Journal of Radiological Science and Technology, 41(3), 209-214 ISSN 2384-1168(On-line) ISSN 2288-3509(Print)

<원저>

전립선암 영상유도방사선치료 시 pCT와 CBCT에 따른 치료계획별 체적선량의 변화

원영진[1]·김정훈[2]

[1]인제대학교 일산백병원 방사선종양학과·[2]건양대학교병원 방사선종양학과

Changes in Volume Dose by Treatment Plan According to pCT and CBCT in Image-guided Radiation Therapy for Prostate Cancer

Young Jin Won[1]·Jung Hoon Kim[2]

[1]Department of Radiation Oncology, InJe University Ilsan Paik Hospital

[2]Department of Radiation Oncology, KonYang University Hospital

Abstract The results of CBCT was obtained using image guided radiation therapy for radiation therapy in 5 prostate cancer patients. Using these results, we compared and evaluated the dose changes according to the treatment plan depending on the volume and position of bladder, rectum, and prostate. The 28 images of CBCT were acquired using On-Board Imaging device before radiotherapy. After the outline of bladder, rectum, and PTV, pCT images and CBCT images for radiotherapy were treated respectively. The volume of the bladder was increased by 105.6% and decreased by 45.2%. The volume of the rectum was increased by 30.5% and decreased by 20.3%. Prostate volume was increased by 6.3% and decreased by 12.3%. The mean dose of the rectum was higher in the CBCT than in the pCT, and V40 (equivalent to 40 Gy) of the bladder showed a reduction in all treatment regimens in the CBCT than in the pCT. Conformity treatment and homogeneity index of PTV showed better results in all treatment regimens using pCT than CBCT. It was found that the dose distribution of the pelvic internal organs varied greatly according to the patient 's condition and pretreatment.

Key Words : Image-Guided Radiation Therapy, On-Board image, Prostate cancer, Pelvic organ, Volumetric modulated arc therapy

중심 단어 : 영상유도방사선치료, 온보드영상장치, 전립선암, 골반내 장기, 부피적회전방사선치료

Ⅰ. 서 론

최근 전립선암은 서구 사회의 남성에서 가장 흔한 악성종양으로 알려져 있다. 미국의 경우 암으로 인한 사망률 중 폐암에 이어 두 번째로 높은 것으로 나타났다[1]. 치료방법으로 외과적 수술과 방사선치료가 있으며, 외과적 수술은 종양의 원천적 제거를 시행하여 적극적인 치료방법이지만, 수술에 대한 부담과 수술 후 후유증 등이 문제가 될 수 있다. 과거 방사선치료에는 삼차원입체조형방사선치료(3D Conformal therapy; 3DCRT)가 사용되어 골반내 장기인 방광과 직장의 한계선량 권고에 의하여 종양조직에 대한 충분한 선량을 조사할 수 없는 문제점이 발생하며, 세기조절 방사선치료(Intensity modulated radiation therapy; IMRT)와 부피적조절회전방사선치료(Volumetric modulated arc therapy; VMAT)을 사용하여 종양조직의 선량을 80 Gy까지 높일 수 있으며, 암의 국소 재발율과 정상조직의 손상을 최소화 할 수 있다[2,3]. 전립선은 방광과 직장에 사이에 위치한 연조직 장기로서, 방광과 직장의 모양과 위치에 따라서 전립선의 크기와 모양 변형이 쉽게 나타난다. 이를 해결하기 위한 방안은 방사선치료 시 직장 안에 직장풍선(Rectal balloon)

Corresponding author: Jung Hoon Kim, Department of Radiation Oncology, KonYang University Hospital, 158 Gwanjeodong-ro, Seo-Gu, DaeJeon, Korea, 302718 / Tel: +82-10-2765-5614 / E-mail: jongskull@gmail.com
Received 20 February 2018; Revised 21 April 2018; Accepted 18 May 2018
Copyright ⓒ2018 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

