

# 비소세포폐암 III, IV기 환자에 있어서 Shell-Type Pseudo Target을 이용한 세기 조절 방사선치료계획기법의 유용성 평가

경상대학교병원 방사선종양학과

이상봉 · 박기주 · 박두찬 · 김만우 · 김준곤 · 노성환

**목적:** 비소세포폐암(Non-Small Cell Lung Cancer, NSCLC) III, IV기 환자의 방사선 치료 시 Shell-Type Pseudo Target의 유무에 따른 IMRT 치료계획의 유용성을 알아보려고 한다.

**대상 및 방법:** NSCLC III, IV기 환자 22명을 대상으로 Shell-Type Pseudo Target이 있을 때와(SPT) Shell-Type Pseudo Target이 없을 때(WSPT) 각각의 세기변조방사선치료(Intensity-Modulated Radiation Therapy, IMRT)계획을 세운 후, 선량-체적 히스토그램(Dose-Volume Histogram, DVH) 분석을 통해 중앙 표적 내의 균일성 지수(Homogeneity Index, HI), 중앙 표적에 대한 선량조형 지수(Conformity Index, CI), 척수 최대선량(Spinal Cord Maximum Dose), 식도에 대한 V<sub>50%</sub>, 평균 폐 선량(Mean Lung Dose, MLD), 폐에 대한 V<sub>40%</sub>, V<sub>30%</sub>, V<sub>20%</sub>, V<sub>10%</sub>, V<sub>5%</sub> 등의 선량학적인 비교를 통해서 평가하였다.

**결과:** WSPT와 SPT에 따른 각각의 CI 값은 평균 1.22±0.04, 1.16±0.032 (.000\*), HI 값은 평균 1.06±0.015, 1.07±0.014 (.000\*)로 나타났으며, CI 값은 SPT의 경우에서 각각의 차이 값에 대한 평균은 -5.16±2.54%의 감소를 보였으며, HI 값은 SPT의 경우에서 평균 0.81±0.47% 증가된 것으로 나타났다. 식도에 대한 V<sub>50%</sub>에서는 각각 14.54±12.01% (WSPT), 12.14±11.09% (.000\*, SPT)로 SPT에서 차이 값에 대한 평균이 -26.37±25.05% 감소되었고, 척수 최대선량에서도 평균 선량이 각각 3,898.44±1,075.0 cGy (WSPT), 3,810.8±1,134.9 cGy (.004\*, SPT)로 SPT의 경우 평균 -3.36±5.81% 감소되었다. 폐에 대한 V<sub>x%</sub>에서는 V<sub>5%</sub>, V<sub>10%</sub>의 경우 차이 값에 대한 평균이 -1.62±2.29% (.006\*), -1.98±5.02% (.005\*)로 SPT의 경우에서 감소됨을 보여 주었고, 마찬가지로 V<sub>20%</sub>, V<sub>30%</sub>, V<sub>40%</sub>에서도 각각 -3.51±3.07% (.000\*), -4.84±6.01% (.000\*), -6.16±8.46% (.001\*)로 SPT 경우에서 통계학적으로 유의함을 보이면서 감소한 것으로 나타났다. MLD의 평가에서도 SPT의 경우에서 평균 -2.83±2.41% (.000\*)의 감소를 보여 주었으며, 이는 평균 169 cGy (Max: 547 cGy, Min: 6.4 cGy)의 처방선량을 SPT 사용 시 올릴 수 있는 결과를 보여주었다.

**결론:** NSCLC III, IV기 환자의 방사선 치료 시 SPT를 이용한 IMRT 치료계획이 정상 폐에 들어가는 방사선량을 줄임으로 인해 방사선치료로 유발되는 폐렴의 위험을 감소시킬 수 있을 거라 생각되고, 또한 얼마간의 처방선량 증가로 인한 방사선치료 국소제어실패율을 감소시키는 동시에 치료효과를 증대시킬 수 있을 것이라 사료된다.

**핵심용어:** IMRT (intensity-modulated radiation therapy), DVH (dose volume histogram), NSCLC (non-small cell lung cancer)

## 서론

통계청에 의하면 2009년 우리나라에서 가장 많이 발생한 암은 갑상선암이었으며, 위암, 대장암, 폐암 순으로 많았고 총 192,561명의 암환자가 발생한 것으로 나타내고 있다.<sup>1)</sup> 이러한 암 발병은 우리나라의 사망률에 있어서 뇌혈관 질환, 심장 질환보다 더 높은 사망률을 나타내고 있다.<sup>2)</sup> 그중에서는 3대 암으로 분류되는 암 중의 하나인 폐암은 우리나라에서 빈번히 발생하는 암이며, 미국, 일본 영국에서도 중대 암으로 분류되어 있다.<sup>3)</sup>

비소세포폐암(Non-Small Cell Lung Cancer, NSCLC)은 폐암의 약 80~85%를 차지하며 주로 폐 중심부에서 발견되고 남자에게 흔히 발생하며, 흡연과 관련이 많다. 폐암은 병기에 따라 각각 그 치료 방법이 다르며, 치료받는 환자의 전신 상태와 개개인의 치료 선호도에 따라서도 다르다. 우리나라에서는 NSCLC로 진단받은 환자 중에 대략 30%가 수술 불가능한 III기로 판명되고 있으며, 이럴 때 치료로서는 화학적 치료요법을 병행한 방사선치료가 시행되고 있고, 실제 방사선의 단독적인 치료보다 개선된 생존율을 보여준다. 이 중에 방사선치료는 외과학적 또는 내과학적으로 수술이 불가능한 NSCLC 환자들의 고식적(Palliative) 관리에 이용되고 있으며, 또한 병기 I, II기 NSCLC 환자들에 있어서 방사선치료가 5년 생존율을 29~42%로 보여주고, 국소 진행된 III, IV기 환자들

이 논문은 2012년 3월 28일 접수하여 2012년 8월 17일 채택되었음.  
책임저자 : 이상봉, 경상대학교병원 방사선종양학과  
Tel: 055)750-9200, Fax: 055)750-9218  
E-mail: radiaman@hanmail.net

에 있어서 5~14%로 5년 생존율의 향상을 보여주면서 상당한 역할을 하고 있다.<sup>4,5)</sup> NSCLC 환자뿐만 아니라, 국내 암 환자 중 약 30% 정도가 방사선치료를 받고 있으며, 서방국에서는 전체 암환자의 약 40% 정도가 방사선치료를 받고 있고,<sup>6)</sup> 매년 방사선치료를 받는 비율이 증가하는 추세에 있다. 이렇듯 방사선 치료는 비소세포폐암의 I기, II기, III기에서 병의 완치를 목표로 해서 사용되며, NSCLC의 제한성 병기에는 근치적 목적으로 항암화학요법과 함께 방사선 치료를 하면서 중대한 역할을 담당하고 있다.

방사선 치료의 궁극적 목적은 종양의 주변조직에는 미치는 영향을 최소화하면서 표적종양에는 최대한 충분한 선량을 전달하는 데 있다. 그리고 종양에 투여되는 선량을 높이는 것은 종양제어 측면뿐만 아니라, 생존율을 높이는 데 많은 도움이 된다고 보고된 바 있다.<sup>7)</sup> 그러나 이러한 목적을 달성함에 있어서 정상조직의 허용선량 한계로 인해서 충분한 방사선량을 종양에 전달하지 못하는 제약을 받고 있다.

