

# 전립선 암 입체적세기변조방사선치료 시 체형 및 에너지 변화에 따른 선량 평가

창원경상대학교병원 방사선종양학과  
조광섭 · 김민우 · 백민규 · 채종표 · 하세민 · 이상봉

**목 적 :** 전립선 암 환자의 입체적세기변조방사선치료(VMAT)시 복부체형 및 에너지 변화에 따른 선량을 비교하였다.

**대상 및 방법 :** 전립선암으로 본원에 내원한 7명의 환자를 대상으로 하였으며, 복부체형을 -2.0 cm에서 2 cm 까지 0.5 cm씩 변화시키는 동시에 6, 10, 15 MV 각각의 에너지에서 VMAT 치료계획을 수립하였다. 체형변화에 따른 표적장기 내 선량변화를 평가하기 위해 PTV의 선량도(Conformal index, CI), 선량균등도(Homogeneous index, HI),  $D_{max}$ ,  $D_{95\%}$ ,  $D_{50\%}$ ,  $D_2\%$ 를 조사하였고, 정상조직 내 선량 변화를 평가하기 위해 직장과 방광의  $V_{70\text{Gy}}$ , 대퇴부 머리의  $D_{max}$ 를 분석하였다.

**결 과 :** PTV 내의  $D_{max}$  값 중 6 MV에서는 1.0 cm의 체형 감소에서 107.2 %로 선량이 상승하였고, 10 MV와 15 MV에서는 1.5 cm 체형 감소에서 각각 107.1 %, 107.0 %로 선량이 증가하였다. PTV 내의  $D_{50\%}$  값 중 6 MV에서는 1.0 cm의 체형 증가에서 99.64 %로 선량이 감소하였고, 10 MV와 15 MV에서는 1.5 cm 체형 증가에서 각각 99.78 %, 99.97 %로 선량이 감소하였다. 2.0 cm 체형 증가에서는 각각 99.30 %, 99.52 %로 선량 감소를 보였다. 직장과 방광에 대한 선량은 체형이 감소됨에 따라 점차적으로 선량이 증가하였고, 체형이 증가됨에 따라 선량이 감소하였다. 6 MV에서 가장 급격한 선량 감소를 보였으며, 10 MV에서 직장  $V_{70\text{Gy}}$ 는 체형이 2.0 cm 줄어들 때 11.50 %에서 12.76 %로 증가했다. 방광  $V_{70\text{Gy}}$ 도 14.0 %에서 15.2 %로 증가했다. 또한 대퇴부 머리에서도 체형이 감소됨에 따라 선량이 증가함을 나타내었다.

**결 론 :** VMAT 치료시 복부체형 변화에 따라 선량분포 결과가 바뀔 수 있는데, 치료 시 SSD 및 CBCT를 이용하여 6 MV에서는 체형이 1 cm 이상 감소되거나 1.0 cm 이상 증가되었을 때, 10 MV와 15 MV에서는 1.5 cm 감소 또는 1.5 cm 증가되었을 시 re-simulation을 통해 치료계획을 새로 세워야 할 것으로 사료되어진다.

▶ **핵심용어 :** 체형변화, 입체적세기변조회전방사선치료, 전립선암

## 서 론

국내 남성 암 발생률 5위의 전립선암은 건강보험심사평가원의 통계자료에 따르면 2013년 52910명에서 2015년 61695명으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 방사선 치료 환자 또한 증가하고 있다.<sup>(1,2)</sup> 전립선 암의 방사성 생물학적

특징으로 인해 한 치료 당 많은 처방선량이 필요하다. 하지만 직장과 방광이 전립선에 근접해 있기 때문에 매우 정확한 방사선치료 기술이 요구된다.<sup>(3,4)</sup>

세기변조방사선치료(Intensity modulator radiation therapy, IMRT), 입체적세기변조방사선치료(Volumetric modulated arc therapy, VMAT) 치료기법이 최근에 많이 사용되고 있다. 그 중 IMRT는 MU(Monitor Unit)가 늘어나고 치료시간이 길어지는데, 이는 환자가 치료 중에 움직일 확률이 증가하여 결과적으로 치료효과에 영향을 초

책임저자: 조광섭, 창원경상대학교병원 방사선종양학과  
경상남도 창원시 성산구 상점자로 11  
Tel: 055)214-3205  
E-mail: kkds1003@gnuch.co.kr

