

폐암 환자의 호흡훈련에 의한 호흡동조 방사선치료계획의 유용성 평가

삼성서울병원방사선종양학과, 성균관대학교의과대학 삼성서울병원방사선종양학과

홍미란 · 김철중 · 박수연 · 최재원 · 표홍렬

목 적 : 폐암환자의 호흡동조 방사선 치료 계획 시 호흡 훈련 전후 RPM 신호와 횡격막 위치 변화를 분석하여 호흡 훈련의 유용성을 평가하고자 한다.
대상 및 방법 : 2016년 4월부터 8월까지 호흡 동조 방사선 치료를 받는 환자 11명을 대상으로 호흡 훈련을 시행하였고 동시에 RPM 신호 및 횡격막 영상을 획득하였다. 호흡 훈련은 총 3단계로 1단계 자유 호흡 상태의 신호 획득, 2단계 호흡 신호 가이드를 통한 1차 호흡 신호 획득, 3단계 설명과 반복 훈련으로 규칙성과 안정을 유도한 최종 호흡 신호를 획득 하였다. 각 단계의 흡기와 호기시 RPM 신호와 투시 영상의 횡격막 위치의 평균값, 표준편차, 최대값, 최소값을 구하고, 이를 1단계 값으로 표준화 하여 2, 3단계를 상대분포 백분율(%)로 변환하여 환자의 호흡 변화와 내부 움직임 분석 함으로써 각 환자의 호흡훈련 유용성을 평가 하였다.

결 과 : RPM 신호와 횡격막 진폭을 측정 한 뒤, 1단계를 100%으로 표준화하여 각 단계의 평균값과 표준편차의 오차 평균을 구하였다. 그 결과, 3단계 최종호흡 획득 시 진폭의 상대평균 및 표준편차 모두 감소가36.4%, 표준편차만 감소가 18.2%, 진폭만 감소가 36.4%로 나타났으며, 횡격막 영상의 위치 측정 시 3단계에서 전체 81.8%의 환자에서 상대평균 진폭 값이 30% 감소함을 보였다. 그러나 모든 환자들에게서 2단계 대비 3단계의 RPM 신호와 횡격막 진폭이 각각 평균 52.6%, 42.1% 감소함을 보였다. 또한, RPM 신호와 횡격막 영상 진폭 차이의 연관성은 2번 10번 환자를 제외하고 각각 1, 2, 3단계 움직임의 패턴이 상관관계를 보였다.

결 론 : 호흡 동조 방사선치료에서 호흡 훈련을 시행하였을 때 최적화된 호흡 주기를 유도할 수 있었으며, 모의 호흡 훈련을 치료 전 시행함으로써 불규칙적인 호흡에 의한 환자의 호흡을 제어해 폐의 움직임을 예측 가능 하게 해주는 효과를 기대할 수 있었다. 궁극적으로는 방사선 치료의 체계적 오류를 최소화해 보다 정확한 치료를 기대할 수 있어 호흡 훈련이 유용하다고 할 수 있겠다.그러나 본 연구는 치료 전 호흡 훈련을 시행한 자료를 바탕으로 분석한 연구로 제한되어 있으며 추후 실제 CT 계획과 치료 시 획득한 자료를 가지고 검증하는 것도 필요할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 호흡훈련, 가이드 호흡, RPM 신호, 횡격막 X선 영상

서 론

성공적인 방사선 치료를 위해서는 종양 부위에는 종양 억제 목적 달성을 위해 충분한 양의 방사선을 주는 동시에 주변 정상 조직에 미치는 방사선량을 견딜만 할 만큼 적절하게 제한함으로써 급성 부작용과 만성 합병증의 위험을 최소화 하도록 해야 한다. 인체 내의 모든 장기와 조직은 호흡운동, 심장/혈관의 맥박, 주변 장기의 불규칙한 움직임 등에 따라 시시각각 그 위치와 모양이 조금씩 변화하며 흉 복부

장기에서는 여러 요인 중에서 호흡으로 인한 영향이 두드러지게 나타난다.^{1),2),3)} 종양의 움직임과 호흡과는 상관관계를 가지고있으며^{4),5)} 방사선 치료에서 폐암의 경우 다른 암에 비해 환자의 호흡으로 인한 내부 장기의 움직임을 확인하는 것이 매우 중요하다.^{6),7)} 그러나 장기의 움직임은 환자마다 다르며^{2),8),9)}, 각 장기의 위치에 따라 움직이는 크기 및 방향이 다르고, 건강상태에 의한 호흡 정도가 달라 질 수 있다. SEPPENWOOLDE Y 등의 연구¹⁰⁾에서는 호흡주기와 장기의 움직임 주기가 일치하고, 호흡에 따라 일정한 유형으로 운동한다고 보고하고 있고, 이러한 호흡을고려한 여러 치료 방법들이 연구되고 있다.^{11),12)} 그 중 본원에서는 폐암환자에게 호흡 동조 방사선치료를 시행하고 있으며 사용되는 관찰 장비는 카메라에 장착된 LED(lightemitting diode) 광원에

본 논문은 2016년 11월 17일 접수하여 2016년 12월 10일 채택되었음.
책임저자 : 표홍렬, 삼성서울병원 방사선종양학과
서울특별시 강남구 일원로81
Tel : 02) 3410-2597
E-mail : miran0222,hong@samsung.com

