

# 흉복부 방사선 치료 시 압력 기반 복부압박장치 적용에 따른 치료 간 재현성 평가

용인세브란스병원 방사선종양학과  
박가연 · 김주호 · 신현경 · 김민수

**목 적:** 폐암과 간암 환자에 대해 압력 기반 복부압박장치를 적용하여 입체적 세기변조 회전 방사선치료 (VMAT)를 시행하였을 때의 치료 간(interfraction) 위치 재현성과 호흡 재현성을 평가함으로써 그 유용성을 평가하고자 한다.

**대상 및 방법:** 압력 기반 복부압박장치를 사용해 입체적 세기변조 회전 방사선치료를 받은 6명의 폐암 환자와 3명의 간암 환자를 대상으로 하였다. 치료 간 위치 재현성 평가를 위해 모의치료 CT 영상과 매일 획득한 CBCT 영상 174건을 비교하여 이미지 정합의 이동 값을 비교, 분석하였다. 치료 간 호흡 재현성 평가를 위해 모의치료 4DCT 영상과 매주 획득한 4D CBCT 영상 54건을 비교하여 호흡량 오차를 구하였다.

**결 과:** 수평수직 세 방향의 3D 벡터값인 전체 위치변화(Overall position variation, Overall  $V_p$ )값은 폐와 간에서 각각 평균  $1.1 \pm 1.4$  mm,  $4.5 \pm 2.8$  mm로 나타났다. 호흡 변화(respiratory variation,  $V_r$ )값은 폐에서 평균  $0.7$  mm  $\pm$   $3.4$  mm ( $p=0.195$ ), 간에서 평균  $3.6$  mm  $\pm$   $2.6$  mm ( $p<0.05$ )로 나타났다.

**결 론:** 흉복부 방사선 치료 시 압력 기반 복부압박장치의 적용은 복부 압박 재현을 통해 치료 간 종양의 호흡 변이뿐만 아니라 위치 변이를 안정적으로 조절하는 데에 유용한 것으로 사료된다. 보다 안정적인 재현성을 위해 치료 계획 시 적절한 PTV 여유가 고려되어야 하고, 매 치료 전 영상 유도에 따른 표적의 위치와 호흡 검증이 필요하다.

▶ **핵심용어:** 복부압박, 압력 기반 복부압박장치, 폐암 방사선 치료, 간암 방사선 치료

## 서 론

복부 압박법(abdominal compression)은 호흡에 의한 움직임이 많은 치료부위에 사용되는 치료 기법 중 하나이다. 자유 호흡(free respiration)과 비교했을 때 얇은 호흡(forced shallow breathing)을 유도하여 종양의 움직임을 더 작게 제어할 수 있다.<sup>(1-3)</sup> 이는 방사선 치료 시 종양에는 더 정확한 선량을 전달할 수 있고 동시에 주변 조직들의 선

량을 줄일 수 있다.<sup>(2)</sup>

복부 압박법으로 치료 시 중요한 것 중 하나가 치료 간 호흡에 따른 위치 재현성이다. 모의치료 시의 호흡을 매 치료 시 일정하게 유지하여 종양의 위치를 재현하는 것이 중요하다. 기존의 형태 기반 복부압박장치(Conventional shape conserving compression, C-type compression)는 스크류(screw)의 인덱스 수치를 기준으로 매 치료 시 압박 정도를 재현한다.<sup>(4,5)</sup> 하지만 인덱스 수치를 재현하는 것이 항상 압박 정도의 재현을 의미하지는 않는다. 압박 장치의 형태를 재현하더라도 환자의 금식 여부나 체중 변화, 호흡 패턴과 같은 전체 치료기간 동안 환자의 변화에 따라 압박 효과는 달라질 수 있다.<sup>(2)</sup>

책임저자: 박가연, 용인세브란스병원 방사선종양학과  
경기도 용인시 중동 724-7  
Tel: 031) 5189-8651  
E-mail: pagaye@yuhs.ac