래 할 수가 있다.<sup>(5,6,7)</sup> 이에 따라 최근 장비의 발달로 치료시간이 더 빠른 VMAT가 시행되고 있는데, VMAT는 방사선 치료의 대상 구역을 나누지 않고 한꺼번에 방사선조사를 할 수 있으며 겐트리의 회전과 동시에 다엽콜리메이터를 적용하고 선량률과 겐트리 회전속도까지 연속적으로 조절이 가능하다.<sup>(8,9)</sup> 하지만 VMAT은 환자의 체형변화에 따른 선량변화에 더 많은 영향을 받을 수 있어 장점과 단점을 가지고 있다.<sup>(10,11)</sup>

전립선암 환자의 경우 탈수, 식욕 부진, 호르몬 요법의 부작용 등과 같은 이유로 체형변화가 관찰되고 있다.<sup>(12,13)</sup> 환자 체형변화에 따라 새롭게 시뮬레이션을 해야 되는 최적의 기준이 부족한 실정이다.<sup>(14)</sup> 이에 본 연구에서는 전립선암 환자의 VMAT 치료시 복부체형 변화 및 에너지 변화에 따른 종양조직, 정상조직에 대한 선량변화를 비교하여 Re-Simulation에 대한 기준을 제시하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 방사선치료의 모의치료 및 치료계획

본 연구는 2017년 1월부터 7월까지 국소진행성 전립선암으로 방사선치료를 받기 위해 본원에 내원한 7명의 환자를 대상으로 하였으며, 모의치료를 위해 Brilliance CT Big Bore(ver. 2.0.1, Philips, Netherlands)를 사용하였다. 방광의 크기를 유지하기 위해 전처치를 시행하였고, 환자의 재현성 및 고정을 위해서 고정용구인 Feetfix(CIVCO), Timo Headrests(CIVCO) 사용하였으며, 촬영조건으로는 관전압 120 Kv, 관전류량 200 mAs, 3 mm의 슬라이스 두께로 스캔하여 영상을 획득하였다. 영상획득이후 정상조직 및 종양조직을 정의하기 위해 종양학과 서버(ARIA, Ver. 13.7, Varian Medical System, Palo Alto, CA)를 통해서 치료계획시스템 Eclipse(ver. 13.7 Varian Medical System, Palo Alto, CA)으로 전송하였다. 원발종양체적(Gross Tumor Volume, GTV)는 전립선과 정낭으로 규정하였으며 치료계획체적(Planning Target Volume, PTV)으로는 GTV에서 직장쪽으로 3 mm, 그 외의 방향에서는 5 mm씩 확대하여 정의를 하였다. 정상조직의 선량평가를 위해 직장, 방광, 대퇴부 머리, 소장을 정의하였다.

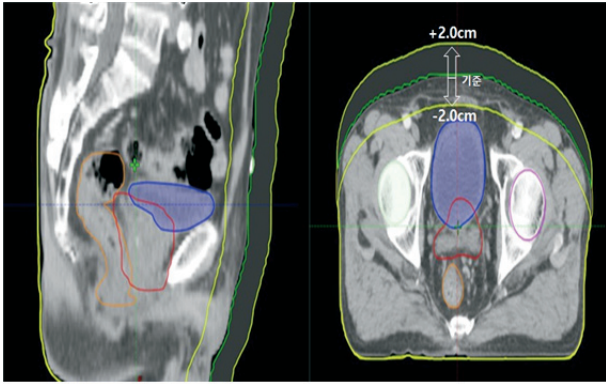
**Table 1.** Dose constraints for prostate cancer VMAT planning

Organ	Constrain	Priority
PTV	D <sub>95</sub> >prescribed dose (Gy)	150
PRV Rectum	V <sub>70 Gy</sub> <15, V <sub>65 Gy</sub> <25, V <sub>50 Gy</sub> <35	100
PRV Bladder	V <sub>70 Gy</sub> <15, V <sub>65 Gy</sub> <25, V <sub>50 Gy</sub> <35	100
Femoral Head	V <sub>max</sub> <35	100

치료 장비는 True-Beam STx 선형 가속기(Varian Medical System, Palo Alto, CA)의 6 MV, 10 MV, 15 MV 광자선과 MLC(Varian High Definition 120)를 이용하여 치료계획을 진행하였다. PTV의 처방선량은 총 선량 78 Gy를 39회 분할조사로 적용하였으며 PTV에 처방선량의 95 %가 포함되도록 치료계획을 세웠다. 콜리메이터 회전각도는 30°, 330°로 설정하였고, 겐트리 각도는 171°~181°로 2번 회전하는 방법으로 VMAT 치료계획을 수립하였다. 방광, 직장의 경우 종양조직에서 일정 거리를 두어 치료계획을 위한 PRV Rectum, PRV Bladder의 용적을 만들었다. 본원에서 사용되어진 PTV에 대한 설정 값과 최적화 과정에서 우선순위 값들은 다음과 같이 표로 나타내었다(Table 1).