1895년 뢰트겐이 X-ray를 발견한 이후 같은 해 처음으로 방사선치료를 시도하면서 최초의 방사선치료가 시작된 이래 100년 이상 동안의 긴 역사를 거쳐 오면서 비약적인 발전을 거듭해오고 있다. 초기 방사선치료는 2차원적인 치료방법이 전부였었다. 이는 치료방향의 선택에서 제약이 많았고, 또한 종양에 들어가는 선량과 정상조직에 들어가는 선량에 대해 평가를 하는데 어려움이 많았다. 그러나 1900년대 후반에 들어서면서 컴퓨터의 발달과 더불어 방사선 치료분야에서도 이젠 3차원 치료의 시대가 열리게 되었다. 특히 전산화 단층촬영모의치료기(Computerized Tomography Simulator, C-T Simulator)의 이용과 더불어 컴퓨터의 소프트웨어발달이 방사선 치료에서 획기적인 발달에 이바지하였으며, 이를 통해서 삼차원 입체방사선 치료가 가능해졌다. 이는 치료방향의 결정에서 기존의 1, 2차원에 비해 더욱 종양의 모양에 가깝게 선량을 조사함으로써 정상조직에 들어가는 방사선량을 줄일 수 있음을 보여준다. 그러나 초기 삼차원 방사선 치료에서 다양한 부위의 그리고 다양한 모양의 종양을 치료하면서 정상조직이 인접해 있을 경우 위험 장기가 처방 선량에 의해 발생하는 치명적인 부작용 때문에 종양을 제어할 수 있는 충분한 선량을 주기가 어려웠다.

이러한 문제들은 2000년도에 접어들면서 다엽콜리메이터를 이용한 세기변조방사선치료(Intensity-Modulated Radiation Therapy, IMRT)가 시행됨으로써 기존의 삼차원 방사선치료 보다는 현저한 진보를 가져왔다. 이는 기존의 조사면 내에서 동일한 세기의 방사선을 조사하는 방법과는 달리 조사면이 각기 다른 방사선의 세기를 변조해서 종양과 정상조직에 각기 다른 선량을 부여함으로써 종양에는 제어 가능한 충분한

선량을 주는 동시에 정상조직에는 치명적인 부작용을 피할 수 있게 하였다. 특히 두경부암 환자(Head and Neck Cancer)의 방사선치료에서 IMRT의 적용은 척수와 침샘의 허용선량을 지키고 동시에 종양에는 원하는 선량을 주어 구강건조증(Xerostomia)과 같은 치명적인 부작용을 예방 가능하게 하였다.<sup>8)</sup> 또한, IMRT는 두경부암(Head and Neck Cancer) 환자뿐만 아니라, 전립선암(Prostate Cancer)의 방사선치료에 있어 전립선 주위의 정상조직에 들어가는 선량을 기존의 삼차원 치료보다 더 나은 선량분포를 보여줌으로써 부작용을 최소화하는데 도움을 주었다.

IMRT는 폐암의 방사선 치료에서도 기존의 삼차원 방사선 치료기술과 비교 시 폐에 들어가는 방사선량과 체적을 줄임으로써 방사선으로 기인하는 폐렴을 줄일 수 있음을 보여줬다.<sup>9,10)</sup> 과거 처음으로 방사선 치료를 시작한 이래 많은 하드웨어적인 발전과 더불어 소프트웨어적인 발전은 치료의 궁극적인 목적인 정상조직에는 최소한의 선량을 줌으로써 이 때문에 발생할 수 있는 부작용을 최소화하고, 종양에는 최대한의 선량을 주어 종양을 제어하기 위함이었다. 이러한 발전들과 더불어 소프트웨어를 사용한 치료계획 기법의 변화를 통해 치료의 궁극적인 목적을 달성하는 것은 소프트웨어를 다루는 술자의 능력이라 할 수 있다.

실제 임상에서는 중요 장기에 들어가는 선량을 제어하기 위해서 임의의 가상 표적(Pseudo Target)을 만들어 이용하고 있다. 이는 정상조직 전체에 대한 제약이 아니라 일부분에 국한된 가상 표적(Pseudo Target)을 이용하여 왔다. 폐암의 방사선치료에서 폐에 들어가는 선량을 최소화 하기 위해 본원에서는 비교적 치료불륨이 적어 방사선 치료로 인한 방사선 폐렴의 발생빈도가 적은 NSCLC I-II기 환자 보다는 비교적 치료불륨이 커서 방사선치료로 기인되는 방사선폐렴의 발생률이 상대적으로 큰 NSCLC III기, IV기의 환자를 대상으로 IMRT 치료계획 시 Shell-Type Pseudo Target을 이용하고 있다.

이에 본 연구에서는 하드웨어와 소프트웨어적인 발전을 통하지 않고 동일한 IMRT 치료계획 소프트웨어를 이용해서 NSCLC III, IV기 환자의 경우 정상조직에 선량제약을 하기 위해서 기존에 임상에서 사용하고 있는 부분적인 가상 표적(Pseudo Target)이 아니라, 원형의 Shell-Type Pseudo Target(SPT)을 이용하여 치료계획을 실시하고, 선량-체적 히스토그램(Dose Volume Histogram, DVH) 분석으로 종양조직에서의 종양 표적 내의 균일성 지수(Homogeneity Index, HI), 종양 표적에 대한 선량 조형 지수(Conformity Index, CI), 식도의 V<sub>50%</sub>, 척수 최대선량(Spinal Cord Maximum Dose), 평균 폐 선량(Mean Lung Dose, MLD), 폐에 대한 V<sub>40%</sub>, V<sub>30%</sub>, V<sub>20%</sub>,

$V_{10\%}$ ,  $V_{5\%}$  등의 선량학적인 양에 대한 비교를 통해서 종양에 투여되는 선량을 증가시키는 동시에 정상조직에 들어가는 선량을 감소시킬 수 있을지를 알아보고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구대상

2007년부터 2010년까지 진주 경상대학교병원 방사선종양학과에서 방사선 치료를 받았던 NSCLC 환자 중에서 폐암 병기에 의해서 결정되어진 III, IV기 환자 22명을 대상으로 하였으며, 일반적인 특성은 아래와 같이 나타내었다(Table 1).

### 2. 연구방법

IMRT 치료계획과정에서 SPT가 존재할 때와 SPT가 존재하지 않을 때의 IMRT 치료계획 기법을 이용하여 치료계획을 세운 후 DVH분석을 통해 HI, CI, 식도의  $V_{50\%}$ , 척수 최대 선량, MLD, 폐에 대한  $V_{40\%}$ ,  $V_{30\%}$ ,  $V_{20\%}$ ,  $V_{10\%}$ ,  $V_{5\%}$  등의 선량학적인 비교를 통해서 평가하였다.

1) 환자 모의치료를 위한 영상획득 및 도해(Contouring) 영상획득을 위해서 본원에서 사용하고 있는 C-T Simulator (Light Speed 4 Channel C-T (GE))를 이용하였으며, 치료 시 환자의 움직임과 치료의 재현성을 높이기 위해서 고정용구 (Vacuum cushion)를 사용하였고, 환자의 자세는 앙 와위 자세(Supine position)에서 두 팔을 머리위로 올렸으며, 호흡은 정상호흡 상태로 하였으며, 병소부위가 빠지지 않는 범위로 전체 폐가 포함되도록 3.75 mm 간격으로 흉부 C-T 모의치료를 실시하였다.

영상의 촬영조건은 120 kv, 60 mAs로 하였으며, 사용된 조영제로서는 비지파큐(Visipaque, 320 mg/ml, GE Healthcare) 또는 울트라 비스트(300 mg/ml, Bayer Schring Pharma) 100 ml를 2.2 ml/sec로 정맥 투여 후 C-T 촬영을 하였으며, 각각의 영상들은 네트워크를 통해서 Varian사의 치료계획 장치 (Eclipse. version 7.0 Varian Radiation Oncology System, USA)로 보내어졌고, 치료계획 장치에서 각 장치의 도해(Contouring)를 위해서 전송받은 영상을 바탕으로 삼차원으로 재구성하였다.