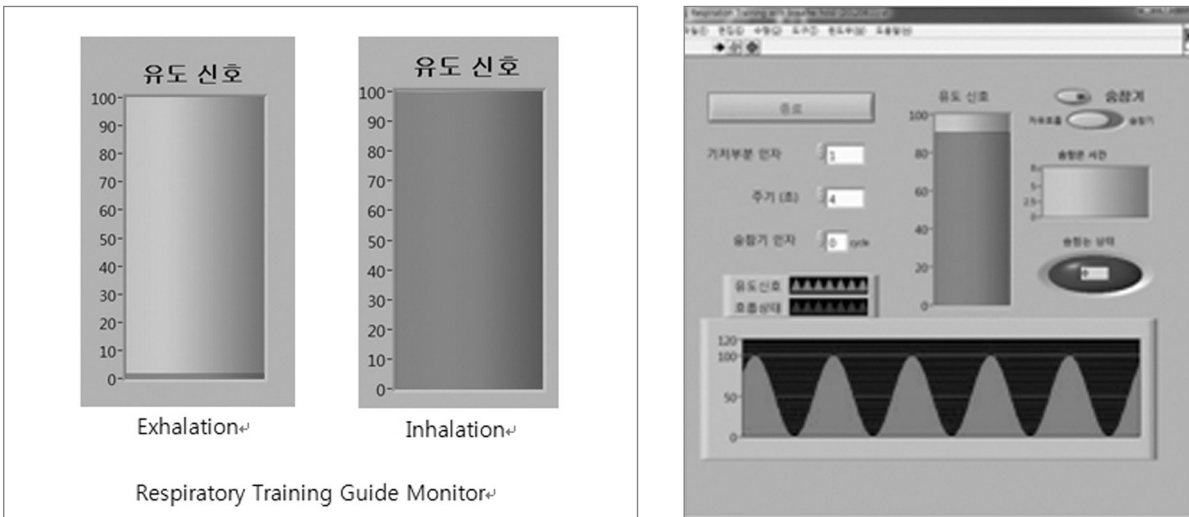


Fig 1. Guide Respiratory signal

서 방출된 적외선을 환자의 검상돌기와 배꼽 사이에 위치시킨 표식자(IR marker)의 두 점에서 반사 시키고 이 때 반사되는 적외선을 전자 결합 소자(charge coupled device, CCD) 카메라를 이용하여 표식자의 위치를 실시간 측정함으로써 환자의 호흡 주기를 측정하는 RPM(real-time position management) 시스템 (Varian, Palo Alto, USA)을 사용하고 있다. 이러한 시스템은 호흡과 종양의 움직임 간의 상관관계를 이용해 직접적으로 종양의 위치를 관찰하지 않고도 호흡훈련이 가능하다. 위와 같은 시스템의 발전과

더불어 호흡 동조 방사선 치료에 있어 환자들에게 최적화된 호흡 위상(respiratory phase)을 선택하기 위해서는 정확한 환자의 호흡 패턴 분석과 호흡 협조여부 즉, 치료 중 규칙적인 호흡 주기와 호흡의 진폭이 안정적으로 유지되는 것이 중요하며 이는 치료 성패에 큰 영향을 미친다. 이러한 이유로 폐암 환자의 호흡 동조방사선 치료에서는 환자의 호흡 훈련이 선행되어야 하며^{3),13)} 본원에서는 CT 계획을 시행하기 전에 개별적인 환자 호흡훈련을 시행하고 있다.

본 연구에서는 환자의 자유호흡 상태에서의 평균 호흡

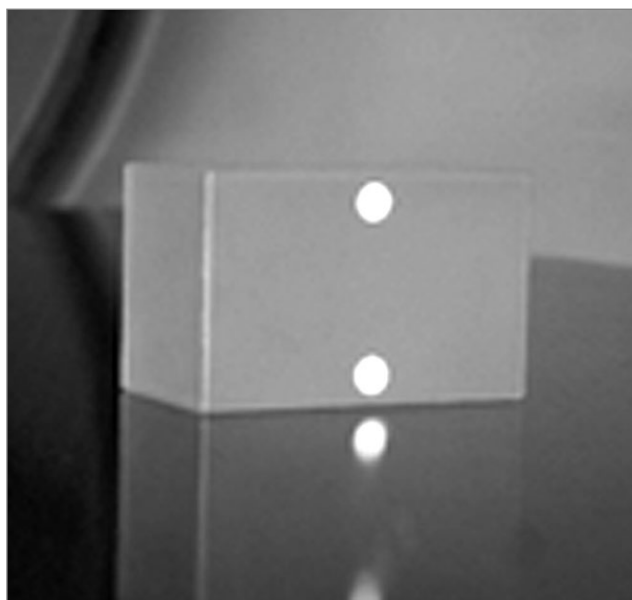


Fig 2. CCD Camera, IR marker

Table 1. Patient data

Patient	sex/age	stage	location	Respiration phase(sec)	
1	M/57	SCLC(LD)	T2aN2M0	RLL	3,5
2	M/77	NSCLC	T1N2M0	RLL	3,5
3	M/67	NSCLC	cT2aN2M0	RUL	3,5
4	M/78	NSCLC	cT2aN2M0	LLL	4,5
5	M/51	NSCLC	T1bN2M0	RUL	3,5
6	F/68	NSCLC	T3N2M0	LLL	3
7	M/81	NSCLC	cT2N3M0	RLL	4
8	F/63	NSCLC	pT1N3M0	LUL	3
9	M/66	NSCLC	cT2bN2M0	RLL	4
10	M/74	NSCLC	pT2aN1M0	RUL	4
11	M/66	NSCLC	cT2bN3M0	RLL	4

Table 2.1. Percentage of RPM signal Amplitude Average

	RPM signal Amplitude Average		
	1step	2step	3step
1	100.0%	180.3%	133.8%
2	100.0%	141.0%	104.5%
3	100.0%	174.1%	95.8%
4	100.0%	124.0%	88.7%
5	100.0%	165.3%	80.1%
6	100.0%	109.0%	85.2%
7	100.0%	108.7%	92.3%
8	100.0%	74.3%	71.5%
9	100.0%	94.7%	86.7%
10	100.0%	376.0%	132.0%
11	100.0%	76.4%	74.9%

