

# 분할치료간(Interfraction) 내부 장기 움직임 오류 분석을 통한 전립선암의 전신정위적방사선치료(SBRT) 가능성 평가

서울대학교병원 방사선종양학과

홍순기 · 손상준 · 문준기 · 김보겸 · 이제희

**목 적 :** 분할치료간(Interfraction) 움직임에 의한 오류가 많은 직장과 방광 그리고 전립선의 변화를 MR영상을 기반으로 분석하여 보정치료계획(adaptive plan) 없이 SBRT 선량제한을 충족하는지 알아보고자 하였다.

**대상 및 방법 :** 본원에서 ViewRay MRIdian System(ViewRay, ViewRay Inc., Cleveland, OH, USA)을 이용하여 전립선암에 총 선량이 70 Gy, 28회의 분할치료인 IMRT 치료를 시행한 환자 5명을 대상으로 하였다. 기존 치료방법을 가정하기 위해 ViewRay 모의치료계획과 동일한 날짜와 조건으로 촬영한 전산화단층촬영(Computed Tomography, 이하 CT)영상에 초기 치료계획을 생성하였고, 전산화치료계획은 Eclipse(Ver 10.0.42, Varian, USA)를 이용하였다. 분할치료간(Interfraction) 장기 변화를 분석하기 위해 치료계획용 CT영상에 각 5회 치료 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging, 이하 MRI)을 Registration 한 후, 초기 치료계획을 각 치료영상에 적용하여 선량체적곡선 변화와 각 장기의 절대용적 변화를 측정하였다. 처방선량은 5회에 걸쳐 PTV에 총 선량이  $V_{36.25} \text{ Gy} \geq 95\%$ 가 되도록 하였고, 전립선 SBRT 선량제한의 충족 여부를 확인하기 위하여 직장 및 방광의  $V_{100\%}$ ,  $V_{90\%}$ ,  $V_{80\%}$ ,  $V_{50\%}$ 를 측정하였으며, CTV의  $V_{100\%}$ ,  $V_{95\%}$ ,  $V_{90\%}$ 도 측정하였다.

**결 과 :** 총 5회의 CTV, 직장, 방광의 선량평균값은 5명 모두 SBRT 선량제한을 충족하였으나 각 치료 영상을 분석한 결과 1회 이상 선량제한을 초과하는 경우도 나타났다. 초기 치료계획과 분할치료의 MR영상을 비교하여 절대용적 변화를 측정한 결과 직장에서 최대 1.72배, 방광에서 최대 2.0배 차이를 보였다. 직장의 경우 초기 치료계획에서 5명의 측정값이 평균  $V_{100\%}=0.32\%$ ,  $V_{90\%}=3.33\%$ ,  $V_{80\%}=7.71\%$ ,  $V_{50\%}=23.55\%$ 로 선량한도 이하로 계획 되었으나, 실제 분할치료 중 최대 3회까지 선량한도를 초과하기도 하였다. 방광의 경우도 초기 치료계획의 절대용적이 평균 117.9 cc 였으나 실제 치료 5회 평균용적은 79.2 cc 로 나타났다. CTV의 경우 방광과 직장의 용적 변화 등으로 인해 5 mm 여백을 포함한 PTV에 치료계획을 세웠음에도 불구하고 100% 처방선량 영역을 벗어나기도 하였다.

**결 론 :** 본 연구에서는 5회 치료 평균으로 분석한 결과 선량한도를 벗어난 경우는 없었으나, 각각의 분할치료에서는 직장 및 방광의 오차가 비교적 큰 것을 확인 할 수 있었다. 그러므로 전립선암 SBRT를 시행하기 위해서는 선량 전달 정확성에 더욱 신중을 기해야 한다. 이를 위해서는 실시간 영상추적과 보정치료계획이 필수적이며 이것은 모든 방사선 치료에 궁극적으로 나아가야 할 방향으로 사료된다.

