

## 폐 부위 Planning Target Volume(PTV)설정시 폐 움직임의 객관적 측정

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 방사선종양학과

정 원 규 · 조 정 길

### The Objective Measurement of the Lung Parenchyma Motion for Planning Target Volume Delineation

Weon Kuu Chung, M.D. and Jeong Gill Cho, M.D.

*Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan,  
Seoul, Korea*

**Purpose** : To quantify the movement of lung parenchyma for ICRU 50 Planning Target Volume (PTV) delineation of the lung region.

**Materials and Methods** : Fluoroscopic observations and measurements are performed on 10 patients with chest region cancer who have normal pulmonary functions. We have divided the lung region into 12 parts for the right lung, 10 parts for the left lung and four to five points of lung parenchyma were selected for anatomical analysis points. Fluoroscopic images are sent to a computer and then movements are measured.

**Results** : Both lower lobes showed the longest longitudinal movements because of breathing (average 14.1mm, maximum 22.1mm), while antero-posterior displacement showed the smallest value. Lateral movements of the lung parenchyma averaged 6.6mm, and the maximum value was 9.1mm. (both hilar regions showed maximum values because of cardiac motion)

**Conclusion** : We could quantify the lung movements by measuring parenchyma displacements. The movements of both upper lobes were less than those of the middle and upper lobes in longitudinal and transverse movements. Optimal margins can be selected for PTV delineation using these results.

**Key Words** : Planning target volume, Lung parenchyma movements

### 서 론

ICRU는 치료 표적 개념을 Gross Tumor Volume

이 논문은 1997년 6월 20일 접수하여 1997년 9월 24일 채택되었음.

책임저자: 정원규, 서울시 송파구 풍납동 388-1  
울산대학교 서울중앙병원 방사선종양학과

(GTV), Clinical Target Volume(CTV), Planning Target Volume(PTV)으로 설정하기를 권고하고 있다<sup>1)</sup>. 진단 영상 장치의 발달로 GTV, CTV의 설정은 점점 더 정확하고 쉽게 이루어지고 있다(Fig. 1). 그러나 PTV는 자세 오차, 장기의 움직임도 고려 하여 설정하여야 하는 어려움이 있다. 영상 기술의 발달과 고정기에 대한 지속적인 개발로 자세 오차 범위도 치료부위에 따라 조금씩 줄어들고 있는 추세이다<sup>2)</sup>. 장기의 움

직임을 고려한 경계 여유의 설정은 다분히 의사 개개인의 경험에 의존하는 면이 있어서 이의 객관적인 수치화가 시급히 요청되고 있다<sup>3)</sup>. 최근 3차원 입체 조형 방사선 치료가 빠른 속도로 발전하면서 방사선에 의한 정상 조직의 부작용을 최소화 하고 종양에만 고선량을 조사하기 위하여 Beam's Eye View(BEV)를 이용하여 정확한 위치 추정을 시도하고 있다. 이때 적절한 여유 설정이 매우 중요한 과제로 등장한다. 즉 충분한 여유를 둘 때는 Tumor Control Probability(TCP)가 증가할 수 있으나 Normal Tissue Complication Probability(NTCP)의 증가가 예상되게 된다. 충분치 못한 여유를 둘 경우 경계 여유가 작기 때문에 자세 오차나 장기 움직임이 발생하면 지리적 과오가 생길 가능성이 크기 때문에 적절한 경계 여유를 설정하는 것이 중요해 지는 것이다<sup>3)</sup>. Ross 등은 폐암 환자에서 Ultrafast Computerized Tomography 를 이용하여 폐의 움직임을 측정할 경우 심각한 정도의 지리적 과오가 15%, 약간의 지리적 과오가 15%이고 폐문 부위의 외측 이동은 평균 9.2mm라고 보고 하였다<sup>4)</sup>. 김 등은 폐암 환자 치료 계획 시 종양의 움직임과 자세 오차를 합하여 CTV에서 차폐물까지는 종양의 위치에 따라 조금씩 다르지만 X축으로 10mm, Y축으로 25mm 정도의 여유가 필요하다고 보고 하였다<sup>5)</sup>. Stanley 등에 의하면 수술 불가능한 편평 상피세포암의 61%, 소세포암의 50%, 선세포암과 대세포암 41%가 치료 실패와 사망의 직접적인 원인이 주로 국소 관해 실패로 인한 것으로 보고하고 있다<sup>6)</sup>. 이는 PTV 설정에 장기의 움직임에 대한 정확한 정보 획득이 얼마나 중요한 가를 보여주는 보고라 하겠다. 그럼에도 불구하고 이러한 장기 움직임에 대한 정보 수집의 중요성에 비해 움직임에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 이에 본 저자들은