육안적 종양 체적(Gross tumor volume, GTV)은 방사선종양학과 전문의에 의해서 결정되어졌고, 임상적 종양 체적

**Table 1.** Clinical patients characteristics

Case	Age/sex	Clinical stage	TNM	Location	GTV volume (cm <sup>3</sup> )	PTV volume (cm <sup>3</sup> )
1	59/M	IIIb	T2N2M0	LLL	26.77	141
2	67/M	IIIb	T4N0M0	RUL	21.19	112.14
3	81/M	IIIb	T3N2M0	RUL	108.49	345.75
4	53/M	IIIb	T4N2M0	RUL	46.18	177.96
5	64/M	IIIb	T2N3M0	RUL	20.62	143.67
6	48/M	IIIa	T3N2M0	RUL	82.89	377.11
7	71/M	IIIa	T4N0M0	LUL	31.12	138.76
8	74/M	IV	T3N3M1	LUL	57.46	226.86
9	61/M	IIIb	T4N0M0	RUL	111.01	314.32
10	57/M	IIIa	T4N0M0	LLL	8.64	62.2
11	73/M	IV	T4N1M1	LUL	170.43	450.02
12	71/M	IV	T4N2M1	RUL	42.96	188.85
13	68/M	IIIa	T3N2M0	RLL	184.19	778.54
14	82/M	IIIa	T4N0M0	RLL	690.13	1,314
15	72/M	IIIb	T4N1M0	LLL	15.44	90.14
16	67/F	IIIb	T4N2M0	LUL	70.08	322.63
17	49/M	IV	T3N1M0	RLL	54.11	208.95
18	65/M	IIIb	T3N2M0	RML	27.95	207.71
19	71/M	IIIa	T2N2M0	RUL	72.57	536.04
20	60/M	IIIb	T2N3M0	RML	44.4	254.4
21	46/M	IIIa	T2N2M0	LUL	83.12	376.61
22	68/M	IIIa	T2N2M0	RLL	40.16	310.24

RUL: right upper lobe, RML: right middle lobe, RLL: right lower lobe, LUL: left upper lobe, LLL: left lower lobe.

(Clinical tumor volume, CTV)과 치료계획 타겟 체적(Planning target volume, PTV)은 치료계획 장치내의 자동으로 범위를 확장 시킬 수 있는 도구를 이용해서 일정하게 확장을 시키거나 현미경적인 확장과 장기 움직임을 고려하여 직접 도해하였다. 그리고 위험 장기로서는 심장(Heart), 식도(Esophagus), 척수(Spinal cord), 폐(Lung)를 포함하였고, 식도는 상부 식도 괄약근(Upper Esophageal Sphincter)부터 하부 식도 괄약근(Lower Esophageal Sphincter)까지, 심장은 대동맥궁(Aortic arch) 아래쪽 부분부터 영상에서 심장이 끝나는 부분까지, 척수는 척수가 시작되는 대후두궁 높이에서 연수와 연결된 부분부터 영상이 끝나는 부분까지 각각의 축상 C-T (Computer Tomography) 영상에 직접 도해하였다. 만약 치료 계획을 위해서 촬영된 영상이 대후두궁까지 포함되어있지 않은 경우에는 해당 C-T 영상의 처음 영상부터 도해를 하였다. 폐의 경우에는 치료계획 장치내의 자동 도해도구(Auto contouring tool)를 이용하여 각각 동측, 반대 측, 그리고 양쪽 폐를 한꺼번에 도해를 하였다. 자동 도해도구를 이용해서 폐

부분을 도해 시 포함되어지는 주 기관지(Main bronchus)는 지우기 도구를 이용해서 각각의 축상 영상(Axial image)에서 지웠다. 만약 GTV가 폐 조직을 포함하고 있다면 동측 폐의 (Ipsilateral lung) 전체 부피에서 GTV의 부피를 제외시켰다.

Shell-Type Pseudo Target은 치료계획프로그램내의 그리기 도구를 이용하여 PTV에서 모든 방향에서 일정한 두께로 3 cm 확장된 구형의 표적을 만들었으며, 또한 이와 동일한 방법으로 PTV에서 0.5 cm로 확장된 구형의 표적을 만들었다. Shell-Type Pseudo Target을 만들기 위해 3 cm로 확장해서 만들어놓은 표적에서 0.5 cm로 확장된 표적을 도려냈다(Fig. 1). 이는 흡사 속이 비어있는 야구공과 같은 형태라고 봐도 무방할 것이다.

## 2) IMRT 치료계획

각 환자의 치료 빔 방향은 동일 평면에서 단일 등각도로 4 개의 조사필드를 사용하였고, 각 환자마다 각도는 일치하지 않는다. 치료 빔의 방향결정은 반대쪽 방향의 정상조직을 피할 수 있도록 병소가 포함 되어있는 폐 부분을 중심으로 방



Fig. 1. Comparisons between (A) axial image and (B) coronal image and (C) sagittal image with Shell-Type Pseudo Target and (D) without Shell-Type Pseudo Target.

**Table 2.** Dose constraints for lung cancer IMRT planning

Volume	Total dose	Priority
PTV	$D_{95} > \text{prescribed dose (Gy)}$	150
Lung	$V_{30} < 20\%$	100
Lung	$V_{20} < 30\%$	100
Lung	$V_{40} < 10\%$	100
Spinal cord	$V_{\text{max}} < 4,200 \text{ cGy}$	100
Esophagus	$V_{55} < 25\%$	100
Pseudo target	$V_{\text{max}} < 4,800 \text{ cGy}$	110

$V_{\text{max}}$ : maximum point dose,  $V_x$ : volume of the region of interest receiving  $>x$  Gy,  $D_y$ : dose delivered to  $y\%$  of the region of interest.

향을 결정하였다. IMRT 치료계획은 Eclipse v7.0 치료계획 시스템을 사용한 Dynamic Sliding Window 방법을 이용하였고, 에너지는 10 MV인 광자빔(Photon beam)을 사용하였다. PTV에 대한 처방선량은 60 Gy/30 fr, 일일선량을 200 cGy로 정하였고, PTV의 95% 볼륨을 포함하면서 107%를 넘지 않게 하였으며, PTV 볼륨의 95%가 처방선량의 100%가 되도록 정규화 하였다.<sup>11,12)</sup> 정상조직에 대한 제약 값은 폐암 환자의 방사선 치료에 있어서 논란의 소지가 분분하지만, 경상대학교 병원 방사선종양학과에서는 아래와 같이 설정 값을 정하였다(Table 2). 이와 동시에 PTV에 대한 설정 값과 최적화 과정에서 우선순위 값들을 나타내었다. 치료 계획 시 Shell-Type Pseudo Target에 선량제약 값은 처방선량의 80%를 넘는 점이 없도록 상한선을 정했다. 각 환자마다 Shell-Type Pseudo Target이 있을 때와 없을 때의 IMRT 치료계획을 2회 실시하였고, 각 환자 당 두 번의 치료 계획 시 최적화 과정에 있어서 모든 조건들은 동일하게 설정하였다.

3) 치료계획 평가 방법

DVH는 환자의 해부학적 구조 내에 결정 장기 또는 PTV의 평균 선량 값의 분포 뿐만 아니라 3차원 입체분포를 나타내고 있어, DVH의 분석을 통해 각각의 치료계획을 평가하였다.

(1) CI (Conformity Index): 치료계획에서 PTV와 처방선량볼륨과의 일치성을 평가하는 지표로서 PTV 볼륨과 실제 임상에서 처방하는 처방선량이 얼마나 일치하는가를 보는 것이다.

$$CI = (V_{PTV} / TV_{PV}) / (TV_{PV} / V_{TV}) \dots\dots\dots [식 1]$$

$V_{TV}$ 는 처방된 등선량곡선의 치료볼륨

$V_{PTV}$ 는 PTV의 볼륨

$TV_{PV}$ 는  $V_{TV}$  내의 PTV의 체적을 나타내고, [식 1]에 의해서 계산되어진 CI 값이 1보다 작거나 가까울 때 일치성(Conformity)이 좋음을 나타낸다.<sup>13)</sup>

(2) HI (Homogeneity Index): PTV의 중앙 표적 내의 균일성 지수를 평가하기 위한 지표로

$$HI = D_{5\%} / D_{95\%} \dots\dots\dots [식 2]$$

$D_{5\%}$ 는 PTV 볼륨의 5%가 받는 최소 선량(cGy)이고,

$D_{95\%}$ 는 PTV 볼륨의 95%가 받는 최소 선량(cGy)을 나타낸다.