### 2. 체형변화 및 에너지 변화

환자의 체형변화를 표현하기 위해 -2.0 cm~2.0 cm까지 0.5 cm 간격으로 8개의 CT에 임의의 신체윤곽을 표현하기 위해 기준이 되는 CT에서 Body의 margin을 조절할 수 있는 기능을 사용하여, 해당 방향으로 각각의 수치를 주어 임의의 신체윤곽을 구현하였다. 체형의 증가를 구현할 경우 피하지방은 HU(-70)값을 적용시켰고, 체형의 감소는 구현한 피하지방을 HU(-1000)로 대체하여 CT를 임의로 만들었다. 또한 각 환자 당 동일한 최적화 조건으로 6 MV, 10 MV, 15 MV에서 각각의 치료계획을 수립하였다. 체형변화에 따른 선량변화를 확인하기 위한 치료계획으로는 -2.0 cm~2.0 cm까지 0.5 cm 간격으로 총 8단계로 나누어진 가상의 영상에 체형변화가 없는 0 cm를 기준으로 수립하였던 치료계획의 동일한 MU와 Beam 분포를 적용하여 각 환자 당 27개의 치료계획을 수립하였다(Fig. 1).



**Fig. 1.** The changes ranging from -2.0 cm~2.0 cm in body contour and target contour in axial image and sagittal image. The planning target volume (PTV) is shown in red, bladder in blue, rectum in orange, left femoral head in purple and right femoral head in green

### 3. 치료계획 평가

PTV 내의 선량분포의 균일성을 알아 보기위해 선량균등지수(Homogeneity Index, HI)와 처방선량지수(Conformity Index, CI) 값을 계산하여 비교하였다. HI는 PTV 내의 선량분포 균일성을 보여주는 지표로서 구하는 식은 다음과 같다.<sup>(15,16)</sup>

$$HI = \frac{D_5 - D_{95}}{D_P} \times 100$$

$D_x\%$ 는 PTV 체적  $x\%$ 에 들어가는 선량으로 정의되며,  $D_p$ 는 처방선량을 의미한다. HI이 1에 가까울수록 선량분포가 균일하다는 것을 보여준다. CI는 환자에게 처방된 선량의 95%값이 PTV 내에서 처방선량의 95%의 부피와 일치되는 것을 보여준다.<sup>(17)</sup>

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

$V_{PTV}$ 는 PTV의 체적으로 정의되며, TV는 처방 선량의 체적을 의미한다. 정상조직으로 분류된 직장과 방광의 선량 변화에 대한 평가를 위해  $V_{70Gy}$  조사하였으며, 대퇴부 머리는  $D_{max}$ 로 평가하였다.

## 결 과

### 1. 종양조직

환자의 체형변화에 따른 PTV 내의 선량변화를 표와 그래프로 나타내었다(Table 2, Fig. 2). PTV 내의  $D_{max}$  값 중 6 MV에서는 1.0 cm의 체형 감소에서 107.2%로 선량이 상승하였고, 2.0 cm의 체형 감소에서는 110.4%로 선량이 증가함을 보였으며, 10 MV와 15 MV에서는 1.5 cm 체형 감소에서 각각 107.1%, 107.0%로 선량이 증가하였다. 2.0

**Table 2.** The changes in dosimetric parameters for PTV  $D_{max}$ ,  $D_{95\%}$ ,  $D_2\%$ ,  $D_{50\%}$  with changes in body

Body change ( cm )		-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0
6 MV	$D_{max}$	110.4	108.5	107.2	105.5	104.8	104.2	103.5	103.0	102.5
	$D_{95\%}$	103.0	102.3	101.5	100.6	100	99.28	98.31	97.35	96.34
	$D_2\%$	108.8	107.2	105.5	104.2	103.5	102.7	102.3	101.6	101.0
	$D_{50\%}$	104.9	103.9	102.9	102.0	101.2	100.7	99.64	98.78	98.17
10 MV	$D_{max}$	108.4	107.1	105.9	104.9	104.5	104.1	103.7	103.2	102.7
	$D_{95\%}$	102.8	101.8	101.1	100.5	100	99.48	98.81	98.04	97.39
	$D_2\%$	107.4	105.8	104.6	103.6	103.1	102.2	102.1	101.6	101.2
	$D_{50\%}$	104.9	103.9	102.9	102.0	101.2	100.7	100.3	99.78	99.30
15 MV	$D_{max}$	108.2	107.0	105.9	105.0	104.6	104.1	103.5	103.1	102.7
	$D_{95\%}$	102.2	101.7	101.1	100.5	100	99.52	98.93	98.3	97.68
	$D_2\%$	107.0	105.4	104.5	103.9	103.2	102.8	102.2	101.8	101.3
	$D_{50\%}$	104.1	103.4	102.7	102.1	101.5	101.0	100.5	99.97	99.52