주기를 파악한 후 본원에서 자체 개발한 시각적으로 따라할 수 있는 호흡 연습 프로그램을 이용하여(이하 가이드 호흡) 해당 호흡주기의 가이드 호흡 화면[Fig1]을 보여주고 따라 하도록 하였으며, 호흡이 규칙적이고 진폭이 자유 호흡 때 보다 작거나 같도록 유도하기 위해 환자에게 개별적인 호흡 훈련을 시행하였다. 호흡훈련을 시행할 때 마다 환자의 호흡 정도를 확인 하기 위하여 투시 영상에서의 횡격막 움직임을 획득하였고, 동시에 RPM 시스템을 이용하여 환자 호흡 신호를 획득하였다. 위에서 획득한 투시 영상에서의 횡격막 움직임과 RPM 시스템에서의 호흡 신호를 분석하여 폐암 호흡 동조 방사선 치료 환자에게 있어 호흡훈

련의 유용성을 평가하였다. 본 연구는 전향연구로 삼성서울병원 임상시험 윤리 위원회의 승인(IRB, No. 2016-03-161-001)을 받았다.

대상 및 방법

2016년 4월부터 8월까지 호흡 동조 폐암 방사선 치료를 받는 환자 중 정보 제공에 동의한 환자 11명을 대상으로 하였다.[Table1] 환자 복부의 표면 움직임과 투시 영상을 이용한 횡격막의 움직임으로 호흡 신호를 획득하였다. 환자의

Table 2.2. Percentage of RPM signal Standard Deviation

	Inhalation SD Percentage			Exhalation SD Percentage		
	1step	2step	3step	1step	2step	3step
1	100.0%	30.1%	35.0%	100.0%	55.6%	70.3%
2	100.0%	51.2%	91.1%	100.0%	32.9%	57.6%
3	100.0%	60.4%	58.7%	100.0%	101.7%	96.9%
4	100.0%	296.8%	286.7%	100.0%	181.2%	139.1%
5	100.0%	77.8%	235.1%	100.0%	93.9%	91.6%
6	100.0%	153.0%	99.5%	100.0%	80.6%	90.5%
7	100.0%	154.2%	91.1%	100.0%	185.7%	126.1%
8	100.0%	63.4%	52.1%	100.0%	58.0%	54.5%
9	100.0%	157.2%	165.2%	100.0%	73.5%	74.2%
10	100.0%	6.9%	215.0%	100.0%	0.0%	59.5%
11	100.0%	83.4%	62.8%	100.0%	70.1%	63.9%

Table 3. Percentage of Diaphragm Amplitude

	Diaphragm Amplitude		
	1step	2step	3step
1	100.0%	141.4%	112.8%
2	100.0%	109.6%	88.7%
3	100.0%	154.9%	85.5%
4	100.0%	178.7%	52.6%
5	100.0%	127.2%	42.8%
6	100.0%	110.4%	83.9%
7	100.0%	107.3%	101.8%
8	100.0%	99.8%	98.3%
9	100.0%	88.9%	64.2%
10	100.0%	118.6%	58.4%
11	100.0%	71.5%	55.9%

복부 움직임은 카메라에 장착된 LED광원에서 방출된 적외선을 환자의 검상돌기와 배꼽 사이에 위치시킨 표식자(IR marker)의 두 점에서 반사 시키고 이 때 반사되는 CCD 카메라[Fig2]를 이용하여 표식자의 위치를 실시간 측정함으로써 환자의 호흡 주기를 측정하는 RPM(Real-time Position Management™, Varian Medical Systems, Inc., Palo Alto, CA, USA) 시스템(Varian, Palo Alto, USA)을 사용하였고 횡격막 움직임 영상은 Acuity VARIAN system [Fig3]의 투시 모드(초당 4장, 1회에 20장)로 획득하였다. RPM 호흡 분석 프로그램은 Labview2010(National Instrument Inc.,

Austine, USA)을 이용해 본원에서 자체 개발한 프로그램을 사용하였다.¹⁴⁾

1 호흡 훈련 및 신호 획득 방법

본원에서는 폐암 방사선 치료 환자 중 호흡 동조 방사선 치료를 시행 하는 환자들에게 규칙적이고 안정적인 호흡을 유도 하기 위해 CT 계획 전 호흡훈련을 하고 있다. 호흡 훈련은 총 3단계로 시행하였으며, Fig4,5] 1단계는 3분동안 안정적인 자유 호흡 상태에서의 호흡 패턴을 관찰하였고,

