

Comparison with ABCHEs and Abdomen Compression Device in Respirational Radiation Therapy on Patients in Hepatocellular Carcinoma

Yoonjin Cho*, Sangjoon Byun**, Youngjae Kim***,****

Dept. of Radiation Oncology Gangnam Severance Hospital, Samsung oriental medical hospital**,
Dept. of Radiological Technology, Gwangyang Health College***, Dept. of Public Health and Medicine Dongshin University*****

간세포암 환자에서 ABCHEs와 복부압박장비의 적용한 호흡동조방사선 치료의 유용성 비교

조윤진*, 변상준**, 김영재***,****

강남세브란스 병원 방사선종양학과*, 삼성한방병원 대전의원**, 광양보건대학교 방사선과***, 동신대학교 보건의료학과****

Abstract

4D-Radiation Therapy is the optimal treatment to track moving organs(tumor) and give the appropriate prescription dose to tumor and low radiation dose to normal tissue surrounding tumor volume. The ABCHEs is a 4DRT devices maintaining shallow breathing to patients. It allows the tumor's movement was minimize. Meanwhile, Abdominal compression device is limited the breath compressing abdomen on patients. In this paper we will quantitative analysis the movement of tumor on only ABCHEs versus ABCHEs with Abdomal compression device and Analysis tumor dose and normal tissue's dose by Dose Volume Histogram on two parts. The result of Comparison ABCHEs and ABCHEs with Abdominal compression device, SI(Superior-Inferior) direction, AP(Anterior-Posterior) direction and LR(Left-Right) direction was limited 1.0 mm, 0.2 mm, 0.2 mm(average). and also reduction rate of volume in HPTV was $16 \pm 2\%$, and LPTV was $15.8 \pm 0.8\%$ under only using ABCHEs and ABCHEs with compression. The analysis dose volume histogram was more radiation dose in ABCHEs and abdominal compression device than only using ABCHEs, and less normal tissue-ipsilateral lung, whole lung, kidney-dose in ABCHEs and abdominal compression device than only using ABCHEs. The overall analysis was ABCHEs with abdominal compression better than only using ABCHEs method. In hereafter it will be studies that limitation of ABCHEs and abdominal compression device. In other words, patient's discomfort on compression intensity, method of application on patient with inaccurate respiration cycle.

Key Words : 4DRT, Liver cancer, ABCHEs

요 약

호흡조절 방사선치료는 호흡이나 장기의 움직임을 극복하기 위하여 환자의 호흡주기를 획득하여 종양조직에 처방 선량을 부여하며 동시에 주위 정상조직에는 적은 방사선량을 부여하는 방법이다. ABCHEs를 이용한 호흡조절 방사선

치료는 호흡을 얇은 호흡으로 유도하며 종양조직의 움직임을 최소화 하는데 도움을 줄 수 있는 부속 장비이다. 한편 복부 압박 기구는 환자의 복부에 압박을 실시함으로 호흡에 제한을 두는 치료보조용 기구이다. 본 논문에서는 ABCHEs를 단독으로 사용한 것과 ABCHEs와 복부압박 장비를 이용하여 간세포암 환자의 종양의 움직임을 정량적으로 분석하고 그에 해당하는 치료효과를 선량체적곡선으로 분석하려 하였다. ABCHEs를 사용한 경우와 ABCHEs와 복부압박기구를 동시에 사용한 경우를 비교해본 결과 상하 방향과 앞뒤 방향 그리고 좌우 방향으로 각각 평균 1.0 mm, 0.2 mm, 0.2 mm 정도로 그 움직임을 제한 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 체적 감소를 또한 ABCHEs를 사용한 경우 HPTV와 LPTV가 체적의 변화율을 $16 \pm 2\%$ 정도로 줄일 수 있었고, LPTV의 경우 $15.8 \pm 0.8\%$ 의 체적을 제어할 수 있었다. 선량체적 곡선을 분석한 경우 ABCHEs만을 사용한 경우보다 ABCHEs와 복부압박 기구를 동시에 사용한 경우가 종양조직에는 처방선량에 가까운 선량값을 보였으며 정상조직인 동측 폐, 콩팥, 정상 간조직에는 보다 적은 선량이 부여된 것을 확인 할 수 있었다. 본 논문에 결과 ABCHEs를 단독으로 사용하는 것보다 복부압박기구와 ABCHEs를 동시에 사용한 경우가 종양 및 정상조직에 부여된 선량 기준에 적합하다고 판명 되었고, 향후 ABCHEs와 복부압박 기구에 대한 제한점 즉, 복부의 압박강도에 따른 환자의 불편감, 호흡주기가 정확하지 않은 환자들에게 적용하여야 하는 방법 등이 추후에 논의 되어야 할 것으로 사료된다.