이에 본원에서는 상용화된 압력 기반 복부압박장치 (Pressure conserving compression, P-type compression)를 적용하였다. 압력 기반 복부압박장치는 부착된 압력계(air pressometer)의 수치를 통해 치료 시 압박 정도를 재현할 수 있다.<sup>(6, 7)</sup> 이 때, 압력계의 수치는 환자를 압박하는 쿠션 타입의 압박판이나 압박벨트가 받는 압박 정도를 나타내기 때문에 압력 값에 맞추어 공기를 주입하여 환자의 변화 요인들을 반영할 수 있다.

본 연구에서는 폐암과 간암 환자에 대해 압력 기반 복부압박장치를 적용하여 입체적 세기변조 회전 방사선치료 (VMAT)를 시행하였을 때의 치료 간(interfraction) 위치 재현성과 호흡 재현성을 평가함으로써 그 유용성을 평가하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상 환자

2020년 6월부터 2021년 5월까지 본원에서 압력 기반 복부압박장치를 사용해 입체적 세기변조 회전 방사선치료를 받은 환자로 6명의 폐암 환자와 3명의 간암 환자를 대상으로 하였다(Table 1).

복부 압박 여부와 복부압박장치의 종류는 본원 프로토콜을 따랐다. 이에 따라 폐암 환자에 대해 원발암(primary mass)의 위치가 중엽(middle lobe)이나 하엽(lower lobe)인 경우와 림프절 전이가 있는 경우에 복부 압박을 시행했고 압박 장치는 복부압박판(respiratory plate) 타입을 사

용했다.<sup>(6)</sup> 간암 환자에 대해서는 원발암(primary mass)인 경우와 림프절 전이가 간문(liver hilum) 주변에 국한되어 있는 경우에 복부 압박을 시행했고, 위치가 상엽(superior segment)인 경우에는 복부압박판 타입을, 하엽(inferior segment)인 경우와 림프절 포함 시에는 호흡압박벨트(respiratory belt) 타입을 사용하였다.

### 2. 복부압박장치

본 연구에서는 압력계(air pressometer)와 펌프(hand pump)가 부착된 압력 기반 복부압박장치(pressure conserving compressor, P-type compressor)를 사용하였다. Body Pro-Lok system(CIVCO, USA)의 복부 압박판(respiratory plate) 타입과 호흡 압박 벨트(respiratory belt) 타입을 사용하였다. 압력계는 공기 주입 시 kPa 단위의 압력 값을 각각 0~8 kPa, 0~10 kPa 사이의 눈금으로 나타낸다.

### 3. 모의치료조건

바로 누운 자세(supine)에서 팔을 머리 위로 올린 상태로 복부압박법을 시행하였다. 폐암 환자에 대해 복부압박판을 검상돌기(xiphoid process)에서 최소 3 cm 아래 위치하였고, 간암 환자에 대해 호흡 압박 벨트를 치료부위에 따라 배꼽(umbilicus)과 앞위엉덩뼈가시(ASIS) 사이를 중심으로 위치하였다. 각각 복부압박판과 호흡압박벨트를 사용하여 환자가 압박감을 받기 시작하는 범위까지 일차적으로 압박하고, 압력계가 부착된 펌프(hand pump)로 공기를 주입하여 환자가 불편함을 호소하지 않는 범위 내에서 이차적으로 압력을 가하였다. 이 때의 압력계 수치를 기

Table 1. Characteristics of patients

	Lung cancer	Liver cancer
Number of patient	6	3
Sex(Male/Female)	5/1	2/1
Age(years), median	69(range, 66-83)	54(range, 52-57)
Location		
Right/left	4/2	2/1
Upper/middle/lower lobe	0/0/6	
Primary mass/Primary+LNs	1/5	3/0
Compressor type	P-type Respiratory plate	P-type Respiratory belt
RT type	VMAT	VMAT

록하여 매 치료 시 압박 정도의 기준으로 삼았다. CT모의 조준장비는 Aquilion LB (Canon, Japan)를 사용하였고, 영상은 복부 압박한 상태로 3DCT영상과 호흡 동조 시스템 AZ 733VI (Anzai Medical, Japan)을 사용하여 4DCT 영상을 획득하였다.