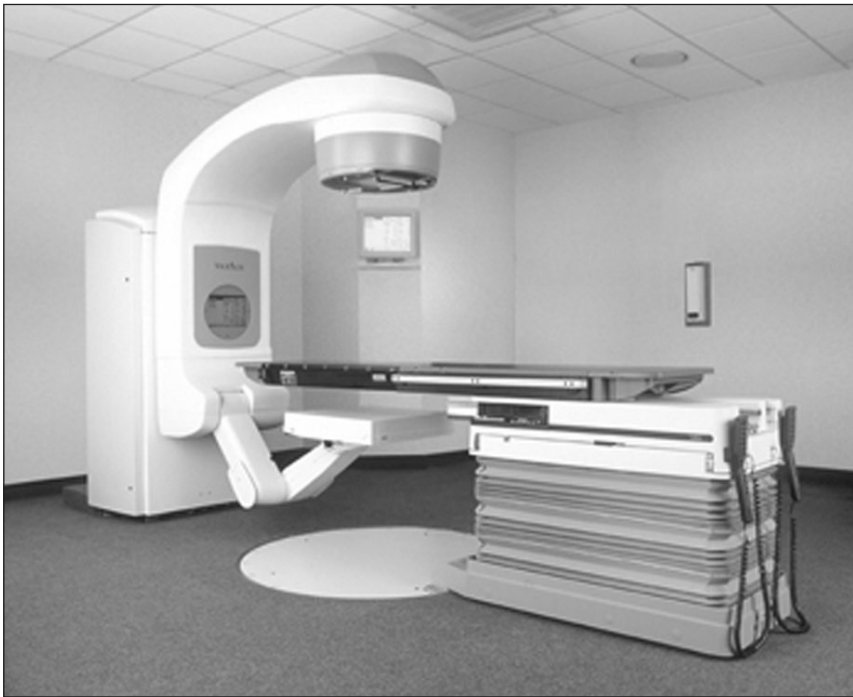


Fig 3. Acuity

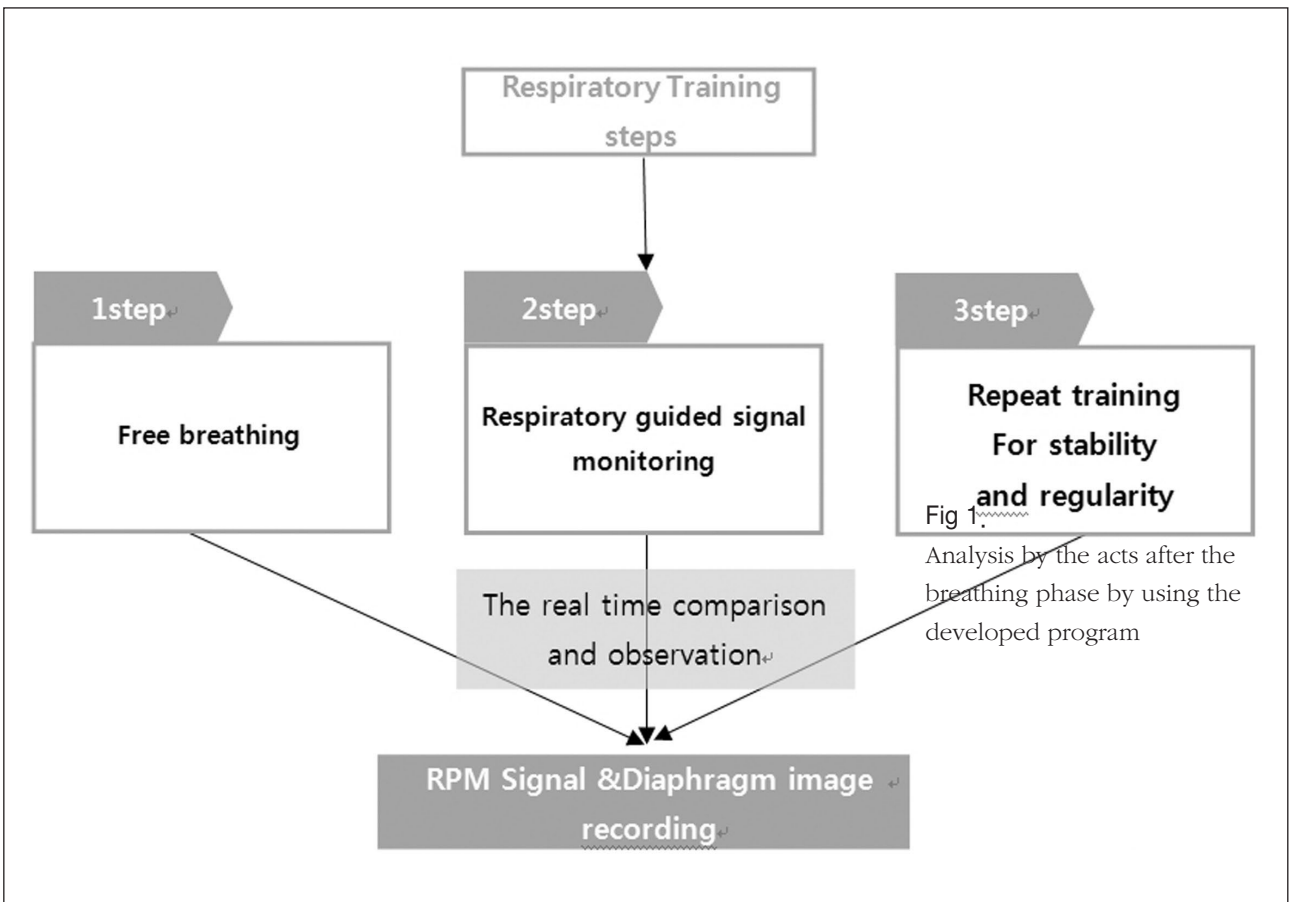


Fig 4. Respiration Training Algorithm

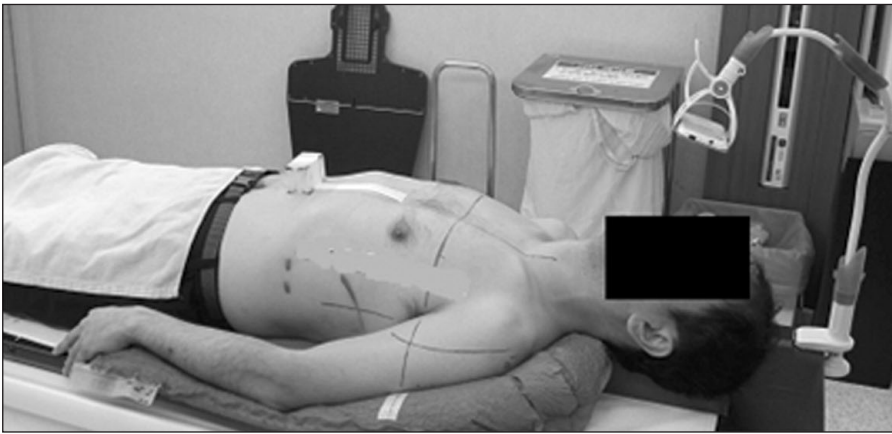


Fig 5. Patient Set-up Position

RPM 시스템으로 환자 개인의 평균 호흡 속도를 확인 하였다. 2단계는 1단계에서 확인된 환자 개인의 호흡 속도를 일정하게 유지하며 규칙적으로 호흡 할 수 있도록 하기 위해 가이드 호흡 프로그램을 환자 호흡속도에 맞춘 후 실시간으로 보여주고 간단한 설명 후 따라 하도록 유도하였다. 2단계에서 환자가 가이드 호흡 프로그램을 따라하는 것에 익숙해진 후, 3단계에서는 환자의 호흡 진폭이 규칙적으로 바뀌도록 훈련을 하고 자유 호흡 또는 2단계 보다는 호흡의 진폭이 같거나 알아지도록 유도하면서 호흡 훈련을 반복 시행하였다. 위의 모든 단계에서 단계별로 환자 호흡의RPM 신호를 기록하고 동시에 다른 장기에 비해 호흡에 따른 움직임이 상대적으로 크고 육안으로 식별이 분명한 횡격막 X선 영상에서도두미 방향으로 폐 움직임의변화과정을 기록 하였다. RPM으로 호흡신호 획득시, 적외선 마커 블록은 환자의 검상돌기와 배꼽 사이에 위치시켰다.