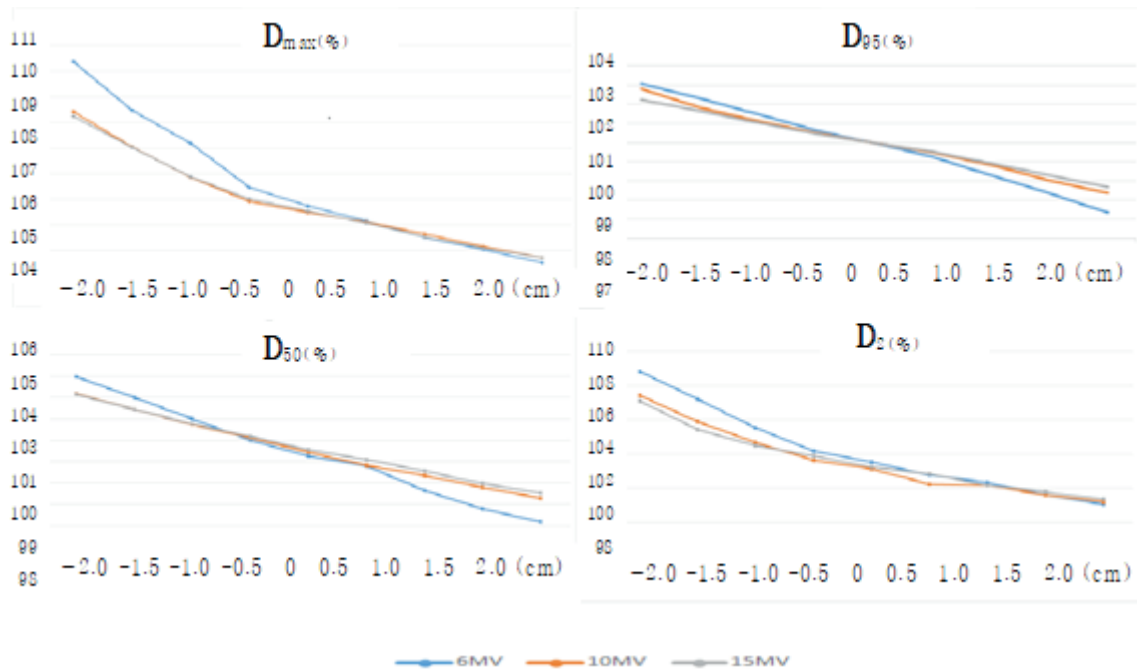


Fig 2. The changes in dosimetric parameters PTV  $D_{max}$ , PTV  $D_{95\%}$ ,  $D_{50\%}$  and  $D_2\%$  with changes in body contour

Table 3. The changes in dosimetric parameters for conformity and homogeneity indices with changes in body

Body change ( cm )		-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0
6 MV	CI	1,194	1,153	1,110	1,056	1	0,871	0,521	0,263	0,140
	HI	1,044	1,035	1,029	1,027	1,025	1,026	1,031	1,035	1,040
10 MV	CI	1,161	1,123	1,086	1,040	0,993	0,909	0,654	0,426	0,253
	HI	1,039	1,035	1,027	1,025	1,024	1,025	1,028	1,031	1,035
15 MV	CI	1,151	1,117	1,081	1,026	0,993	0,927	0,729	0,491	0,326
	HI	1,038	1,033	1,029	1,027	1,027	1,024	1,029	1,031	1,033

cm 체형 감소에서는 각각 108.4 %, 108.2 %의 선량 증가를 보였다. PTV 내의  $D_{95\%}$  값 중 6 MV에서는 1.5 cm의 체형 증가에서는 97.35 %로 선량이 감소하였고, 2.0 cm의 체형 증가에서는 96.34 %로 선량이 감소하였다. 10 MV와 15 MV에서는 2.0 cm의 체형증가에서 각각 97.39 %, 97.68 %로 감소하였다. PTV 내의  $D_{50\%}$  값 중 6 MV에서는 1.0 cm의 체형 증가에서 99.64 %로 선량이 감소하였고, 2.0 cm의 체형 증가에서는 98.17 %로 선량이 감소함을 나타냈으며, 10 MV와 15 MV에서는 1.5 cm 체형 증가에서 각각 99.78 %, 99.97 %로 선량이 감소하였다. 2.0 cm 체형 증가에서는 각각 99.30 %, 99.52 %로 선량 감소를 보였다. 환자의 체형 변화에 따라  $D_{max}$ ,  $D_{95\%}$ ,  $D_{50\%}$ 는 6 MV에서 가

장 급격한 변화를 보였고, 10 MV와 15 MV는 비슷한 추이를 보였다.