모의 치료 계획기를 이용하여 폐의 움직임에 대한 정량적인 지침을 마련하여 보다 적절한 PTV 설정에 도움을 주고자 본 연구를 계획하였다.

### 대상 및 방법

1996년 9월 중 울산의대 서울중앙병원 방사선종양학과에 내원하여 Simulation을 시행한 환자 중 흉부 주변 방사선 치료를 시행 받을 환자 10명을 대상으로 하였다. 이들 환자 중 6명은 식도암이고 2명은 폐암, 나머지 2명은 유방암이었다. 이들 환자들의 전신 상태는 ECOG 작업 수행도 H0-H2로 비교적 양호하였고, 폐 기능 조사에서 FEV1, Diffusion Lung Capacity 등이 모두 정상 범위였다. 10명의 환자 중 남성은 각각 8명과 2명으로 남자가 많았다. 나이는 32세에서 64세까지였다. 관찰 부위는 양측 폐 부위 이고, 관찰 방법은 Simulator 투시 촬영기를 이용하여 정면과 측면 영상을 얻어서 이를 VTR로 녹화하여 Macintosh

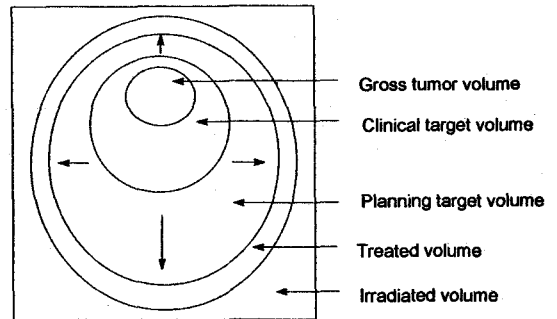


Fig. 1. Schematic illustration of the boundaries of the volumes defined by ICRU 50.

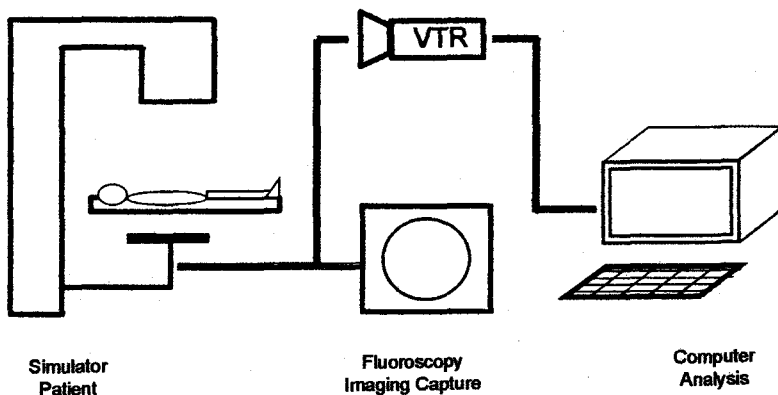


Fig. 2. Schematic diagram of analysis method and materials.

IVx-Digital Video Software를 이용한 Video Spigot System(Screen Play)를 통해 영상을 Computer에 포획하여 분석 하였다(Fig. 2).