2. 호흡 신호 분석

1) RPM 호흡 신호 분석

RPM에서 획득한 호흡 신호 분석은 Labview2010(National Instrument Inc., Austine, USA)을 사용하여 본원에서 자체 개발한 프로그램¹⁴⁾을 사용하였다. 이 프로그램은 RPM 으로 획득한 호흡신호 자료를 대상으로 시간에 대한 미분값을 구하고 각 시간 위치에서의 미분계수의 변화량으로 변곡점을 구한 다음, 그 변곡점의 미분계수의 변화가 양에서 음으로 변하는지, 음에서 양으로 변하는지를 알아 그 변곡점의 최고점(peak)또는 최저점(valley) 여부를 구분하였다. 이렇게 구한 여러 개의 변곡점의 X, Y값(즉, 시간과 호흡신호 함수의 기울기)을 구하여 각 호흡행정의 주기와 움직임의 크기를 구하고, 일정시간대별로 호흡주기와 호흡크기, 호흡주기와 크기의 최대값, 최소값, 평균값 및 표준편차를 자동적으로

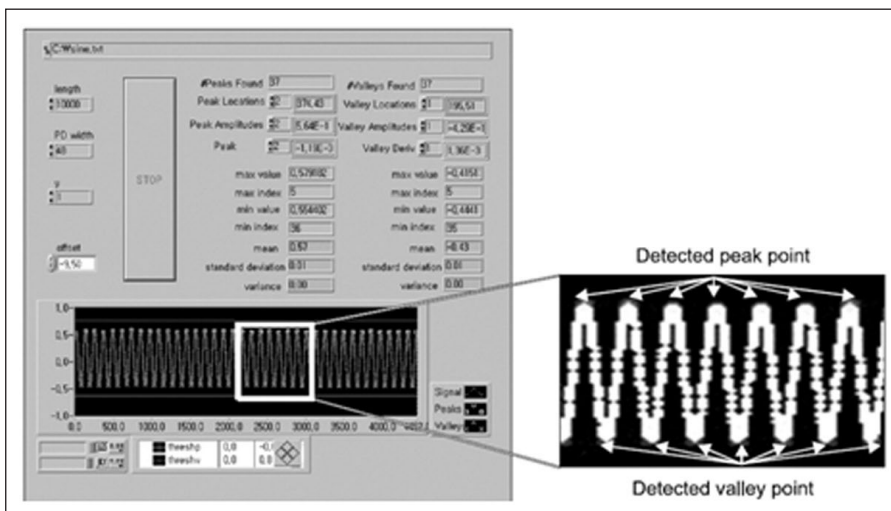
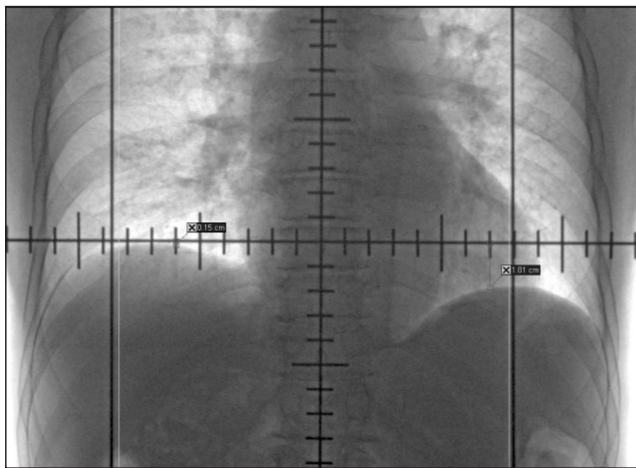
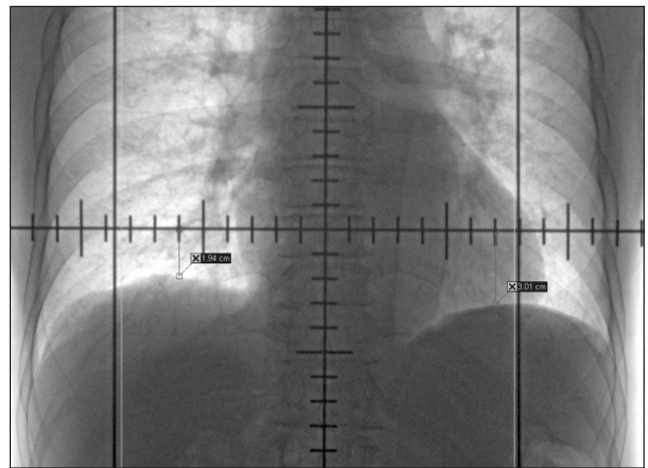


