

전립선암에 대한 토모치료와 양성자치료의 치료계획 비교

- A Comparison for Treatment Planning of Tomotherapy and Proton Therapy in Prostate Cancer -

국립암센터 종양학과 · 대구대학교 물리학과¹⁾ · 한서대학교 방사선학과²⁾

송관수 · 배종림¹⁾ · 김정구²⁾

— 국문초록 —

전립선암은 남성에 발생하는 가장 흔한 악성 종양으로 2007년 우리나라에서 연 평균 5,292건이 발생하여 전체 암 발생의 3.3%로 7번째로 많이 발생하였다. 이러한 전립선암 환자의 방사선 치료 시 토모치료와 양성자치료에 대한 특성을 비교하여 보았다. 2011년 6월부터 11월까지 일산 K 암전문병원에서 전립선암 환자 11명을 대상으로 전립선암 치료계획 시 전립선 및 주변 인접 장기인 직장과 방광에 대한 DVH와 선량 분포를 비교 분석하였다. PTV의 경우 전립선암 치료의 목적으로만 본다면 토모치료와 양성자치료에는 차이가 없었다. 또한 인접 장기인 방광과 직장에 대한 평균 용적선량을 조사한 결과 2port 양성자치료가 토모치료나 5port 양성자치료보다 선량이 적게 들어감을 확인하였다. 또한 양성자치료가 토모치료에 비해 H·I가 낮게 나타났으며, 양성자치료에서 5port가 2port보다 H·I가 낮게 나타났으나, 방광과 직장에 대한 용적선량과 장비 운용 시간을 고려하면 2port가 5port에 비하여 좀 더 유리할 수 있다고 사료된다.

중심 단어: 전립선암, 토모치료, 양성자치료, 선량체적히스토그램

I. 서 론

전립선암은 유럽이나 서구 사회에서 남성에 발생하는 가장 흔한 악성 종양이다. 미국에서도 연간 발생하는 남성 암 중에서 발생빈도가 가장 높은 것으로 보고하고 있으며, 전립선암으로 인한 사망률은 폐암에 이어 2위를 차지하고 있다. 2009년에 발표된 한국 중앙암등록본부 자료에 의하면 2007년에 우리나라에서 발생한 암 중 전립선암은 연

평균 5,292건이 발생하여 전체 암 발생의 3.3%로 7위를 차지하였다¹⁾. 전립선암의 발생 원인은 일반적으로 나이, 인종, 호르몬, 당뇨병, 가족력, 비만 등이 있다. 나이는 전립선암의 가장 중요한 위험인자로 나이에 비례하여 증가하며 40세 이하에서는 드물고 50세 이상에서 급격히 증가하여 주로 60세 이후의 노인에게 많이 발생한다. 2007년 우리나라에서 발생한 전립선암은 연령대별로 70대가 39.9%로 가장 많고, 60대가 37.0%, 80대 이상이 11.9%의 순이다²⁾. 80대 이후에 발생률이 줄어드는 이유는 한국 남성의 평균수명이 76세이기 때문에 80대 이후의 전립선암 환자가 상대적으로 감소하는 것처럼 보이기 때문이다. 전립선은 남성 호르몬의 영향을 많이 받는 장기이지만, 체내의 남성 호르몬 농도와 전립선암 발생 위험과의 관계는 명확하지 않다. 남성 호르몬의 대부분은

* 접수일(2012년 10월 23일), 1차 심사일(2012년 11월 13일), 2차 심사일(2013년 2월 15일), 확정일(2013년 3월 7일)

교신저자: 김정구, (356-706) 충남 서산시 해미면 대곡리 360
한서대학교 방사선학과
Tel : 041) 660-1055
E-mail : jkkim@hanseo.ac.kr

고환에서 생성되는데 고환을 제거한 남자에서는 전립선암이 발생하지 않으며, 전립선암 환자도 약물이나 수술로 고환을 제거하면 전립선암이 퇴화한다고 알려져 있다.