[식 2]에 의해서 계산되어진 HI 값이 클수록 균일성이 좋지 않음을 나타낸다.<sup>14,15)</sup>

(3) 식도에 대한  $V_{50\%}$ : 처방선량 50 Gy가 들어가는 식도의 볼륨(%)으로 정의되어진다.

(4) 척수최대선량(Spinal cord maximum dose): 척수의 1% 볼륨에 들어가는 선량(cGy)으로 정의되어진다.<sup>16)</sup>

(5) 폐에 대한  $V_{40\%}$ ,  $V_{30\%}$ ,  $V_{20\%}$ ,  $V_{10\%}$ ,  $V_{5\%}$ : 전체 폐에 들어가는 각각의 선량의 볼륨으로 정의되어진다.

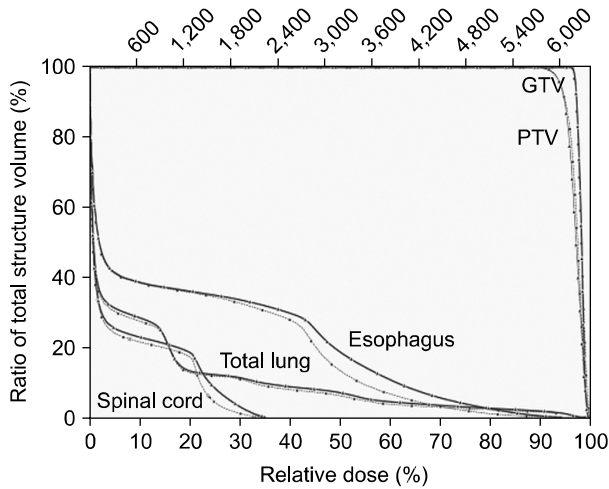
(6) 평균 폐 선량 MLD (Mean Lung Dose): 폐 볼륨에 들어가는 평균선량(cGy)으로 정의되어진다.<sup>17)</sup>

4) 통계분석

IMRT 치료계획 시 SPT가 존재할 때와 SPT가 존재하지 않을 때의 IMRT 치료계획 기법을 이용하여 치료계획을 세웠다. 각각의 치료계획에 대한 DVH 분석을 통해서 얻은 선량학적 자료(Dosimetric Data)들은 통계프로그램인 SPSS-12.0에서 SPT가 존재할 때와 존재하지 않았을 때의 CI, HI, 폐에 대한  $V_{40\%}$ ,  $V_{30\%}$ ,  $V_{20\%}$ ,  $V_{10\%}$ ,  $V_{5\%}$ , 식도의  $V_{50\%}$ , 척수 최대선량(Spinal Cord Maximum Dose), MLD 값들을 대응표본 t-test를 이용하여 통계처리 함으로써 유의성을 평가하였다. P 값이 0.05 이하일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다.

결 과

Shell-Type Pseudo Target의 유무에 따른 NSCLC 환자에 대한 IMRT 치료계획을 시행한 총 환자 수는 22명이었으며, 이 중에 남자는 21명, 여자는 1명으로 남자의 비율이 95.5%를 차지하면서 확연히 많았다. 연령대로는 40대가 3명, 50대 3명, 60대 8명, 70대 6명, 80대 2명으로 60대와 70대의 고령층에서 각각 36.4%, 27.3%로 절반 이상을 차지하면서 높게 나타났다. 환자에서 나타나는 병기의 분류로는 IIIa가 8명, IIIb가 10명, IV가 4명으로 각각 나타났다. 병소의 위치는 우측 폐 부위는 14명, 좌측 폐 부위는 8명으로 우측 폐부위의 발생빈도가 63.6%로 높게 나타났다. GTV와 PTV의 용적은 평균  $91.4 \pm 141.6 \text{ cm}^3$ ,  $321.7 \pm 276.3 \text{ cm}^3$ 로 각각 나타났으며 최소  $8.64 \text{ cm}^3$ ,  $62.2 \text{ cm}^3$ 와 최대  $690.13 \text{ cm}^3$ ,  $1,314 \text{ cm}^3$ 로 각각 나타났다.



**Fig. 2.** Comparison of dose-volume histograms (DVHs) with Shell-Type Pseudo Target (SPT) (dashed lines) and without Shell-Type Pseudo Target (WSPT) (solid lines) in some cases.

특정 환자의 치료계획에 따른 DVH 결과 값을 보여주고 있다(Fig. 2). PTV와 GTV의 경우 두 치료계획 사이에서의 변화가 거의 없음을 알 수 있으나, 그 외 위험 장기(Organ at the risk, OAR)의 경우에는는 절대선량에 대한 볼륨의 차이가 있음을 알 수 있다.

CI와 HI에 대한 각 환자의 결과 값을 다음과 같이 나타내었다(Table 3). CI의 경우 SPT의 값은 평균  $1.16 \pm 0.032$ 이며, WSPT는 평균  $1.22 \pm 0.04$ 로 나타났다. 두 치료계획에 따른 차이에서 최소와 최대는  $-1.16\%$ ,  $-9.97\%$ 로 각각 나타났으며, 모든 환자의 SPT와 WSPT의 비교에서 정도의 차이는 있지만 SPT의 경우에서 차이 값에 대한 평균 CI 값이  $-4.85 \pm 2.54\%$ 로 감소한 것으로 나타났다. 위의 값을 토대로 통계 분석한 결과 값이  $.000^*$ 로서 유의성이 있는 것으로 나타났다. HI의 결과 값은 SPT의 값은 평균  $1.07 \pm 0.014$ 이며, WSPT는 평균  $1.06 \pm 0.015$ 로 나타났다. 차이에 있어서 최대와 최소는 각각  $1.728$ ,  $-0.062512$ 이며, 9번째 환자를 제외한 모든 환자에서 WSPT의 HI 값이 감소하였음을 알 수 있었다. 위의

**Table 3.** CI, HI for WSPT and SPT plans

Patient	CI			HI		
	WSPT	SPT	Difference (%)	WSPT	SPT	Difference (%)
1	1.20990	1.16990	-3.30565	1.0751	1.0808	0.521836
2	1.16895	1.15541	-1.15847	1.0477	1.0565	0.826597
3	1.19827	1.14449	-4.48813	1.0522	1.0655	1.245143
4	1.18668	1.15345	-2.79992	1.0521	1.0588	0.629523
5	1.31670	1.23423	-1.91778	1.0475	1.0545	0.663822
6	1.21470	1.17207	-3.50943	1.0773	1.0831	0.583615
7	1.18808	1.16683	-1.78851	1.0538	1.0558	0.189424
8	1.19360	1.15806	-2.97730	1.0565	1.0608	0.408453
9	1.20057	1.12839	-6.01183	1.0676	1.0670	-0.062510
10	1.23260	1.19410	-3.12348	1.0507	1.0567	0.567805
11	1.19823	1.12977	-5.71261	1.0634	1.0722	0.817626
12	1.16276	1.07784	-7.30274	1.0421	1.0561	1.325548
13	1.27494	1.14785	-9.96837	1.0961	1.1023	0.559359
14	1.16608	1.09371	-6.20608	1.0567	1.0753	1.728116
15	1.24563	1.16154	-6.75063	1.0474	1.0615	1.323599
16	1.26471	1.17467	-7.11897	1.0591	1.0691	0.938488
17	1.17380	1.15542	-1.56560	1.0597	1.0622	0.232055
18	1.29680	1.17332	-9.52100	1.0571	1.0714	1.326955
19	1.20629	1.16002	-3.83564	1.0941	1.0981	0.362707
20	1.27269	1.18659	-6.76498	1.0485	1.0611	1.188918
21	1.26938	1.17646	-7.31979	1.0776	1.0914	1.270492
22	1.25531	1.20949	-3.64970	1.0678	1.0813	1.240821
Mean±SD	1.22±0.040	1.16±0.032	-4.85±2.54	1.06±0.015	1.07±0.014	0.81±0.47
t(P)		-8.58/.000*			8.16/.000*	

SPT: Shell-Type Pseudo Target, WSPT: without Shell-Type Pseudo Target. \*P<0.01, t: t-value.