#### 4. 치료계획

획득한 CT 영상을 바탕으로 MIM software(ver 6.7.14, USA) 시스템을 이용하여 표적(target)과 손상위험장기(OAR)를 설정하였다. 표적은 GTV(Gross Tumor Volume)를 그리고 4DCT 상에서 호흡에 의한 움직임을 고려하여 ITV(Internal Target Volume)를 설정하였다. 표적 여유(margin)는 폐에서는 ITV에서 3 mm 여유를 주어 CTV(Clinical Target Volume), CTV에서 셋업 여유 3 mm를 주어 PTV(Planning Target Volume)를 설정하였다. 간에서는 ITV에서 5 mm 여유를 주어 CTV, CTV에서 셋업 여유 2~3 mm를 주어 PTV로 설정하였다. 손상위험장기는 폐의 경우는 식도, 심장 등을 도안하였고, 간의 경우는 위, 장, 간 등을 도안하였다. 특히 위와 간은 움직임을 고려하여 4DCT상에서 PRV(planning organ at risk volume)를 설정하였다. 치료 계획은 RAYSTATION(ver 8B, USA)으로 세기변조 회전 방사선치료(VMAT)로 수립하였다. 동시 추가 분할 선량법(Simultaneous Integrated Boost, SIB)을 적용하여 ITV와 PTV를 각각 PTV\_High와 PTV\_Low로 정의하였고, 선량을 차등하여 처방하였다(각

각 2~2.3 Gy/fx., 1.7~2 Gy/fx.). 평균 치료 횟수는 폐와 간에서 각각 26번, 25번이었다.

#### 5. 치료 및 확인

모든 환자는 선형가속기(Versa HD, Elekta, UK)를 사용하여 치료하였다. 치료 전 XVI system(Elekta, UK)을 통해 매일(daily) CBCT 영상과 매주(weekly) 4D CBCT 영상을 획득하였다. CBCT 영상은 관전압120 kV, 관전류 132 mAs의 조건으로 330 Frame을 얻은 후 재구성하였다. 4D CBCT영상은 폐에서 120 kV, 4312 mAs 조건으로 975 Frame을 얻었고, 간에서 120 kV, 624 mAs조건으로 975 Frame을 얻은 후 각각 10개의 phase로 영상 재구성하였다. 획득한 영상 유도에 따라 이미지 정합(matching)으로 셋업 자세와 호흡을 검증하였고, 카우치(couch) 이동 값으로 보정한 후 치료하였다.

#### 6. 위치 재현성 평가

각 환자의 모의치료 CT 영상과 치료 전 매일 획득한 CBCT 영상을 비교하였다. 폐의 경우는 117개, 간의 경우는 57개의 영상을 분석하였다. 위치 변화는 뼈 구조 중심의 이미지 정합(bone matching)했을 때와 추가적으로 표적에 맞추어 이미지 정합(target matching)했을 때의 이동 값을 구하였다. 수평수직(translation) 세 방향인 left-right(LR), superior-inferior(SI), anterior-posterior(AP)와 회전(rotation) 세 방향인 pitch, roll, yaw로 총 여섯