이러한 전립선암에 대한 방사선 치료는 1911년 Pasteur가 라듐을 사용하여 처음으로 시도한 이후 직장이나 전립선 요도를 통하여 라듐 바늘을 심기도 하였으며, 초기의 전립선암에 대한 치료 방법으로는 성기능의 유지 보존 때문에 수술보다는 방사선치료를 많이 권하였다. 국소적 전립선암에 대한 근치적 목적의 방사선치료 시 3차원 입체조형 방사선치료(3D-Conformal Radiotherapy, 3D-CRT) 또는 세기조절방사선치료(Intensity Modulated Radiotherapy, IMRT)를 시행하면 기존의 전통적인 방사선치료(Conventional Radiation Therapy)에 비해 직장의 부작용이 현저히 감소되어 방사선을 안전하게 조사할 수 있지만, 비뇨기계 부작용의 발생률은 감소되지 않았다. 따라서 방사선 치료로 인한 급성 비뇨기계 부작용은 환자 삶의 질을 저하시킬 뿐 아니라 만성 비뇨기계 부작용의 발생 또한 증가시킨다. 이러한 비뇨기계 부작용을 줄이기 위하여 방광을 채운 상태에서 방사선 치료를 하는 방법이 제안되었으며, 이러한 방법은 방사선 조사야에 포함되는 방광의 면적이 줄어들어 부작용이 감소한다고 알려져 있다³⁾.

전립선암 치료와 같은 움직이는 장기의 방사선 치료 시 주변 장기의 영향으로 토모치료와 실제 치료 간에는 많은 차이를 유발한다⁴⁾. 이와 같이 치료의 기하학적 위치에 대한 불확실성과 호흡이나 심장의 박동과 같은 생리적인 현상에 의한 불확실성 등 장기의 움직임은 계획된 것과 다른 선량 분포를 나타내기 때문에 정상조직에 원치 않는 과도한 선량을 조사할 수 있으며 육안적 종양체적(Gross Tumor Volume, GTV)에 처방선량보다 적은 선량이 조사됨에 따라 치료 결과에 많은 영향을 미칠 수 있다.

최근 첨단 의료공학 기술이 발달함에 따라 방사선 치료에 토모치료(Tomotherapy)와 양성자치료(Proton Therapy)가 이용되고 있으며, 토모치료의 경우 IGRT(Image Guided Radiation Therapy)와 IMRT를 함께 사용할 수 있다^{5,6)}. 토모치료는 MVCT 영상으로 주변 정상조직이나 종양의 변화를 관찰할 수 있고 선량분포를 재현할 수 있기 때문에 환자의 체중 감소나 종양의 크기 변화 등 해부학적 구조의 변화가 심한 경우 MVCT 영상을 이용하여 변형된 위치에 대한 치료계획이 가능하다⁷⁾. 전립선 암의 경우 방사선 총 선량이 늘어나면 종양의 국소 재발률이 감소한다. 그러나 총 선량을 올리면 종양에 들어가는 선량도 커지지만 주변 정상조직에 들어가는 선량도 커지는 부작용

이 커지므로 토모치료의 선량적 이점과 MVCT 영상을 이용한 준비오차의 수정으로 정상조직의 부작용을 최소화 하면서 1회 치료 선량을 증가 시키려는 연구가 진행되고 있다⁸⁾. 이러한 전립선암과 같은 만기 반응하는 경우 토모치료의 효과는 더 크다. 양성자치료의 경우 Bragg-peak 특성을 이용하여 체내의 특정 깊이에서 최대방사선 흡수를 유도하여 암 조직 뒤에 있는 정상조직은 방사선 노출을 최소화하여 치료효과를 극대화하는 치료 방법이다^{8,9)}. 양성자치료는 기존 방사선치료가 심각한 부작용을 나타낼 것으로 우려되는 경우 부작용을 줄이기 위하여 주로 적용된다¹⁰⁾. 미국의 경우 양성자치료에 적용되는 흔한 질환 중 전립선암이 포함되며, 국내에서도 양성자치료기가 도입된 이후 전립선암에 대한 양성자치료가 적용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 전립선암 환자에 대한 토모치료와 양성자치료에 대한 치료계획을 비교하여 전립선암에 대한 적절한 방사선 치료 방법을 확인하고자 하였다.

II. 실험 방법

1. 연구대상 및 방법

2011년 6월부터 10월까지 일산 K 암전문병원에서 전립선암에 대한 토모치료 및 양성자치료의 방사선 선량 분포를 확인하기 위하여 토모치료 및 양성자치료를 받은 전립선암 환자 11명을 대상으로 하였다. 양성자치료를 받는 환자의 경우 추가적으로 토모치료의 치료계획을 세웠으며, 토모치료를 받는 환자의 경우 추가적으로 양성자치료의 치료계획을 세웠다. 전립선암 환자에 대한 2가지 치료 방법으로 전립선암 치료 계획 시 전립선 및 주변 인접 장기인 직장과 방광에 대한 선량 체적 히스토그램(DVH)과 선량 분포를 각각 비교 분석하여 보았다.

