

Prostate Cancer 환자에 대한 One Arc와 Two Arc VMAT Plan의 선량 측정 비교 분석

화순전남대학교병원 방사선종양학과
김병찬·김종덕·김효중·박호춘·백정옥

목 적 : IMRT는 일반적인 3차원 방사선 치료방법보다 Prostate 주변 중요장기(OAR)에 대한 방사선 부작용을 줄이고 Prostate Cancer에 더 많은 선량을 투여할 수 있기 때문에 Prostate Cancer Therapy에 광범위하게 사용되었다. 장비 및 치료 기술의 많은 진보로 인하여 최근에는 체적 변조 아크 치료(VMAT)가 널리 사용되어지고 있으며, VMAT은 IMRT에 비해 치료 시간을 최대 55 % 단축시킬 수 있어 치료 중 움직임에 대한 오차를 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

대상 및 방법 : 본 실험에서는 Prostate Cancer 환자 10명에 대해 LN가 포함된 치료 Group 5명과, LN가 포함되지 않는 Group 5명으로 1 Arc와 2 Arc 치료 계획 방법을 총 4 Group으로 분류하여 MU, DVH값들을 비교 분석 하였고, ArcCHECK과 MapCHECK을 사용하여 DQA 관련 측정을 수행했다.

결 과 : Prostate patients의 Target과 OAR 선량분포 결과는 다음과 같다. D_{max} 는 4개 Group이 100~110 % 범위로 나타났으며, Hot spot인 110 % 이상은 보이지 않았다. LN가 없는 Only-Prostate(P_1 , P_2)의 Target $D_{98\%}$ 분포도는 1 Arc plan(P_1)보다 2 Arc plan(P_2)에서 조금 더 좋은 결과 값을 보였다. LN-Prostate(P_{L1} , P_{L2}) Group에서의 Target $D_{98\%}$ 분포도는 1 Arc plan(P_{L1})보다 2 Arc plan(P_{L2})이 더 좋은 결과 값을 보였고, 1 Arc plan(P_{L1})에서는 Target $D_{98\%}$ 의 처방 선량 값에 도달하지 못했다. 또한, OAR에서는 Only-Prostate(P_1 , P_2) Group에서 1 Arc와 2 Arc Plan 모두 처방 선량 값에 만족했고, LN-Prostate 1 Arc(P_{L1}) Plan은 OAR의 처방 선량치보다 높은 선량 값을 보였다. DQA 측정에서 계산된 ArcCHECK과 MapCHECK의 Gamma evaluation pass rate는 99 %보다 조금 더 높았고, CC04 Ion-chamber를 이용한 점 선량(Point Dose) 측정값의 평균 오차 범위는 1 % 미만이었다.

결 론 : 본 연구에서 분석한 결과, Only-Prostate(P_1 , P_2) Group의 경우는 두 plan의 선량이 비슷했지만, 치료시간과 MU값 등을 고려했을 때 1 Arc 치료 방법(P_1)이 더 적합하였으며, LN-Prostate(P_{L1} , P_{L2}) Group에서는 Target $D_{98\%}$ 와 OAR의 처방 선량에 만족하는 2 Arc 치료 방법(P_{L2})이 더 적합한 결과를 보였다.

▶ **핵심용어** : Prostate, VMAT, DVH, ArcCHECK, MapCHECK, MU

서 론

최근, Prostate Cancer는 전 세계적으로 남성에서 두 번째로 흔한 암으로 그 발병률은 한국에서도 증가하고 있다.

2000년 이후 한국의 전립선 암 발병률 국가 암 통계수치에서 지난 10년 간 평균 16.7 % 증가하였으며, 이는 전체 암 발병 건수의 3.8 %와 5번째로 높은 발병률을 차지하고 있다. 이러한 Prostate Cancer에 대한 외부 빔 방사선 치료 요법(EBRT)은 생화학적으로 Prostate Cancer의 방사선 선량을 조절하고 환자의 삶의 질을 향상시키는 전형적인 치료법이다.⁽¹⁾

책임저자: 김병찬, 화순전남대병원
전라남도 화순군 화순읍 서양로 332
Tel: 061)379-7227
E-mail: y9946012@naver.com

IMRT(Intensity-Modulated Radiation Therapy)는 일반적인 3차원 방사선 치료보다 Prostate 주변 중요장기(Organ At Risk, OAR)에 대한 방사선 부작용을 줄이고 Prostate Cancer에 더 많은 선량을 투여할 수 있기 때문에 Prostate Cancer의 방사선 치료에 광범위하게 사용되고 있다. 방사선치료 장비 및 치료 기술의 진보로 인해 최근에 체적 변조 아크 치료(Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT)가 널리 사용되어 오고 있다.⁽²⁾ VMAT은 일반적인 IMRT에 비해 치료 시간을 최대 55 % 단축할 수 있어, 치료 중 환자 움직임에 대한 오류를 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 MU(Monitor Unit) 값을 줄여, 누설 선량 및 산란 선량을 줄일 수 있어 이차 암의 발생 위험을 낮출 수 있다.⁽³⁾