우폐는 12부위와 좌폐는 10부위로 각각 나누어 움직임을 관찰 분석 하였다. 우폐 부위는 상, 중, 하엽을 각각 2부분으로 나누었고 그 각각을 측면에서 전, 후 2부분으로 나누어서 모두 12부분으로 나누었다. 좌폐 부위는 상, 하엽을 우폐와 같은 방법으로 나누고 여기에 좌측 폐문부위 전후점을 합해 모두 10부분을 관측했다. 투시 상에 나타나는 부위마다 4-5개의 폐포점을 택해 X선 투시 장치에서 생성된 영상을 컴퓨터에 입력시켜 폐포의 움직임을 X, Y, Z 3좌표 방향으로 수치화 하였다(Fig. 3). 관찰 시간은 최소한 3-5회 이상

의 호흡과 심장 박동을 볼 수 있도록 10초 이상 관찰 하였다.

**결 과**

Table 1, 2에서는 각 부위 폐포 점에서 측정된 움직임을 평균치와 각각의 표준 편차를 보여주고 있다. 표준편차가 가장 작은 부위는 우상엽 내측면과 외측면에서 상하이동 0.5mm이고, 가장 큰 부위는 좌하엽 외측면에서 상하이동 4.0mm이었다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 우측 폐 부위 중 상엽의 내측면이 외측 면에 비해 더 많은 좌우 이동을 하고 있으나 외측 면과 내측면의 차이는 크지 않고(2mm-

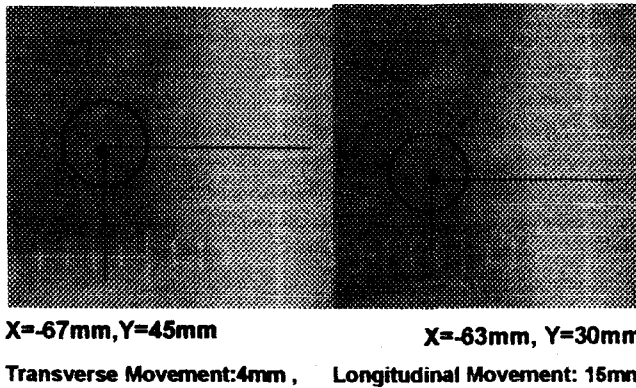


Fig. 3. We selected an anatomical analysis point in lung parenchyma and the fluoroscopic images are sent to a computer and then movements are measured by computer analysis program.

**Table 1. Movement of Right Lung Parenchyma(mm)**

Lung	Site		좌우	전후	상하
RUL	Med	A	5.5(1.0)	3.5(0.9)	2.9(0.5)
		P	5.5(1.0)	3.3(0.6)	2.9(0.5)
	Lat	A	3.5(0.6)	3.5(0.9)	3.4(0.5)
		P	3.5(0.6)	3.3(0.6)	3.4(0.5)
RML	Hilum	A	6.3(1.3)	4.6(1.1)	5.7(2.7)
		P	6.3(1.3)	5.0(2.0)	5.7(2.7)
	Lat	A	4.8(0.9)	4.6(1.1)	5.1(2.5)
		P	4.8(0.9)	4.6(1.1)	5.1(2.5)
RLL	Med	A	5.9(0.8)	5.6(0.5)	16.3(1.6)
		P	5.9(0.8)	6.6(0.5)	16.3(1.6)
	Lat	A	5.4(1.3)	5.6(0.5)	14.6(3.2)
		P	5.4(1.3)	6.6(0.5)	14.6(3.2)

A : Anterior region of lung parenchyma.  
 P : Posterior region of lung parenchyma.  
 ( ) : Standard deviation

0.5mm), 좌우 이동은 중엽의 폐문 부위에서 가장 크게 나타나 상엽의 외측과 비교 하면 평균 2.8mm 차이가 났다. 상하 이동은 호흡 효과로 인해 상엽에 비해 하엽이 평균 12.3mm로 더 큰 이동을 보였다. 특히 하엽의 내측면은 16.3mm까지 이동을 보였다(Fig. 6).

Fig. 5에서는 폐문부의 이동을 보여 주는 데, 좌우 이동은 좌 폐문 부위에 이동이 가장 크게 있어서 6.9mm 움직였고, 이는 모든 폐 부위 중 가장 큰 좌우 이동(lateral movements)이었다. 그 다음은 좌하엽의 내 측면으로 6.8mm 좌우이동이 있었다. 상하 이동은 하엽의 내측면 이동이 가장 커서 13mm에서 16.3mm 까지 있었다.