을 삽입하여 생리적인 원인에 의해 직장이 팽창되는 정도가 변하는 것을 최소화하기 위한 것으로 직장의 후방 벽과 전립선 사이의 거리를 크게 해준다[4,5]. 또 다른 방법으로 치료 전 대변과 소변을 보게 하여 방광과 직장의 체적을 최대한 일정하게 유지하여 매번 전립선의 위치를 일정하게 유지하는 방법이 있다. 전립선의 위치 및 모양을 확인하기 위해 영상유도방사선치료(image-guide radiotherapy; IGRT)를 이용하여 전립선암 방사선치료의 표준이 되어 매일 치료 전에 콘빔전산화단층촬영(Cone-Beam Computed tomography; CBCT)과 온보드영상장치(On-Board Imager;OBI)를 이용하여 전립선, 방광과 직장의 위치를 파악하여 정확도를 높일 수 있다. 이러한 영상유도방사선치료 영상을 분석하여 전립선, 방광과 직장의 위치에 따른 선량분포에 대한 연구가 진행되고 있다[4-8]. 본 연구는 방사선 치료 중 전립선의 움직임으로 인한 선량변화를 확인하기 위해 전립선암 방사선치료에 시행되는 영상유도방사선치료를 이용해 치료 전 CBCT를 획득하여 방광, 직장과 전립선의 체적의 위치에 따른 치료계획별(3DCRT, IMRT, VMAT) 선량변화를 비교 평가 하고자 한다.

II. 대상 및 방법

2017년에 본원의 전립선암 방사선치료를 시행한 환자 중 5명의 환자를 대상으로 시행하였으며, 방사선치료 전에 직장의 체적을 일관성 있게 하기 위해 최대한 비우고, 방광은 치료 전 물 500 cc 마신 이후 30분 후에 전산화단층촬영(Planning computed tomography; pCT)을 시행하였다. 모든 환자들의 영상분석 및 윤곽설정은 방사선치료계획 시스템인 Eclipse treatment planning system(Version 10.0, Varian™, USA)을 사용하였으며, 치료부위(골반)의 위치변화를 확인하기 위해 온보드영상장치(On-Board image: OBI)가 장착된 선형가속기 (CLINAXC iX, Varian™, USA)를 이용하였다. 또한 치료 전 CBCT를 사용하여 골격구조기반의 조사영역맞춤을 시행하였으며, pCT와 CBCT에서의 전립선과 골반내 장기는 좌표기반의 위치변화는 고려하지 않았다. 모든 환자에 대해 전산화단층촬영과 치료 전 28번의 CBCT영상에 치료계획장비를 이용하여 전립선, 방광, 직장의 윤곽설정을 하였으며, 직장의 상부경계는 대퇴골 두의 위쪽과 하부경계로는 폐쇄공의 하단으로 설정하였다. 또한 방사선종양 의사 1명이 pCT와 CBCT의 모든 장기와 전립선의 윤곽설정을 시행하였다[Fig. 1].

삼차원입체조형치료계획으로는 0°, 90°, 180°, 270° 빔의 각도를 이용하여 시행하였으며, 치료계획처방선량으로는 200 cGy를 28회 실시하여 총 5,600 cGy가 되도록 치료계획을 하였다. 세기변조방사선치료 치료계획으로 7개의 방향에서(30°, 80°, 130°, 180°, 230°, 280°) step-and-shoot 방식으로 시행하였고, 부피적조절회전방사선치료의 치료계획은 2개의 회전빔을 이용하였으며, PTV에 200 cGy를 28회 조사하여 총 5,600 cGy가 조사되도록 하였다[Fig. 2].

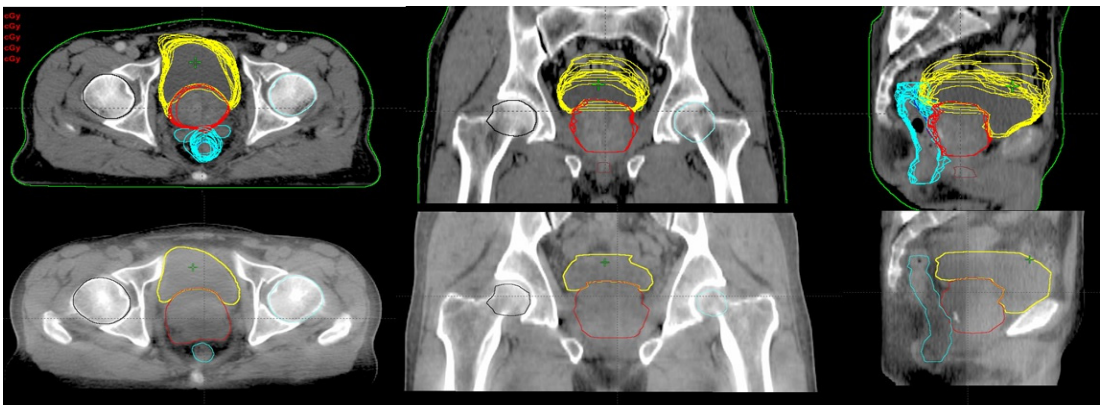

Fig. 1 Patient organ contouring for pCT and CBCT (Prostate, Bladder and Rectum)