VMAT에는 여러 가지 치료 계획 방법이 있지만, 대부분은 One Arc 또는 Two Arc VMAT 방법을 사용하고 있으며, 일반적으로 환자의 종양조직의 체적이 작다면 One Arc VMAT가 적합하고, 종양조직의 체적이 큰 환자일 경우 선량 분포도에 따라 Two Arc VMAT이 적합할 수 있다. 그 이유로는 환자의 치료 시간과 선량 분포 그리고 MU 값의 의해서 차이가 생길 수 있기 때문이다.⁽⁴⁾

본 연구에서는 One Arc VMAT과 Two Arc VMAT을 이용한 Prostate Cancer 환자의 선량 분포, MU, DVH(Dose-Volume Histogram)을 분석하여 환자별 적합한 치료방법을 제안하고자 하였다. 또한 선량 정확도를 비교하기 위해 DQA(Delivery Quality Assurance)^(5,6)를 시행하고 결과를 비교 분석하였다.

대상 및 방법

1. Prostate Cancer Patients 선택

2017년 Prostate Cancer로 방사선 치료가 종료된 환자 10명을 대상으로 Only-Prostate(LN가 포함하지 않는 Group) 5명과 Pelvis LN가 포함된 5명으로 나누어 실험을 진행하였다. P₁은 Only-Prostate 1 Arc technique, P_{L1}은 LN-Prostate 1 Arc technique, P₂는 Only-Prostate 2 Arc technique, P_{L2}는 LN-Prostate 2 Arc technique로 4 Group을 나누어 치료계획 및 실험을 수행하였다(Table 1).

Table 1. Patient Group 구성

Patient Group	VMAT technique	
	One Arc	Two Arc
Only-Prostate (n=5)	P ₁	P ₂
LN-Prostate (n=5)	P _{L1}	P _{L2}

LN: Lymph node

P₁: Prostate Only-1 Arc, P₂: Prostate Only-2 Arc

P_{L1}: Prostate+LN-1 Arc, P_{L2}: Prostate+LN-2 Arc



1.PTV, 2. Pelvis LN, 3. Bladder, 4. Rectum, 5. Bone, 6. Colon

Fig. 1. Only-Prostate, LN-Prostate Tumor and OAR

2. Prostate Arc Plan & DQA(Delivery Quality Assurance) 수행

1) Tumor & OAR contouring

CT image에서 종양조직(PTV), LN을 1,2번, OAR은 3,4,5,6번으로 contouring하였다. PTV에서 OAR인 Bladder와 Rectum을 뺀 PTV_only이다. PTV와 OAR의 겹쳐진 곳이 PTV&Bladder와 PTV&Rectum이다. PTV 위쪽에 보며 길게 너자 모양으로 보여지는 것이 Pelvis LN이며, 선량은 PTV의 80 % 정도 계산하였다. 또한 LN로 나누는 것은 병기가 T3bN0로 seminal Vesicle 전이 가능성이 있기 때문이다(Fig. 1).

2) Prostate Cancer 치료 처방선량 값

RTOG(Radiation Therapy Oncology Group) 가이드에 따라서 처방선량을 설정하였다.

