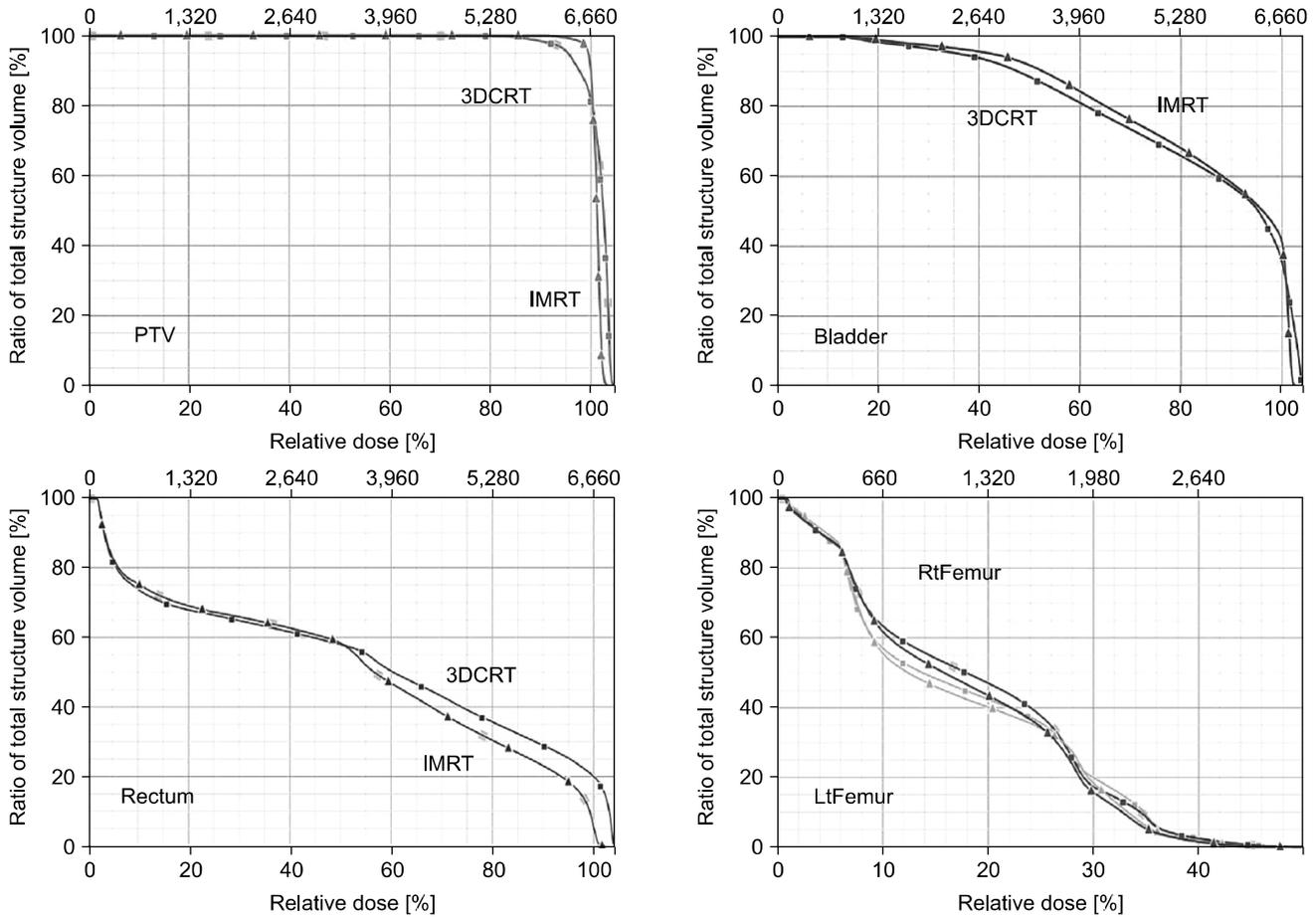


Fig. 2. The comparisons of dose volume histogram of PTV and critical organs for IMRT and 3DCRT plans.