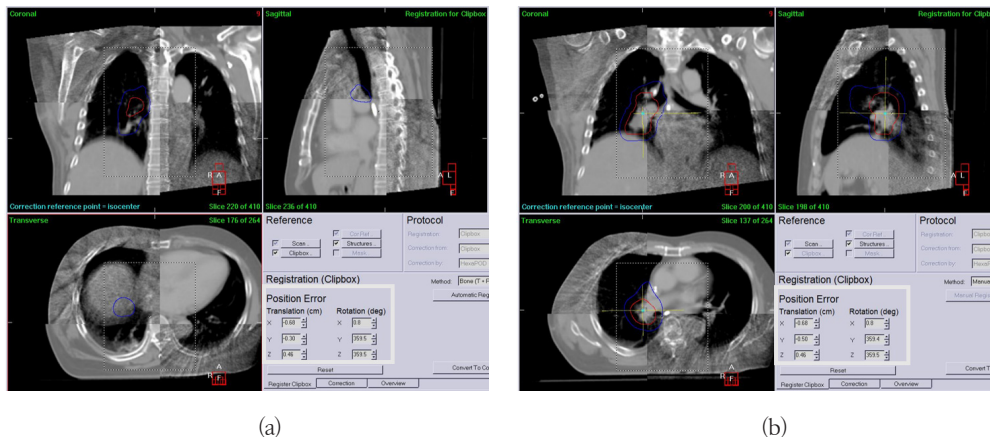


Fig. 1. Example of 6-directional position shift values on CBCT images  
(A) Image guidance\_bone matching (B) Image guidance\_target matching

개의 방향에서 각각 비교하였다(Figure 1). 치료 간(interfraction) 위치변화(position variation,  $V_P$ ) 값은 표적에 맞추어 이미지 정합 했을 때의 이동 값(position shift\_target matching)과 뼈 구조 중심으로 이미지 정합 했을 때의 이동 값(position shift\_bone matching)의 오차로 계산하였다. 이는 셋업에 의한 위치변화를 제외한 내부(internal) 움직임에 의한 위치변화를 확인할 수 있다.

$$V_P = PS\_target\ matching - PS\_bone\ matching$$

\*  $V_P$ : position variation, PS: position shift

전체적인(overall) 위치변화 값은 수평수직 세 방향(LR, SI, AP)의 3D 벡터값으로 계산하였다.

$$Overall\ V_P = (V_{P\_LR}^2 + V_{P\_SI}^2 + V_{P\_AP}^2)^{1/2}$$

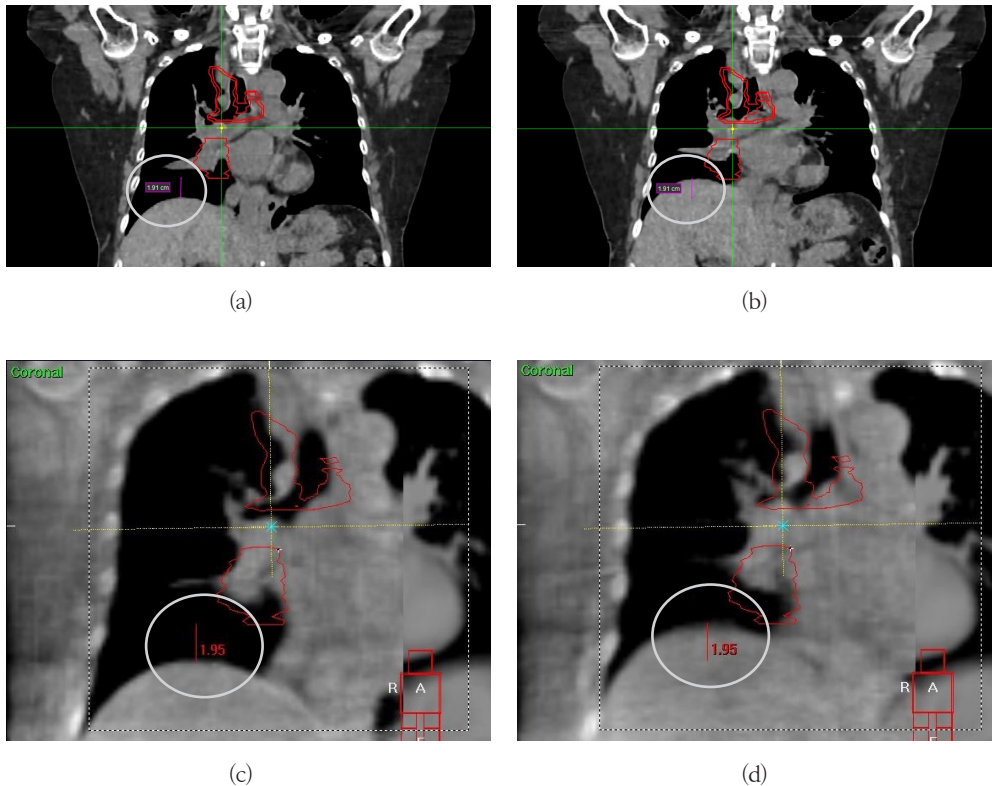
\* Overall  $V_P$ : translational vector of  $V_P$