(1) PTV_only: D_{98%} > 54 Gy, D_{max} < 59 Gy

(2) Pelvic_LN: D_{98%} > 44 Gy

(3) PTV and Bladder: D_{98%} > 50 Gy

(4) PTV and L-Rectum: D_{98%} > 50 Gy

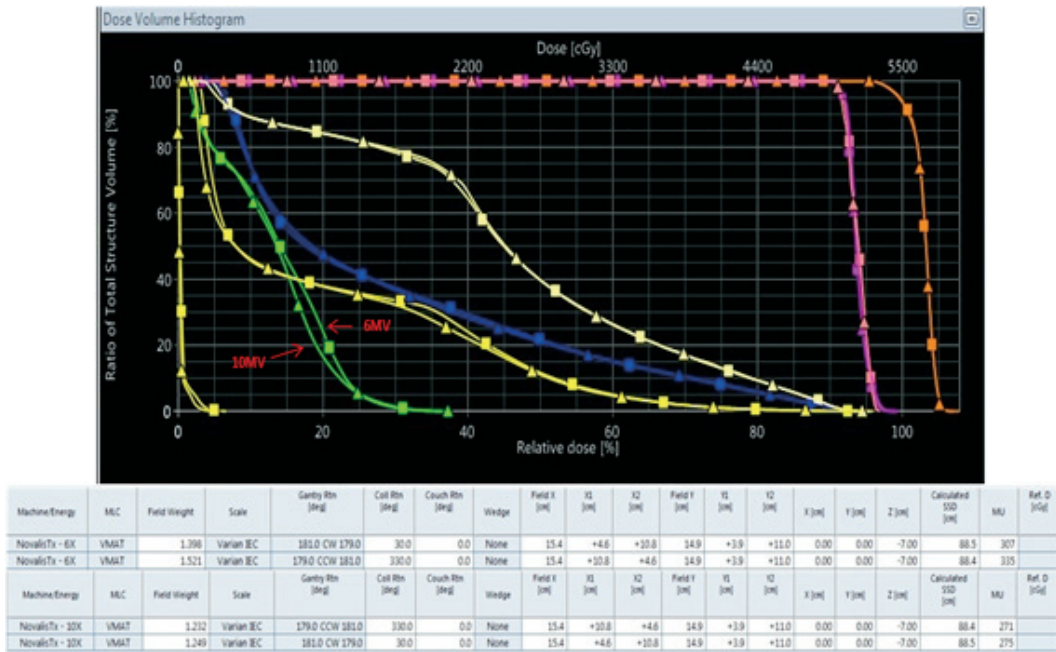


Fig. 2. 10 MV & 6 MV 광자선 에너지별 선량 분포 차이와 MU 값

- (5) Bladder only: $V_{50\text{Gy}} < 1\text{ cc}$, $V_{36\text{Gy}} < 40\%$
- (6) L-Rectum only $V_{50\text{Gy}} < 1\text{ cc}$, $V_{28\text{Gy}} < 40\%$
- (7) U rectum nos $V_{50\text{Gy}} < 1\text{ cc}$, $V_{30\text{Gy}} < 40\%$
- (8) Femoral head $D_{\text{max}} < 30\text{ Gy}$, $V_{25\text{Gy}} < 10\%$
- (9) Colon $D_{\text{max}} < 46\text{ Gy}$, $V_{25\text{Gy}} < 35\%$

3) 10 MV & 6 MV 광자선 에너지별 선량분포 특성

10 MV와 6 MV 광자선 사이에는 Fig. 2와 같이 DHV에서 같은 조건에서 OAR(Organ at risk)에 차이를 Bone과 Colon 그리고 Rectum에서 알 수 있었으며, 6 MV의 MU 값은 642 MU를 보이지만, 10 MV에서는 546 MU가 보여 96 MU의 차이가 났으므로 10 MV가 Prostate 치료에 더 적합했다(Fig. 2).

4) Prostate Cancer에 사용된 치료 기기와 치료 계획 시스템

이 실험에 사용된 방사선 치료기기는 Novalis Tx (Varian, Palo Alto, USA)인 Rapid Arc Radiation Therapy 기기이며, 최대 선량률(Dose Rate)은 1400 MU/min이고 광자선 6 MV 및 10 MV에서는 최대 600 MU/min을 사용하고 있다. 또한 Cone Beam Computed

Tomography(CBCT)는 KV Energy를 사용하여 3D 이미지 정보를 수집하는 데 사용하고 있고 Brain-Lab에는 양면에 X-선 장치가 장착되어 있으며 상단의 검출기에 이미지를 수신하기 위해 방출하는 빔이 장착되어 있다. 이러한 장점 뿐만 아니라 IMRT에 비해 Arc 치료가 가능하여 방사선 치료 시간 및 선량 분포도와 처방 선량이 더욱 적합했다. 방사선 치료 계획은 Eclipse(버전 13.0.26, Varian Medical Systems, USA) 시스템을 기반으로 했으며 선량 계산 알고리즘은 이방성 분석 알고리즘(AAA, 버전 13.0.26)이다. 본 연구에서는 Eclipse을 이용하여 선량을 계산하였으며, DQA 선량 계산도 같이 실행하였다.

5) DQA 장치 및 DQA 치료 계획 방법

DQA 측정 관련 기기로는 ArcCHECK(Sunnuclear, USA), MapCHECK(Sunnuclear, USA), CC04 Ion-Chamber(IBA), Electrometer 기기인 DOSE1(IBA)을 사용하여 실험을 하였다. 치료 계획용으로 계산된 선량 값을 설정하여 DQA 전용 Plan으로 다시 계산한 후, Novalis Tx에서 선량 분포, MU값, Point Dose를 확인하였다.