중심단어: 호흡조절방사선치료, 간세포암, ABCHEs

I. 서론

방사선치료의 목적은 종양조직에는 최대한의 방사선을 부여하며 동시에 정상조직에는 최소의 방사선을 부여하여 치료가능비를 최대한 높이는 것을 목적으로 한다. 방사선 치료를 함에 있어서 종양조직과 정상조직이 인접한 경우, 정상조직을 최대한 제외시키며 종양의 움직임, 환자의 위치잡이(Set up), 환자의 호흡에 대한 움직임을 고려하여 종양용적(PTV, Planing Target Volume)을 정하게 된다.^[1]

최근 방사선치료는 호흡에 관한 제한점을 극복하기 위하여 4차원 방사선치료 즉, 호흡에 따른 장기의 움직임을 극복할 수 있도록 고안되어 치료에 임하고 있다. 이에 국제방사선 단위위원회(ICRU Report 62)는 치료계획용적을 세분화 하여 내부용적(ETV, External Target Volume)과 외부용적(ITV, Internal Target Volume)으로 나누어 치료용적을 세분화 하여 정상조직의 피해를 최소한으로 하도록 발전되었다.^{[2],[3]}

이는 기존에 흉부와 위장 관계에 위치한 종양의 경우 호흡에 따른 종양과 장기의 움직임의 제한 사항을 조금이나마 극복할 수 있게 하였다. AAPM 76 Report에 따르면 폐는 자유 호흡 상태에서 3 ~ 22 mm, 위장 관계에 위치한 간, 이자, 콩팥에 대해서는 19 ~ 55 mm 정도 움직임이 관찰된다고 보고하고 있다.^[4]

최근 호흡조절 방사선치료(RGRT, Reapiration Gated

Radiation Therapy)법이 제시되고 있으며 호흡연동 감시 시스템(RPM, Real-Time Position Management), ABC(Active Breathing Coordination), 복부 압박 장치(Body-Fix, Abdominal Compression), 4D-CT(4-dimensional computed tomography) 시스템을 이용하여 환자 고정효과와 함께 호흡에 의한 종양의 움직임을 줄여 그 변화가 고려된 내부표적체적을 설정하며 정상조직에 가해지는 선량을 최소화 하며 동시에 종양에는 처방선량을 적합하게 조사할 수 있게 되었다.^{[5]-[7]}

상기 명시된 여러 치료부속장비는 호흡조절방사선 치료에 사용하고 있는 용구이다. 최근인상에서는 이러한 장비 이외에 새롭게 ABCHEs (Abdominal and Chest Control Device)라는 치료 부속 기구를 도입하여 적용하고 있다.

이에 본 논문은 ABCHEs만을 이용한 호흡동조 방사선치료와 ABCHEs와 Abdominal Compression Device (복부압박장치)를 동시에 이용한 경우를 비교하여 간세포암 환자의 호흡동조 방사선 치료시 유용성을 평가 하고자 한다.

II. 실험 대상 및 방법

1. 실험대상

2012년 1월부터 2012년 5월까지 G병원에 내원한 간세포 암 환자 5명을 대상으로 투시영상을 통하여 가로

막의 움직임이 최소 10 mm 이상 움직이는 환자를 선정하였다.