값을 토대로 통계 분석한 결과 유의성이 있는 것으로 나타났으나(.000\*), 차이의 평균에서는 0.81±0.47%로 변화가 거의 없음을 알 수 있었다(Table 4).

식도 V<sub>50%</sub>과 척수 최대선량에 대한 평가에서 식도 V<sub>50%</sub>의 평균이 각각 SPT는 12.14±11.09%, WSPT는 14.54±12.01%로 나타났고, 두 방법에 따른 차이는 최대 78.48%, 최소 4.81%의 변화를 보였으며, 평균 -26.37±25.05%로 나타났으며, 2번과 11번의 경우를 제외한 모든 환자에게서 음의 차이가 있음을 보여주었다. 2번째 환자의 경우에는 50 Gy가 들어가는 식도부위가 없어서 측정을 하지 못하였다(Table 5). 위의 값을 토대로 통계 분석한 결과 유의성이 있는 것으로 나타났다(.000\*). 척수최대선량에서 평균은 각각 SPT는 3,810.8±1,134.9 cGy, WSPT는 3,898.4±1,075.0 cGy로 나타났고, 두 방법에 따른 차이는 최소 0.21%, 최대 21.25%로 나타났으며, 몇몇 경우를 제외하고는 음의 차이가 있음을 보여주었다. 음의 차이 중에서 최대 -21% (15번째 환자), 최소 -0.22% (6번째 환자)의 차이를 보였다. 이는 통계적으로 유의한 값을 갖는 것으로 나타났다(.004\*) (Table 6).

**Table 4.** Summary of CI, HI for WSPT and SPT plans

Parameter	WSPT (Mean±SD)	SPT (Mean±SD)	P	Difference (%) (Mean±SD)
HI	1.06±0.015	1.07±0.014	.000*	0.81±0.48
CI	1.22±0.045	1.16±0.032	.000*	-5.16±2.54

CI: conformity index, HI: homogeneity index, SPT: Shell-Type Pseudo Target, WSPT: without Shell-Type Pseudo Target. \*P<0.01.

폐에 대한 V<sub>2%</sub>의 평가결과 값을 나타내고 있다(Table 7). 폐에 대한 V<sub>5%</sub>의 결과는 SPT와 WSPT는 각각 45.87±15.84%, 46.44±15.57%의 값으로 나타났으며, 두 값에 대한 차이 값의 평균 -1.62±2.29로 나타났다. 음의 최소 차이 값은 -0.15% (13번째 환자)이며, 최대 차이 값은 -6.69% (15번째 환자)로 나타내 보이며, 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(.006\*). 폐에 대한 V<sub>10%</sub>에 대한 평가 값에 대한 결과는 SPT

가 있음을 보여주었다. 2번째 환자의 경우에는 50 Gy가 들어가는 식도부위가 없어서 측정을 하지 못하였다(Table 5). 위의 값을 토대로 통계 분석한 결과 유의성이 있는 것으로 나타났다(.000\*). 척수최대선량에서 평균은 각각 SPT는 3,810.8±1,134.9 cGy, WSPT는 3,898.4±1,075.0 cGy로 나타났고, 두 방법에 따른 차이는 최소 0.21%, 최대 21.25%로 나타났으며, 몇몇 경우를 제외하고는 음의 차이가 있음을 보여주었다. 음의 차이 중에서 최대 -21% (15번째 환자), 최소 -0.22% (6번째 환자)의 차이를 보였다. 이는 통계적으로 유의한 값을 갖는 것으로 나타났다(.004\*) (Table 6).

**Table 5.** Esophagus V<sub>50%</sub>, spinal cord maximum dose for WSPT and SPT plans

Patient	Esophagus V <sub>50%</sub> (%)			Spinal cord maximum dose (cGy)		
	WSPT	SPT	Difference (%)	WSPT	SPT	Difference (%)
1	5.95	4.69	-21.1765	2,463.30	2,378.80	-3.552
2	0	0	n/a	2,484.40	2,414.70	-2.886
3	29.2	19.33	-33.8014	4,559.20	4,532.10	-0.598
4	3.02	1.5	-50.3311	4,635.20	4,620.30	-0.322
5	11.28	10.9	-3.36879	4,520.10	4,498.40	-0.482
6	15.08	11.7	-22.41380	4,706.60	4,696.50	-0.215
7	2.83	1.26	-55.47700	2,243.80	2,248.40	0.205
8	6.91	6.41	-7.23589	2,993.90	2,951.40	-1.440
9	39.9	35.59	-10.802	4,642.90	4,520.10	-2.717
10	4.74	1.02	-78.481	1,914.00	1,625.00	-17.785
11	6.62	7.31	10.42296	5,472.30	5,493.30	0.382
12	6.37	3.99	-37.3626	3,357.60	3,097.00	-8.415
13	19.76	18.25	-7.6417	2,852.00	2,723.80	-4.707
14	4.59	1.66	-63.8344	3,901.00	3,777.00	-3.283
15	7.86	5.79	-26.3359	2,485.80	2,050.20	-21.247
16	21.06	19.4	-7.88224	4,530.70	4,397.80	-3.022
17	0.46	0.12	-73.913	4,644.00	4,584.30	-1.302
18	16.64	11.55	-30.5889	4,255.70	4,453.40	4.439
19	31.97	27.84	-12.9184	5,044.10	4,866.00	-3.660
20	30.1	28.06	-6.77741	4,557.70	4,526.80	-0.683
21	29.68	28.25	-4.81806	4,848.40	4,704.00	-3.070
22	25.85	23.51	-9.05222	4,653.00	4,678.80	0.551
Mean±SD	14.54±12.01	12.14±11.09	-26.37±25.05	3,898.44±1,075.0	3,810.8±1,134.9	-3.36±5.81
t(P)		-4.93/.000*			-3.19/.004*	

SPT: Shell-Type Pseudo Target, WSPT: without Shell-Type Pseudo Target. \*P<0.01, t: t-value.

**Table 6.** Summary of esophagus V<sub>50%</sub>, spinal cord maximum dose for WSPT and SPT plans

Parameter	WSPT (Mean±SD)	SPT (Mean±SD)	P	Difference (%) (Mean±SD)
Esophagus V <sub>50%</sub>	14.54±12.01	12.14±11.09	.000*	-26.37±25.05
Spinal cord maximum dose (cGy)	3897.1±1075.0	3810.8±1134.9	.004*	-3.32±5.86

SPT: Shell-Type Pseudo Target, WSPT: without Shell-Type Pseudo Target. \*P<0.01.

**Table 7.** Summary of Total lung V<sub>x%</sub> WSPT and SPT plans

Parameter	WSPT (Mean±SD)	SPT (Mean±SD)	P	Difference (%) (Mean±SD)
V <sub>5%</sub>	46.44±15.57	45.87±15.84	.000*	-1.62±2.29
V <sub>10%</sub>	35.09±15.37	34.49±15.28	.004*	-1.98±5.02
V <sub>20%</sub>	19.02±8.73	18.38±8.49	.000*	-3.51±3.07
V <sub>30%</sub>	11.40±4.87	11.01±4.98	.004*	-4.84±6.01
V <sub>40%</sub>	6.62±3.32	6.36±3.43	.004*	-6.16±8.46
MLD	1,057.6±397.0	1,033.5±399.1	.000*	-2.83±2.41 169.1 (cGy)

SPT: Shell-Type Pseudo Target, WSPT: without Shell-Type Pseudo Target, MLD: mean lung dose. \*P<0.01.