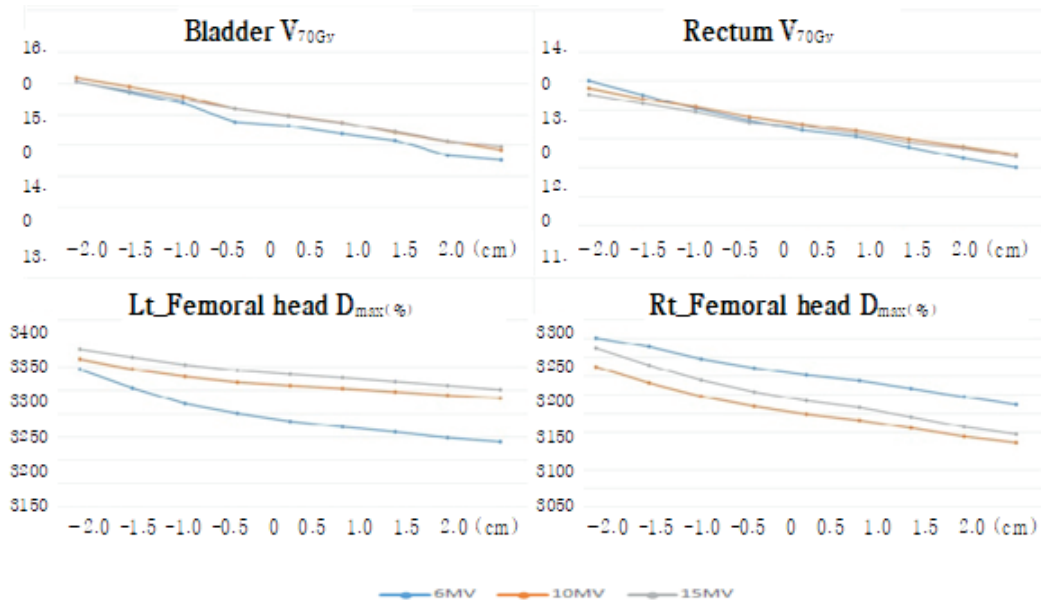
환자 체형의 증가에 따라 CI도 점차적으로 감소하는 경향을 보였는데, 환자의 체형이 2.0 cm 증가한 경우, 6 MV에서는 1.0에서 0.140으로 가장 크게 감소하였으며, 10 MV에서는 0.993에서 0.253으로 감소했으며, 15 MV에서는 0.993에서 0.326로 감소하였다. HI는 체형 변화에 따라 점점 저하되었다(Table 3).

## 2. 정상조직

환자의 체형의 변화에 따른 정상조직 내의 선량변화를 표와 그래프로 나타내었다(Table 4, Fig. 3). 직장의  $V_{70 Gy}$

**Table 4.** The changes in dosimetric parameters for Bladder  $V_{70\%}$ , Rectum  $V_{70\%}$  and Femoral Head with changes in body

Body change (cm)		-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0
6 MV	Bladder $V_{70\%}$	15.1	14.7	14.4	13.8	13.6	13.4	13.2	12.7	12.5
	Rectum $V_{70\%}$	13.00	12.52	12.05	11.65	11.30	11.09	10.72	10.33	10.03
	Lt, F, Head $D_{max}$ (cGy)	3294	3255	3221.5	3200	3184.1	3171	3160.2	3149	3140
	Rt, F, Head $D_{max}$ (cGy)	3100	3091	3078	3068	3061	3055	3046	3038	3029
10 MV	Bladder $V_{70\%}$	15.2	14.9	14.6	14.2	14.0	13.8	13.4	13.1	12.8
	Rectum $V_{70\%}$	12.76	12.39	12.11	11.77	11.50	11.29	10.99	10.74	10.46
	Lt, F, Head $D_{max}$ (cGy)	3316	3295	3279	3267	3259	3253	3246	3239	3233
	Rt, F, Head $D_{max}$ (cGy)	3070	3052	3038	3027	3019	3012	3004	2995	2989
15 MV	Bladder $V_{70\%}$	15.1	14.8	14.5	14.2	14.0	13.7	13.5	13.2	13.0
	Rectum $V_{70\%}$	12.54	12.22	11.93	11.56	11.43	11.18	10.88	10.68	10.39
	Lt, F, Head $D_{max}$ (cGy)	3337	3319	3304	3292	3283	3277	3268	3259	3252
	Rt, F, Head $D_{max}$ (cGy)	3089	3071	3055	3043	3033	3026	3016	3006	2998



**Fig 3.** The changes in dosimetric parameters rectum  $V_{70Gy}$ , bladder  $V_{70Gy}$ , left and right femoral head  $D_{max}$  with changes in body contour