2. 실험방법

2.1 실험장비

자유 호흡 시 가로막의 움직임을 확인하기 위해 투시장비(HITACHI ERGOprius-C DIGITAL C-Arm)로 투시 촬영을 시행하였다. 자유호흡(free breathing)과 얇은 호흡(shallow breathing) 조절을 위해 ABCEST(APEX Medical, Japan)을 사용한 후 환자의 자세를 고정하였다. 4차원 영상을 획득하기 위해 Anzai gating system(AZ-733V, Anzai Medical, Japan)을 이용하여 4D-CT(Siemens Somatom Definition AS, Germany)를 하였고, 장기의 움직임을 확인하였다. 촬영된 영상은 치료계획장비(Pinnacle 9.0, philips)를 이용하여 용적을 설정한 후 전산화 치료계획을 수립하여 종양의 움직임을 정량적으로 측정하였다.(Fig. 1.)

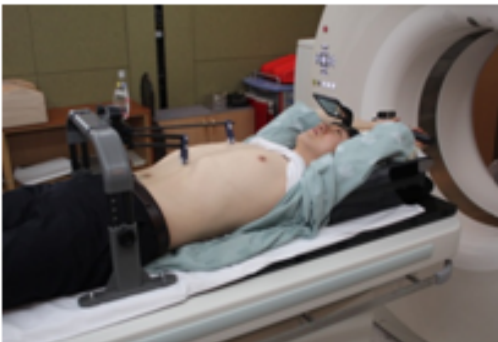


Fig 1. Patient Position of ABCHEs

동일한 실험 방법으로 Abdominal Compression Device(복부 압박기구)의 사용유무를 매개변수로 하여 전산화 치료계획을 수립하였다.

2.2 실험과정

ABCHEs의 빨간 점과 파란 점을 이용하여 자유 호흡과 얇은 호흡을 유지시켜 약 3분간 호흡을 유도시키며 움직임의 오차를 확인하기 위해 투시 영상에서 가로막의 변화를 확인 하였다.(Fig. 2)



Fig 2. Abtained Respiration Cycle on ABCHEs

복부압박을 한 상태에서도 같은 방법으로 환자에게 적용하여 가로막의 변화를 기하학적으로 확인하였다. 4D-CT 검사는 환자가 호흡을 충분히 숙지하고 있는 상태에서 실시하였으며 환자의 피폭량을 최소화 하기 위해 CARE Dose4D를 사용하였고, 관전압 120kV, 절편조준(Slice Collimation) 3.0 mm, 회전시간 0.5 sec, Pitch value 0.09, 스캔시간(scan time) 99 sec의 조건으로 시행하였으며 촬영된 이미지는 Syngo software (Simens Medical Solution)에서 retro-spective synchronize 방법으로 재구성하였다.^[8]

ABCHEs를 이용하여 얻은 CT이미지와 복부압박과 ABCEST를 동시에 실시하여 얻은 영상에 최대 흡기, 최대 호기, 호흡의 중간위상, Average CT 이미지에서 육안적으로 보이는 종양과 그 주변 정상 장기를 설정 하였고 육안적으로 보이는 종양을 고 위험 표적(HPTV, High Risk Planing Target Volume)으로 정의 하였고, HPTV 주변으로 환자의 위치잡이 오차, 움직임에 대한 불확실성을 포함하여 5 mm로 확대하여 저 위험 표적(LPTV, Low Risk Planing Target Volume)으로 정의 하였다.(Fig 3)



Fig 3. Abdominal Compression on Patient

이를 치료계획 장치로 전송하여 선량체적 히스토그램(DVH, Dose Volume Histogram)을 통하여 ABCHEs를 이용하여 압박시행 유무의 선량을 비교 평가하였다.

III. 결 과

ABCHES 만을 이용하여 가로막과 중앙용적의 움직임을 투시장치를 통하여 관찰 한 경우와 복부 압박과 ABCHEs를 동시에 사용한 경우 Table 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

ABCHES만을 사용한 결과 전체적인 가로막의 움직임은 자유호흡의 경우 1.8 cm, 얇은 호흡의 경우 0.9 cm 정도 이동하였고 복부를 고정하고 ABCHEs를 동시에 시행한 경우 자유호흡의 경우 평균 1.3 cm, 얇은 호흡의 경우 0.7 cm 의 변화를 보여 얇은 호흡일수록 가로막의 이동 정도가 낮았으며 압박을 시행하지 않은 경우 보다 압박을 할 경우의 가로막의 이동이 적었다.