**핵심용어 :** Prostate SBRT, Interfraction error, Rectum variation

## 서 론

전립선암의 방사선 치료는 주변 정상조직의 부작용을 줄이고 종양 조직에 많은 선량을 전달 할 수 있는 3문 입체조형치료계획(3D Conformal radiation therapy)에서 세기 변조 방사선 치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, 이하 IMRT)로 발전되어 왔다. 특히 용적 변화 방사선 치료

(Volumetric Modulated Arc Therapy, 이하 VMAT)는 IMRT보다 균일한 선량 분포를 보여주고, 치료 시간도 최대 55% 감소시켜 환자 움직임에 따른 오차를 최소화 할 수 있게 해주었다.<sup>1,2)</sup>

전신정위적방사선치료(Stereotactic Body Radiation Therapy, 이하 SBRT)는 6~7 cm 이하의 종양 조직에 16~24 Gy의 선량을 1회에 단일 조사하거나 20~40 Gy의 선량을 2~5회에 분할 조사하는 고선량, 저분할 치료법으로 치료 횟수가 짧아 환자에게 편의성과 경제적 이득을 줄 수 있다. 특히 135명의 환자를 대상으로 한 최근 연구 결과에 따르면 전립선 SBRT 치료의 5년 생화학적 재발 없는 생존율

본 논문은 2016년 11월 12일 접수하여 2016년 12월 10일 채택되었음.  
책임저자 : 홍순기, 서울대학교병원 방사선종양학과  
서울시 중로구 연건동 28번지  
Tel : 02)2072-4947  
E-mail : joiner33@naver.com

(biochemical Relapse Free Survival, 이하bRFS)은 90% 이상으로 나타났다. ( $p = 0.11$ )<sup>3)</sup> 하지만 SBRT 치료계획은 주변 결정장기(Organ at risk, OAR)의 방사선량을 최소화하고 종양에 방사선량을 집중시키기 위하여 기존 방사선 치료계획에 비해 높은 정밀도가 요구된다. 그리고 표적(Target)의 정확한 위치 파악과 치료 시 표적의 움직임과 모양 및 크기 변화를 최소화하기 위하여 치료 시 마다 영상을 획득하여 위치조정 후 방사선치료를 시행하고 있다.

하지만 보정치료계획(Adaptive plan)이 아닌 최초 치료계획용 전산화단층촬영(Computed Tomography, 이하 CT)만 이용한 기존 방식으로는 치료 시 내부 장기의 움직임과 변형에 따른 표적(Target)의 불확실성을 해결하지 못하였다.

본 논문에서는 실시간 영상추적(Image-tracking) 혹은 보정(adaptive)치료를 적용하기 힘든 일반 선형가속기에서 내부 장기의 움직임 오류가 많은 전립선암의 고선량, 저분할 치료인 SBRT 치료의 적용 가능 여부를 알아보려고 하였다. 전립선암 환자를 대상으로 ViewRay 장비에서 획득한 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging, 이하 MRI)을 기반으로 분할 치료시 내부 장기의 오차를 분석하였다. 또한 치료가 진행됨에 따라 누적되는 방사선량으로 인한 내부 장기 위치 변화를 고려하고자 10일 정도의 간격을 두고 획득한 영상을 바탕으로 연구를 진행하였다. 분할 치료간(Interfraction) 움직임에 의한 오류가 많은 직장과 방광 그리고 전립선의 변화를 분석하여 보정치료계획(adaptive plan) 없이 SBRT 선량제한을 충족하는지 알아보려고 하였다.

## 대상 및 방법

본원에서 ViewRay MRIdian System(ViewRay, ViewRay Inc., Cleveland, OH, USA)을 이용하여 전립선암에 일 선량 2.5Gy로 28회에 걸쳐 총 선량이 70Gy인 IMRT 치료를 시행한 근치목적 환자 5명을 대상으로 하였으며, 전처치는 치료 30분 전 소변을 본 후 물 500ml를 섭취하도록 하여 방광의 변화에 따른 오류를 최소화 하도록 하였다. 총 28회의 치료계획 중 모의치료(Simulation) MRI 촬영 시, 1회, 8회, 16회, 22회, 28회 치료 시 각각 대상 환자의 CTV, 직장, 방광의 선량 변화를 측정하였다.