Fig 6. RPM Signal Automatic Analysis Program



Exhalation



Inhalation

Fig 7. Diaphragm Exhalation and Inhalation image

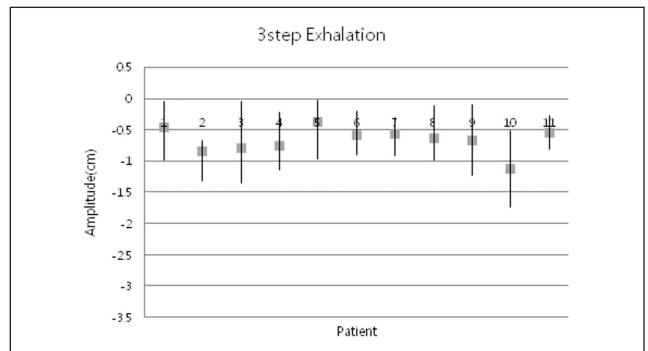
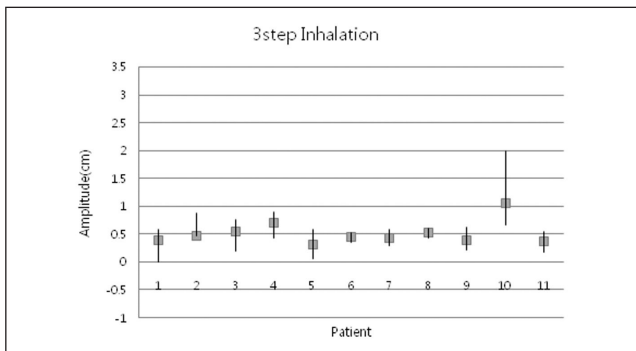
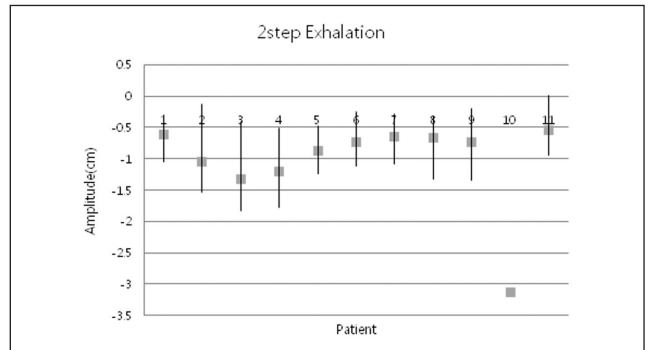
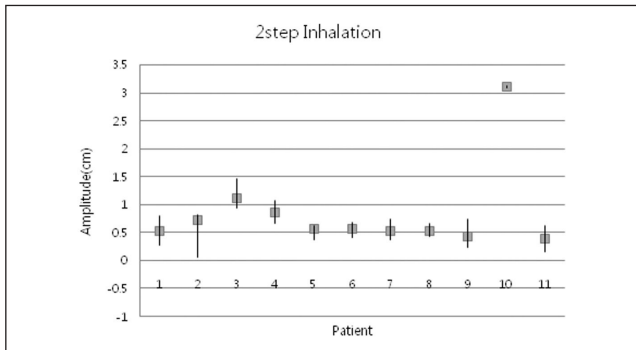
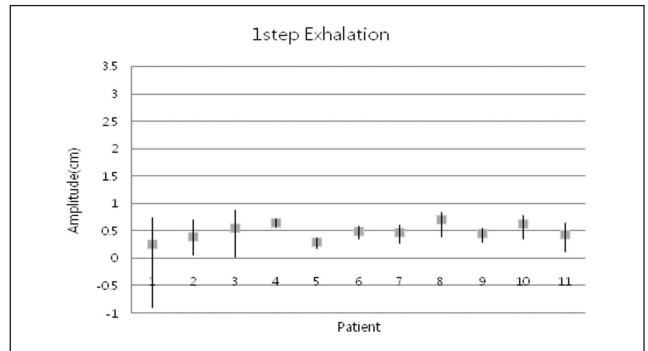
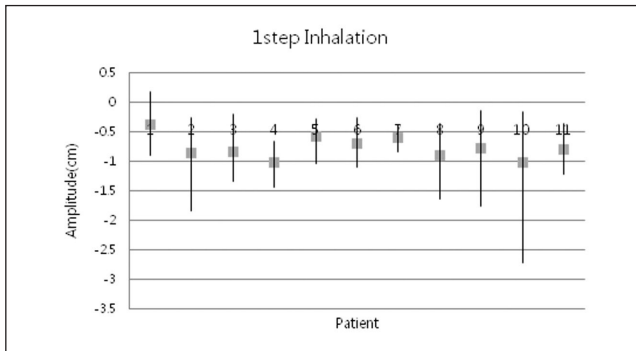