3차원 입체조형치료계획을 하기 위하여 치료계획용 컴퓨터단층촬영장비(Light Speed RT, G.E, USA)를 이용하여 영상을 획득하였다. 또한 전립선암 환자에 대한 치료 계획을 수립하기 위하여 양성자치료 계획의 경우 Eclipse(Varian, V8.1, USA)를 사용하였으며 토모치료 계획의 경우 Tomotherapy planning system (TomoTherapy Inc., V4.0.4.17, USA)을 사용하였다.

전립선암 환자에 대한 CT 모의 치료의 전 처치로 직장내 이물질을 제거하기 위하여 관장을 시행하였으며, 비뇨기계의 부작용을 줄이고 일정하게 방광을 채우기 위하여 소변을 보게 한 후 물 300 cc를 마시게 하고 1시간 동안 소변을 참게 하였다. 환자의 자세는 편안하게 누운 자세로

환자의 움직임을 최소화 하고, 매 치료 시 환자의 재현성을 위하여 하체 고정 기구를 사용하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Photography of immobilization device in radiotherapy of prostate cancer patients

전립선암의 방사선 모의치료 시 전립선의 움직임은 일반적으로 5 mm 정도이며 최대 200 mm까지의 움직임이 있는 것으로 알려져 있다^{11,12,13}. 이러한 전립선의 움직임을 최소화하고 직장의 부작용을 줄이고자 직장 풍선을 사용하였다¹⁴. 치료 계획 시 잔여 공기 때문에 치료 계획에 지장이 생길 수 있으므로 먼저 직장 내에 공기가 있을 경우 폴리 카테터를 이용하여 공기를 빼내주며, 직장 풍선 내부에 잔여 공기가 있는지 확인 한 후 직장 풍선을 항문에 삽입한 후 멸균 식염수 90 cc와 조영제 10 cc를 주입하였다. 또한 직장 튜브에 눈금을 표시하여 매 치료 시 직장 풍선이 일정하게 위치 할 수 있도록 하였다¹².

치료계획용 컴퓨터단층촬영장비를 이용하여 환자가 누운 상태에서(supine position) 복부에서부터 대퇴골의 중간까지 치료 환자의 골반 전체가 포함이 되도록 스캔하여 scout 영상을 획득하였다. 단면적의 두께는 2.5 mm로 하고, 스캔 범위는 L4부터 골반이 포함되도록 범위를 설정하여 영상을 획득하였으며(Fig. 2), 획득한 영상은 DICOM을 통하여 3차원 치료계획이 가능한 치료 계획용 컴퓨터로 전송하였다. 전립선 암에 대한 토모치료 계획은 DICOM에서 전송된 이미지에 타겟의 범위를 전립선 GTV+7.5 mm로 치료 계획을 수립하였으며(Fig. 3), 전체 선량은 70 Gy로 설정하였다. 토모치료 장비의 modulation factor는 2.0, 피치는 0.250, 빔폭은 2.5 cm로 설정하였다. 또한 전립선 암에 대한 양성자치료 계획은 DICOM에서 전송된 이미지

에 타겟의 범위는 전립선 GTV + 7.5 mm로 했다. 양성자 빔 은 회전식 치료가 가능한 gantry room 3에서 시행하였으며, distal margin은 2 mm, proximal margin은 2 mm, block margin은 10 mm로 하였다. compensator의 smoothing은 10 mm, smearing은 3 mm로 하였으며, snout의 air gap은 2 cm로 설정하였다. 마지막으로 빔 각도는 대향 2문 조사로 갠트리 각도는 90°, 270° 로 치료계획을 수립하였으며(Fig. 4,5), 추가적으로 양성자치료 치료계획에서 추가되는 빔에 대한 연구하기 위하여 다섯 개의 갠트리 각도(45°, 90°, 180°, 270°, 315°)을 가지도록 치료계획을 수립하였다.