윤곽 그리기는 RTOG(Radiation Therapy Oncology

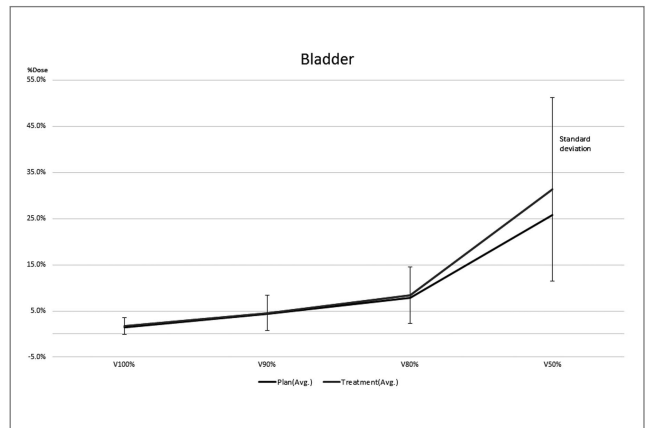


Fig 2. DVH differences and standard deviations of bladder for each constraints dose between initial plan and real treatments without adaptive plan.

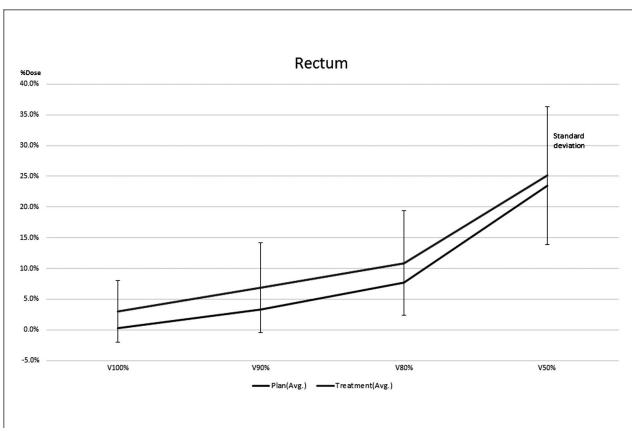


Fig 1. DVH differences and standard deviations of rectum for each constraints dose between initial plan and real treatments without adaptive plan.

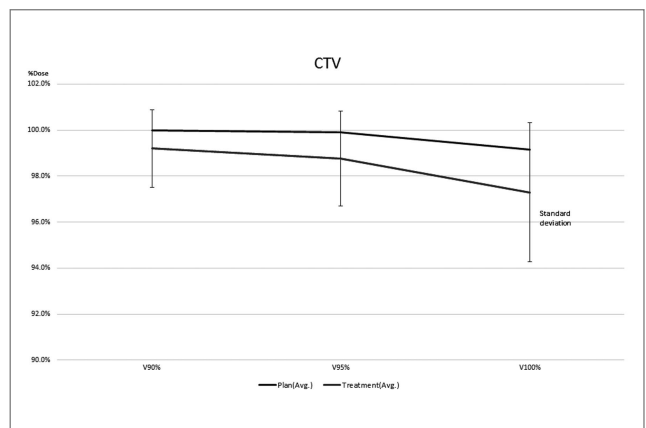


Fig 3. DVH differences and standard deviations of CTV for each constraints dose between initial plan and real treatments without adaptive plan.



Fig 4. The variation of rectum for each treatments.

Table 1. Rectum percentage volume differences for each constraints dose between initial plan and real treatments without adaptive plan.