Fig 8. RPM Maximum, Minimum and Average Value

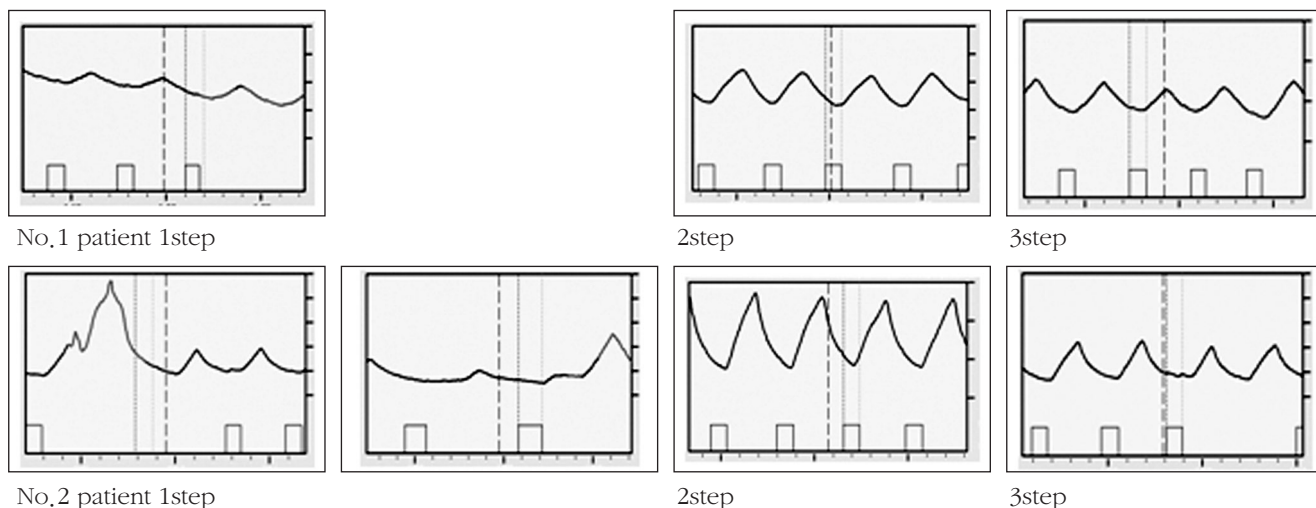


Fig 9. No1, No2 Patients RPM signal

로 나타내도록 프로그램을 구성하였다. [Fig6]

각 환자의 RPM 신호를 기반으로 해서 호흡주기(Peak to peak)값과 호흡 크기(Amplitude)의 변화값인 표준편차를 구하여 각 단계별로 변화량이 얼마나 되는지 확인 하였다.

2) 횡격막 영상 분석

X선 영상에서의 횡격막 레벨은 단계별 각각의 영상에서 횡격막 기준선 측정점과 임의의 측정점을 설정하여 흡기 및 호기 때 각각 설정한 측정점 간 거리를 측정해 두미방향의 움직임 변화 정도를 기록 하였다.[Fig7]

결 과

1. RPM 신호 결과

RPM 신호는 호흡 훈련 단계별로 흡기와 호기시의 최대 값과 최소값을 구해 호흡으로 인해 움직이는 최대 범위를 확인 하였고, 흡기와 호기의 평균값 차이로 진폭을 구해 훈련 단계별로 확인하였다. 또한 흡기시와 호기시 각각의 표준편차를 구해 환자의 호흡이 규칙적으로 유지되는지 확인 하였다.RPM 신호의 최대값, 최소값, 평균값의 분포는 Fig8 과 같다.

2. RPM 신호의 단계별진폭, 표준편차 분석

1단계를 100% 기준으로 하여 각 단계의 평균값과 표준편차의 상대분포 백분율(%)로 변환하였고 결과는Table2 에 나타내었다. 4명(36.4%, 11명)의 환자에게서 1단계보다 3 단계에서 호흡의 진폭이 평균 18.1%감소하였고표준편차 또한 27.6% 감소로 규칙적으로 변화하였다. 2명(18.2%, 11명)의 환자에서는 표준편차만 평균 36.5% 감소하여 규칙적으로 변화 하였고, 반면 또 다른 4명(36.4%, 11명)의 환자에서는 호흡의 진폭만 평균 13.1% 감소하였다. 그러나 모든 환자에게서 2단계 대비 3단계의 RPM 신호는 평균 52.6% 감소하였다.

1번환자와 2번환자의 호흡 단계별 RPM 신호는 Fig9 에 나타내었으며, 이 환자들은 자유호흡 단계인 1단계에서 매우 불규칙적인 호흡을 보였고 가이드 호흡 초기 단계인 2단계에서 바로 규칙적인 호흡으로 바뀌었다. 최종 호흡단계인 3단계에서는 호흡의 규칙성을 유지하면서 2단계에서보다는 진폭이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

3. 횡격막진폭 차이

횡격막 레벨은 RPM 신호 획득 과정에서 실제 환자의 횡격막 움직임이 일치하는지 여부를 확인 하기 위한 보조적 확인 자료로써 사용하였다. 환자의 호흡 단계별로 흡기와 호기의 횡격막 레벨 차이값을 분석해 호흡훈련을 하는 동안 실제로 횡격막이 얼마나 움직였는지 진폭을 확인하였고 1

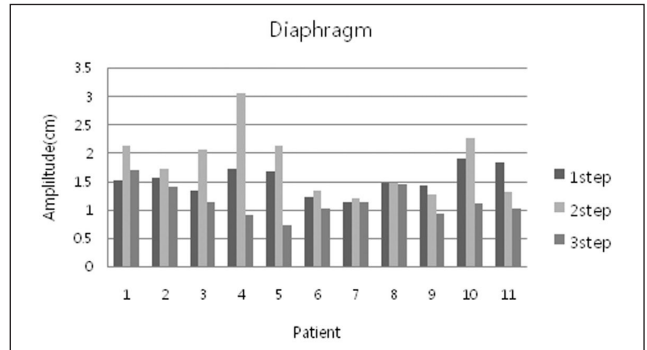
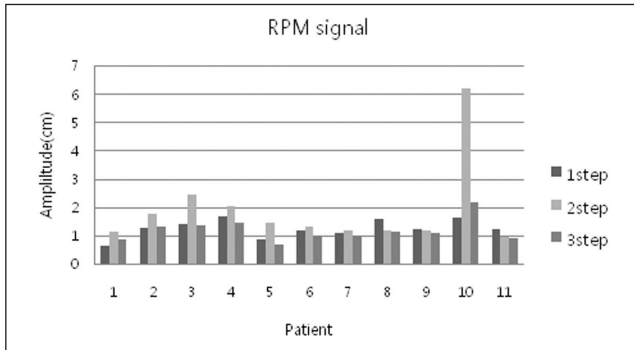


Fig 10. Amplitude of RPM signal and Diaphragm image

단계를 100% 기준으로 하여 각 단계의 진폭 차이를 상대분포 백분율(%)로 변환하였고 결과는 Table3 에 나타내었다. 1단계 대비 3단계에서 호흡 진폭은 9명(81.8%, 11명)의 환자에서 평균 30% 감소하였고, 2명(18.2%, 11명)의 환자에서 평균 7.3% 증가하였다. 횡격막 진폭 또한 RPM 신호와 마찬가지로 모든 환자들에게서 2단계보다 3단계의 진폭이 평균 42.1% 감소하였다.