Fig. 3. MapCHECK와 ArcCHECK Setting

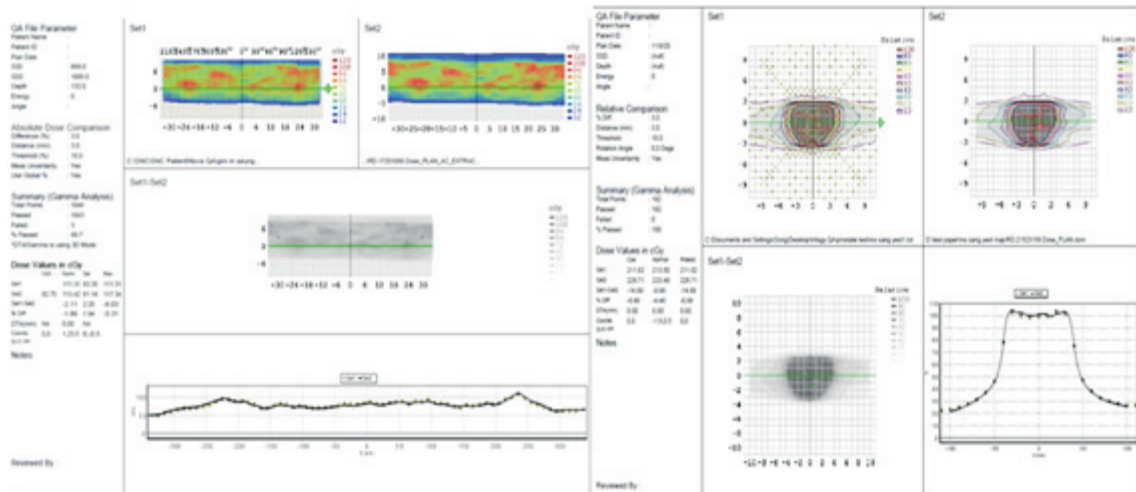


Fig. 4. ArcCHECK과 MapCHECK을 이용한 선량분포 정확도 분석

6) DQA 측정 과정

Fig. 3처럼 MapCHECK과 ArcCHECK를 설치하였다. Couch 위에 MapCHECK Phantom을 설치하고 빔을 조사 후에 컴퓨터의 설치된 프로그램을 이용하여 감마 분석 Array rate 계산 값을 얻을 수 있었다. Gantry 방향에는 CC04 Ion-Chamber를 위치시킨 후 Electrometer(DOSE1)에서 점 선량(Point dose)을 측정했다. 점 선량(Point dose) 측정 시 선량 계산을 위해 온도계와, 기압계도 사용되었다(Fig. 3).

7) ArcCHECK & MapCHECK 측정 data 분석 및 MU 값 계산

MapCHECK과 ArcCHECK의 분석은 두 분류로 나누었다. Fig. 4와 같이 Solid Detector Array를 이용한 Absolute Dose(%)이고 또 하나는 Ion-chamber와 전위 선량계(DOSE1)를 이용한 점 선량(Point dose)이다. Absolute의 Gamma Evaluation은 실제로 Novalis Tx 치료실에서 측정된 선량 분포도와 RTP에서 DICOM으로 저장한 선량 분포 data를 이용하여 측정하였으며, Percentage of passed points with Gamma Evaluation은 Dose 3 %, Distance 3 mm, Threshold 10.0 %으로 계산하여 데이터 값을 얻었다. 점 선량(Point Dose)은 CC04 Ion-

Chamber를 이용하여 Electrometer(DOSE1)에서 쿨롱 값을 얻은 후 이 값을 선량 값으로 변환시켜, RTP plan에서 얻은 선량 값과 비교 하여 오차 값을 구하였다. 또한, MU 값은 RTP plan에서 계산 후에 display을 통해 알 수 있었다(Fig. 4).

결 과

1. Analysis of Target & OAR distribution of patients

Fig. 5는 1 Arc plan 환자(1번~5번)의 P₁ Group의 선량 분포도와 선량 평균값을 보여주고 있다. Target의 평균 선

량 값의 D_{max}는 6016 cGy, PTV(only) D_{98%}는 5414 cGy, PTV&Bladder D_{98%}는 5059 cGy, 그리고 PTV&Rectum D_{98%}는 5012 cGy이다. OAR 평균 선량 값에서는, Bladder_only D_{40%}가 3168 cGy, Rectum only D_{40%}이 2808 cGy, Colon D_{35%}는 75 cGy 그리고 Bone D_{10%}는 1560 cGy이며 Upper rectum D_{40%}는 1731 cGy이다(Fig. 5).

Fig. 6은 2 Arc plan 환자(1번~5번)의 P₂ Group의 선량 분포도와 선량 평균값을 보여주고 있다. Target의 평균 선량 값의 D_{max}는 5968 cGy, PTV(only) D_{98%}는 5419 cGy, PTV&Bladder D_{98%}는 5074 cGy, 그리고 PTV&Rectum D_{98%}는 5033 cGy이다. OAR 평균 선량 값에서는, Blad-