Rectum DVH of Initial plan (Unit in %)		Rectum DVH of treatments (Unit in %)															
		1st treatment				8th treatment				16th treatment							
Volume tolerance	V100% (<5%)	V90% (<10%)	V80% (<20%)	V50% (<50%)	V100% (<5%)	V90% (<10%)	V80% (<20%)	V50% (<50%)	V100% (<5%)	V90% (<10%)	V80% (<20%)	V50% (<50%)	V100% (<5%)	V90% (<10%)	V80% (<20%)	V50% (<50%)	
P1	0.0	2.6	7.8	26.4	0.0	0.9	5.0	23.2	6.8	15.4	21.9	40.7	5.6	13.4	19.8	38.0	
P2	0.0	2.4	7.1	25.1	2.6	7.4	12.5	30.7	0.3	4.4	10.3	30.8	0.0	3.3	8.6	27.9	
P3	0.0	2.3	5.3	15.6	0.0	0.7	1.7	6.4	1.3	3.4	5.7	16.0	0.0	0.7	1.7	6.4	
P4	0.0	0.8	4.1	19.4	0.0	1.0	4.4	18.6	0.0	0.3	3.2	17.0	5.4	12.0	17.1	31.9	
P5	1.6	8.7	14.2	31.2	0.0	0.4	1.6	7.8	0.6	3.7	7.0	21.8	1.9	5.9	8.8	19.1	
Initial plan (Unit in %)		22th treatment				28th treatment				Average							
Volume tolerance	V100% (<5%)	V90% (<10%)	V80% (<20%)	V50% (<50%)	V100% (<5%)	V90% (<10%)	V80% (<20%)	V50% (<50%)	V100% (<5%)	V90% (<10%)	V80% (<20%)	V50% (<50%)	V100% (<5%)	V90% (<10%)	V80% (<20%)	V50% (<50%)	
P1	0.0	2.6	7.8	26.4	1.7	8.9	15.1	35.0	9.4	18.6	25.1	44.1	4.7	11.4	17.4	36.2	
P2	0.0	2.4	7.1	25.1	11.3	18.4	24.0	40.9	0.2	3.9	8.8	25.4	2.9	7.5	12.8	31.1	
P3	0.0	2.3	5.3	15.6	0.4	1.3	2.3	7.9	0.0	2.2	4.7	13.8	0.3	1.7	3.2	10.1	
P4	0.0	0.8	4.1	19.4	0.0	1.2	4.6	20.5	0.0	0.2	1.8	15.9	1.1	3.0	6.2	20.8	
P5	1.6	8.7	14.2	31.2	0.4	4.5	8.1	20.6	5.2	11.0	15.0	26.9	1.6	5.1	8.1	19.2	

\* Greyouts are exceeding the tolerance dose.

**Table 2.** Bladder percentage volume differences for each constraints dose between initial plan and real treatments without adaptive plan,

Volume	Rectum DVH of Initial plan (Unit in %)				Bladder DVH of treatments (Unit in %)											
	V100%	V90%	V80%	V50%	1st treatment				8th treatment				16th treatment			
P1	1.0	2.9	5.1	17.5	8.6	18.8	29.8	82.1	0.5	2.5	5.7	32.0	1.8	6.5	13.4	60.1
P2	0.0	1.6	4.7	23.2	0.8	4.4	10.6	55.0	0.0	0.7	4.4	45.3	0.2	1.9	4.9	23.7
P3	1.2	5.0	10.7	41.4	0.0	0.3	1.1	12.6	1.4	4.9	10.6	44.1	1.8	4.6	8.2	29.1
P4	3.9	8.7	13.4	34.1	1.8	3.3	4.9	12.4	1.3	2.5	3.7	9.4	0.7	1.9	3.1	9.2
P5	1.2	3.6	5.6	12.7	1.7	2.4	4.0	8.2	0.0	0.0	1.1	8.4	1.7	4.8	8.0	21.5

Volume	Initial plan (Unit in %)				22th treatment				28th treatment				Average			
	V100%	V90%	V80%	V50%	V100%	V90%	V80%	V50%	V100%	V90%	V80%	V50%	V100%	V90%	V80%	V50%
P1	1.0	2.9	5.1	17.5	4.7	11.8	21.2	68.7	1.0	3.2	6.2	26.5	3.3	8.6	15.2	53.9
P2	0.0	1.6	4.7	23.2	1.3	4.7	9.6	42.1	0.6	3.8	8.9	45.2	0.6	3.1	7.7	42.3
P3	1.2	5.0	10.7	41.4	1.6	6.6	12.5	42.6	2.6	6.4	10.7	34.9	1.5	4.6	8.6	32.7
P4	3.9	8.7	13.4	34.1	3.4	5.9	8.2	19.0	2.9	5.3	7.6	17.8	2.0	3.8	5.5	13.6
P5	1.2	3.6	5.6	12.7	0.0	1.5	3.9	15.6	2.6	4.9	7.3	17.3	1.2	2.7	4.9	14.2