우측과 좌측 폐 부위 중 양측 상엽 부위의 움직임이 상대적으로 적었다. 대부분 좌우 이동이 전후 이동에 비해 크게 나타났으나 우하엽의 외측면과 좌상엽의 외측면은 전후이동이 좌우이동보다 크게 나타났다. 좌우 이동은 심장 박동 효과로 심장 또는 대동맥 근처에

서 가장 두드러지게 나타나서 양측 폐문 부위가 가장 큰 이동을 보였으며(평균 6.6mm, 평균 표준편차 1.5mm) 상하 이동은 호흡 효과로 양측 폐 하엽 부위 횡격막 근처에서 가장 컸다(평균 14.1mm, 평균 표준편차 2.6mm).

고 안

장기의 움직임은 방사선 치료에 있어서 지리적 과오를 범하는 중요한 원인 중의 하나이다. 우리 몸의 장기 중 대뇌, 두경부 부위는 그 움직임이 비교적 적은 반면, 흉부 내의 기관이나 복부 내의 기관은 상대적으로 그 움직임이 많다.

본 연구에서 비교적 움직임이 크고 관찰하기에 용이한 폐의 움직임을 관찰하였으며, 움직임을 객관적으로 정량화 할 수 있었다. 폐의 움직임은 결과에 나와 있듯이 양측 상엽 부위는 중 하엽에 비하여 상대적으

Table 2. Movement of Left Lung Parenchyma(mm)

Lung	Site		좌우	전후	상하
LUL	Med	A	4.3(1.9)	3.5(0.9)	3.8(1.2)
		P	4.3(1.9)	3.3(0.6)	3.8(1.2)
	Lat	A	3.0(0.9)	3.5(0.9)	3.2(0.9)
		P	3.0(0.9)	3.3(0.6)	3.2(0.9)
	Hilum	A	6.9(1.7)	4.6(1.1)	5.6(2.3)
		P	6.9(1.7)	5.0(2.0)	5.6(2.3)
LLL	Med	A	6.8(1.2)	5.6(2.3)	13.0(3.2)
		P	6.8(1.2)	6.6(3.2)	13.0(3.2)
	Lat	A	6.4(1.5)	5.6(2.3)	12.3(4.0)
		P	6.4(1.5)	6.6(3.2)	12.3(4.0)

A : Anterior region of lung parenchyma.  
 P : Posterior region of lung parenchyma.  
 ( ) : Standard deviation.

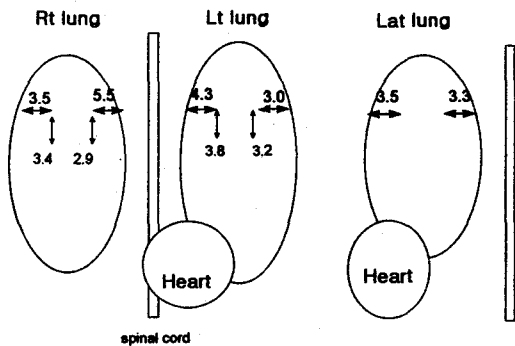


Fig. 4. This figure reveals that the average movement of both upper lung(mm).

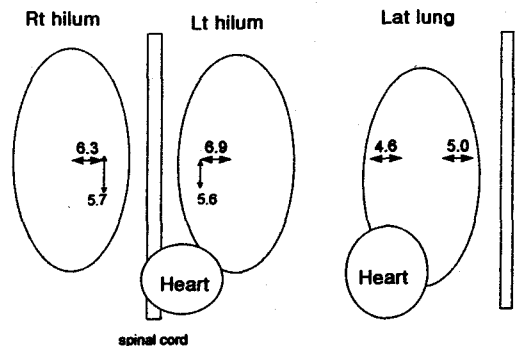


Fig. 5. This figure reveals that the average movement of both hilum(mm).