Table 1. The Movement of Diaphragm

No.	Diaphragm movement (cm)			
	ABCHES		ABCHES with Compression	
	F.B [†]	S.B [‡]	F.B	S.B
1	2.0	1.0	1.3	0.7
2	1.2	0.7	1.0	0.6
3	1.8	0.9	1.4	0.8
4	2.6	1.4	1.9	1.1
5	1.4	0.5	1.1	0.4
Avg.	1.8	0.9	1.3	0.7

[†] Free breathing, [‡] Shallow breathing

대상 환자들의 획득된 4D-CT 영상을 기준으로 하여 내부 장기의 움직임을 위·아래(SI, Superior-Inferior), 전·후(AP, Anterior-Posteror), 좌·우(LR, Left-Right)에서 거리와 방향으로 분석한 결과 모든 경우에서 위·아래, 전·후, 좌·우 방향에서 얇은 호흡시 움직임의 감소가 나타났으며 ABCHEs만을 사용한 경우보다 압박과 ABCHEs를 사용한 경우의 중앙체적의 움직임이 감소한 것을 알 수 있다.(Table 2, 3)

Table 2. Respiration movement of GTV on ABCHEs

No	SI [†] (mm)				AP ^{**} (mm)				LR ^{***} (mm)			
	Superior		Inferior		Anterior		Posterior		Left		Right	
	F.B [†]	S.B [‡]	F.B	S.B	F.B	S.B	F.B	S.B	F.B	S.B	F.B	S.B
1	7.6	1.1	10.5	1.5	2.1	1.8	3.2	3.0	1.9	0.3	1.6	0.4
2	6.8	1.3	9.8	1.4	1.5	1.2	4.9	4.3	2.7	0.5	1.4	0.5
3	8.6	2.5	11.8	3.5	2.7	2.2	2.4	2.3	2.9	0.6	0.7	0.6
4	8.3	3.9	11.3	3.8	2.1	2.0	3.2	2.7	2.8	0.5	0.9	0.5
5	8.7	1.9	12.8	4.3	3.6	3.4	2.3	1.8	2.6	0.5	1.0	0.4
Avg	8.0	2.1	11.2	2.9	2.4	2.1	3.2	2.8	2.6	0.5	1.1	0.5

[†]: superior-inferior, ^{**}: anterior-posterior, ^{***}: left-right, [†]: Free breathing, [‡]: Shallow breathing

Table 3. Respiratory movement of GTV on ABCHEs and Compression

No	SI [†] (mm)				AP ^{**} (mm)				LR ^{***} (mm)			
	Superior		Inferior		Anterior		Posterior		Left		Right	
	F.B [†]	S.B [‡]	F.B	S.B	F.B	S.B	F.B	S.B	F.B	S.B	F.B	S.B
1	6.9	1.9	9.6	2.2	1.9	1.6	2.9	2.8	1.4	0.3	1.8	0.7
2	5.5	1.2	11.2	2.1	1.5	1.6	3.1	3.0	2.3	0.4	0.8	0.5
3	7.8	2.8	8.8	2.6	2.5	2.3	1.6	1.4	2.3	0.5	0.9	0.6
4	7.1	1.4	8.6	2.2	1.9	1.9	2.9	2.8	2.5	0.8	0.5	0.2
5	7.7	1.8	8.3	2.4	3.2	2.2	2.0	1.9	2.0	0.2	0.7	0.4
Avg	7.0	1.8	9.3	2.3	2.0	1.9	2.5	2.4	2.1	0.4	0.9	0.5

[†]: superior-inferior, ^{**}: anterior-posterior, ^{***}: left-right, [†]: Free breathing, [‡]: Shallow breathing

간세포암 환자의 치료체적을 비교한 결과 HPTV는 자유호흡 441.1 ml, 얇은 호흡 363.1 ml LPTV는 677.0 ml, 577.5 ml로 얇은 호흡이 각각 18.0%, 14.0%의 감소율을 보였다. ABCHEs와 압박을 동시에 사용한 경우