**Fig 5.** The variation of bladder for each treatments

**Table 3.** Absolute volume differences between initial plan and real treatments,

	Absolute volume of Initial plan (Unit in cc)			Absolute volume of treatments ( Unit in cc )								
	CTV	Rectum	Bladder	1st treatment			8th treatment			16th treatment		
	CTV	Rectum	Bladder	CTV	Rectum	Bladder	CTV	Rectum	Bladder	CTV	Rectum	Bladder
P1	57.64	22.38	168.62	54.56	25.27	31.92	49.65	24.68	53.48	62.07	22.78	32.33
P2	59.54	30.29	145.73	46.53	36.70	47.68	46.91	24.59	42.37	51.40	26.41	141.46
P3	44.19	37.07	57.02	27.21	63.87	74.39	33.28	34.95	36.80	34.92	31.66	60.52
P4	40.21	17.04	35.98	38.92	25.17	103.95	38.85	16.92	108.14	36.88	28.46	59.57
P5	47.42	78.54	182.51	47.15	27.73	395.34	42.48	37.28	95.35	46.08	31.31	75.36

	Absolute volume of Initial plan (Unit in cc)			22th treatment			28th treatment			Average		
	CTV	Rectum	Bladder	CTV	Rectum	Bladder	CTV	Rectum	Bladder	CTV	Rectum	Bladder
P1	57.64	22.38	168.62	49.73	24.87	30.27	52.35	23.69	105.13	53.67	24.26	50.63
P2	59.54	30.29	145.73	34.74	50.81	69.69	32.45	27.70	55.36	42.41	33.24	71.31
P3	44.19	37.07	57.02	37.25	38.04	55.91	19.72	22.99	46.98	30.48	38.30	54.92
P4	40.21	17.04	35.98	41.69	45.63	9.65	19.45	12.32	69.70	35.16	25.70	70.20
P5	47.42	78.54	182.51	43.79	28.18	76.64	18.03	33.22	65.32	39.51	31.54	141.60

Group) [0534] 기준에 따라 진행하였으며<sup>9)</sup>, 전립선 PTV의 Superior 방향으로 1 cm부터 Inferior방향으로 1 cm까지를 직장(Rectum)으로 하였고, 방광(Bladder)도 윤곽 그리기 하였다. 기존 치료방법을 가정하기 위하여 ViewRay 모의치료계획(simulation) 과 동일한 날짜, 동일한 조건으로 촬영한 CT영상에 initial plan을 생성하였고, 전산화치료계획은 Eclipse(Ver 10.0.42, Varian, USA)를 이용하였다. 분할치료간(Interfraction)의 내부 장기의 움직임 오류를 분석하기 위해 각 5회 치료 MRI 영상에 직장, 방광, CTV를 윤곽그리기 하여 동일한 위치에 fusion한 후, initial plan 에서의 선량체 적곡선(Dose Volume Histogram, DVH) 변화와 각 장기의 절대용적 변화를 측정하였다. Christopher R. King의 논문을 참조하여 전립선 SBRT 치료 시 직장과 방광의 DVH가  $V_{100\%} < 5\%$ ,  $V_{90\%} < 10\%$ ,  $V_{80\%} < 20\%$ ,  $V_{50\%} < 50\%$  기준으로 측정하였다.<sup>5)</sup> 처방선량은 5회에 걸쳐 SBRT로 전립선 즉 CTV에서 5mm 확장한 용적인 PTV에 총 선량이  $V_{36.25 \text{ Gy}} \geq 95\%$ 가 되도록 하였다. 표적(Target)의 PTV는 이미 움직임에 의한 오차를 포함한 용적이므로 CTV가 얼마나 잘 포함되는지

만 확인하기 위해 CTV의  $V_{100\%}$ ,  $V_{95\%}$ ,  $V_{90\%}$ 를 측정하였다. 대상 환자 5명의 평균값과 보정치료(adaptive)의 경우 표준편차를 적용하여 나타냈다.