으며, Wu와 Xu<sup>9)</sup>은 전립선암의 세기조절방사선치료에 대하여 중심점이나 종양 부위의 움직임에 대하여 Cone Beam CT를 이용하여 추적한 결과 2% 정도의 오차를 가지며, 움직임에 의한 종양의 선량증가는 최대 4.5%까지 보고하고 있으며 이러한 부분을 극복하기 위하여 치료회수를 줄이는 것을 권장하고 있다. 전립선암에 세기조절방사선치료를 시행할 때 PTV의 최소선량이 65 Gy 이상 되도록, 65 Gy이하 선량이 1% 미만이 되도록, 또한 PTV 선량분포는 최대선량과 최소선량의 차이를 7% 이내로 권하고 있으며, 직장선량은 40 Gy 이상이 35% 미만이 되도록, 방광선량은 40 Gy 이상이 50% 미만이 되도록 권하고 있다.<sup>10)</sup> Deamaley 등<sup>11)</sup>은 삼차원입체조형방사선치료를 사용하여 전립선에 64 Gy를 조사했을 때, 전립선암에서 고식적인 치료에 비해 부작용이 10% 감소함을 보고하였고, Nutting 등<sup>12)</sup>은 전립선암에서 세기조절방사선치료를 사용하여 위험장기에 대한 방사선량이 감소함을 보고하였다.

Price 등<sup>13)</sup>은 전립선암에서 세기조절방사선치료를 시행할 때 non-coplanar 빔을 사용하여 위험장기에 대한 방사선량을 감소시킬 수 있다고 보고하였고, 또한 세기조절방사선치료에서 방사선의 조사시간이 6 MV 에너지를 사용할 때는 10분에서 25분의 시간이 소요되었으며, 10 MV나 18 MV의 에너지를 사용할 때는 조사시간이 7분에서 18분이 소요되었다고 보고하였다.

Pollack 등<sup>14)</sup>은 몸고정 셀을 사용하지 않고 직장은 비우고, 방광은 채워서 세기조절방사선치료를 시행하여 직장과 방광에 조사되는 방사선량을 감소시킬 수 있음을 보고하였으며, Price 등<sup>15)</sup>은 전립선암에서 세기조절방사선치료의 장점으로 PTV 선량분포를 더욱 좋게하며, 치료시간을 감소시키는 것이라고 보고하였다.

## 결 론

전립선암에서 세기조절방사선치료와 입체조형방사선치료의 선량분포 특성을 비교하였다.

세기조절방사선치료에서는 치료계획표적용적에 200 cGy를 33회 조사하여 6,600 cGy가 조사되도록 하였다.

세기조절방사선치료에서는 PTV의 최대선량이 104.4%이었으며, 최소선량이 89.5%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 PTV의 최대선량이 105.3%이었으며, 최소선량이 85.5%였으며, CI는 세기조절방사선치료에서 1.02였으며, 삼차원입체조형치료에서는 0.97을 나타내었다. 중요장기 직장에 대해서 세기조절방사선치료에서는 5,000 cGy 이상이 34.0%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 63.3%였고, 방광에 대해서 세기조절방사선치료에서는 4,000 cGy 이상이 30.1%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 30.6%였고, 오른쪽 대퇴골두부에 대해서 세기조절방사선치료에서는 2,000 cGy 이상이 9.5%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 17.5%였고, 왼쪽 대퇴골두부에 대해서 세기조절방사선치료에서는 2,000 cGy 이상이 10.6%였으며, 삼차원입체조형치료에서는 18.3%를 나타내었다.

삼차원입체조형치료와 세기조절방사선치료의 비교에서 세기조절방사선치료가 삼차원입체조형치료에 비해 PTV의 선량분포에서는 5%의 정도 선량분포의 이득이 있었으며, 직장 선량에 대해서는 5,000 cGy 이상 선량에서 29.3%의 감소가 있었고, 방광 선량에 대해서는 거의 비슷한 분포를 나타내었고, 오른쪽 대퇴골두부의 선량에서는 8.0%, 왼쪽 대퇴골두부의 선량에서는 7.7%의 선량 이득을 나타내었다.

