

## Lung Cancer의 Stereotactic Radiosurgery시 Respiratory Gating system의 유용성에 대한 연구

서울아산병원 방사선종양학과

송홍권, 김민수, 양오남, 박철수, 권경태, 김정만

Lung cancer 환자 중 호흡에 의한 종양의 움직임이 큰 lung lower lobe에서 stereotactic radiosurgery(SRS) 시 호흡 주기 중 종양의 움직임이 적은 호흡 주기에서만 방사선을 조사하기 위해 respiratory gating system을 사용함으로써 그 유용성에 대하여 알아보려고 한다. lung lower lobe의 SRS 환자 2명을 대상으로 하였으며, 환자의 복부에 maker block(sensor)을 부착하고 tracking camera와 real time position management(RPM)를 이용하여 호흡 주기를 측정하면서 1회 호흡주기에서 10 phases로 4D-CT를 촬영 하였다. 종양의 위치 변화가 급격하지 않은 percent(%)의 phases를 치료 phases로 결정하였고, 치료 phases의 CT image를 maximum intensity projection(MIP) 기법으로 재구성 후 volume contouring을 하였다. set up의 재현성 및 GTV의 위치 변화를 확인하기 위해 치료 전과 치료 중 2회의 4D-CT 촬영을 하였다. GTV의 움직임이 가장 큰 Y(longitudinal)축에서 A환자 full(0%~90%) phases의 9.4mm가 치료 (30%~60%) phases에서는 2.6mm로, B환자 full(0%~90%) phases의 11.7mm가 치료(30%~70%) phases에서는 2.3mm로 줄었다. 2회의 4D-CT 비교 결과 Set up의 X, Y, Z축 오차는 모두 3mm 이내였다. 호흡에 의한 종양의 움직임이 큰 lung lower lobe에서 SRS 시행 시 respiratory gating system의 사용은 종양의 움직임을 5mm 이내로 감소시킬 수 있어 유용하였다.

---

중심단어: 정위적 방사선 수술, 호흡주기, respiratory gating system

### 서 론

stereotactic radiosurgery(이하 SRS)는 X, Y, Z의 좌표축을 이용하여 표적부위에 일회성 고 선량을 조사하는 치료법으로 주로 장기의 움직임이 적은 뇌나 두경부에 시행되어 왔다. whole body SRS는 호흡에 의한 종양의 움직임 때문에 움직임이 적은( $\pm 5$ mm이하) lung의 upper lobe와 middle lobe에 대하여 시행을 하고 있으며, lower lobe의 경우 호흡 시 횡격막의 움직임에 의한 종양의 움직임을 최소로 하기 위해 복부에 압박대(diaphragm controller)로 압박을 가하여 시행하여 왔으나 종양의 위치에 따라 복부 압박으로도 움직임이 줄지 않을 경우 SRS시행에 많은 어려움이 있었다. 본 연구에서는 호흡 주기 중 종양의 움직임이 적은 호흡 주기에서만 방사선을 조사하기 위해 respiratory gating system을 이용함으로써 lung lower lobe의 SRS 시 그 유용성에 대하여 알아보려고 한다.

### 대상 및 방법

#### 1. 대상 및 장비

종양이 lung lower lobe에 위치하고 diaphragm controller로도 종양의 움직임이 줄지 않는( $\pm 5$  mm 이상) SRS 환자 2명을 대상으로 하였으며, stereotactic body frame (Elekta, Sweden)과 Light Speed RT CT (GE, USA), real time position management(RPM) gating system (V1.6, Varian, USA), 선형가속기 CL-21EX platinum(Varian, USA)을 사용 하였다.

2. 방법

stereotactic body frame와 vaccum cushion을 이용하여 Fig 1과 같이 체부 고정 틀을 만든 후 환자의 복부에 maker block(sensor)를 부착하고 Fig. 2, Fig. 3에서와 같이 tracking camera와 real time position management(RPM)로 호흡 주기를 측정하면서 4D-CT를 이용하여 동일 위치에서 호흡 1회 주기 동안 10 phases를 얻기 위해 image간에 cine time을 호흡 주기의 1/10초로 하여 4D-CT 촬영을 한 후 각 phases (0%~90%)에서 중앙의 움직임 측정하여 중앙의 위치 변화가 급격하지 않은 호흡 주기 percent(%)의 phase를 치료 phases로 결정하였으며, 치료 phases의 CT image를 maximum intensity projection(MIP) 기법으로 재구성 후 volume contouring을 하였다. set up의 재현성 및 GTV위치 변화를 확인하기 위해 치료 전과 치료 중 2회의 4D-CT 촬영을 하고 치료 phases와 동일한 percent(%)의 phases로 MIP CT image를 만들어 치료 phases의 MIP CT image와 fusion하여 X, Y, Z축의 오차를 측정하였다.