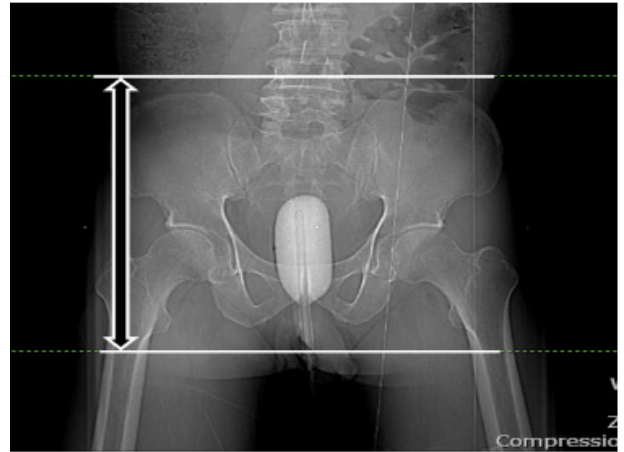


Fig. 2. Scan range of scout image

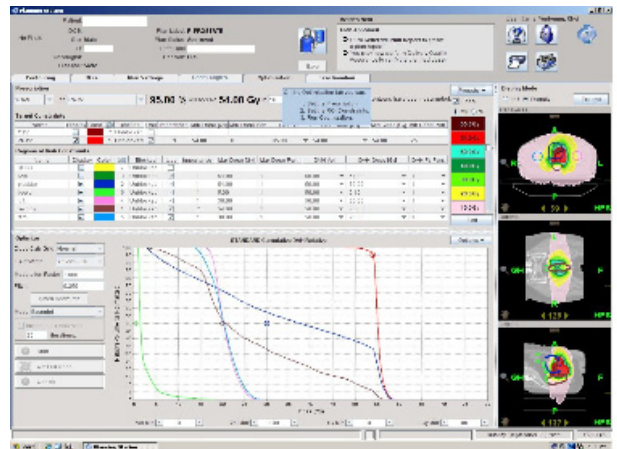


Fig. 3. Radiation treatment planning for tomotherapy

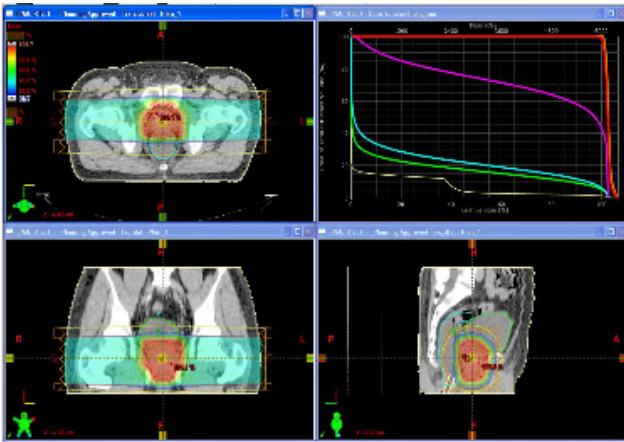


Fig. 4. Radiation treatment planning for proton therapy(2port)

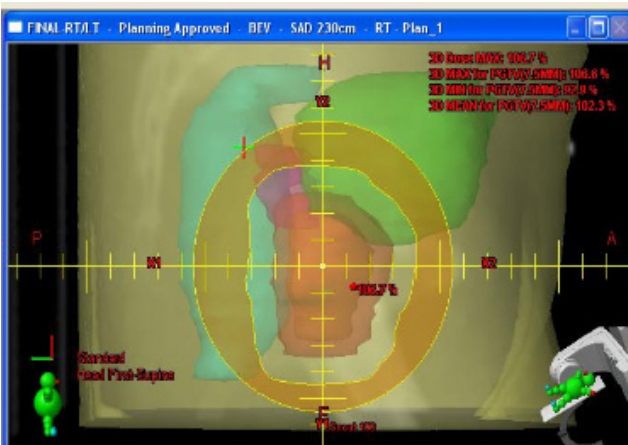


Fig. 5. Block margin and shape in proton therapy

2. 균질성 지수(Homogeneity Index: H · I)

균질성 지수(H · I)는 계획용 표적체적의 선량이 균일하게 들어가는 정도를 나타내며, 식(1)과 같이 나타낸다. 일반적으로 H · I가 0에 근접 할수록 최적의 치료계획이라 평가할 수 있다.

$$H.I = \frac{D_2 - D_{98}}{D_p} \times 100\%$$

D_2 (Gy) : Dose covering 2% volume of PTV

D_{98} (Gy) : Dose covering 98% volume of PTV

D_p (Gy) : Prescribed dose to PTV

III. 연구 결과

1. PTV의 용적 및 선량 평가

전립선 암 환자에 대한 토모 치료 및 양성자 치료에 따른 PTV의 용적에 대한 선량을 분석하였다. 토모치료에 있어 PTV에 대한 V_{50} 은 102.3%, V_{95} 는 99.9%이었으며 D_{max} 는 108.1%로 나타났다. 또한 2port 양성자 치료에서 PTV에 대한 V_{50} 은 103.7%, V_{95} 는 101.1%이었으며 용적내 최대선량(D_{max})는 106.4%로 나타났다. 마지막으로 5port 양성자치료에서 PTV에 대한 V_{50} 은 102.6%, V_{95} 는 100.9%이었으며 용적내 최대선량은 105.1%로 나타났다. 이것은 전립선 암 환자에 대한 토모치료와 양성자치료의 선량분포가 크게 차이가 없음을 알 수 있다(Table 1). 또한 PTV의 평균 용적선량을 보면 토모치료와 양성자치료의 선량분포에 차이가 없음을 확인하였다(Fig. 6).