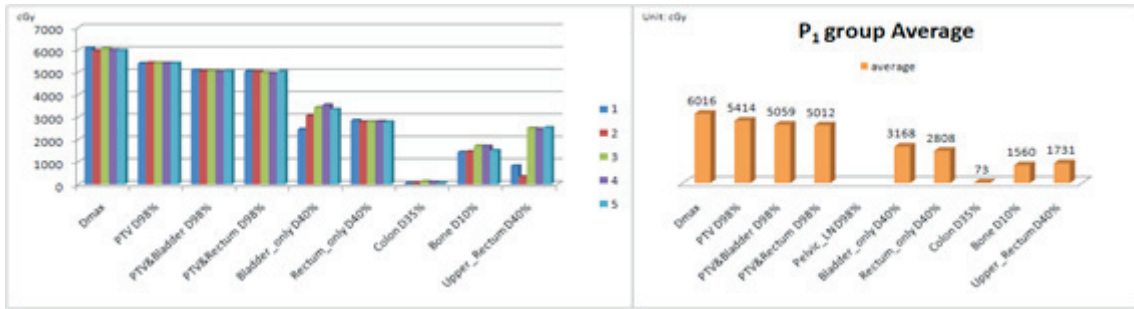


Fig. 5. P₁ Group 선량 분포도 및 평균 선량 값

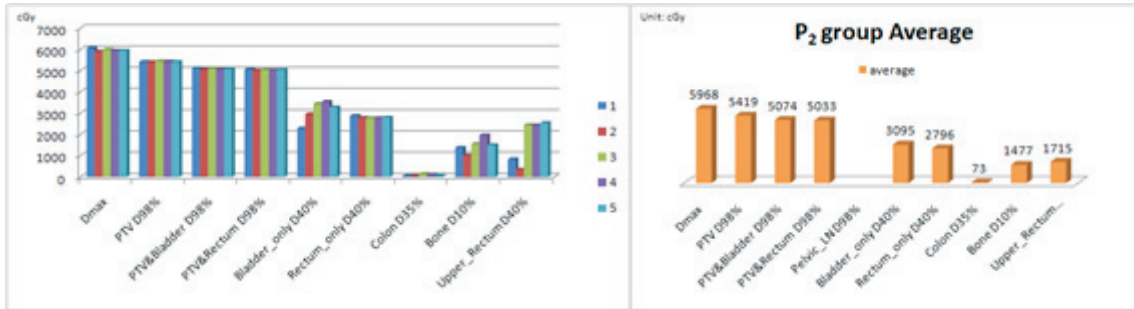


Fig. 6. P₂ Group 선량 분포도 및 평균 선량 값

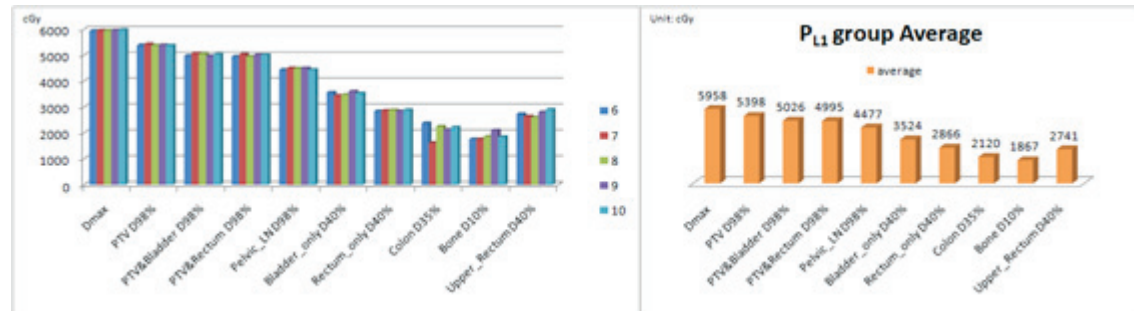


Fig. 7. P₁₁ Group 선량 분포도 및 평균 선량 값

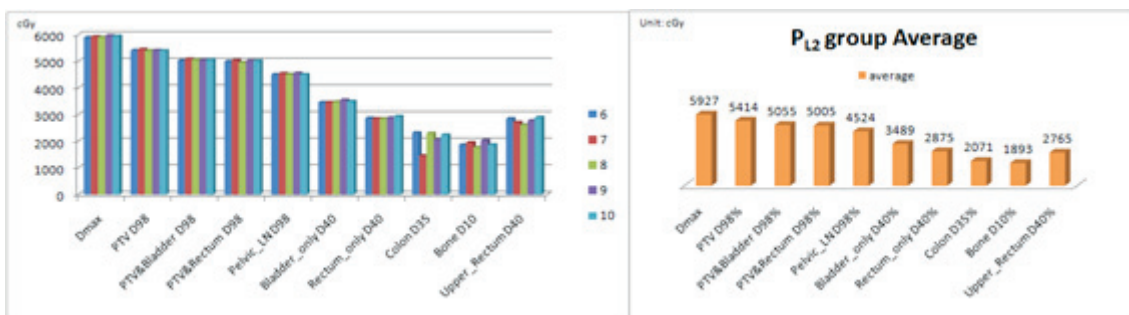


Fig. 8. P₁₂ Group 선량 분포도 및 평균 선량 값

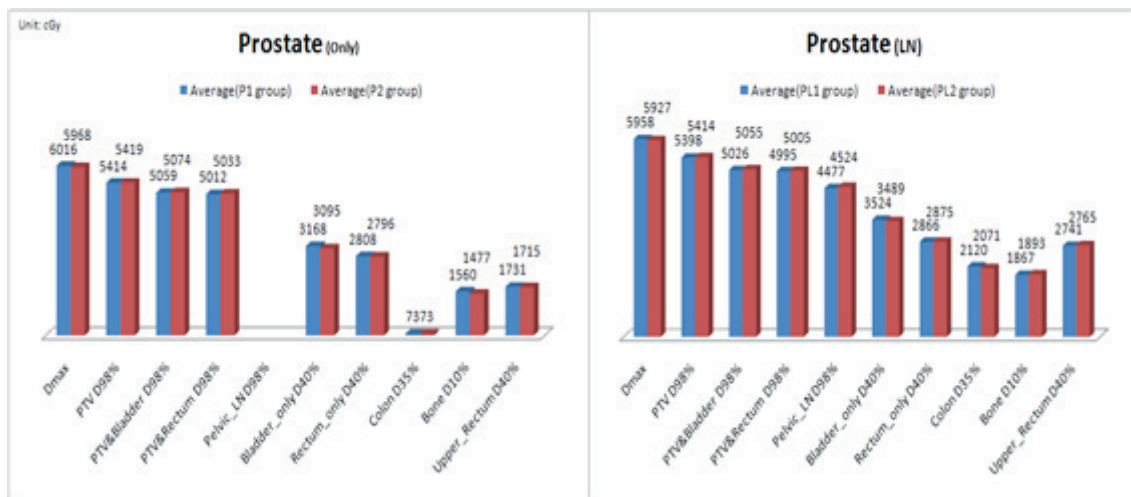


Fig. 9. 4 Group의 평균 선량 분포도

der_only D₄₀%가 3095 cGy, Rectum only D₄₀%이 2796 cGy, Colon D₃₅%는 75 cGy 그리고 Bone D₁₀%는 1477 cGy이며 Upper rectum D₄₀%는 1715 cGy이다(Fig. 6).

Fig. 7은 1 Arc plan 환자(6번~10번)의 P_{L1} Group의 선량 분포도와 선량 평균값을 보여주고 있다. Target의 평균 선량 값의 D_{max}는 5958 cGy, PTV(only) D₉₈%는 5398 cGy, PTV&Bladder D₉₈%는 5026 cGy, 그리고 PTV&Rectum D₉₈%는 4995 cGy이다. 그리고 Pelvis_LN D₉₈%는 4477 cGy이다. OAR 평균 선량 값에서는, Bladder_only D₄₀%가 3524 cGy, Rectum_only D₄₀%는 2866 cGy, Colon D₃₅%는 2120 cGy 그리고 Bone D₁₀%는 1867 cGy이며 Upper rectum D₄₀%는 2741 cGy이다(Fig. 7).

Fig. 8은 2 Arc plan 환자(6번~10번)의 P_{L2} Group의 선량 분포도와 선량 평균값을 보여주고 있다. Target의 평균 선량 값의 D_{max}는 5927 cGy, PTV(only) D₉₈%는 5414 cGy, PTV&Bladder D₉₈%는 5055 cGy, 그리고

PTV&Rectum D₉₈%는 5005 cGy이다. 그리고 Pelvis_LN D₉₈%는 4524 cGy이다. OAR 평균 선량 값에서는, Bladder_only D₄₀%가 3489 cGy, Rectum_only D₄₀%는 2875 cGy, Colon D₃₅%는 2071 cGy 그리고 Bone D₁₀%는 1893 cGy이며 Upper rectum D₄₀%는 2765 cGy이다(Fig. 8).