Fig. 1 Patient set up

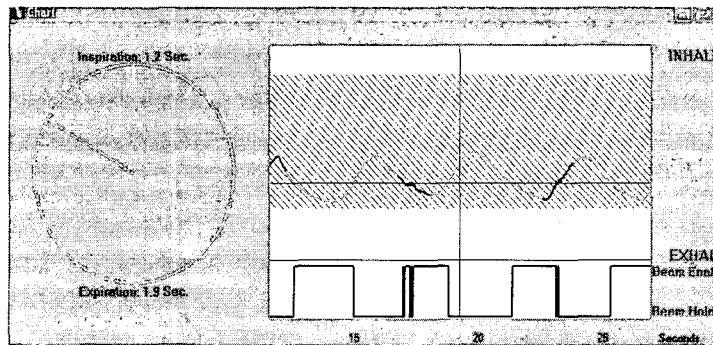


Fig. 2 Patient respiration signal

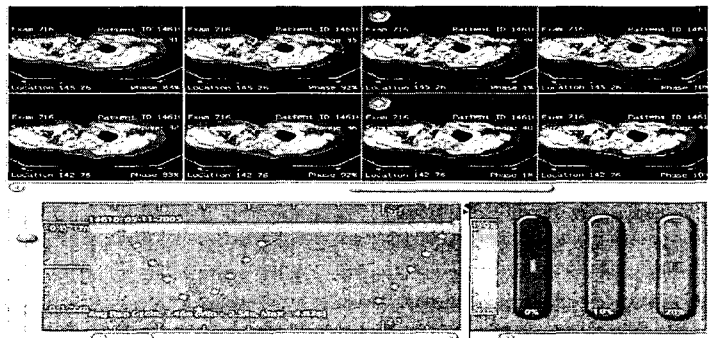


Fig. 3 Acquire of phase image

결 과

Lung cancer의 lower lobe에 종양이 위치한 2명의 SRS 환자를 대상으로 A환자는 full phases에서 GTV의 움직임은 X축으로 2.7mm, 1.3mm, Y축으로 9.4mm, 7.8mm, Z축으로 2.6mm, 3.4mm이었으나, 치료(30%~60%) phases에서는 X축으로 1.1mm, 0.3mm, Y축으로 1.9mm, 2.6mm, Z축으로 1.8mm, 0.7mm로 줄었으며, B환자에서는 full phases에서는 X축으로 3.6mm, 2.5mm, Y축으로 11.6mm, 11.7mm, Z축으로 5.3mm, 4.4mm이었으나 치료(30%~70%) phases에서는 움직임이 X축으로 1.3mm, 1.4mm, Y축으로 2.3mm, 2.3mm, Z축으로 1.4mm, 2mm로 줄었다. (Table. 1)

Table 1. RPM gated full phases와 treatment phases의 종양 위치 변화 비교

CASE	Range	Lateral (X)		Longitudinal (Y)		Depth (Z)	
		Lt. side	Rt. side	Inf. side	Sup. side	Post. side	Ant. side
A	Full phase (0%~90%)	2.7	1.3	9.4	7.8	2.6	3.4
	치료 phase(30%~60%)	1.1	0.3	1.9	2.6	1.8	0.7
B	Full phase (0%~90%)	3.6	2.5	11.6	11.7	5.3	4.4
	치료 phase(30%~70%)	1.3	1.4	2.3	2.3	1.4	2.0

단위 : mm

set up의 재현성 및 GTV 위치 변화를 확인하기 위해 치료 전과 치료 중 2회 촬영한 4D-CT의 비교 결과 set up의 오차가 A환자 1차 비교에서는 X축으로 0mm, Y축으로 2.5mm, Z축으로 3mm, 2차 비교에서는 X축으로 0mm, Y축으로 0mm, Z축으로 2mm이었으며, B환자 1차 비교에서는 X축으로 1mm, Y축으로 2.5mm, Z축으로 1mm, 2차 비교에서는 X축으로 2mm, Y축으로 2.5mm, Z축으로 2mm의 오차가 있었으나 모두 3mm이내였다.(Table. 2)