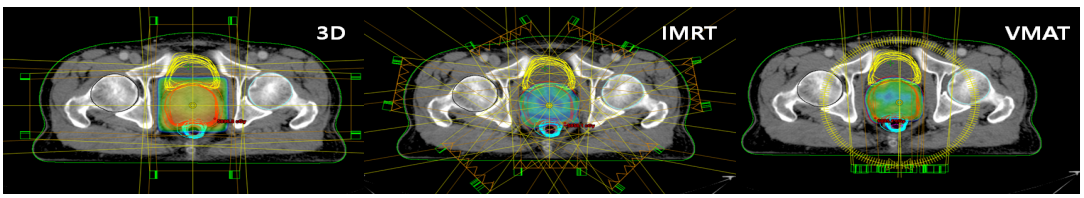

Fig. 2 3DCRT, IMRT and VMAT dose distribution for pCT in prostate cancer patient

제약조건으로 PTV는 5,600 cGy이상이 100% 되도록, 5,700 cGy 이상이 0%가 되도록 하였으며, 관심장기로는 방광, 직장, 대퇴골두부를 고려하여 직장에는 2,500 cGy 이상이 35% 미만이 되도록, 방광은 2,500 cGy 이상이 35% 미만이 되도록, 대퇴골두부에는 2,000 cGy 이상이 15% 미만이 되도록 제약을 하였다. CBCT에서 얻은 영상에 직장과 방광 그리고 전립선의 윤곽을 설정한 체적을 기존의 pCT에 복사하여 3개의 치료계획(3D, IMRT, VMAT)을 시행하였으며, 각장기별 용량체적히스토그램(dose-volume histogram; DVH)을 이용하여 장기의 체적을 분석하였다. 전립선의 치료효과에 대한 비교로 적합성치료(Conformity index; CI)와 균질성지표(homogeneity index; HI)을 이용하여 비교평가 하였으며 관련 식은 아래와 같다.

$$HI = \frac{D_{5\%}}{D_{95\%}}$$

$$CI = \frac{TV}{V_{RI}}$$

HI의 $D_{5\%}$와 $D_{95\%}$는 전립선 체적 5%와 95%에 대응하는 선량이며, HI 값이 클수록 전립선의 선량분포가 균질하지 못함을 의미한다. CI의 V_{RI}는 처방선량의 등선량이 전달되는 부피이며, TV는 전립선 체적을 의미한다. 또한 CI의 값이 클수록 고선량(처방선량의 95%)이 전달되는 부피와 PTV가 일치됨을 의미하고, 즉 처방선량이 PTV에 한정적으로 전달됨을 뜻한다[9,10].

Ⅲ. 결 과

1. 방광, 직장, 전립선의 체적변화

5명 환자는 pCT와 치료 전 CBCT에서 얻은 영상을 사용하여 방광, 직장 그리고 전립선의 체적을 확인하였으며, pCT의 체적과 CBCT의 체적의 평균과 최대값 그리고 최저값을 그래프로 나타내었다. 5명 환자 중 첫 번째 환자의 경우 CBCT에서 얻은 방광 체적의 경우에는 최대체적인 406 cc로 pCT에 비해 105.6%로 증가했으며, 가장 크게 감소한 방광의 체적은 두 번째 환자에서 나타났다. pCT에서 얻은 체적은 291 cc로 CBCT에서 가장 낮은 체적은 159 cc로 pCT보다 38.6% 감소한 결과가 나타났다. 직장 체적에서의 최대 체적은 네 번째 환자에서 나타났으며 CBCT의 체적은 37.2 cc로 pCT보다 증가율이 30.5% 나타났으며, 감소율은 두 번째 환자에서 CBCT의 최소 체적 29 cc로 pCT보다 20.3%로 감소한 결과가 나타났다. 전립선의 체적증가율은 세 번째 환자에서 CBCT의 최대 체적은 103.2 cc로 pCT보다 6.3% 증가했으며, 감소율은 두 번째 환자에서 CBCT의 최소 체적 89.8 cc로 pCT보다 12.3% 감소한 결과가 나타났다[Fig. 3].