HPTV는 자유호흡시 401.5 ml, 얇은 호흡시 334.8 ml LPTV의 경우 각각 625.6 ml, 531.7 ml로 16.6%, 15.0%의 체적 감소율을 보였다.(Table 4)

Table 4. Comparison of Tumor Volume in Each Patients on ABCHEs and ABCHEs with Compression

No	ABCHES				ABCHES with Compression			
	HPTV*		LPTV**		HPTV		LPTV	
	F.B [†]	S.B [‡]	F.B	S.B	F.B	S.B	F.B	S.B
1	524.5	443.8	771.7	678.8	488.9	410.9	731.7	648.9
2	408.2	308.2	478.2	575.5	375.1	315.5	586.5	475.8
3	398.7	332.7	593.2	528.2	359.1	297.6	552.3	470.1
4	446.1	370.1	674.8	560.4	392.5	324.8	627.6	532.4
5	443.1	360.8	667.1	544.6	391.9	325.4	629.4	531.8
Avg	444.1	363.1	677.0	577.5	401.5	334.8	625.6	531.7
Depletion factor	18.0%		14.0%		16.6%		15.0%	

*: High Risk Tumor Volume, **: Low Risk Tumor Volume, †: Free Breathing ‡: Shallow Breathing

ABCHES와 복부압박과 ABCHEs를 동시에 한 경우의 선량체적곡선(DVH, Dose Volume Histogram)을 분석한 결과 종양조직에는 복부압박 환경 하에 ABCHEs를 한 경우가 종양체적에 ABCHEs만 시행한 경우보다 적합한 처방선량이 부여된 점을 알 수 있으며 주위의 정상조직인 폐를 더욱 보호하며 선량이 부여된 점을 알 수 있다.(Fig. 4)

ABCHES 단독사용과 복부압박과 ABCHEs를 동시에 한 경우의 선량체적곡선(DVH, Dose Volume Histogram)을 분석한 결과 종양조직에는 복부압박 환경 하에 ABCHEs를 한 경우가 종양체적에 ABCHEs만 시행한 경우보다 처방선량 적합한 선량이 부여된 점을 알 수 있으며 주위의 정상조직인 폐를 더욱 보호하며 선량이 부여된 점을 알 수 있다.(Fig. 4) 또한 관심조직인 같은 쪽 폐(ipsilateral lung)와 전체 폐(whole lung)에 부여되는 선량은 압박과 ABCHEs를 동시에 실시한 경우가 그렇지 않은 경우보다 전체적으로 정상조직의 방호적인 측면에서 유리하였다.(Fig. 5)

간세포암 환자의 방사선 치료시 정상조직인 폐 뿐

만아니라 종양이 위치하지 않은 간의 다른 조직, 콩팥에 부여되는 선량을 분석한 결과도 동일하게 압박과 ABCHEs를 동시에 시행 한 경우가 콩팥조직에 대한 방호가 양호한 것으로 나타났다.(Fig. 6, 7)

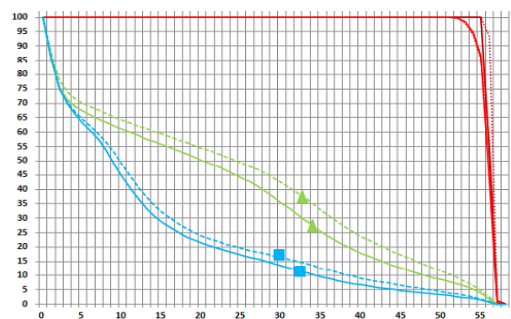


Fig 4. DVH of ABCHEs and ABCHEs and Compression(Red Dot : ABCHEs with Compression of HPTV and LPTV, Red Line : ABCHEs of HPTV and LPTV, Green Dot : Ipsilateral Lung with ABCHEs Green Line : Ipsilateral Lung with ABCHEs and Copression Blue Dot : Whole lung with ABCHEs, Blue Line : Whole Lung with ABCHEs and Compression)