Table 1. Dose distribution of PTV (unit: %)

	V_{50}	V_{95}	D_{max}
Tomotherapy	102.3	99.9	108.1
Proton therapy(2port)	103.7	101.1	106.4
Proton therapy(5port)	102.6	100.9	105.1

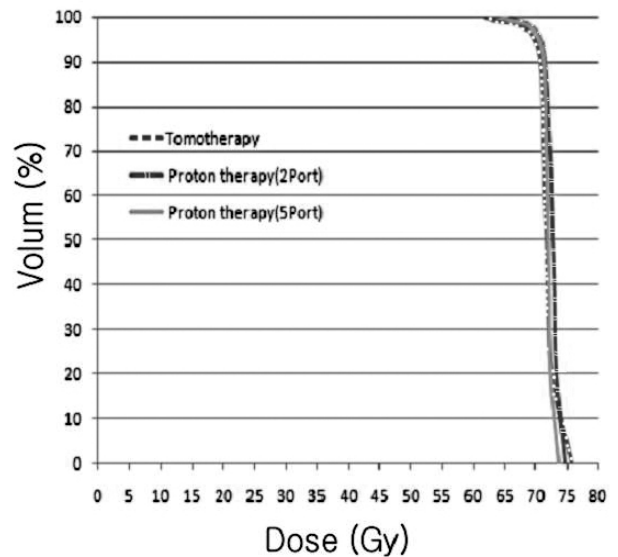


Fig. 6. Dose volume histogram in PTV

2. 방광의 용적 및 선량 평가

전립선암 환자에 대한 토모치료 및 양성자치료에 따른 방광의 용적에 대한 선량을 분석하였다. 토모치료를 있어 방광에 대한 V_{50} 은 30.4%, V_{95} 는 7.2%이었으며 용적내 최대선량은 106.9%로 나타났다. 또한 2port 양성자치료에서 방광에 대한 V_{50} 은 15.1%, V_{95} 는 0%이었으며 용적내 최대선량은 105.2%로 나타났다. 마지막으로 5port 양성자치료에서 방광에 대한 V_{50} 은 29.4%, V_{95} 는 0.08%이었으며 용적내 최대선량은 104.1%로 나타났다. 이것은 방광에는 2port 양성자치료가 토모치료를나 5port 양성자치료보다 선량이 적게 들어가는 것으로 나타났다(Table 2). 방광의 평균 용적 선량을 보면 전체적으로 2port 양성자치료가 토모치료를나 5port 양성자치료보다 더 낮게 나타났다. 그리고 V_{50} 이상에서는 토모치료가 5port 양성자치료보다 높게 나타났지만 V_{50} 이하에서는 토모치료가 오히려 5port 양성자치료보다 낮게 나타났다(Fig. 7).

Table 2. Dose distribution of bladder (unit: %)

	V_{50}	V_{95}	D_{max}
Tomotherapy	30.4	7.2	106.9
Proton therapy(2port)	15.1	0	105.2
Proton therapy(5port)	29.4	0.08	104.1