와 WSPT는 각각 34.49±15.28%, 35.09±15.3%의 값으로 나타났으며, 두 값에 대한 차이 값의 평균 -1.98±5.02%로 나타났다. 음의 최소 차이 값은 -0.24% (18번째 환자)이며 최대 차이 값은 -22%로(15번째 환자) 나타났다. V<sub>10%</sub>에 대한 평가에서 양의 값들이 다소 나타남을 보여줬으나, 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(.005\*). V<sub>20%</sub>에 대한 평가를 각각의 차이 값에 대한 결과로서 SPT와 WSPT는 각각 18.38±8.49%, 19.02±8.73%의 값으로 나타났으며, 두 값에 대한 차이는 평균 -3.51±3.07%로 나타났다. 음의 최소 차이 값은 -0.14%이며, 음의 최대 차이 값은 -11.4%로 나타났으며, 4번째 5번째 환자를 제외한 모든 환자의 경우에서 음의 차이 값을 보이면서 SPT시 V<sub>20%</sub>의 값이 감소했음을 알 수 있었으며, 통계 분석한 결과 통계적인 유의성이 있는 것으로 나타났다(.000\*) (Table 8).

폐에 대한 V<sub>30%</sub>에 대한 평가의 경우 SPT와 WSPT는 각각 11.01±4.98%, 11.40±4.87%의 값으로 나타났으며, 두 값들에 대한 차이는 평균 -4.84±6.01%로 SPT시 V<sub>30%</sub>의 값이 감소하였음을 알 수 있었다. 정도의 차이는 있었지만 차이가 있음을 보여줬으며 통계적으로 유의함을 보여주었다(.000\*). 마지막으로 V<sub>40%</sub>에서는 SPT와 WSPT는 각각 6.36±3.43%, 6.62±3.32%의 값으로 나타났으며, 두 값에 대한 차이 값의 평균 -6.16±8.46로 나타났다. 음의 최소 차이 값은 -0.13% (1번째 환자)이며 최대 차이 값은 -17.7% (10번째 환자)로 나타내 보이며, 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(.001\*). MLD에 대한 SPT와 WSPT는 각각 1,033.5±399.1 cGy, 1,057.6

±397.0 cGy의 값으로 나타났다. 두 값에 대한 차이 값의 평균 -2.83±2.41%로 보였고, 이 차이 값을 통해서 MLD를 cGy로 나타낸 결과, 평균 169.09±144.9 cGy로 나타났으며, 최소값과 최대값이 각각 6.4 cGy (1번째 환자), 547.3 cGy (15번째 환자)로 나타내 보이면서 모든 환자에서 차이가 있음을 알 수 있었다(.000\*) (Table 9).

### 고안 및 결론

방사선치료를 있어서 치료로 인해 정상조직에서 나타나는 부작용을 최소화하는 것이 중요하다 할 수 있다. 현재 정상 조직에 들어가는 선량을 최소화하기 위한 다양한 치료방법이나 치료계획 방법들을 연구하고 시행해오고 있다. 치료방법론적인 측면에서 본다면 전립선암의 경우 방광과 직장을 채움으로써 종양의 움직임을 최소화하고, 치료부위인 전립선에는 적절한 처방선량을 주도록 하고 있으며, 방광암, 자궁경부암등의 치료에서는 소장이 받는 선량을 최소화하기 위해서 Belly Board를 제작하여 사용하고 있다.<sup>18)</sup> 또한 폐암환자의 치료에서 장기의 움직임을 줄이기 위한 방법으로 C-T영상의 위상 차이를 얻어 외부호흡신호를 사용하여 종양 표적에 들어가는 선량이 개선됨을 보여주었다.<sup>19)</sup> 이처럼 치료 방법적인 측면에서뿐만 아니라, 치료계획적인 측면에 있어서는 유방암 환자의 치료계획방법에 따른 정상조직(Lung)이 받는 선량을 최소화하였고, 전립선암 환자의 경우 치료계획 방법의 변화를 통해 정상조직이 받는 선량을 최소화하였다.



**Table 8.** Total lung V<sub>5%</sub>, V<sub>10%</sub>, V<sub>20%</sub> for WSPT and SPT plans

Patient	Total lung V <sub>5%</sub> (%)			Total lung V <sub>10%</sub> (%)			Total lung V <sub>20%</sub> (%)		
	WSPT	SPT	Difference (%)	WSPT	SPT	Difference (%)	WSPT	SPT	Difference (%)
1	44.2	43.98	-0.49774	17.96	18.4	2.44988	13.87	13.85	-0.14420
2	40.6	39.58	-2.51232	23.32	23.21	-0.47170	17.54	16.69	-4.84607
3	46.57	46.1	-1.00923	41.49	40.48	-2.43432	23.39	21.87	-6.49850
4	16.19	15.91	-1.72946	12.78	13.06	2.19092	6.25	6.34	1.44000
5	39.7	39.26	-1.10831	28.5	28.09	-1.43860	16.74	16.82	0.47789
6	63.2	62.92	-0.44304	55.17	54.63	-0.97879	31.43	31.1	-1.04995
7	29.49	28.48	-3.42489	20.54	20.07	-2.28822	10.85	10.36	-4.51613
8	37.1	36.42	-1.83288	27.6	27.07	-1.92029	13.85	13.75	-0.72202
9	55.18	57.77	4.69373	49.21	48.25	-1.95082	26.32	24.28	-7.75076
10	26.03	24.44	-6.10834	14.97	14.8	-1.13560	7.67	7.2	-6.12777
11	33.17	32.99	-0.54266	24.66	23.88	-3.16302	12.39	11.94	-3.63196
12	32.39	30.87	-4.69281	18.75	19.41	3.52000	10.31	9.73	-5.62561
13	72.56	72.45	-0.15160	57.49	56.98	-0.88711	22.08	21.53	-2.49094
14	65.67	65.05	-0.94411	37.65	35.81	-4.88712	13.66	13.21	-3.29429
15	27.82	25.96	-6.68584	15.86	12.25	-22.76170	7.1	6.29	-11.4085
16	45.02	44.63	-0.86628	39.64	39.26	-0.95863	20.04	19.77	-1.34731
17	54.48	53.71	-1.41336	40.53	40.66	0.32075	22.66	22.32	-1.50044
18	42.36	41.71	-1.53447	33.23	33.15	-0.24075	17.69	16.64	-5.93556
19	62.3	61.96	-0.54575	53.46	53.04	-0.78563	32.06	31.4	-2.05864
20	64.88	63.26	-2.49692	53.64	51.8	-3.43028	30.38	28.57	-5.95787
21	66.29	65.71	-0.87494	58.04	57.49	-0.94762	36.17	35.12	-2.90296
22	56.49	56.03	-0.81430	47.68	47.01	-1.40520	25.9	25.53	-1.42857
Mean±SD	46.44±15.57	45.87±15.84	-1.62±2.29	35.09±15.37	34.49±15.28	-1.98±5.02	19.02±8.73	18.38±8.49	-3.51±3.07
t(P)		-3.06/.006*			-3.14/.005*			-5.27/.000*	

SPT: Shell-Type Pseudo Target, WSPT: without Shell-Type Pseudo Target. \*P<0.01, t: t-value.

폐암환자의 방사선 치료에서 나타나는 부작용은 방사선치료에서 기인되는 폐렴이라 볼 수 있다. Kong 등<sup>20)</sup>에 의해서 MLD와 V<sub>20%</sub>은 방사선폐렴의 임상학적 위험과 상관관계가 있음이 입증되었고, 18 Gy 또는 20 Gy보다 적은 MLD가 들어가면 방사선에 의해서 기인되는 2~3기 폐렴의 발생과 연관이 적을 것이며, 아마도 폐암환자의 안전한 임상적 실행에 기준적인 제한으로 사용되고 있다고 보고되어 있다. Rengan 등<sup>21)</sup>은 처방선량 64 Gy와 그 이상의 처방선량을 주었을 때를 비교했을 시 64 Gy 이상을 주었을 때 좀 더 나은 생존율과 연관이 있다고 보여졌으며, 방사선선량은 또한 국소 무실패 생존의 독립된 변수로 1 Gy 증가할수록 3.6%의 국소 제어실패율이 감소한다고 보고하였다.