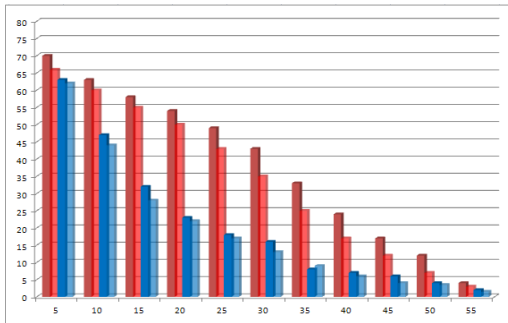


Fig 5. Dose of Nomal Tissue on ABCES and ABCES with Compression(Red : Ipsilateral lung on ABCES, Translucent Red : Ipsilateral lung on ABCES with Compression, Blue : Whole lung on ABCES, Translucent Blue : Whole lung on ABCES with Compression)

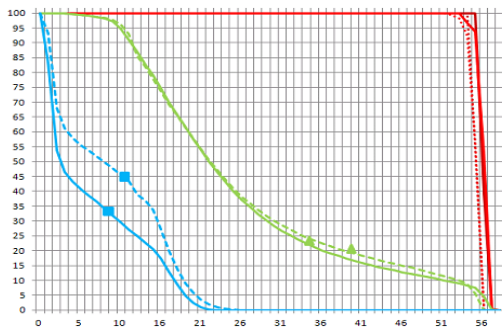


Fig 6. DVH of Nomal Liver Tissue and Kidney(Green dot: Nomal liver on ABCES, Green line: Nomal liver on ABCES with Compression, Blue dot: RT Kidney on ABCES, Blue line: RT Kidney on ABCES and Compression)

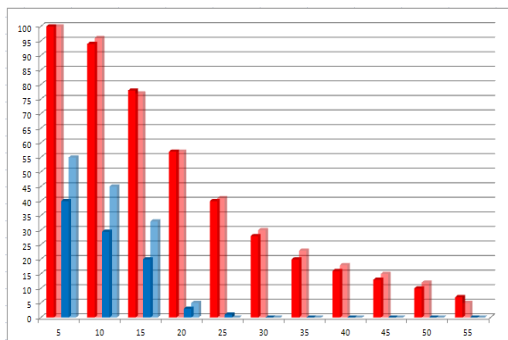


Fig 7. Dose of Nomal liver and RT Kidney on ABCES and ABCES with Compression(Red : Nomal liver on ABCES, Translucent Red : Nomal liver on ABCES with Compression, Blue : RT Kidney on ABCES, Translucent Blue : RT Kidney on ABCES with Compression)

IV. 고찰 및 결론

4D 방사선 치료에 있어서 호흡은 장기의 움직임과 밀접한 관계가 있기 때문에 호흡의 정량적 분석과 호흡에 대한 종양체적의 변화, 종양의 움직임의 분석이 중요하다. Onimaru R 등이 연구한 논문에서 의하면 흉부 및 위장 관계에 위치한 장기는 움직임이 크며 예측하기가 힘든 특이한 양상을 보인다고 보고하고 있다^[9].

이러한 움직임이 큰 장기에 암이 발병할 경우 종양 조직에 정확한 처방선량을 부여하며 동시에 정상조직에 부여되는 선량을 최소한으로 하기 위한 기존의 연구들이 있었다. 임상욱 등의 논문에서는 열전쌍마스크를 이용한 호흡모사 팬텀을 연구하여 호흡신호를 이용하여 장기의 움직임을 실시간으로 모사하여 호흡동조 방사선치료에 응용하였으며,^[10] 이 석 등은 초음파 센서를 통하여 호흡운동 조절 방사선 치료기술을 연구하여 시간에 따른 종양의 위치 변화오차를 $\pm 1\%$ 이내로 임상적용의 가능성을 보여주기도 하였다.^[11] 특히, 간암의 경우 2009년 발표된 한국중앙암등록 본부 자료에 의하면 남녀를 합하여 폐암이 4위, 간암이 5위를 차지하였으며 그 중 연령별로 65세 이상 남녀 모두 폐암이 2위 간암이 4위로 보고 되고 있다.^[12]