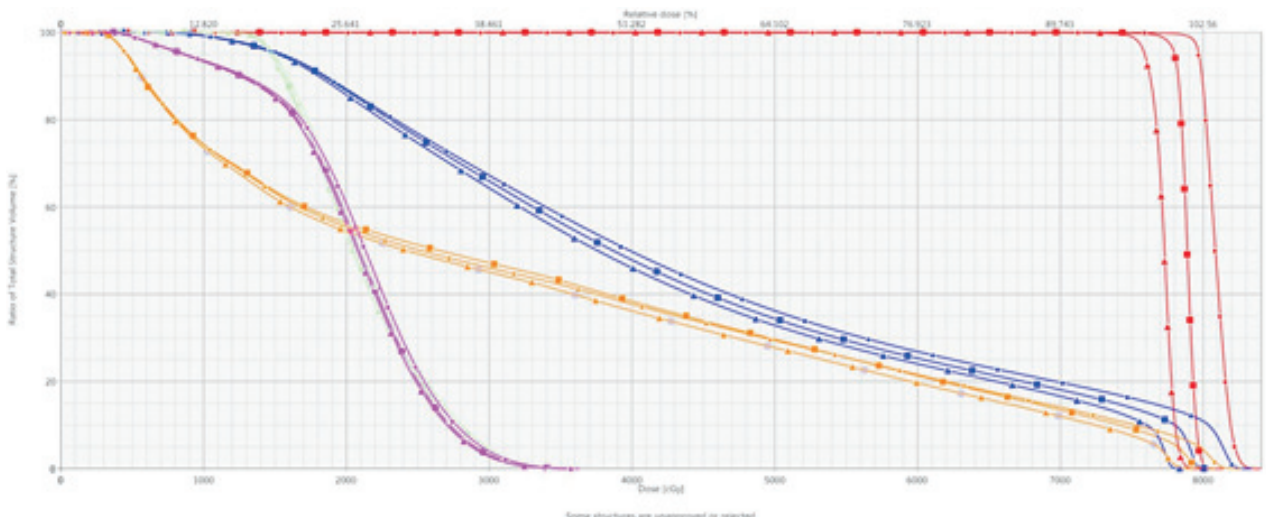
는 체형이 2.0 cm 감소한 경우, 6 MV에서는 11.30 %에서 13.0 %로 선량변화가 가장 급격하게 증가함을 보였으며, 10 MV는 11.50 %에서 12.76 %로 늘었으며, 15 MV는 11.43 %에서 12.54 %로 증가하였다. 방광의  $V_{70Gy}$ 는 체형이 2.0 cm 감소한 경우, 6 MV에서는 13.6 %에서 15.1 %로 선량이 증가하였고, 10 MV는 14.0 %에서 15.2 %로 늘었으며, 15 MV는 14.0 %에서 15.1 %로 증가하였다. 또한 대퇴부 머리의  $D_{max}$ 도 체형이 감소함에 따라 선량이 증가하는 추이를 보였다. 왼쪽 대퇴부 머리  $D_{max}$ 는 체형이 2.0 cm 감소한 경우, 6 MV에서는 3184.1 cGy에서 3294.6 cGy로 선량변화가 증가함을 보였으며, 10 MV는 3259.4 cGy에서 3316.9 cGy로 늘었으며, 15 MV는 3292.5 cGy에서 3337.1 cGy로 증가하였다. 오른쪽 대퇴부 머리  $D_{max}$ 는 체형이 2.0 cm 감소한 경우, 6 MV에서는 3061.0 cGy에서 3100.7 cGy로 선량변화가 증가함을 보였으며, 10 MV는 3019.3 cGy에서 3070.0 cGy로 늘었으며, 15 MV는 3033.8 cGy에서 3089.4 cGy로 증가하였다.

### 결론 및 고찰

본원에 전립선 암으로 내원하여, 방사선 치료를 받은 환자 중에서 체형이 증가하는 사례가 있었다. 그 환자 분을

치료실 안에서 SSD를 확인한 결과 90 cm에서 88 cm로 감소한 것을 발견하였고, CBCT를 이용하여 확인한 결과 몸의 체형이 전방으로 2 cm 확장됨을 알 수 있었다. 전립선 암 방사선 치료에 있어서 체형 변화에 대한 선량변화를 다루는 여러 연구가 있었으나, 대부분의 연구는 체형의 감소가 선량분포에 미치는 영향에 대해서만 조사를 하였다. 환자의 체형 감소로 인한 2 cm 감소는 정상 장기뿐만 아니라, PTV까지의 선량을 4 % 이상 증가시킬 수 있다고 보고되고 있다.<sup>(13)</sup> 하지만 본 연구는 임상경험에 따라 체형감소에 대한 선량변화 뿐만 아니라, 체형 증가로 인한 체형의 증가를 또한 고려하여 선량의 변화를 분석하였다.