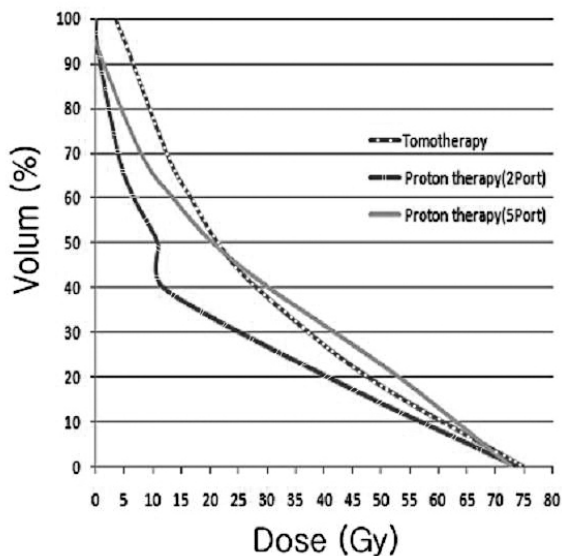


Fig. 7. Dose volume histogram in bladder

3. 직장의 용적 및 선량 평가

전립선암 환자에 대한 토모치료 및 양성자치료에 따른 직장의 용적에 대한 선량을 분석하였다. 토모치료를 있어 직장에 대한 V_{50} 은 33.4%, V_{95} 는 12.4%이었으며 용적내 최대선량은 107.5%로 나타났다. 또한 2port 양성자치료에서 직장에 대한 V_{50} 은 13%, V_{95} 는 0%이었으며 용적내 최대선량은 105.3%로 나타났다. 마지막으로 5port 양성자치료에서 직장에 대한 V_{50} 은 25.4%, V_{95} 는 3.5%이었으며 용적내 최대선량은 104.6%로 나타났다. 이것은 직장에는 2port 양성자치료가 토모치료를나 5port 양성자치료보다 선량이 적게 들어가는 것으로 나타났다(Table 3). 직장의 평균 용적선량은 전체적으로 2port 양성자치료가 토모치료를나 5port 양성자치료보다 더 낮게 나타났다. 그리고 V_{35} 이상에서는 토모치료가 5port 양성자치료보다 높게 나타났지만 V_{35} 이하에서는 토모치료가 오히려 5port 양성자치료보다 낮게 나타났다(Fig. 8).

Table 3. Dose distribution of rectum (unit: %)

	V_{50}	V_{95}	D_{max}
Tomotherapy	33.4	12.4	107.5
Proton therapy(2port)	13	0	105.3
Proton therapy(5port)	25.4	3.5	104.6

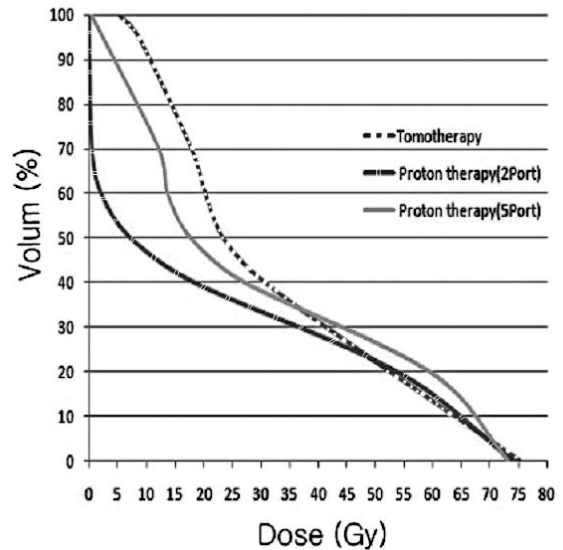


Fig. 8. Dose volume histogram in rectum

4. Homogeneity Index

H·I 값은 0에 근접할수록 최적의 치료계획이라 평가할 수 있다. 일반적으로 양성자치료가 토모 치료에 비하여 H·I가 낮게 나타났다. 이것은 전립선암 치료에 있어 양성자치료가 토모치료에 비하여 적절한 치료 방법임을 알 수 있다. 또한 양성자 치료에서 5port의 H·I가 4.02로 2port H·I에 비하여 더 낮게 나타났다(Table 4).

Table 4. The value of homogeneity Index for tomotherapy and proton therapy

H.I	Tomotherapy	Proton therapy (2Port)	Proton therapy (5Port)
	7.92	5.93	4.02

V. 고 찰

방사선 치료 시 부작용의 발생을 최소화하기 위하여 방사선 치료 기술은 전통적방사선치료(CRT)에서 3차원 입체조형 방사선치료(3D-CRT), IMRT, IGRT로 발전되어 왔다. 또한 방사선 치료 장비는 기존의 고에너지 방사선치료 장비에서 토모치료기와 양성자치료기, 중입자치료기 등 발전을 거듭하고 있다. 치료 기술의 발전과 최첨단 장비의 도입이야 말로 환자에 대한 부작용을 줄이고 효과적인 치료를 할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 전립선암 환자 11명을 대상으로 최첨단 장비인 양성자치료와 토모치료의 치료 계획을 세우고 치료 부위인 PTV와 주변의 정상 장기인 방광, 직장의 선량을 비교하였으며, H·I 값을 통하여 전립선 암 환자에 대한 최적의 치료가 무엇인가를 확인하였다.

치료 부위인 PTV의 토모치료와 2port 양성자치료, 5port 양성자치료에 있어 V_{50} , V_{95} , 용적내 최대선량을 확인한 결과 전립선암 환자에 대한 토모치료와 양성자치료의 선량분포가 크게 차이가 없음을 확인하였으며, 전립선암 치료의 목적으로만 본다면 토모치료와 양성자치료에는 차이가 없다고 할 수 있다. 이것은 Schwarz M. 등의 연구결과와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다^{15,16}.