## 결 과

초기 치료계획을 기준으로 총 5회의 분할치료 중 CTV, 직장, 방광의 선량평균값은 5명 모두 기존 치료 방법의 허용범위에 안에 포함되었다. 하지만 각각의 분할치료에서는 5명 모두 1회 이상 허용범위를 초과하는 것으로 나타났다(Table 1,2). 치료 전 시행 된 전치치에도 불구하고 initial plan과 분할치료 MRI 영상을 비교하여 절대용적변화를 측정 한 결과 직장에서 최대 2.8배, 방광에서 최대 5.5배 차이를 보였다(Table 3).

직장의 경우 5명의 초기치료계획에서 평균  $V_{100\%}=0.32\%$ ,  $V_{90\%}=3.33\%$ ,  $V_{80\%}=7.71\%$ ,  $V_{50\%}=23.55\%$ 로 허용선량 이하로 계획 되었으나, 실제 분할치료 횟수 중 최대 3회까지 선

**Table 4.** Percentage CTV volume differences for each dose between initial plan and real treatments without adaptive plan.

CTV DVH of Initial plan (Unit in %)			CTV DVH of treatments (Unit in %)									
			1st treatment			8th treatment			16th treatment			
Volume	V100%	V95%	V90%	V100%	V95%	V90%	V100%	V95%	V90%	V100%	V95%	V90%
P1	99.3	99.9	100.0	99.0	99.7	99.9	90.7	93.1	93.9	94.3	97.8	99.0
P2	99.2	100.0	100.0	99.5	99.9	100.0	99.7	100.0	100.0	99.4	99.9	100.0
P3	98.9	99.8	100.0	95.9	98.6	99.6	98.9	99.7	100.0	97.0	98.9	99.6
P4	99.6	99.9	100.0	98.0	99.1	99.4	99.4	100.0	100.0	97.4	98.9	99.5
P5	98.8	100.0	100.0	86.8	92.0	94.3	97.8	100.0	100.0	96.3	99.0	99.7

Initial plan (Unit in %)			22th treatment			28th treatment			Average			
Volume	V100%	V95%	V90%	V100%	V95%	V90%	V100%	V95%	V90%	V100%	V95%	V90%
P1	99.3	99.9	100.0	99.0	99.8	100.0	99.3	99.9	100.0	96.4	98.0	98.6
P2	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	94.4	95.8	96.3	98.6	99.1	99.3
P3	98.9	99.8	100.0	97.9	99.5	100.0	99.5	100.0	100.0	97.8	99.3	99.9
P4	99.6	99.9	100.0	98.9	99.8	100.0	99.9	100.0	100.0	98.7	99.5	99.8
P5	98.8	100.0	100.0	96.2	99.0	99.8	97.4	98.8	99.4	94.9	97.8	98.6

량한도 값을 초과하였다(Fig 1,2,3). 방광의 경우도 초기 치료계획 시 절대용적이 평균 117.9 cc 였으나, 실제 분할치료 영상 5회 평균 용적은 79.2 cc 로 나타났다.

CTV의 경우는 방광과 직장의 용적 변화 등으로 인해 5 mm 여백(Margin)을 포함한 PTV 에 치료계획을 세웠음에도 불구하고 100% 처방선량 영역을 벗어나기도 하였다 (Table 4).

### 결론 및 고찰

전립선암은 병기에 관계없이 원격전이가 없는 경우 근치적 목적으로 사용되며, 주변 정상조직의 방사선 허용선량은 방사선 조사선량을 무한정 늘릴 수 없는 제한요인으로 작용한다. 이에 최근 장비와 기술의 발달로 환자의 움직임을 최소화 할 수 있는 IGRT와 같은 치료법을 통해 재현성을 높여려는 연구가 이루어지고 있다. 특히 전립선 SBRT의 경우는 기존 치료법보다 훨씬 짧은 치료기간으로 환자에게 경제적

이득과 치료횟수의 편의를 제공한다. 반면에 더 많은 연구가 필요하겠지만 현재로선 여전히 부작용은 기존 치료법보다 다소 높은 편이고,<sup>(6) (7) (8)</sup> 특히 치료 횟수가 매우 적기 때문에 선량 전달 정확성에 더욱 신중을 기해야 한다.