환자의 체형이 변화가 생긴다면 치료계획을 새로 세우는 것이 가장 합리적인 해결책이다. 하지만 어느 정도 조건 하에서 치료계획을 새롭게 수립할 때를 결정하는 분명한 기준이 없는 실정이다. ICRU 83을 근거하여 체형변화에 따른 선량변화가 PTV  $D_{max}$ 가 107 % 보다 높거나,  $D_{50}$ 이 100 % 보다 이하면 새롭게 시뮬레이션이 되어져야 할 것으로 사료되며, 직장 및 방광에 대한 선량이 QUANTEC에서 제시한 선량을 초과하더라도 또한 치료 계획이 다시 세워져야 할 것으로 생각되어진다.<sup>(18)</sup> 본 연구의 결과치를 볼 때 정상조직인 직장, 방광 및 대퇴부 머리의 경우 체형변화에 따라 re-simulation을 고려할 만한 선량제약에 도달하는 수치가 나오지 않았지만, 종양조직의 선량분석의 결



**Fig 4.** Using 10 MV for Variations of dose–volume histogram : PTV, bladder, rectum and femoral head with weight change ranging from -2.0 cm~2.0 cm, (PTV : red, rectum : orange, bladder: blue, left femoral head : purple, right femoral head : green) and types of lines (-2.0 cm : triangle, original body contour : square, 2.0 cm body contour, circle)

과를 보면 PTV의  $D_{max}$ 는 6 MV의 경우 1.0 cm 감소되었을 때, 10 MV와 15 MV에서는 1.5 cm 감소되었을 때 re-simulation의 기준으로 삼았던 107 %보다 높게 나왔다. PTV의  $D_{50\%}$ 는 6 MV의 경우 1.0 cm 이상 증가하였을 때, 10 MV와 15 MV에서는 1.5 cm 증가하였을 때, 100 % 이하의 선량이 나와 re-simulation이 필요하다고 분석되었다(Fig. 4).

이에 본 연구의 결과를 통해 6 MV에서는 체형이 1 cm 이상 감소되거나 1.0 cm 이상 증가되었을 때, 10 MV와 15 MV에서는 1.5 cm 감소 또는 1.5 cm 증가되었을 시 re-simulation을 통해 치료계획을 새로 세워야 할 것으로 사료되어진다.

이 연구의 제한점으로는 골반부위 림프절을 제외한 단일 PTV인 전립선과 정낭만 치료하는 VMAT 치료에 국한되었으며, 실제 신체 윤곽의 변화가 일정한 방식으로 증가 또는 감소되지 않는다는 점이다. 또한 시간에 따른 내부 장기의 변화를 고려하지 않았다. 이러한 제한점 대해서는 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Park W. : Radiotherapy for prostate cancer. J. Korean Med Assoc : Vol. 58, No. 1, 2015;21-29
2. Zelefsky MJ, Leibe SA, Gaudin PB, et al. : Dose escalation with three-dimensional conformal radiation therapy affects the outcome in prostate cancer. Int J. Radiation Oncology Biol. Phys : Vol. 41, No. 3, 1998 ; 491-500
3. Siegel RL, Miller MD, Jemal A. : Cancer Statistics 2017 : A Cancer Journal for Clinicians : Vol. 67, No. 1, ; 7-30
4. D'Amico AV, Whittington RS, Malkowicz B, et al. : Biochemical outcome after radical prostatectomy, external beam radiation therapy, or interstitial radiation therapy for clinically localized prostate cancer. JAMA : Vol. 280, No. 11 ; 969-974
5. Intensity Modulated Radiation Therapy Collaborative Working Group : Intensity modulated radiotherapy Current Status and Issues of interest. Int J. Radiation Oncology Biol. Phys : Vol. 51 ; 880-917
6. Zelefsky MJ, Fuks L, Happersett, et al. : Clinical experience with intensity modulated radiation therapy (IMRT) in prostate cancer. Radiotherapy and Oncology : Vol. 55, No. 3 ; 241-249
7. Ling CC, Burma, Cui CS, et al. : Conformal radiation treatment of prostate cancer using inversely-planned intensity-modulated photon beams produced with dynamic multileaf collimation. Int J. Radiation Oncology Biol. Phys : Vol. 32, 1996;721-730
8. Zelefsky MJ, Kollmeier M, Cox B, et al. : Improved clinical outcomes with high-dose image guided radiotherapy compared with non-IGRT for the treatment of clinically localized prostate cancer
9. Nijkamp J, Pos FJ, Nuver TT, et al. : Adaptive radiotherapy for prostate cancer using kilovoltage cone-beam computed tomography: first clinical results. Int J. Radiation Oncology Biol. Phys : Vol. 70, No. 1, ;75-82
10. Song, WY, Schaly B, Bauman G, et al. : Evaluation of image-guided radiation therapy (IGRT) technologies and their impact on the outcomes of hypofractionated prostate cancer treatments: a radiobiologic analysis : Int J. Radiation Oncology Biol. Phys : Vol. 64, No. 1;289-300
11. Palma, Vollans DE, James K, et al. : Volumetric modulated arc therapy for delivery of prostate radiotherapy: comparison with intensity-modulated radiotherapy and three-dimensional conformal radiotherapy : Int J. Radiation Oncology Biol. Phys : Vol. 72, No. 4, ;996-1001