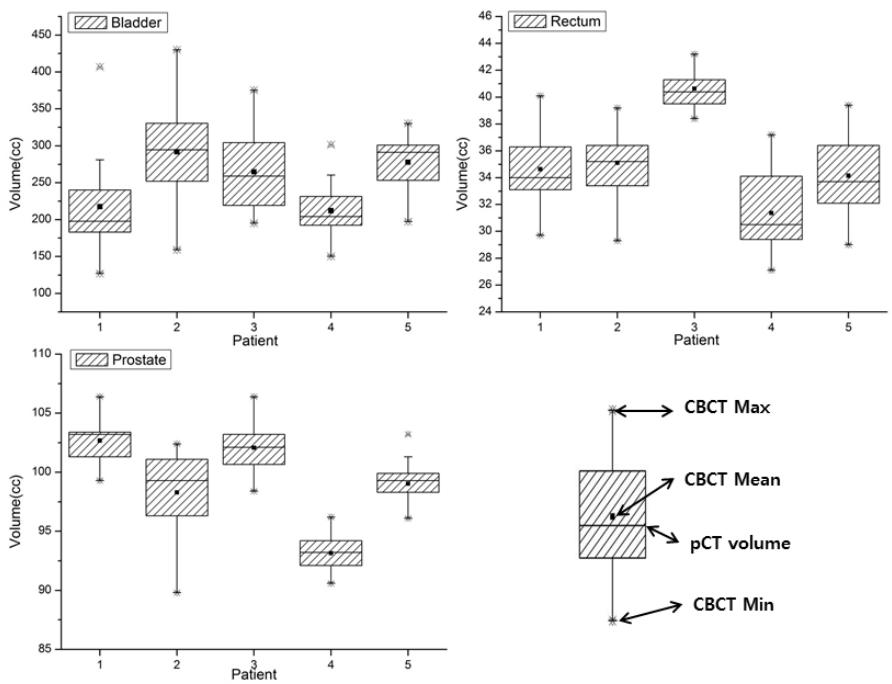

Fig 3 Volume changes of bladder, rectum and Prostate compared to CBCT and pCT

2. 치료계획별 골반내 장기의 체적선량

삼차원입체조형방사선치료, 세기변조방사선치료와 부피적조절회전방사선치료의 모든 환자의 직장 평균선량은 pCT를 이용한 치료계획보다 CBCT에서는 각각 13.8%, 11.2%와 16.9% 높게 나타났으며, 또한 선량 50Gy가 직장에 전달되는 체적(V50) 또한 pCT보다 CBCT에서 삼차원입체조형방사선치료는 16.9%, 세기변조방사선치료는 64.6% 그리고 부피적조절회전방사선치료에서는 47.6% 높게 나타났다. 방광의 평균선량은 pCT를 이용한 치료계획보다 CBCT에서 삼차원입체조형방사선치료와 세기변조방사선치료는 각각 7.8%, 9.5% 감소하였으며, 부피적조절회전방사선치료에서 3.1% 증가한 결과를 나타났다. 또한 방광에 들어가는 선량 40 Gy에 해당하는 체적(V40)은 pCT를 이용한 치료계획보다 CBCT에서 삼차원입체조형방사선치료, 세기변조방사선치료, 부피적조절회전방사선치료은 각각 4.1%, 7.6%, 6.5% 감소한 결과가 나타났다[Table 1].

3. 치료계획별 적합성치료와 균질성치료

삼차원입체조형방사선치료, 세기변조방사선치료와 부피적조절회전방사선치료에서 전립선 CI의 결과는 pCT에서 각각 1.16±0.02, 1.14±0.03, 1.09±0.02였으며, CBCT의 결과는 1.23±0.07, 1.21±0.08, 1.19±0.06이었다. HI의 삼차원입체조형방사선치료와 세기변조방사선치료와 부피적조절회전방사선치료의 pCT의 결과는 각각 1.11±0.03, 1.08±0.02, 1.07±0.02이며, CBCT의 결과도 각각 1.21±0.08, 1.18±0.04, 1.15±0.04였다. CI와 HI의 분석결과 모든 치료계획에서 CBCT보다 pCT에서 전립선에 대한 선량분포가 더 양호한 결과를 보여주고 있다[Table 2].