### 7. 호흡 재현성 평가

각 환자의 모의치료 4DCT 영상에서의 호흡량과 실제 치료 시 매주 획득한 4D-CBCT 영상에서의 호흡량을 비교하였다. 폐의 경우는 37개, 간의 경우는 17개의 영상을 분석하였다. 호흡량은 횡격막(diaphragm)을 지표로 같은 슬라이스 상의 최대 흡기와 호기 사이의 SI 방향에서 호흡에 의한 움직임 크기로 정의하였다(Figure 2). 이는 횡격막의 움직임이 실제 표적의 움직임에 비해 대체로 크고, 모든 방향 중 호흡에 의한 변화가 가장 큰 SI방향으로 정의하여 호흡변화를 보수적으로 평가할 수 있다. 치료 간 호흡변화(respiratory variation,  $V_r$ ) 값은 모의치료 시 4DCT 상의 호흡량과 치료 시 4D CBCT 상의 호흡량의 오차로 계산하였다.

$$V_r = RV\_treatment - RV\_simulation$$

\*  $V_r$ : respiratory variation, RV: respiratory volume



**Fig. 2.** Example of measurement of respiratory volume on 4D images in the coronal plane  
(A) end-inhale (B) end-exhale of 4DCT (C) end-inhale (D) end-exhale of 4D-CBCT

## 결 과

### 1. 위치 재현성

폐에서의 평균 위치 변화(position variation,  $V_p$ )값은 LR 방향에서  $0 \pm 0.5$  mm, SI 방향에서  $-0.6 \pm 1.4$  mm, AP 방향에서  $-0.2 \pm 0.9$  mm, Pitch 방향에서  $0 \pm 0.3$  °, Roll 방향에서  $0 \pm 0.3$  °, Yaw 방향에서  $0 \pm 0.2$  °로 나타났다(Table 2). 간에서의 평균 위치 변화 값은 LR방향에서  $1.3 \pm 2.3$  mm, SI방향에서  $-1.5 \pm 3.7$  mm, AP방향에서  $-0.2 \pm 2.2$  mm, Pitch방향에서  $-0.1 \pm 1.1$  °, Roll방향에서  $0.2 \pm 1$  °, Yaw 방향에서  $0.2 \pm 0.6$  °의 결과를 보였다(Table 3). 전체적인 위치변화(Overall  $V_p$ )값은 폐에서 평균  $1.1 \pm 1.4$  mm, 간에서 평균  $4.5 \pm 2.8$  mm로 위치 변화 값은 간의 경우가 폐의 경우보다 더 크게 나타났다(Table 4)(Figure 3).

### 2. 호흡 재현성

폐의 경우, 호흡 변화(respiratory variation,  $V_r$ )값은 평균  $0.7 \pm 3.4$  mm로 4D CBCT 상의 호흡량은 4DCT 상의 호흡량과 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났다( $p=0.195$ ). 간의 경우, 호흡 변화 값은 평균  $3.6 \pm 2.6$  mm로 4DCT와 4D CBCT 상의 호흡량 차이는 유의미한 것으로 나타났다( $p<0.05$ )(Table 5)(Figure 4).