Table 2. RPM gating system을 이용한 CT set up의 비교

CASE	CT 비교	X	Y	Z	CASE	CT 비교	X	Y	Z
A	1차 비교	0	25	3	B	1차 비교	1	25	1
	2차 비교	0	0	2		2차 비교	2	25	2

단위 : mm

결 론

호흡에 의한 종양의 움직임이 큰 lung cancer 환자의 lower lobe에서 SRS 시행 시 diaphragm controller로 종양의 움직임을 5mm 이하로 줄일 수 없는 경우 respiratory gating system의 사용은 종양의 움직임을 5mm 이내로 감소시킬 수 있어 유용하였다. 또한 4D-CT로 촬영한 CT image에서 치료 phases의 CT image만을 MIP법으로 재구성하였기 때문에 치료 phases의 GTV는 각 치료 percent(%)의 GTV를 합친 volume이므로 정확한 PTV를 volume contouring할 수 있고, 환자의 호흡 주기와 흡기량, 호기량을 일정한 범위로 유지할 수 있다면 치료 효과를 향상시킬 수 있을 것이며, lung cancer뿐만 아니라 호흡에 의한 장기의 움직임이 큰 복부에서도 respiratory gating system를 사용하면 치료 계획 및 치료 시에 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Berbeco, Hassan Mostafavi, Gregory C. et. al : Tumor Tracking in the Absence of Radiopaque Makers; : Department of Radiation Oncology, Massachusetts General Hospital and Medical School, Boston, MA, USA: XIV th ICCR 2004. Seoul, Korea
2. Rohini George, Paul Keall, Theodore Chung, et. al. Dose Breathing Training Reduce Residual Motion for Respiratory-gated Radiotherapy; : Department of Radiation Oncology, Virginia Commonwealth University Health System, USA: XIV th ICCR 2004. Seoul, Korea
3. GIG S . Mageras, PH D., Alex pevsner, PH D., Kenneth E Rosenzweig, et.al. MEASUREMENT OF LUNG TUMOR MOTION USING RESPIRATION-CORRELATED CT : Departments of Medical Physics, Radiation Oncology, and Radiology, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, New York, NY: Int. J Oncology Biol. Phys, 2004,60(3). 933-941
4. Rquel Wagman, M.D., Ellen Yorke, PH. D., Philippe Giraud, M.D. et.al RESPIRATORY GATING FOR LIVER TUMORS: USE IN DOSE ESCALATION; : Departments of Medical Physics, Radiation Oncology, and Radiology. Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, New York, NY: Int. J Oncology Biol. Phys, 2003.55(3), 659-668

**Effectiveness of the Respiratory Gating System for Stereotactic Radiosurgery of Lung Cancer**

Department of radiation oncology, Asan Medical Center

Heung Kwon Song, Min Su Kim, Oh Nam Yang, Cheol Su Park,  
Kyung Tae Kwon, Jeong Man Kim

**Introduction :** For stereotactic radiosurgery (SRS) of a tumor in the region whose movement due to respiration is significant, like Lung lower lobe, the gated therapy, which delivers radiation dose to the selected respiratory phases when tumor motion is small, was performed using the Respiratory gating system and its clinical effectiveness was evaluated.

**Method and Materials :** For two SRS patients with a tumor in Lung lower lobe, a marker block (infrared reflector) was attached on the abdomen. While patient's respiratory cycle was monitored with Real-time Position Management (RPM, Varian, USA), 4D CT was performed (10 phases per a cycle). Phases in which tumor motion did not change rapidly were decided as treatment phases. The treatment volume was contoured on the CT images for selected treatment phases using maximum intensity projection (MIP) method. In order to verify setup reproducibility and positional variation, 4D CT was repeated.

**Result :** Gross tumor volume (GTV) showed maximum movement in superior-inferior direction. For patient #1, motion of GTV was reduced to 2.6 mm in treatment phases (30 % ~ 60 %), while that was 9.4 mm in full phases (0 % ~ 90 %) and for patient #2, it was reduced to 2.3 mm in treatment phases (30 % ~ 70 %), while it was 11.7 mm in full phases (0 % ~ 90 %). When comparing two sets of CT images, setup errors in all the directions were within 3 mm.

**Conclusion :** Since tumor motion was reduced less than 5 mm, the Respiratory gating system for SRS of Lung lower lobe is useful.