주변 정상 장기인 방광에 대한 토모치료와 2port 양성자치료, 5port 양성자치료에 있어 V_{50} , V_{95} , 용적내 최대선량을 확인한 결과 2port 양성자치료가 토모치료나 5port 양성자치료보다 선량이 적게 들어가는 것으로 나타났다. 방광의

평균 용적 선량을 보면 전체적으로 2port 양성자치료가 토모치료나 5port 양성자치료보다 더 낮게 나타났으며, V_{50} 이상에서는 토모치료가 5port 양성자치료보다 높게 나타났지만 V_{50} 이하에서는 토모치료가 오히려 5port 양성자치료보다 낮게 나타났음을 확인하였다. 전립선의 인접 장기인 직장에는 2port 양성자치료가 토모치료나 5port 양성자치료보다 선량이 적게 들어가는 것으로 나타났으며, 직장의 평균 용적선량을 보면 전체적으로 2port 양성자치료가 토모치료나 5port 양성자치료보다 더 낮게 나타났다. 또한 V_{35} 이상에서는 토모치료가 5port 양성자치료보다 높게 나타났지만 V_{35} 이하에서는 토모치료가 오히려 5port 양성자치료보다 낮게 나타났다. 이것은 Schwarz M.의 연구결과와 차이가 나타나는 것은 본 연구에서 이용된 양성자 치료기는 intensity modulate system이 장착되지 않은 장비의 특성 차이에 의한 것으로 사료된다.

토모치료의 경우 양성자치료 보다 정상 조직인 방광과 전립선에 더 많은 선량이 들어가게 되므로 토모치료보다는 양성자치료의 선택이 더 낮은 부작용 확률을 보일 것으로 사료된다.

H·I 값은 일반적으로 양성자치료가 토모치료에 비하여 낮게 나타났다. 이것은 전립선암 치료에 있어 양성자 치료가 토모치료에 비하여 적절한 치료 방법임을 알 수 있다. 또한 양성자치료에서 5port의 H·I가 4.02로 2port H·I에 비하여 더 낮게 나타났으며, 이것은 H·I 값으로만 비교하면 5port 양성자치료가 더 최적의 치료계획임을 알 수 있다. 그러나 정상 조직인 방광, 직장에 대한 용적 선량을 비교하여 보면 2port 양성자치료가 가장 최적의 치료계획이 될 수 있다. 일반적으로 양성자치료에 IMRT 개념을 도입한 IMPT의 경우 5port가 2port보다 확실히 우수한 치료 결과를 나타내고 있다¹⁵. 하지만 국내의 양성자 치료기는 IMPT가 장착되어 있지 않기 때문에 직접적인 비교는 할 수 없는 실정이다. 또한 양성자치료의 경우 5port 치료 시간이 2port 치료 시간의 2배 이상이 걸린다. 이에 장비 운용의 시간적 측면에서도 2port의 양성자치료가 유리하다고 할 수 있다.

현재 국내에서는 전립선암 환자의 토모치료는 의료보험 혜택을 받고 있다. 하지만 양성자치료는 소아암 환자를 제외하고 의료보험의 혜택을 받지 못하고 있다. 이에 전립선암 환자의 방사선 치료 방법 선택 시 환자의 경제적 형편에 따라 치료의 선택 폭이 좁아 질수 있다. 이에 토모치료 선택 시 정상 조직에 대한 피폭을 간과해서는 안 될 것이며, 부작용에 대해서도 충분한 설명이 있어야 할 것으로 사료되어 진다.

VI. 결론

2011년 6월부터 10월까지 일산의 K 암 전문병원에서 전립선암으로 양성자치료 및 토모치료를 받은 환자 11명을 대상으로 하였다. 토모치료 계획과 양성자치료 계획에 따른 선량분포에 대한 결론은 다음과 같다.

1. 전립선암 환자에 대한 토모치료와 양성자치료에서 선량분포는 큰 차이가 없었으며, 전립선암 치료 목적에서는 두 치료법에 차이가 없음을 확인하였다.

2. 전립선 암 환자의 토모치료와 양성자치료 시 인접 장기인 방광과 직장에 대한 평균 용적선량을 조사한 결과 방광과 직장에서는 2port 양성자치료가 토모치료나 5port 양성자치료보다 선량이 적게 들어가는 것으로 확인하였으며, 토모치료의 경우 양성자치료 보다 정상 조직인 방광과 전립선에 더 많은 선량이 들어가게 되므로 토모치료보다는 양성자치료의 선택이 더 낮은 부작용 확률을 보일 것으로 사료된다.