## 결론 및 고찰

본 연구는 폐암과 간암 환자에 대해 세기변조 회전 방사선치료(VMAT) 시 국내에 상용화되는 압력 기반 복부압박장치 적용했을 때의 유용성을 평가한 첫 번째 논문이다. 복부 압박은 호흡에 의한 움직임 제어할 수 있지만 압박 재현성에 따라 총 치료기간 동안 종양의 움직임에 영향을 줄 수 있다.<sup>(8)</sup>

Bissonnette 등<sup>(9)</sup>은 복부 압박을 적용한 폐암 정위적 방사선 치료 환자에 대해 호흡 연동 CBCT연구를 통해 종양의 위치 변화가SI 방향에서 2 mm(2.1–2.5 mm 범위)를 초과한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서의 압력 기반 압박장치 적용 시 폐와 간의 위치 변화를 분석해보면 SI 방

Table 2. Position variation of lung

n=117	Mean	SD	Min	Max	P-value
LR (mm)	0.0	0.5	-2.00	1.30	0.723
SI (mm)	-0.6	1.4	-9.00	3.30	0.000
AP (mm)	-0.2	0.9	-4.00	1.90	0.043
Pitch(°)	0.0	0.3	-1.10	1.20	0.176
Roll(°)	0.0	0.3	-1.00	1.30	0.911
Yaw(°)	0.0	0.2	-0.50	0.60	0.010

Table 3. Position variation of liver

n=57	Mean	SD	Min	Max	P-value
LR (mm)	1.3	2.3	-2.6	8.7	0.000
SI (mm)	-1.5	3.7	-9.1	10.9	0.003
AP (mm)	-0.2	2.2	-6.0	5.3	0.559
Pitch(°)	-0.1	1.1	-4.0	2.4	0.721
Roll(°)	0.2	1.0	-2.0	2.5	0.059
Yaw(°)	0.2	0.6	-1.2	1.9	0.046

Table 4. Overall position variation of lung and liver

	Translational $\Delta$ Vector (mm)			
	Mean	SD	Min	Max
Lung	1.1	1.4	0.0	9.0
Liver	4.5	2.8	0.8	12.9

Table 5. Respiratory variation of lung and liver

	Respiratory variation(mm)				
	Mean	SD	Min	Max	p-value
Lung	0.7	3.4	-6.5	7.0	0.195
Liver	3.6	2.6	0.3	10.3	0.000

향에서의 위치 변화가 가장 컸지만, 폐의 경우 SI 방향에서  $-0.6 \pm 1.4$  mm의 위치 변화로 압력 기반 복부 압박 시 위치 재현성이 보다 안정적으로 유지되고 있음을 확인할 수 있다.

본 연구에서 치료 계획 시 표적(target)의 내부 여유(IM)와 셋업 여유(SM)를 고려한 총 여유(margin)는 폐에서 6 mm, 간에서 8 mm로 설정하였다. 결과에 따르면 전체 치료기간 동안 치료 간(interfraction) 위치 변화는 폐에서 0.9~1.4 mm, 간에서 3.7~5.2 mm로 나타났다(95%