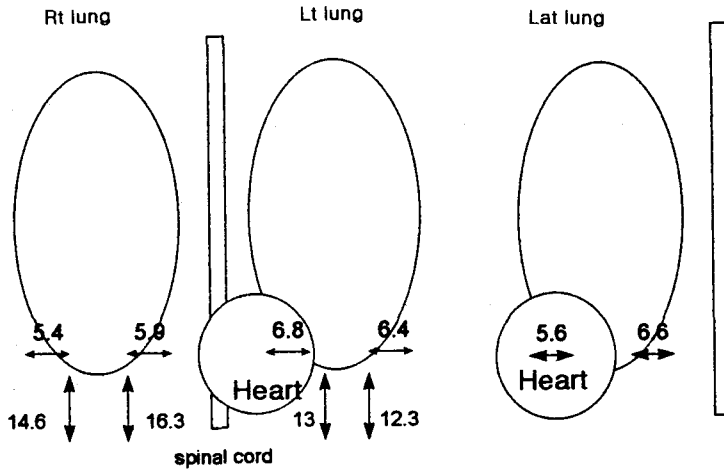


Fig. 6. This figure reveals that the average movement of both lower lung(mm).

로 적었으며, 비록 근소한 차이긴 하지만 좌우 이동이 전후 이동에 비해 크게 나타났다. 이 중 좌우 이동은 주로 양측 폐문 부위 즉 심장 또는 대동맥 근처에서 가장 두드러지게 나타나서 Ross 등이 발표한 평균 9.9mm 보다는 작게 평균 6.6mm 이동을 보였다. 특히 좌측 폐문 부위의 좌우 이동은 6.9mm로 우측에 비해 크게 나타났으나, 본 연구와 달리 상하 방향에 대한 평가를 하지 못하였다<sup>4)</sup>.

양측 하엽은 기대했던 바와 같이 호흡 효과로 인해 상하 이동이 가장 컸으며(평균 14.1mm), 최대로는 22.1mm까지 움직였다. 특히 우측 폐 하엽의 내면이 좌측 하엽에 비해 평균 16.3mm로 더 많은 움직임이 있었다. 김등은 폐암 환자에서 양측 횡격막 근처에서 평균 움직임이 12.2mm이고 표준 편차는 4.03mm 정도로 본 연구와 1.9mm 차이를 보였다. 하지만 이는 표준 편차 내에 들어 가서 비슷한 결과라 할 수 있다<sup>5)</sup>. 좌우 이동도 상엽에 비해 하엽 이동이 좌측은 평균 6.8mm과 우측 5.9mm로 더 큰 움직임이 있었다. 이는 좌심실의 심 박동에 의해 호흡 효과와 상승 작용을 일으켜 더 많은 움직임이 있는 것으로 분석된다.

본 연구의 대상 환자가 비록 작고 분석 방법에 있어서도 심장 박동만의 효과를 관찰 하지 못하는 등의 한계가 있지만 앞으로 더 많은 환자와 연구 분석 방법의 개선이 이루어 진다면 폐암의 PTV 설정 시 표적의 위치에 따라 여유를 달리 둘 수 있는 지표로 활용 할 수 있으리라 생각된다.

## 결 론

X선 투시로 폐의 움직임을 관찰 할 수 있었으며 컴 퓨터의 궤적 추적으로 정량화 할 수 있었다.

우측과 좌측 폐 부위 중 양측 상엽 부위의 움직임이 상대적으로 적었으며, 좌우 이동이 전후 이동에 비해 크게 나타 났다. 좌우 이동은 심장 박동 효과로 심장 또는 대동맥 근처에서 가장 두드러지게 나타나서 양측 폐문 부위가 가장 큰 이동을 보였으며 상하 이동은 호흡 효과로 양측 폐 하엽 부위 횡격막 근처에서 가장 컸다. 본 연구를 통해서 폐암 환자 치료 계획시 폐 실질의 움직임만을 고려 할 때 Clinical Target Volume(CTV)에서 차폐물까지의 경계여유는 우하엽 내측인 경우 좌우는 7mm(5.9mm±0.8), 상하는 20 mm(16.3±1.6) 정도의 여유가 필요하다고 생각되나, 치료 부위와 systemic 오차 등을 고려할 때 각 환자 마다 치료전 검증영상이 꼭 필요하겠다.