이를 토대로 볼 때 본 연구에서 MLD의 차이가 평균 169±144.9 cGy (Max: 547 cGy, Min: 6.4 cGy)로 보였으며, 이 차이만큼의 선량을 증가한다면 이 때문에 국소제어실패율을 감소시키는 동시에 치료효과를 높일 수 있으며, 또한 SPT와 WSPT에서의 MLD의 차이만큼 선량을 증가하였기 때

문에 이로 인해서 발생할 수 있는 폐렴의 확률은 선량을 높인다 하여 높게 나타나지 않으리라고 사료된다. 그리고 MLD 이외에 폐렴의 지표로 삼았던 V<sub>20%</sub>에서 WSPT의 경우 19.02±8.73, SPT의 경우 18.38±8.49의 결과를 보이면서, SPT에서 감소함을 보여 주었다(.000\*). Gopal 등<sup>22)</sup>은 방사선 치료 후 폐의 가스교환의 감소를 최소화하기 위해서 DVH에서의 저 선량이 들어가는 부위를 최소화 할 것을 제안하였고, 또한 Seppenwoolde 등<sup>23)</sup>은 저 선량 영역인 13 Gy 이상에서 받는 폐의 용적이 폐렴의 예측변수로써 강하게 작용한다고 제안하였으며, Yamashita 등<sup>24)</sup>은 종양이 아닌 폐에 들어가는 저 선량의 방사선량이 많을수록 폐 독성(Toxicity)이 증가한다고 보고하였다.

이는 본 연구에서 보이는 바와 같이 저 선량 영역에서 (V<sub>5%</sub>, V<sub>10%</sub>)에 포함되는 폐의 체적이 V<sub>5%</sub>의 경우 WSPT에서 46.44±15.57, SPT에서는 45.87±15.84로 감소한 것으로 나타났다(P: .006\*), V<sub>10%</sub>에서 또한 WSPT에서 35.09±15.37, SPT에서 34.49±15.28로 감소되었음을 보여주었다(P: .005\*).

**Table 9.** Total lung V<sub>30%</sub>, V<sub>40%</sub>, MLD for WSPT and SPT plans

Patient	Total lung V <sub>30%</sub> (%)			Total lung V <sub>40%</sub> (%)			Total MLD (cGy)			
	WSPT	SPT	Difference (%)	WSPT	SPT	Difference (%)	WSPT	SPT	%	cGy
1	11.78	11.75	-0.25467	7.36	7.35	-0.13587	936	935	0.1	6.4
2	10.72	9.9	-7.64925	5.43	4.86	-10.49720	916.7	880.8	3.9	235.0
3	12.88	12.37	-3.95963	7.24	6.87	-5.11050	1,147.4	1,116.8	2.7	160.0
4	3.89	3.63	-6.68380	2.63	2.38	-9.50570	389.2	377.5	3	180.4
5	12	11.75	-2.08333	6.82	6.98	2.34604	956.8	952.2	0.5	28.8
6	19.63	19.71	0.40753	11.71	11.74	0.25619	1,629.8	1,620.2	0.6	35.3
7	7.67	6.82	-11.08210	4.11	3.43	-16.5450	649.3	611.2	5.9	352.1
8	9.02	8.69	-3.65854	4.64	4.41	-4.95690	809.7	791.5	2.2	134.9
9	12.43	11.89	-4.34433	5.97	5.53	-7.37018	1,272.7	1,234.9	3	178.2
10	4.41	3.62	-17.9138	1.98	1.63	-17.6768	506.7	469.9	7.3	435.8
11	7.84	7.97	1.65816	5.51	5.47	-0.72595	759.8	748.9	1.4	86.1
12	7.85	6.75	-14.01270	4.32	3.56	-17.5926	679	635.4	6.4	385.3
13	13.65	13.69	0.29304	8.47	8.42	-0.59032	1,494.7	1,473	1.5	87.1
14	8.27	8.11	-1.93470	5.39	4.82	-10.57510	1,114.8	1,070.2	4	240
15	4.07	3.25	-20.14740	1.76	1.25	-28.97730	503.2	457.3	9.1	547.3
16	11.15	11.02	-1.16592	6.27	6.26	-0.15949	1,074.2	1,062.2	1.1	67.0
17	11.99	12.07	0.66722	6.63	6.54	-1.35747	1,198.7	1,186.7	1	60.1
18	10.71	10.53	-1.68067	5.44	5.91	8.63970	964.8	954.7	1	62.8
19	21.09	20.8	-1.37506	14.93	14.97	0.26791	1,701.2	1,685.8	0.9	54.3
20	13.22	12.88	-2.57186	6.64	6.05	-8.88554	1,446.7	1,395.8	3.5	211.1
21	21.07	20.65	-1.99336	13.25	12.72	-4.00000	1,752.6	1,722	1.7	104.8
22	15.38	14.32	-6.89207	9.04	8.83	-2.32301	1,364.1	1,353.3	0.8	47.5
Mean±SD	11.40±4.87	11.01±4.98	-4.84±6.01	6.62±3.32	6.36±3.43	-6.16±8.46	1,057.6±397.0	1,033.5±399.1	2.83±2.4	169.09±144.9
t(P)		-4.84/.000*			-3.80/.001*			-7.34/.000*		

SPT: Shell-Type Pseudo Target, WSPT: without Shell-Type Pseudo Target. \*P<0.01, t: t-value.

이는 얼마간의 폐 독성(Toxicity)이 감소 할 것으로 사료된다. 저 선량 영역외의 부분인 V<sub>30%</sub>, V<sub>40%</sub>에서도 각각 WSPT: 11.40±4.87, SPT: 11.01±4.98, P: .000\*, WSPT: 6.62±3.32, SPT: 6.36±3.43, P: .001\*의 결과 값을 보여주면서, SPT의 경우에서 폐에 들어가는 방사선량이 감소했음을 알 수 있었다. 또한 CI에 대한 평가에서도 WSPT에서 1.22±0.040, SPT에서는 1.16±0.032의 결과를 보였고, 이는 통계적으로 유의할만한 수준에서 감소하는 것으로 나타났(P: .000\*). 이는 높은 CI의 값은 방사선폐렴에 깊은 관계가 있음을 보여줬던 Yamashita 등<sup>24)</sup>의 연구를 근거로 볼 때, CI의 값을 낮춤으로써 방사선폐렴 발생을 낮출 수 있을 것이라 사료된다.

폐 이외의 정상조직으로 분류된 식도의 경우 WSPT가 14.54±12.01, SPT가 12.14±11.09로 나타났(P: .000\*), 척수는 WSPT에서 3,898.44±1,075.0, SPT에서 3,810.8±1,134.9의 결과를 보이며(P: .004\*), SPT의 경우에서 감소됨을 알 수 있었다.

결론적으로 본 연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

첫째 IMRT 치료계획 시 Shell-Type Pseudo target을 사용했을 경우가 그렇지 않았을 경우보다 종양에 처방되는 선량의 변화 없이도 정상조직이 받는 선량을 줄일 수 있음을 확인하였고 정상조직에 들어가는 선량 감소로 인해 부작용을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

둘째 169 cGy 선량을 증가 시킬 수 있는 여지가 있어서, 이 선량 증가로 인한 국소제어실패율을 감소시키는 동시에 치료효과를 높일 수 있으리라 사료된다.

셋째 폐의 저 선량 영역(V<sub>5%</sub>, V<sub>10%</sub>)에 들어가는 볼륨을 줄임으로써 폐 Toxicity의 감소가 있으리라 사료된다.

넷째 CI의 값을 낮춤으로써 방사선폐렴 발생을 낮출 수 있을 것이라 사료된다.