Ⅳ. 고찰 및 결론

전립선암 환자의 방사선치료 개선방향으로 치료선량이

Table 1 The dose distribution according to treatment planning method for pCT and CBCT

	Rectum Dmean (Gy)						Rectum V50 (%)					
	3DCRT		IMRT		VMAT		3DCRT		IMRT		VMAT	
Patients	pCT	CBCT	pCT	CBCT	pCT	CBCT	pCT	CBCT	pCT	CBCT	pCT	CBCT
1	43.5	45.8	26.1	31.1	32.7	36.1	52.1	59.8	15.8	25.2	17.7	26.2
2	44.3	47.2	27.6	33.5	33.2	35.9	53.7	63.2	17.5	28.3	19.3	27.1
3	45.1	48.7	29.4	37.2	34.8	37.5	57.3	64.1	18.2	30.1	22.7	30.4
4	42.7	51.3	32.6	36.3	37,4	39.1	55.6	67.2	16.7	27.3	17.3	28.7
5	41.3	50.2	28.3	38.4	35.2	40.3	53.5	63.6	15.4	26.7	17.4	27.3
Avg	43.4	49.4	28.8	35.3	34.0	37.8	54.4	63.6	16.7	27.5	18.9	27.9

	Bladder Dmean (Gy)						Bladder V40 (%)					
	3DCRT		IMRT		VMAT		3DCRT		IMRT		VMAT	
Patients	pCT	CBCT	pCT	CBCT	pCT	CBCT	pCT	CBCT	pCT	CBCT	pCT	CBCT
1	39.1	36.5	25.9	24.1	29.2	27.4	49.6	44.3	24.1	22.1	29.9	27.2
2	42.3	38.1	29.4	26.4	32.3	36.8	58.4	59.1	31.8	30.4	36.2	34.1
3	40.5	35.9	27.2	22.6	29.6	28.1	51.2	49.6	29.5	26.2	31.5	29.5
4	42.7	40.8	23.1	22.8	25.6	26.9	56.2	54.9	32.7	31.2	34,6	33,8
5	38.7	35.5	26.4	23.5	28.4	30.1	53.4	50.2	27.3	24.7	31.2	29.4
Avg	40.6	37.4	26.4	23.9	29.0	29.9	53.8	51.6	29.1	26.9	32.2	30.1

Table 2 The value of homogeneity index and conformity index for prostate

	3DCRT		IMRT		VMAT	
	pCT	CBCT	pCT	CBCT	pCT	CBCT
Conformity index	1.16±0.02	1.23±0.07	1.14±0.03	1.21±0.08	1.09±0.02	1.19±0.06
Homogeneity index	1.11±0.03	1.21±0.08	1.08±0.02	1.18±0.04	1.07±0.02	1.15±0.04

증가되면 국소제어율은 높아지지만, 높은 치료선량을 처방할 때 골반내 장기인 직장과 방광의 제한선량(tolerance dose)을 고려해야 한다[11]. 골반내 장기의 방사선 독성을 줄이면서 국소제어율을 높이기 위해 영상유도방사선치료와 삼차원입체조형방사선치료, 세기변조방사선치료와 부피적조절회전방사선치료을 사용하여 고선량을 PTV에 집중시켜야 한다[12]. 이러한 영상유도방사선치료를 적용하기 위해서는 영상장비인 kV용 CBCT을 이용하여 연조직과 뼈조직의 구조를 파악하여 환자의 자세를 보정하여 정확한 방사선치료를 할 수 있게 되었다[13]. 하지만 치료 전 매번 CBCT를 촬영하여 직장, 방광 그리고 PTV의 체적과 위치를 치료계획용 pCT에서 얻은 위치와 체적에 맞추기는 까다로운 작업이다. 이를 위해서 환자에게 전 처치 시행하여야 한다. 만약 위치와 체적이 부정확하면 다시 시행해야 되는 어려움이 있으며, 전체 방사선치료시간이 길어지는 문제점이 발생하게 된다. 본원에서는 두 번의 전 처치 시행 후에도 위치와 체적이 부정확하면 전립선의 위치를 기준으로 환자의 자세를 맞추어 치료를 시행한다. 따라서 전림선암 방사선치료 시 골반장기인 방광과 직장의 위치변화에 따른 전립선 치료의 정확성을 유지하기 위해 영상유도방사선치료로 획득한 CBCT를 이용하여 삼차원입체조형방사선치료, 세기변조방사선치료와 부피적조절회전방사선치료의 치료계획에 따른 전림선의 체적선량의 변화를 보고자 본 연구를 시행하였다.