기존의 호흡 동조 방사선 치료의 방법은 자유호흡을 유도하여 치료에 응용 하였으며 그렇기 때문에 환자의 절대적인 도움이 없이는 치료를 시행하기 힘들었으며 치료시간이 오래 걸리는 문제점과 이로 인하여 차후 환자의 대기시간 연장으로 의료서비스의 질적 향상을 저하 시키는 원인이 되기도 하였다.^[13]

방사선이 정상 간에 노출이 되었을 경우 방사선으로 혈관이 막히면서 간이 손상된다는 연구결과가 보고 되었으며^[14], 방사선으로 인한 간질환은 방사선 치료 후 보통 4.8주 후에 발생하지만 문헌에 따르면 방사선 치료 후 이르면 2주 후부터 늦으면 7개월 후까지도 발생하는 것으로 보고되고 있다.^[15]

이익재 등의 연구에서 간암의 방사선 치료시 종양이 간문부에 위치한 경우는 십이지장의 일부, 가로막에 위치한 경우 폐에 각각 과도한 선량이 부여 될 수 있어 이에 따라 위궤양이나 십이지장 궤양, 방사선 폐렴 등의 부작용이 나타날 수 있어 방사선 치료 시 주위의 정

상조직과의 경계에 대한 중요성을 언급하였다.^[16]

본 논문에서는 ABCHEs를 사용하여 얇은 호흡을 유도한 결과 움직임이 3차원적 방향에서 5 mm를 넘지 않았다. 이는 AAPM Task Group 76의 보고서에서 호흡 조절방사선 치료시 권고하고 있는 움직임의 오차 값이 5 mm 인 점을 감안할 때 권고치를 충족한다고 값이라고 볼 수 있다.^[17]

조윤진 등^[18]이 연구한 ABCHEs를 이용하여 자유호흡과 얇은 호흡에 관한 연구 결과 얇은 호흡시 장기의 움직임이 모두 5 mm 이하의 오차를 보였으며 자유호흡보다는 얇은 호흡을 유도하는 ABCHEs의 임상적 유용성을 확인하는 것에 주력하였으며, 본 논문은 이러한 ABCHEs와 현재 병원들에서 활발히 사용 중인 Abdominal Compression Device를 함께 적용하여 환자 치료의 정밀도를 확인하려 하였다.

본 연구결과 ABCHEs를 이용하여 치료한 경우 보다 ABCHEs와 복부압박기구를 동시에 사용하였을 경우가 종양조직인 HPTV, LPTV에 충분한 처방선량을 부여할 수 있었고 동측 폐, 전체 폐, 오른쪽 콩팥, 정상 간조직 등의 인접 주요 장기(critical organ)에 부여되는 방사선을 최소화 할 수 있는 결과를 보였다.

ABCHEs에 관한 기존의 유용성이 보고된 논문은 많지 않다. 하지만 기존의 연구결과 ABCHEs를 이용하여 장기의 움직임을 감소시킬 수 있었다.^[18]

본 연구결과를 바탕으로 ABCHEs와 복부 압박장비를 융합하여 치료함이 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 정상조직의 방사선에 대한 방호 측면과 종양조직에 대한 흡수선량의 적합성 여부를 연구한 결과 정상조직에는 이러한 기구의 사용여부에 따라 방사선에 대한 흡수량이 적게 나타났으며 종양조직은 좀더 적합한 처방선량이 부여된 점을 보여 치료가능비가 높아진 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 호흡 동조 방사선 치료는 환자의 호흡의 도움 없이는 장점을 획득하기 어려운 치료법이다. 호흡을 알지 못하는 환자나 호흡의 조절이 어려운 환자의 경우 ABCHEs의 적용방법의 기술, 그리고 복부 압박 기구의 압박 강도에 따른 종양의 움직임, 그리고 압박의 강도에 따라 환자가 답답함을 느낄 수 있는 정도와 불편감 등의 많은 연구가 필요할 것이라 사료 된다. 또한 가로막의 움직