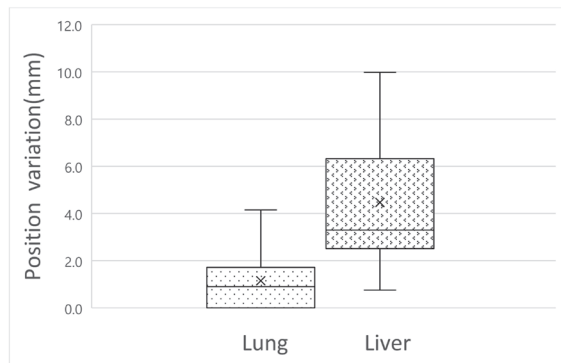


Fig. 3. Comparison of inter-fraction position variation between lung and liver

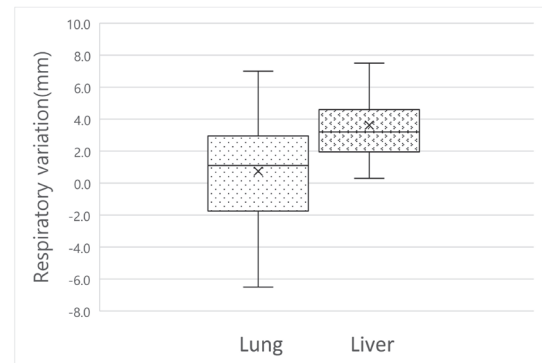


Fig. 4. Comparison of inter-fraction respiratory variation between lung and liver

CI). 치료 간 호흡 변화는 폐에서  $-0.4 \sim 1.8$  mm, 간에서  $2.8 \sim 4.9$  mm로 나타났다(95% CI). 이 때, 위치 변화는 매일 치료 전 CBCT를 이용하여 이미지 정합에 따라 카우치 이동으로 보정 후 치료하였다. 호흡 변화는 첫 치료 시와 매주 4D CBCT를 이용하여 검증 및 위치 보정한 후 치료하였다. 따라서 실제 치료 시 전체 치료기간 동안 표적의 변화는 호흡 변화 범위 내에서만 발생하므로 계획된 여유(margin) 내에서 선량이 안정적으로 전달되는 것을 확인할 수 있다.

치료 간 종양의 위치 변화와 호흡 변화가 폐암 환자보다 간암 환자에서 더 크게 나타나는 것은 복부 압박의 위치 차이로 볼 수 있다. 흉부 치료 시에는 압박장치를 횡격막에 인접한 갈비뼈 아래쪽에 위치하였지만, 상복부 치료 시에는 종양의 변형(deformation)을 방지하기 위해 압박장치를 횡격막에서 상대적으로 먼 하복부에 위치하였다. 이에 따른 복부 압박 효과가 제한된 것으로 사료된다. 따라서 상복부 치료 시에는 영상 유도 시 표적 위주의 이미지 정합(matching)과 간(liver) PRV, 삽입된 clip의 위치 확인 등 각별한 주의가 필요하다. 또한 치료계획 시 적절한 PTV 여유(margin)를 고려한다면 전체 치료 기간 동안의 선량 불확실성을 줄일 수 있다.

논문의 제한점으로는 대상 환자 선정 시 치료 중 복부 케모포트(chemo-port) 삽입으로 압박장치 사용을 중단한 경우, 모의치료 시의 복부압박 정도를 견디지 못해 압력계의 수치를 완화한 경우가 있었고 이들은 대상에서 제외했다. 따라서 본 연구를 바탕으로 환자에게 적용할 때에는 주의가 필요하다. 또한 연구 대상 환자 수가 제한적이므로

향후 충분한 환자 케이스에 대한 후속 연구가 필요하다.

기존의 형태 기반 복부압박장치는 스크롤의 인덱스 수치로만으로 환자의 상태 변화에 따라 압력을 일정하게 재현하기 어렵고 변화에 맞추더라도 이를 정량적으로 평가하는데 한계가 있다. 이에 반해, 압력 기반 복부압박장치는 매 치료 시 환자의 내부 변화가 발생하더라도 일정한 압력 값에 맞추어 공기를 주입함으로써 적절한 복부압박을 재현한다.

결론적으로 흉복부 방사선 치료 시 압력 기반 복부압박 장치의 적용은 복부 압박 재현을 통해 치료 간 종양의 호흡 변이뿐만 아니라 위치 변이를 안정적으로 조절하는 데에 유용한 것으로 사료된다. 또한 보다 안정적인 재현성을 위해서 치료 계획 시 적절한 PTV 여유가 고려되어야 하고, 매 치료 전 영상 유도에 따른 표적의 위치와 호흡 검증이 필요하다.