따라서 본 연구의 결과는 폐의 각 치료 부위에 따라 여유 폭을 조정하여 최적화된 PTV를 설정 하는데 도움을 줄 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Purdy JA. Volume and dose specification, treatment evaluation, and reporting for 3D conformal radiation therapy. In: Mackie TR, Paltal JR, eds Teletherapy: present and future. Proceedings of the 1996 Summer School. Advanced Medical Publishing 1996; 237
2. Rosenthal SA, Galvin JM, Goldwein JW, et al.

Improved methods for determination of variability in patients positioning for radiation therapy using simulation and serial portal film measurements. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1992; 23:621-625

3. James AP. Volume and Dose Specification, Treatment Evaluation, and Reporting for 3D Conformal therapy In: Mackie TR, Jatinder RP. Teletherapy: present and future. Proceedings of the 1996 Summer School. Advanced Medical Publishing 1996; 235-251
4. Ross CS, Hussey DH, Pennington EC, Stanford

W, Doombos JF. Analysis of movement of intrathoracic neoplasms using ultrafast computerized tomography. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1990; 18: 671-677.

5. 김우철, 정은지, 이창걸, 추성실, 김귀언. 폐암 환자에서 Electronic portal Imaging Device를 이용한 자세 오차 및 종양 이동거리에 따른 객관적 측정. 대한치료방사선학회지 1996;14:69-76.
6. Stanley K, Cox JD, Petrovich, Z. et al. Patterns of failure of patients with inoperable carcinoma of the lung. Cancer 1981; 47:2725-2729.

= 국문 초록 =

### 폐 부위 Planning Target Volume(PTV)설정시 폐 움직임의 객관적 측정

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 방사선종양학과

정 원 규 · 조 정 길

**목적:** ICRU 50의 권고에 따라 치료 범위를 Planning Target Volume(PTV)으로 설정하고 있다. 진단 영상장치의 발달과 특히 CT Simulator 등의 도움으로 Gross Tumor Volume(GTV) 설정은 쉬워지고 있으나, 내부장기의 움직임에 의한 경계의 선정에 대하여는 특별한 지침이 없고, 단지 경험에 의존하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 폐의 움직임 유형을 분석하여 폐 부위의 PTV 설정시 폐의 움직임을 고려하기 위한 정량적인 지침을 마련하려는 데 있다.

**대상 및 방법:** 폐암, 식도암 등 폐 및 흉부 주변의 방사선으로 치료받는 환자 10명을 대상으로 Simulator 투시 촬영기로 폐의 움직임을 관찰하였다. 우측 폐는 12부위와, 좌측 폐는 10부위로 각각 나누었다. 우측 폐 부위는 상엽은 2부분, 중엽은 2부분, 하엽은 2부분으로 나누었고, 각각을 측면에서 전, 후 2부분으로 나누었다. 좌측 폐 부위는 상엽, 하엽 모두 2부분으로 나누고, 측면에서 다시 전, 후로 다시 2부분으로 나누었다. 부위마다 4-5점을 택해 X선 투시 장치에서 생성된 영상을 컴퓨터에 입력시켜 폐포의 움직임을 x, y, z 3좌표 방향으로 수치화 하였다.

**결과:** 우측과 좌측 폐 부위 중 양측 상엽 부위의 움직임이 상대적으로 적었으며, 좌우 이동이 전후 이동에 비해 크게 나타났다. 좌우 이동은 심장 박동 효과로 심장 또는 대동맥 근처에서 가장 두드러지게 나타나서 양측 폐문 부위가 가장 큰 이동을 보였으며(평균 6.6mm), 상하 이동은 호흡 효과로 양측 폐 하엽 부위, 횡격막 근처에서 가장 컸다(평균 14.1mm).

**결론:** X선 투시로 폐의 움직임을 관찰할 수 있으며 컴퓨터의 궤적 추적으로 정량화 할 수 있었다. 폐 부위의 방사선 치료시 설정되는 PTV에는 장기의 움직임을 고려해야 하는데 본 연구의 결과를 이용하여 치료 부위에 따라 여유를 차등을 둔다면 치료 조사면을 최적화 하는데 도움이 될 것으로 생각된다.