임과 같이 호흡의 객관적 지표 등의 선정을 다각적으로 구하는 노력을 기울이려는 차후의 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] ICRU, International Commission on Radiation Units and Measurements. Report 62: Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50).1999
- [2] Jin JY, Ajlouni M, Chen Q, et al. Quantification of incidental dose to potential clinical target volume (CTV) under different stereotactic body radiation therapy (SBRT) techniques for non-small cell lung cancer-tumor motion and using internal target volume (ITV) could improve dose distribution in CTV. *Radiother Oncol*, Vol. 85, pp.267-276, 2007
- [3] Van der Geld YG, van Triest B, Verbakel WF, et al. Evaluation of four-dimensional computed tomography-based intensity-modulated and respiratory-gated radiotherapy techniques for pancreatic carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, Vol. 72, No. 4, pp.1215-1220, 2008
- [4] AAPM REPORT No.91 -The Management of Respiratory Motion in Radiation Oncology Report of AAPM Task Group76.
- [5] Wouter W, Alejandar M, Willy K, et al.: Reduction of respiratory liver tumor motion by abdominal compression in stereotactic body frame, analyzed by tracking fiducial marker implanted in liver. *Int. J.Radiat Oncol Biol Phys*, Vol. 71, pp.907-915, 2008
- [6] Marks L. Dosimetric predictors of radiation-induced lung injury. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, Vol. 54, pp.313-316, 2002
- [7] V. Y. Wong, S. Y. Tung, A. W. Ng, F. A. Li, and J.O.Leung, "Real-time monitoring and control on deep inspiration breath-hold for lung cancer radiotherapy combination of ABC and external marker tracking," *Med.Phys.* pp.4673-4683, 2010
- [8] Vedam SS, Keall PJ, Kini VR, et al.: Acquiring a four-dimensional computed tomography dataset using an external respiratory signal. *Phys Med Biol*, Vol. 48, pp.45-62, 2003
- [9] Onimaru R, Shirato H, Fujino M, et al. The effect of tumor location and respiratory function on tumor movement estimated by real-time tracking radiotherapy (RTRT) system. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, Vol. 63, pp.164-169, 2005
- [10] 임상옥, 안승도, 박성호 등, 열전쌍마스크를 이용한 호흡모사팬텀 연구, 대한 방사선종양학회지, Vol 23, No 4, pp.217-222, 2005
- [11] 이 석, 이상훈, 신동호 등, 동 팬텀과 초음파 센서를 이용한

호흡운동 조절 방사선 치료 기술 개발,
대한방사선종양학회지, Vol. 22, No. 4, pp.316-324, 2004

- [12] 한국중앙암등록본부: 『국가암등록사업
연례보고서(2009년 암발생 현황)』. 보건복지부, pp.1-114,
2009
- [13] T Tarohda, M Ishiguro, K Hasegawa, et al.: The management
of tumor motion in the stereotatic irradiation to lung cancer
under the use of abches to control active breathing. Am Assoc
Phys Med, Vol. 38, 2011
- [14] Lawrence TS, Robertson JM, Anscher MS, Jirtle RL, Ensminger
WD, Fajardo LF. Hepatic toxicity resulting from cancer
treatment. Int J Radiat Oncol Biol Phys, Vol. 31, pp.1237-1248,
1995
- [15] Ogata K, Hizawa K, Yoshida M, Kitamuro T, Akogi G,
Kagawa K, et al. Hepatic Injury Following Irradiation- A
Morphologic Study. Tokushima J Exp Med, Vol. 43,
pp.240-251, 1963
- [16] 이익재, 성진실, 심수정 등. 간세포암종의 방사선치료 시
발생하는 간독성에 대한 위험인자의 재고찰, 대한간학회,
Vol. 12, No. 3, pp 420-428, 2006
- [17] International Commission on Radiation Units and
Measurements(ICRU), "Prescribing, recording and reporting
photon beam therapy," Report No. 50 (ICRU, Bethesda, MD,
1993).
- [18] 조윤진, 전미진, 임정호 등. 호흡으로 인한 움직임이 큰
종양의 방사선치료 시 Abdominal and Chest Motion Control
Device의 유용성 평가, 대한방사선치료학회, 춘계학술대회
논문지, pp.15-16, 2012