이렇듯 본 연구에서는 NSCLC 환자 중에 폐암 병기 분류에 의해서 정해진 III기, IV기 환자의 방사선치료에 있어서 IMRT 치료계획 시, SPT와 WSPT에서 각각의 경우에서 치료계획 후 다양한 선량학적 평가를 통해 SPT 사용 시 정상조직에 들어가는 선량을 줄이면서 종양조직에는 다소간의 선량

을 증가시킬 수 있음을 알 수 있었고, 이번 연구에서 비교적 작은 PTV 체적을 가지고 있는 I, II기 환자들은 방사선 치료로 기인되는 방사선 폐렴 발생위험이 작을 것이라 사료되어 제외를 시켰으나 추후연구를 통해서 폐암 이외의 부위에 발생하는 암과 더불어서 SPT를 이용한 IMRT 계획의 유용성이 있는지 추가적으로 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. 보건복지부 암 등록 통계. <http://stat.mw.go.kr/>
2. 통계청 2009년 사망원인통계. <http://kostat.go.kr/>
3. GLOBOCAN 2008, IARCPress Lyon, 2010
4. Rowell NP, Williams CJ: Radical radiotherapy for stage I/II non-small cell lung cancer in patients not sufficiently fit or declining surgery (medically inoperable). *Cochrane Database Syst Rev* 2001;2:CD002935
5. Jeremic B, Milicic B, Dagovic A, Acimovic L, Milisavljevic S: Pretreatment prognostic factors in patients with early stage (I/II) non-small-cell lung cancer treated with hyperfractionated radiation therapy alone. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;65:1112-1119
6. Kang JO: Number of radiation oncologists in Korea, adequate or surplus? *Cancer Res Treat* 2006;38:61
7. Kong FM, Ten Haken RK, Schipper MJ, et al.: High-dose radiation improved local tumor control and overall survival in patients with inoperable/unresectable non-small-cell lung cancer: long-term results of a radiation dose escalation study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;63:324-333
8. Pow EHN, Kwong DLW, McMillan AS, et al.: Xerostomia and quality of life after intensity-modulated radiotherapy vs. conventional radiotherapy for early-stage nasopharyngeal carcinoma: Initial report on a randomized controlled clinical trial. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;66:981-991
9. Murshed H, Liu HH, Liao Z, et al.: Dose and volume reduction for normal lung using intensity modulated radiotherapy for advanced-stage non-small cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;58:1258-1267
10. Christian JA, Bedford JL, Webb S, et al.: Comparison of inverse-planned three-dimensional conformal radiotherapy and intensity-modulated radiotherapy for non-small-cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007;67:735-741
11. International Commission on Radiation Units and Measurements 50: Prescribing, recording and Reporting Photon Beam Therapy. Maryland, USA: ICRU, 1993
12. International Commission on Radiation Units and Measurements 62: Prescribing, recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU 50). Maryland, USA: ICRU, 1999
13. Paddick I: A simple scoring ratio to index the conformity of radiosurgical treatment plans. Technical note. *J Neurosurg* 2000;93(Suppl 3):219-222
14. Pezner RD, Liu A, Han C, Chen YJ, Schultheiss T, Wong J: Dosimetric comparison of helical Tomo Therapy treatment and step-and-shoot intensity-modulated radiotherapy of retroperitoneal sarcoma. *Radiother Oncol* 2006;81:81-87
15. Wang X, Zhang X, Dong L, et al.: Effectiveness of non-coplanar IMRT planning using a parallelized multiresolution beam angle optimization method for paranasal sinus carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;63:594-601
16. ICRU: Prescribing, recording and reporting photon beam therapy (supplement to ICRU Report 50). International Commission of Radiation Units and Measurements: ICRU 62. Bethesda, MD; 1999
17. Kwa SL, Theuws JC, Wagenaar A, et al.: Evaluation of two dose- volume histogram reduction models for the prediction of radiation pneumonitis. *Radiother Oncol* 1998;48:61-69
18. Shanahan TG, Mehta MP, Bertelrud KL, et al.: Minimization of small bowel volume within treatment fields utilizing customized 'bellyboards'. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1990; 19:469-476
19. Underberg RW, Lagerwaard FJ, Cuijpers JP, Slotman BJ, van Sornsen de Koste JR, Senan S: Four-dimensional CT scans for treatment planning in stereotactic radiotherapy for stage I lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;60: 1283-1290
20. Kong FM, Ten Haken RK, Schipper MJ, et al.: High-dose radiation improved local tumor control and overall survival in patients with inoperable/unresectable non-small-cell lung cancer: long-term results of a radiation dose escalation study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;63:324-333
21. Rengan R, Rosenzweig KE, Venkatraman E, et al.: Improved local control with higher doses of radiation in large-volume Stage III non-small-cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;60:741-747
22. Gopal R, Tucker SL, Komaki R, et al.: The relationship between local dose and loss of function for irradiated lung. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003;56:106-113
23. Seppenwoolde Y, Lebesque JV, De Jaeger K, et al.: Comparing different NTCP models that predict the incidence of radiation pneumonitis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003;55: 724-735
24. Yamashita H, Nakagawa K, Nakamura N, et al.: Exceptionally high incidence of symptomatic grade 2-5 radiation pneumonitis after stereotactic radiation therapy for lung tumors. *Radiat Oncol* 2007;2:21

---

Abstract

## Assessment of the Usefulness of an IMRT Plan Using a Shell-Type Pseudo Target with Patients in Stage III or IV of NSCLC

Sang Bong Lee, Ki Ju Park, Du Chan Park, Man Wo Kim, Jun Gon Kim, Sung Hwan Noh

Department of Radiation Oncology, Gyeongsang National University Hospital, Jinju, Korea

**Purpose:** The objective of this study was to investigate the usefulness of an IMRT treatment plan according to whether there was a shell-type pseudo target during radiation therapy for patients in Stage III or IV of non-small cell lung cancer (NSCLC).

**Materials and Methods:** After setting an IMRT (Intensity-Modulated Radiation Therapy, IMRT) plan for when there was a shell-type pseudo target (SPT) and when there was none (WSPT) with 22 patients in Stage III or IV of NSCLC, the investigator analyzed dose-volume histograms (DVHs) and made assessment with dosimetric comparisons such as homogeneity index (HI) inside the tumor target, conformity index (CI) of the tumor target, spinal cord maximum dose, Esophagus  $V_{50\%}$ , mean lung dose (MLD), and  $V_{40\%}$ ,  $V_{30\%}$ ,  $V_{20\%}$ ,  $V_{10\%}$ ,  $V_5\%$ .

**Results:** The mean CI of WSPT and SPT was  $1.22\pm 0.04$  and  $1.16\pm 0.032$  (.000\*), respectively, and the mean HI of WSPT and SPT was  $1.06\pm 0.015$  and  $1.07\pm 0.014$  (.000\*), respectively. In SPT, the mean of each CI difference decreased by  $-5.16\pm 2.54\%$ , while HI increased by average  $0.81\pm 0.47\%$ . Esophagus  $V_{50\%}$  recorded  $14.54\pm 12.01\%$  (WSPT) and  $12.14\pm 11.09\%$  (.000\*, SPT) with the mean of SPT differences dropping by  $-26.37\pm 25.05\%$ . Mean spinal cord maximum dose was  $3,898.44\pm 1,075.0$  cGy (WSPT) and  $3,810.8\pm 1,134.9$  cGy (.004\*, SPT) with SPT dropping by average  $-3.36\pm 5.81\%$ . As for lung  $V_x\%$ , the mean of  $V_5\%$  and  $V_{10\%}$  differences was  $-1.62\pm 2.29\%$  (.006\*) and  $-1.98\pm 5.02\%$  (.005\*), respectively with SPT making a decrease. The mean of  $V_{20\%}$ ,  $V_{30\%}$ , and  $V_{40\%}$  differences was  $-3.51\pm 3.07\%$  (.000\*),  $-4.84\pm 6.01\%$  (.000\*), and  $-6.16\pm 8.46\%$  (.001\*), respectively, with SPT making a decrease with statistical significance. In MLD assessment, SPT also dropped by average  $-2.83\pm 2.41\%$  (.000\*). Those results show that SPT allows for mean 169 cGy (Max: 547 cGy, Min: 6.4 cGy) prescription dose.

**Conclusion:** An IMRT treatment plan with SPT during radiation therapy for patients in Stage III or IV of NSCLC will help to reduce the risk of lung toxicity and radiation-induced pneumonia by cutting down radiation doses entering the normal lung, reduce the local control failure rate during radiation therapy due to increasing prescription doses to a certain degree, and increase treatment effects.

---

**Key words:** IMRT (intensity-modulated radiation therapy), DVH (dose volume histogram), NSCLC (non-small cell lung cancer)