Fig. 9는 4 Group의 평균 선량 분포도 값을 비교했다. Only-Prostate의 선량 분포도에서는 D_{max}가 P₁ Group에서 높았으며, Target의 선량 분포들은 상대적으로 P₂ Group이 높았다. OAR에서는 P₁ Group이 P₂ Group보다 상대적으로 높은 선량 값을 보였다. LN-Prostate의 선량 분포도에서는 D_{max}는 P₁이 더 높았으며, Target의 선량 분포들은 P₁₂가 더 높았고 P_{L1}은 처방 선량 값보다 적은 선량 값을 보였다. OAR에서는 P_{L2}와 P_{L1}이 상대적으로 비슷하거나 차이가 많이 나지 않는 것으로 보였다(Fig. 9).

Table 2. DQA 측정된 Gamma evaluation pass rate 값

Patient	1	2	3	4	5	Average
MapCHECK 1 Arc	99.4 %	100.0 %	99.8 %	99.4 %	99.4 %	99.6 %
ArcCHECK 1 Arc	100.0 %	100.0 %	98.6 %	99.2 %	99.5 %	99.5 %
Patient	6	7	8	9	10	Average
MapCHECK 2 Arc	99.4 %	99.1 %	99.8 %	99.5 %	99.1 %	99.4 %
ArcCHECK 2 Arc	99.7 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	99.7 %	99.9 %

Table 3. 측정된 DQA 점 선량(Point Dose) 오차 값

Patient	1	2	3	4	5	Average
MapCHECK 1 Arc	-0.62 %	-0.13 %	-0.14 %	0.00 %	-0.71 %	-0.44 %
ArcCHECK 1 Arc	0.00 %	0.00 %	-0.22 %	0.00 %	0.62 %	0.08 %
Patient	6	7	8	9	10	Average
MapCHECK 2 Arc	1.23 %	0.90 %	1.27 %	1.03 %	0.94 %	1.07 %
ArcCHECK 2 Arc	-0.24 %	-0.88 %	0.05 %	-0.09 %	0.00 %	-0.23 %

Table 4. MU 측정 값

Patient	1	2	3	4	5	Average
1 Arc	566.0 MU	560.0 MU	550.0 MU	574.0 MU	523.0 MU	554.6 MU
2 Arc	570.0 MU	572.0 MU	638.0 MU	574.0 MU	544.0 MU	579.6 MU
Patient	6	7	8	9	10	Average
1 Arc	509.0 MU	498.0 MU	551.0 MU	487.0 MU	501.0 MU	509.2 MU
2 Arc	530.0 MU	517.0 MU	579.0 MU	509.0 MU	547.0 MU	536.4 MU