방광의 체적변화를 보면 pCT에 비해 CBCT에서 얻은 체적은 최대 105.6% 증가했으며, 최소 45.2% 감소한 결과가 나타났다. 또한 직장의 체적변화도 최대 30.5% 증가했으며, 최소 20.3% 감소한 결과가 나타났다. 이는 대부분 환자가 고령이어서 방사선치료 전 적절한 전처치 시행이 미흡해서 나타난 결과로 사료된다. 이러한 방광과 직장의 움직임으로 인해서 전립선의 체적은 평균적으로 최대 6.3%, 최소 12.3%의 변화가 나타났다. Nutting 등 연구에서도 전립선암 방사선치료 시 세기변조방사선치료를 이용하면 골반 내 장기에 대해서 방사선선량이 감소한다고 보고하였다[14]. Feuvret 등 연구에 의하면 방사선치료계획의 정당성 지표로 CI를 제시하였으며, Sua Yoo 등 전립선암 방사선치료계획 시 PTV의 CI와 HI의 결과는 세기변조방사선치료보다 부피적조절회전방사선치료의 치료계획이 더 효과적이라고 보고하였다[10,15]. 본 연구에서도 CI와 HI결과로 pCT와 CBCT을 사용한 부피적조절회전방사선치료 치료계획에서 다른 치료계획보다 낮은 결과가 나타났다. 이는 부피적조절회전방사선치료을 이용한 치료계획에서 PTV의 선량분포가 다른 치료계획에 비해 효과적인 선량분포 나타내고 있는 것을 알 수 있었다. 또한 모든 치료계획에서 pCT를 사용한 치료계획이 CI와 HI의 결과가 CBCT를 이용한 치료계획보다 낮은 결과가 나타났다. 이는 CBCT를 이용한 치료계획에서는 PTV의 선량분포가 pCT에 비해 고르지 못한 결과를 보여주며, PTV의 체적변화와 위치 변화를 의미한다. 권경태 등의 연구에서는 전립선암 방사선치료 시 골반 내 장기와 전립선의 체적은 환자에게 적절한 전처치가 시행되지 않았거나 환자의 상태에 따라서 체적이 다르다고 보고하였고, 또한 본 연구에서는 추가적으로 모든 장기와 전립선의 체적 변화에 따른 치료계획별 선량변화를 알아보았다[13]. 골반 내 장기의 체적변화는 pCT와 CBCT에서 얻은 영상을 이용해 각각의 치료계획에서 얻은 DVH를 이용하여 직장의 평균선량과 V50(%), 방광의 평균선량과 V40(%)을 알아보았다. 모든 치료계획에서의 선량 분석한 결과 직장 평균선량과 V50(%)은 pCT보다 CBCT를 사용한 치료계획이 모든 환자에서 높게 나타났다. 하지만 방광의 평균선량의 결과는 부피적조절회전방사선치료에서만 pCT보다 CBCT를 사용한 치료계획이 높게 나타났다. 이는 골반 중심으로 빔이 회전을 하기 때문에 방광 체적 증가와 위치 변경이 되면 방사선조사를 받는 면적이 상대적으로 증가하여 선량이 증가하게 된다.

전립선의 선량분포 분석으로는 부피적조절회전방사선치료가 다른 치료계획보다 효과적이라고 판단하지만 골반 내 장기인 방광과 직장의 선량분포 분석으로는 세기변조방사선치료의 치료계획이 더 좋은 결과를 나타내고 있다. 모든 치료계획에서 직장과 방광의 독성을 유발하는 한계선량에 미치지 않으므로 PTV의 선량분포가 우수한 부피적조절회전방사선치료의 치료계획을 이용하는 것이 전립선암 방사선치료에 더 적합하다고 사료된다.

REFERENCES

[1] Perez, C.A, Brady, L.W.: Priciples and practice of radiation oncology: Carcinoma of the prostate. 4th. edit. Lippincott Co. Phiadelphia, 2004.