움직임이 적은 경우에는 세기조절방사선치료가 이득이나, 움직임이 클 경우에는 삼차원입체조형치료를 고려해야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Perez CA, Brady LW: Principles and Practice of Radiation

Oncology: Carcinoma of the Prostate 4th. edit. Lippincott Co, Philadelphia, (2004) pp. 1694

2. 통계청. 대한민국 암 등록 현황 통계자료. 대전. (2008)

3. Pasteau O: Traitement du cancer de la prostate par le radium. Rev de Mal de la Nutrition: 363 (1911)

4. Caulk JR: Carcinoma of the prostate. J Urol 37:832 (1937)

5. Flocks RH: Interstitial irradiation therapy with a solution of Au 198 as part of combination therapy for prostatic carcinoma. J Nucl Med 5:691-705 (1964)

6. Wallner K, Roy J, Harrison L: Tumor control and morbidity following transperineal I-125 implantation for stage T1-T2 prostate carcinoma. J Clin Oncol 14:449-453 (1996)

7. Park SW, Oh DH, Bae HS, Cho BC, Park JH, Han SH: Application of intensity modulated radiation therapy(IMRT) in prostate cancer. J Korean Soc for Thera Radiol & Oncol 20: 68-72 (2000)

8. Feuvret L, Noël G, Mazon JJ, Bey P: Conformity index: a review. J Radiat Oncol Biol Phys 64:333-342 (2006)

9. Wu CS, Xu Y: Three-dimensional dose verification for intensity modulated radiation therapy using optical CT based polymer gel dosimetry. Med Phys 33:1412-1419 (2006)

10. Palta JR, Mackie TR, editors. Intensity-Modulated Radiation Therapy: The State of the Art: IMRT for prostate cancer. 1st ed. Medical Physics Publishing, Wisconsin (2003), pp. 626.

11. Deamaley DP, Khoo VS, Norma AR: Comparison of radiation side-effects of conformal and conventional radiotherapy in prostate cancer: a randomised trial. Lancet 353:267-272 (1999)

12. Nutting C, Deamaley DP, Webb S: Intensity modulated radiation therapy: a clinical review. British J Radiol 869:459-469 (2000)

13. Price R, Hanks E, McNeeley SW, Horwitz EM, Pinover WH: Advantages of using noncoplanar vs axial beam arrangements when treating prostate cancer with intensity-modulated radiation therapy and the step-and shoot delivery method. Int J Radiat Oncol Biol Phys 53:236-243 (2002)

14. Pollack A, Zagars GK, Starkschall G, et al: Prostate cancer radiation dose response: Results of the MD Anderson phase III randomized trial. Int J Radiat Oncol Biol Phys 53: 1097-1105 (2002)

15. Price R, Murphy S, McNeeley SW: A method for increased dose conformity and segment reduction for SMLC delivered IMRT treatment of the prostate. Int J Radiat Oncol Biol Phys 57:843-852 (2003)

## Dose Distribution of Intensity Modulated Radiation Therapy in Prostate Cancer

Sung Kyu Kim, Ji Hoon Choi, Sang Mo Yun

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

The aim of this study was to compare the dose distribution of intensity modulated radiation therapy (IMRT) with 3 dimensional conformal radiation therapy (3DCRT) in prostate cancer. The IMRT plan and the 3DCRT plan used the 9 fields technique, respectively. In IMRT, tumor dose was a total dose of 66 Gy at 2.0 Gy per day, 5 days a week for 5 weeks. All cases were following the dose volume histogram (DVH) constraints. The maximum and minimum tumor dose constraints were 6,700 cGy and 6,500 cGy, respectively. The rectum dose constraints were <35% over 50 Gy. The bladder dose constraints were <35% over 40 Gy. The femur head dose constraints were <15% over 20 Gy. Tumor dose in the 3DCRT were 66 Gy. In IMRT, the maximum dose of PTV was 104.4% and minimum dose was 89.5% for given dose. In 3DCRT, the maximum dose of PTV was 105.3% and minimum dose was 85.5% for given dose. The rectum dose was 34.0% over 50 Gy in IMRT compared with 63.3% in 3DCRT. The bladder dose was 30.1% over 40 Gy in IMRT compared with 30.6% in 3DCRT. The right femur head dose was 9.5% over 20 Gy in IMRT compared with 17.5% in 3DCRT. The left femur head dose was 10.6% over 20 Gy in IMRT compared with 18.3% in 3 DCRT. The dose of critical organs (rectum, bladder, and femur head) in IMRT showed to reduce than dose of 3DCRT. The rectum dose over 50 Gy in IMRT was reduced 29.3% than 3DCRT. The bladder dose over 40 Gy in IMRT was similar to 3DCRT. The femur head dose over 20 Gy in IMRT was reduced about 7~8% than 3DCRT.

**Key Words:** IMRT, 3DCRT, Prostate, Dose distribution, Dose volume histogram