3. H·I 는 토모치료 시 7.92, 2port 양성자치료 시 5.93, 5port 양성자치료 시 4.02로 나타났으며, 이것은 전립선암 치료에 있어 양성자치료가 토모치료에 비하여 좀 더 적절한 치료 방법임을 확인하였다. 양성자치료에서 2port에 비하여 5port의 H·I가 더 낮게 나타났으나, 방광과 직장에 대한 용적 선량과 장비 운용의 시간적 측면을 고려하면 2port가 5port 양성자치료에 비하여 좀 더 유리하다고 사료된다.

참고문헌

- 김성규·최지훈·윤상모: 전립선암에서 세기조절방사선 치료의 선량분포 특성, 의학물리, 21(3), 298~303, 2010
- 이지혜·서현숙·이경자: 전립선암의 방사선 치료시 방광 부피가 비노기계 부작용에 미치는 영향, 대한방사선종양학회지, 26(4), 237~246, 2008
- 국립암센터출판부: 암정보, 국립암센터, 285~302, 605~654, 2004
- 조정희·이상규·김세준: 전립선암 치료 시 Tomoimage에 기초한 Setup 오차에 관한 고찰, 대한방사선치료학회지, 19(2), 99~106, 2007
- 금기창: 나선형 토모테라피를 이용한 세기조절방사선치료, 대한의사협회지, 51(7), 619~629, 2008
- 김대용·박성용: 양성자치료, 대한의사협회지, 51(7), 638~642, 2008
- T R Mackie: History of tomotherapy, PHYSICS IN MEDICINE AND BIOLOGY, 51, 427~453, 2006
- 박성용: 양성자치료 Overview, 의학물리학회 27회 추계 학술대회, 12~13, 2003
- 보건복지부 보건의료정책본부 암관리팀: 꿈의 암치료시대 개막 : 국립암센터, 양성자치료기 도입.가동 개시, KDI 경제정보센터, 2007
- 이세병·박성용·조관호 외 5명: Proton Therapy Center in National Cancer Center, Korea, 한국의학물리학회, 33회 추계학술대회 발표논문집, 141, 2006
- Langen KM·Jones D: Organ motion and its management, International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, 50, 265~278, 2001
- Emile NJTh·van Lin·Lisette, et al: The effect of an endorectal ballon and off-line correction on the interfraction systematic and random prostate position variations, International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, 61, 278~288, 2005
- 정윤주: 전립선암의 방사선 치료 시 직장풍선 사용에 따른 직장선량 평가, 고려대학교, 학위논문(석사), 2009
- 이지혜·서현숙: 전립선암의 방사선치료시 방광 부피가 비노기계 부작용에 미치는 영향, 대한방사선종양학회지, 26(4), 237~246, 2008
- Schwarz M·Pierelli A: Helical tomotherapy and intensity modulated proton therapy in the treatment of early stage prostate cancer: a treatment planning comparison, Radiotherapy and Oncology, 98, 74~80, 2011
- Widesott L·Pierelli A: Helical tomotherapy vs. intensity-modulated proton therapy for whole pelvis irradiation in high-risk prostate cancer patients: dosimetric, normal tissue complication probability, and generalized equivalent uniform dose analysis, International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, 80(5), 1589~1600, 2011

• Abstract

A Comparison for Treatment Planning of Tomotherapy and Proton Therapy in Prostate Cancer

Gwan-Soo Song · Jong-Rim Bae¹⁾ · Jeong-Koo Kim²⁾

Dept. of Radiation Oncology, National Cancer Center

¹⁾*Dept. of Physics, Daegu University*

²⁾*Dept. of Radiological Science, Hanseo University*

The prostate cancer is the most common malignant tumor in males. Prostate cancer is the most common malignant tumor that occurs in the male in Korea in 2007 to an annual average of 5,292 cases and 3.3% of the total cancer incidence seventh occurred. Our study compared property for tomotherapy and proton therapy in radiotherapy of prostate cancer patients. We analyzed DVH(Dose Volume Histogram) and dose distribution for prostate, bladder and rectum for radiation treatment planning of prostate cancer with 11 patients in Ilsan K cancer hospital from June to November 2011. There was no differences between tomotherapy and proton therapy in the purpose of prostate cancer therapy for PTV. The adjacent organs of bladder and rectum of average dose-volume were 2port proton therapy that it was low dose treatment comparing with tomotherapy and 5port proton therapy. H·I of proton therapy was less than H·I of tomotherapy. Also, 5port was less than 2port in H·I of proton therapy. However, 2port proton therapy has more advantage over 5port proton therapy that the bladder and rectum of average dose-volume and control time of equipment in radiotherapy of prostate cancer.

Key Words : Prostate cancer, Tomotherapy, Proton therapy, dose-volume histogram (DVH)