[2] Kim SU, Kim MS, Yun SM.: Dose distribution of in-tensity modulated radiation therapy and 3 dimen-sional conformal radiation therapy in prostate cancer. Yeungnam University J of Med, Vol. 24, No. 2, pp. 538-543, 2007.

[3] Erjona B, Ervis T, Elvisa K.: Comparison of 3DCRT and IMRT treatment plans. Acta Inform Med, Vol. 21, No. 3, pp. 211-212, 2013.

[4] The BS, Dong L, McGary JE, Mai WY, Grant W, Butler

EB.: Rectal wall sparing by dosimetric effect of rectal balloon used during intensity-modulated radiation therapy (IMRT) for prostate cancer. Med Dosim, Vol. 30, No. 1, pp. 25-30, 2005.

[5] Wachter S, Gerstener N, Dorner D, Goldner G, Colotto A, Wambersie A, et al.: The ifluence of a rectal ballon tube as internal immobilization device on variations of volumes and dose-volume histograms during treatment course of conformal radiotherapy for prostate cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys, Vol. 52, No. 1, pp. 91-100, 2002.

[4] Court L, Rosen I, Mohan R, Dong L.: Evaluation of mechanical precision and alignment uncertainties for an integrated CT/LINAC system. Med Phys, Vol. 30, No. 6, pp. 1198-210, 2003.

[5] Roach M. 3rd, Faillace-Akazawa P, Malfatti C.: Prostate volumes and organ movement defined by serial computerized tomographic scans during three-dimensional conformal radiotherapy. Radiation oncology investigations, Vol. 5, No. 4, pp. 187-194, 1997.

[6] Akino Y, Yoshioka Y, Fukuda S, Maruoka S, Takahashi Y, Yagi M, et al.: Estimation of rectal dose using daily megavoltage cone-beam computed tomography and deformable image registration. Int J Radiat Oncol Biol Phys, Vol. 87, No. 3, pp. 602-608, 2013.

[7] Haworth A, Paneghel A, Herschtal A, Duchesne G, Willams S, Tai Kh, et al.: Verification of target position in the post-prostatectomy cancer patient using cone beam CT. J Med Imaging Radiat Oncol, Vol. 53, No. 2, pp. 212-220, 2009.

[8] Nijkamp J, Pos FJ, Nuver TT, de Jong R, Remeijer P, Snoke JJ, et al.: Adaptive radiotherapy for prostate cancer using kilovoltage cone-beam computed tomography: first clinical results. Int J Radiat Oncol Biol Phys, Vol. 70, No. 1, pp. 75-82, 2008.

[9] Lo c Feuvret, No l G, Mazeron JJ, Bey P.: Conformity index:A review. Int J Radiat Oncol Biol Phys, Vol. 64, No. 2, pp. 333-342, 2006.

[10] Yoo S, Wu QJ, Lee WR, Yin FF.: Radiotherapy treatment plans with rapidarc for prostate cancer involving seminal vesicles and lymph nodes. Int J Radiat Oncol Biol Phys, Vol. 76, No. 3. pp. 935-942, 2010.

[11] Michalski JM, Winter K, Purdy JA, Parliament M, Wong H, Perez CA, et al.: Toxicity after three-dimensional radiotherapy for prostate cancer on RTOG 9406 dose level V. Int J Radiat Oncol Biol Phys, Vol. 62, No. 3, pp. 706-713, 2005.

[12] Kwon KT, Min JW.: Comparison of doses according to change of bladder volume in treatment of prostate cancer. J Radiol Sci Technol, Vol. 40, No. 3, pp. 415-421, 2017.

[13] Boda-Heggemann J, Lohr F, Wenz F, Flentje M, Guckenberger M.: kV Cone-Beam CT-Based IGRT. Strahlenther Onkol, Vol. 187, No. 5, pp. 284-291, 2011.

[14] Nutting C, Deamaley DP, Webb S.: Intensity modulated radiation therapy: a clinical review. British J Radiol, Vol. 73, No. 869, pp. 459-469, 2000.

[15] Feuvret L, No l G, Mazeron JJ, Bey P.: Conformity index: a review. Int J Radiat Oncol Biol Phys, Vol 64, No. 2, pp 333-342, 2006.