## 참고문헌

1. Negoro Y., Nagata Y., Aoki T. et al.: The effectiveness of an immobilization device in conformal radiotherapy for lung tumor: reduction of respiratory tumor movement and evaluation of the daily setup accuracy. *Int J Radiation Oncol Biol Phys.* 2001; 50(4):889-898
2. Mampuya, W.A., Nakamura, M., Matsuo, Y. et al.: Interfraction variation in lung tumor position with

- abdominal compression during stereotactic body radiotherapy. *Med. Phys.*, 2013; 40(9): 091718
3. Chunhui H., Sagus S., Timothy E. S. et al.: Variations of target volume definition and daily target volume localization in stereotactic body radiotherapy for early-stage non-small cell lung cancer patients under abdominal compression. *Med Dosim*, 2017; 42:116-121
  4. Keall P.J., Mageras G.S., Balter J.M. et al.: The management of respiratory motion in radiation oncology report of AAPM Task Group 76. *Med Phys*, 2006; 33(10):3874-3900.
  5. 우중열, 김주호, 김준원 등: 토모테라피를 이용한 간암환자의 정위적 방사선치료시 복부압박장치의 유용성 평가. *대한방사선치료학회지* 2012; 24(2):157-165
  6. Javadi S, Eckstein J, Ulizio V.: Evaluation of the use of abdominal compression of the lung in stereotactic radiation therapy. *Med Dosim*, 2019; 44:365-369
  7. Heinzerling J.H., Anderson J.F., Papiez L., et al.: Four-dimensional computed tomography scan analysis of tumor and organ motion at varying levels of abdominal compression during stereotactic treatment of lung and liver. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 2008; 70:1571-8
  8. Kim T H, Kim S, Kim D S et al.: Development of real time abdominal compression force monitoring and visual biofeedback system *Phys. Med. Biol.*, 2018; 63(05) 055014
  9. Bissonnette J P, Franks K N, Purdie T G et al.: Quantifying interfraction and intrafraction tumor motion in lung stereotactic body radiotherapy using respiration-correlated cone beam computed tomography *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 2009; 75(3):688-695

# Reproducibility evaluation of the use of pressure conserving abdominal compressor in lung and liver volumetric modulated arc therapy

Radiation Oncology Department, Yong-in Severance Hospital

Park ga yeon, Kim joo ho, Shin hyun kyung, Kim min soo

**Purpose:** To evaluate the inter-fractional position and respiratory reproducibility of lung and liver tumors using pressure conserving type(P-type) abdominal compressor in volumetric modulated arc therapy(VMAT).

**Materials and methods:** Six lung cancer patients and three liver cancer patients who underwent VMAT using a P-type abdominal compressor were included in this study. Cone-beam computed tomography(CBCT) images were acquired before each treatment and compared with planning CT images to evaluate the inter-fractional position reproducibility. The position variation was defined as the difference of position shift values between target matching and bone matching. 4-dimensional cone-beam computed tomography(4D CBCT) images were acquired weekly before treatment and compared with planning 4DCT images to evaluate the inter-fractional respiratory reproducibility. The respiratory variation was calculated by the magnitude of excursions by breathing.

**Results:** The mean  $\pm$  standard deviation(SD) of overall position variation values, 3D vector in the three translational directions were  $1.1 \pm 1.4$  mm and  $4.5 \pm 2.8$  mm for the lung and liver, respectively. The mean  $\pm$  SD of respiratory variation values were  $0.7 \pm 3.4$  mm ( $p = 0.195$ ) in the lung and  $3.6 \pm 2.6$  mm ( $p < 0.05$ ) in the liver.

**Conclusion:** The use of P-type compressor in lung and liver VMAT was effective for stable control of inter-fractional position and respiratory variation by reproduction of abdominal compression. Appropriate PTV margin must be considered in treatment planning, and image guidance before each treatment are required in order to obtain more stable reproducibility

► **Key words:** Abdominal compression, Pressure conserving compression, Lung cancer radiotherapy, Liver cancer radiotherapy