2. DQA Comparison Analysis

1) 선량 분포 정확도 분석을 위한 Gamma evaluation pass rate 결과 값

Table 2는 MapCHECK과 ArcCHECK의 Gamma evaluation pass rate 값과 평균값을 Absolute Dose(%)로 보여주고 있다. 측정값의 대부분은 99.4 % 이상의 높은 값을 보여주고 있으며, MapCHECK의 1 Arc에서는 평균 99.6 %이고 MapCHECK 2 Arc에서도 99.4 %로 측정되었다. ArcCHECK의 1 Arc에서는 99.5 %, 2 Arc에서는 99.9 %로 측정되었다(Table 2).

2) Point Dose(%) 오차 분석

Table 3은 측정된 DQA 점 선량(Point dose)의 오차 값과 평균값을 보여주고 있다. ArcCHECK의 평균 오차 값은 1 Arc에서는 0.08 %, 2 Arc에서는 -0.23 % 값이 나왔다.

MapCHECK의 평균 오차 값은 1 Arc에서는 -0.44 %와 2 Arc에서는 1.07 %로 ArcCHECK의 정확도가 조금 더 높았다(Table 3).

3) MU 값

Table 4는 계산된 MU(Monitor Unit) 값과 평균값을 보여주고 있다. 1 Arc plan 환자(1번~5번)의 P₁ Group의 평균값은 554.6 MU이며, 2 Arc plan 환자(1번~5번)의 P₂ Group의 평균값은 579.5 MU이다. 그리고 1 Arc plan 환자(6번~10번)의 P_{L1} Group의 평균값은 509.2 MU이며, 2 Arc plan 환자(6번~10번)의 P_{L2} Group의 평균값은 536.4 MU로 나타났다(Table 4).

결론 및 고찰

본 연구에서는 Arc plan을 이용한 Prostate Cancer 치료에서의 선량 분포도와 DQA 결과에 대해 분석 수행을 했다. 분석 결과로는 4개 Group 모두 D_{max} 는 평균 107%에서 109% 사이이며, 1 Arc의 P_1 Group에서 가장 높은 6016 cGy의 D_{max} 를 보였으며, 2 Arc의 P_{L2} 의 Group에서는 가장 낮은 5927 cGy의 D_{max} 를 보였다. Target 선량으로 설정된 PTV_only $D_{98\%}$ 는 4개 Group의 평균 선량 값은 5410 cGy이고 가장 높은 선량 값은 5419 cGy의 Only-Prostate 2 Arc(P_2) Group이었으며, 가장 적은 선량 값은 LN-Prostate 1 Arc(P_{L1}) Group으로 5398 cGy 이었다. PTV&Bladder $D_{98\%}$ 평균은 5000 cGy 이상으로 처방 선량 값에 충분했지만 LN-Prostate(P_{L1})에서는 5000 cGy 이하였다. Pelvis-LN $D_{98\%}$ 는 1 Arc와 2 Arc에서 4400 cGy 이상을 보여 처방 선량에 충분했다. OAR에서는, Bladder_only $D_{40\%}$ 는 4 Group 전부 3600 cGy 미만이며 Rectum_only $D_{40\%}$ 및 Upper_Rectum $D_{40\%}$ 약 2800 cGy이지만 LN-Prostate 1Arc(P_{L1}) Group은 처방 선량을 초과하거나 다른 Group보다 높은 선량이 나왔다. Colon과 Bone는 OAR 치료 처방 선량 조건에 충분히 만족하는 선량 값을 보여주고 있다. 1 Arc 또는 2 Arc 방법의 결과에서, Only-Prostate인 P_1 과 P_2 의 선량은 처방 선량에 두 Group 모두 충족하였다. 그러나 치료시간 및 Beam time이 두 배 이상 걸리기 때문에 일반적으로 1 Arc 방법이 적합하다고 볼 수 있다. LN-Prostate의 2 Arc의 경우에는 치료시간보다는 치료 선량의 중요성을 고려된 치료 계획이므로 Target $D_{98\%}$ 선량이 높게 나타났으며, OAR은 P_{L1} Group 보다 낮게 나타남을 보였다.

DQA 실험 결과는 ArcCHECK 또는 MapCHECK 값과 유사하거나 ArcCHECK 값이 Gamma evaluation pass rate의 정확도 및 점 선량(Point dose)의 오차 값에서 조금 더 정확했으며, 두 선량 측정값의 오차가 1% 이내였지만 Prostate DQA 측정에는 ArcCHECK을 사용하는 것이 더 적합하다고 보여 주고 있다. MU(Monitor Unit) 값은 일반적으로 1 Arc보다 2 Arc에서 25 MU(P_1 & P_2)와 27.2 MU(P_{L1} & P_{L2})가 더 높은 것을 알 수 있다. 이러한 실험 결과로, Only-Prostate Cancer 환자 치료에서는 1 Arc

plan을 이용한 방사선 치료 방법이 적합하였으며, LN-Prostate Cancer 환자의 치료에서는 2 Arc plan을 이용한 방사선 치료방법이 적합함을 확인하였다. 그러나 Pelvis_LN의 크기가 작거나, 신속한 치료가 요구되는 응급상황에서는 1 Arc를 이용한 치료도 고려될 수 있다고 생각된다.