12. Kim HS : Anticancer drug use and out-of-pocket money burden in Korean cancer patients: A questionnaire study. Korean journal of clinical pharmacy : Vol. 75, No. 3, 2009;703-710
13. James, Chow CL, Runqing Jiang. : Comparison of dosimetric variation between prostate IMRT and VMAT due to patient's weight loss: Patient and phantom study. Report of Practical oncology and radiotherapy : Vol. 18, 2013;272-278
14. Smith MR, Finkelstein JS, McGovern FJ, et al. : Changes in body composition during androgen deprivation therapy for prostate cancer Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism : Vol. 87, No. 2 ; 599-603
15. Marks LB, Yorke ED, Jackson, et al. : Use of normal tissue complication probability models in the clinic. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics : Vol. 76, No. 3 ;S10-9
16. Feuvret LG, Noel, JJ, Mazon, et al. : Conformity index: a review. Int J. Radiation Oncology Biol. Phys : Vol. 64, No. 2 ;33-42
17. Saenz DL, Paliwal BR, Bayouth JE. : A dose homogeneity and conformity evaluation between ViewRay and Pinnacle-based linear accelerator IMRT treatment plans. Journal of Medical Physics : Vol. 39, No. 2 ;64-70
18. ICRU, International Commission on Radiation Units and Measurements, Report 83 : Prescribing, Recording and Reporting Photon-Beam IMRT, Journal of the ICRU Vol. 10, No. 1 ;2010



# Dosimetric comparison for Prostate VMAT of weight and photon energy change

Department of Radiation Oncology, Gyeongsang National University Changwon Hospital

**Jo Guang Sub, Kim Min Woo, Baek Min Gyu, Chae Jong Pyo, Ha Se Min, Lee Sang Bong**

**Purpose :** To compare the radiation doses of prostate cancer patients according to changes in abdominal body shape and energy during Volumetric modulated arc therapy(VMAT).

**Materials and Methods :** Seven patients with prostate cancer were enrolled in this study. VMAT treatment plan was established at 6, 10, and 15 MV while changing from -2.0 cm to 2 cm by 0.5 cm. Conformal index(CI), homogeneous index(HI),  $D_{max}$ ,  $D_{95\%}$ ,  $D_{50\%}$  and  $D_{2\%}$  of PTV were examined in order to evaluate the change of dose in the target organ according to body shape change. Normal organ of the femoral head, rectum and bladder was analyzed to evaluate dose changes.

**Results :** The dose of  $D_{max}$  6 MV in PTV increased to 107.2 % in 1.0 cm body shape reduction, and 10 MV and 15 MV dose increased to 107.1 % and 107.0 % in 1.5 cm body reduction, respectively. The dose of  $D_{50\%}$  6 MV in PTV decreased to 99.64 % in 1.0 cm body shape increase, and in 10 MV and 15 MV dose decreased to 99.79 % and 99.97 % in 1.5 cm body increase, respectively. In 2.0 cm body type increase, the dose was decreased to 99.30 % and 99.52 %, respectively. Doses for rectum and bladder gradually increased with decreasing weight, and dose decreased with decreasing weight.  $V_{70Gy}$  at 10 MV increased from 11.50 % to 12.76 % when the external shape decreased by 2.0 cm. The bladder  $V_{70Gy}$  also increased from 14.0 % to 15.2 %. It was also shown that the dose increased as the body weight decreased in the femoral head.

**Conclusion :** In the treatment of VMAT, dose distribution can be changed according to the change of abdominal shape. SSD and CBCT were used to decrease the body shape by more than 1cm or more than 1.0 cm at 6 MV and the body shape by more than 1.5 cm or more than 1.5 cm at 10 MV or 15 MV. It is considered that a new treatment plan should be established through re-simulation.

▶ **keyword :** body shape change, Volumetric modulated arc therapy, Prostate Cancer