본 연구에서는 총 5회 치료를 통틀어 볼 때 제한선량을 벗어난 경우는 없었지만, 각각의 분할치료 마다 분석해 보면 전처치에 영향을 많이 받는 직장과 방광은 비교적 오차가 심한 것을 확인 할 수 있었다(Fig 4,5). 직장의 움직임을 분석해 본 결과 모든 방향으로 평균 0.5 cm, 좌우, 후방으로 평균 0.31 cm 움직였으며, 특히 전립선과 맞닿은 앞쪽으로는 평균 0.74 cm 오차를 보였다. 만약 직장에 대한 보수적인 전립선 치료 계획을 세우려 한다면 약 0.5 cm의 PRV(Planning risk volume)를 이용하여 직장의 움직임을 보완할 수 있리라 판단된다. 치료횟수가 적어질수록 중요한 선량전달의 정확성 문제를 해결하기 위해서는 실시간 영상추적(Image-tracking) 혹은 보정(adaptive)치료가 필수적이며, 이것은 모든 방사선 치료가 궁극적으로 나아가야 할 방향으로 사료된다.

본 연구를 시작하게 된 계기는 과연 장기 움직임이 심한 전립선 SBRT 치료를 기존 치료 장비로 시행할 수 있는지 여부를 알아보려고 함이었다. Christopher R. King의 연구에서 대상자들은 위치표지자(fiducial marker)와 cyberknife로 실시간 영상추적(Image-tracking)을 이용하여 치료한 것을 일반 선형가속기 치료에 적용할 수 있을지 확인하는 것이 연구 목적이었다. 또한 CBCT(Cone-beam Computed tomography)를 이용해 연구를 진행할 수도 있었으나, 윤곽 그리기 오차를 줄이기 위해 CT에 비해 연부조직 분해능이 뛰어난 MRI를 이용하였다. 이를 토대로 전립선 환자의 전 처치가 얼마나 어려운지 다시 확인하게 되었다. 환자 개개인에 따른 편차는 소변참기에서 가장 큰 오차로 작용한 것으로 보이며, 물의 섭취량 및 섭취시간, 환자가 느끼는 소변 참기의 어려움 등의 원인이 있었다.

일반적인 28회 치료 환자를 대상으로 연구를 진행하였기에 전처치로는 배변만을 권장하였고, 분할치료 마다 권장은 시행하지 않았다. 만약 분할치료 마다 권장인 이루어진다면 직장 움직임 오차는 더욱 줄어들 것으로 사료된다.

본 논문에서는 전립선암의 방사선 치료 시 내부 장기의 변화를 알아봤다. 이는 치료 시 실시간 영상추적(Image-tracking) 혹은 보정(adaptive)치료가 가능하다면 가장 이상적인 치료가 될 수 있으며, 보정치료가 불가능한 경우에는 직장과 방광의 전처치가 필수적으로 시행하여 그 오차를 최소화 하는데 노력해야 할 것이다.

대상 환자수가 적어 데이터의 신뢰도에 있어서는 아쉬움으로 남으며, 이는 더 많은 데이터의 축적과 치료 전 시행되는 전처치의 개선에 대한 연구가 이루어진다면 방사선 치료의 발전에 많은 기여를 할 것이라 판단된다.