참고문헌

1. Charlotte Sale and Phillip Moloney : Dose comparisons for conformal, IMRT and VMAT prostate plans. Journal of medical imaging and Radiation Oncology 55; 2011; 611-621
2. Gray PJ, Paly JJ, Yeap By, et al : Patientreported outcomes after 3-dimensional conformal, intensity-modulated, or proton beam radiotherapy for localized prostate cancer. Cancer 119; 2013:1729-1735
3. 문준기 외 3명 : 골반 림프선을 포함한 전립선암 치료 시 Split VMAT plan의 유용성 평가, 대한방사선치료학회지 제27권 제2호; 2015: 145-156
4. Se an Oh et al., : Dosimetric Verifications of the Output Factors in the Small Field Less Than 3 cm² Using the Gafchromic EBT2 films and the Various Detectors, Progress in Medical Physics(vol 25), No. 4, December, 2014
5. Hosang Jin et al., : A Comparison Study of Volumetric Modulated Arc Therapy Quality Assurances Using Portal Dosimetry and MapCHECK 2, Progress in medical physics Vol. 25; No. 2; June,(2014)
6. IBA Dosimetry : I' mRT MatriXX: The new standard in 2D IMRT pre-treatment verification. <http://www.iba-dosimetry.com>
7. 허광명 : 전립선암의 방사선치료에서 토모테라피와 용적변조회전치료(VMAT)의 치료계획에 따른 유용성 평가; 동신대학교, 2016: 10-23

8. C.A. Elith et al : Comparing four volumetric modulated arc therapy beam arrangements for the treatment of early-stage prostate cancer, Journal of Medical Radiation Sciences; 91-101
9. Iori M et al., : Dose-Volume and biological-model based comparison between helical tomotherapy and(inverse-planned) IMAT for prostate tumours, Radiother Oncol(2008); doi:10.1016/j.radonc: 2008; 03,003
10. Lalya et al., : Radiotherapy of Prostate Cancer Using RapidArc: Dosimetric Study of Military Teaching Hospital Mohamed V, Morocco, J nucl Med Radiat Ther: 2017; 8:5 DOI: 10.4172/2155-9619.1000343

Dosimetric Comparison of One Arc & Two Arc VMAT Plan for Prostate cancer patients

Department of Radiation Oncology, Chonnam National University Hwa-Sun Hospital

Kim Byoung Chan, Kim Jong Deok, Kim Hyo Jung, Park Ho Chun, Baek Jeong Ok

Purpose : Intensity-modulated radiation therapy(IMRT) has been widely used for radiation therapy of Prostate Cancer because it can reduce radiation adverse effects on normal tissues and deliver more dose to the Prostate than 3D radiation therapy. Volumetric modulated arc therapy(VMAT) has been widely used due to recent advances in equipment and treatment techniques. VMAT can reduce treatment time by up to 55 % compared to IMRT, minimizing motion error during treatment.

Materials and Methods : In this study, compared the MU and DVH values of 10 patients with prostate cancer by classifying them into 4 groups with 5 LN-Prostate groups and 5 Only-Prostate. And DQA measurements were performed using ArcCHECK and MapCHECK.

Results : The results of Target and OAR dose distribution of Prostate patients are as follows. D_{max} was in the range of 100~110 % in 4 groups, and more than 110 % of hot spot was not seen. Only-Prostate (P_1, P_2) without LN had a satisfactory dose distribution for the target dose, but slightly better for 2 arc plan(P_2) than 1 arc plan(P_1). The target dose $D_{98\%}$ distribution in the LN-Prostate (P_{L1}, P_{L2}) group showed better 2 arc plan(P_{L2}) than 1 arc plan(P_{L1}), But in the case of 1 arc plan(P_{L1}), the target dose $D_{98\%}$ value was not enough. In OAR, the dose distribution of 1 Arc(P_1) Plan and 2 Arc(P_2) Plan in the Only-Prostate (P_1, P_2) Group satisfied the prescribed dose value. But, The dose distribution of 1 arc(P_1) was slightly higher. In LN-Prostate OAR, 1 Arc(P_{L1}) Plan showed higher dose than the prescribed dose. The Gamma evaluation pass rate of ArcCHECK and MapCHECK calculated from the DQA measurements was slightly higher than 99 % and the mean error range of the point dose measurements using the CC04 ion chamber was less than 1 %.

Conclusion : In this study, Only-Prostate (P_1, P_2) group, the dose of 2 Arc plan was better. However, considering the treatment time and MU value, 1 Arc treatment method was more suitable. In the LN-Prostate (P_{L1}, P_{L2}) group, 2 Arc(P_{L2}) treatment method showed better results and satisfied with Target $D_{98\%}$ and OAR prescription dose.

▶ **Keyword :** Prostate, VMAT, DVH, ArcCHECK, MapCHECK, MU