## 참고문헌

1. Alasti H, Petric MP, Catton CN, Warde PR. Portal imaging for evaluation of daily on-line setup errors and off-line organ motion during conformal irradiation of carcinoma of the prostate. *Int J Radiation Oncology*. 2001;49(3):869-884.
2. Byrne TE. A review of prostate motion with considerations for the treatment of prostate cancer. *Med Dosim*. 2005;30(3):155-61
3. Vincent S. Khoo,(F.R.A.C.R.), Elizabeth J.Adams,(M.Sc.), Frank Saran, M.D., James L.Bedford, Ph.D., et al.: A comparison of clinical target volumes determined by CT and MRI for the radiotherapy planning of base of skull meningiomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006;46, 1309-1317
4. Sten Myrehaug, Gordon Chan, et al. A Treatment planning and acute toxicity comparison of two pelvic nodal volume delineation techniques and delivery comparison of intensity-modulated radiotherapy versus volumetric modulated arc therapy for hypofractionated high-risk prostate cancer radiotherapy. *Int J Radiation Oncol Biol Phys*. 2012;8 657-662.
5. Christopher R. King, James D, et al : Stereotactic body radiotherapy for localized prostate cancer. *Int Radiation Oncol Biol Phys*. 2009;73, 1043-1048
6. James B, Laura. D, er al : Stereotactic body radiation therapy versus Intensity modulated radiation therapy for prostate cancer: Comparison of toxicity *Int Journal of Clinical Oncology* 2014;32, 1183
7. Sher DJ, Parikh R, Mays-Jackson S, et al: Cost-effectiveness analysis of SBRT versus IMRT for low-risk prostate cancer. *Am J Clin Oncol* [epub ahead of print on December 27, 2012]
8. Gray PJ, Paly JJ, Yeap BY, et al: Patient reported outcomes after 3-dimensional conformal, intensity-modulated, or proton beam radiotherapy for localized prostate cancer. *Cancer* 119:1729-1735, 2013

---

Abstract

## The evaluation of the feasibility about prostate SBRT by analyzing interfraction errors of internal organs

Department of Radiation Oncology, Seoul national university hospital, Seoul, Korea

Hong soon gi, Son sang joon, Moon joon gi, Kim bo kyum, Lee je hee

---

**Purpose** : To figure out if the treatment plan for rectum, bladder and prostate that have a lot of interfraction errors satisfies dosimetric limits without adaptive plan by analyzing MR image.

**Materials and Methods** : This study was based on 5 prostate cancer patients who had IMRT(total dose: 70Gy) Using ViewRay MRIdian System(ViewRay, ViewRay Inc., Cleveland, OH, USA) The treatment plans were made on the same CT images to compare with the plan quality according to adaptive plan, and the Eclipse(Ver 10.0.42, Varian, USA) was used. After regstrate the 5 treatment MR images to the CT images for treatment plan to analyze the interfraction changes of organ, we measured the dose volume histogram and the changes of the absolute volume for each organ by applying the first treatment plan to each image. Over 5 fractions, the total dose for PTV was  $V_{36.25} \text{ Gy} \geq 95\%$ . To confirm that the prescription dose satisfies the SBRT dose limit for prostate, we measured  $V_{100\%}$ ,  $V_{95\%}$ ,  $V_{90\%}$  for CTV and  $V_{100\%}$ ,  $V_{90\%}$ ,  $V_{80\%}$ ,  $V_{50\%}$  of rectum and bladder.

**Results** : All dose average value of CTV, rectum and bladder satisfied dose limit, but there was a case that exceeded dose limit more than one after analyzing the each image of treatment. After measuring the changes of absolute volume comparing the MR image of the first treatment plan with the one of the interfraction treatment, the difference values were maximum 1.72 times at rectum and maximum 2.0 times at bladder. In case of rectum, the expected values were planned under the dose limit, on average,  $V_{100\%}=0.32\%$ ,  $V_{90\%}=3.33\%$ ,  $V_{80\%}=7.71\%$ ,  $V_{50\%}=23.55\%$  in the first treatment plan. In case of rectum, the average of absolute volume in first plan was 117.9 cc. However, the average of really treated volume was 79.2 cc. In case of CTV, the 100% prescription dose area didn't satisfy even though the margin for PTV was 5 mm because of the variation of rectal and bladder volume.

**Conclusion** : There was no case that the value from average of five fractions is over the dosimetric limits. However, dosimetric errors of rectum and bladder in each fraction was significant. Therefore, the precise delivery is needed in case of prostate SBRT. The real-time tracking and adaptive plan is necessary to meet the precision delivery.

---

**Keyword** : prostate SBRT, interfraction error, rectum variation