4. RPM 신호와 횡격막 영상 비교

위에서 획득한 횡격막 흡기 호기 진폭차이와 RPM 진폭 차이는 Fig10 에 나타내었고, 2번, 10번 환자를 제외하고는 RPM 신호와 횡격막 레벨이 각각 1단계, 2단계, 3단계별로 움직임의 패턴이 일치하였다

고안 및 결론

본 연구는 진단과 치료에 영향을 미치지 않는 일상 진료 하에 시행된 연구로 폐암호흡 동조 방사선 치료를 시행하는 환자의 CT 계획 전 시행하는 호흡 훈련 시, RPM 신호와 횡격막 영상을 비교, 분석하여 호흡 훈련의 유용성을 평가하였다.

오디오 가이드 훈련과 시각적 피드백 훈련을 각각 시행한 **Kini VR** 등의 연구¹⁵⁾에서는 수일동안 관찰한 결과 오디오 가이드의 경우에 호흡의 주기는 규칙적으로 변화하였지만 진폭의 크기는 불규칙하게 변화하였고 반대로 시각적 피드백 훈련의 경우에는 진폭이 규칙적으로 유지가 되었고 주기는 불규칙하게 변화 하였다고 보고하였다. 본 연구에서도 위의 결과와 유사하게 호흡 훈련을 거듭할수록 환자 호흡의

진폭이 알아지고 규칙적으로 변화한 경우와 호흡이 규칙적으로는 변화 하였으나 진폭이 커졌던 경우, 호흡의 진폭은 알아졌지만 호흡이 불규칙적으로 바뀌는 경우가 관찰되는 환자 특이적인 양상을 보였다. 연구에 참여한 환자의 연령대가 고령으로 훈련을 받아들이는 이해도가 환자마다 다른 경향이 있었고, 호흡 기능이 좋지 않은 폐암 환자의 특성과 호흡 훈련 시행시 긴장하고 의식적인 부분이 많이 차지했기 때문에 이와 같은 결과가 초래 된 것으로 예측한다.그러나 본 연구에서는 모든 환자들에게서 호흡 패턴이 개선되는 것을 확인할 수 있었으므로 이와 같은 방법으로 호흡 훈련을 시행하면 호흡 동조 방사선치료에서 최적화된 호흡 주기를 유도할 수 있을 것으로 판단된다. 나아가 모의 호흡 훈련을 치료 전 시행해 불규칙적인 호흡에 의한 환자의 호흡을 제어함으로써 폐의 움직임을 예측 가능 하게 해주는 효과를 기대할 수 있고 궁극적으로는 방사선 치료의 체계적 오류를 최소화해 보다 정확한 치료를 기대할 수 있을 것이다. 결과적으로는 호흡 훈련이 유용하고 할 수 있겠다.

본 연구는 치료 전 호흡 훈련을 시행한 자료를 바탕으로 분석한 연구로 제한되어 있으며수일에 걸쳐서 환자 호흡을 관찰했을 때환자의 적응력이 증가해 종양 이동 범위가 줄어들었다고 보고 한 **Masaoka Y**의 연구¹⁶⁾와 같이 추후 실제 CT 계획과 치료시 획득한 자료를 가지고 검증하는 것도 필요할 것으로 사료된다. 또한 연구에 포함된 환자의 수가 적어서 통계적인 신뢰성을 높이기 위한 표본 수의 증대도 필요하다.

참고문헌

1. WillettCG, LinggoodRM, StracherMA, et al. The effect of

- respiratory cycle on mediastinal and lung dimensions in Hodgkin's disease. *Cancer* 1987;60:1232-1237.
2. Mageras GS, Pevsner A, Yorke ED, et al. Measurement of lung tumor motion using respiration-correlated CT. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;60:933-941.
 3. American Association of Physicists in Medicine(AAPM). The management of respiratory motion in radiation oncology, AAPM Task Group 76
 4. S. S. Vedam, V. R. Kini, and P. J. Keall, "Quantifying the predictability of diaphragm motion during respiration with a noninvasive external marker," *Med Phys*, Vol.30, No.4, pp.505-513, 2003.
 5. G. S. Mageras, A. Pevsner, and E. D. Yorke, "Measurement of lung tumor motion using respiration-correlated CT," *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, Vol.60, No.3, pp.933-941, 2004
 6. Baltr JM, Ten Haken RK, Lawrence TS, et al. (1996). Uncertainties in CT-based radiation therapy treatment planning associated with patient breathing. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 36, p. 167-174
 7. de Boer HC, van Sornsen de Koste JR, Senan S, et al.(2011). Analysis and reduction of 3D systematic and random setup errors during the simulation and treatment of lung cancer patients with CT-based external beam radiotherapy dose planning. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 49, p. 857-868.
 8. Balter JM, Ten Haken RK, Lawrence TS, Lam KL, and Robertson JM. Uncertainties in CT-based radiation therapy treatment planning associated with patient breathing. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1996;36:167-174.
 9. Shimizu S, Shirato H, Ogura S, et al. Detection of lung tumor movement in real-time tumor-tracking radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001;51:304-310
 10. Seppenwoolde Y, Shirato H, Kitamura K, et al. (2002). Precise and real-time measurement of 3D tumor motion in lung due to breathing and heartbeat, measured during radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 53, p. 822-834
 11. Ramsey CR, Scaperoth D, Arwood D, and Oliver AL. Clinical efficacy of respiratory-gated conformal radiation therapy. *Med Dosim* 24;115-119:1999.
 12. Kubo HD and Hil BC. Respiration gated radiotherapy treatment: a technical study. *Phys Med Biol* 1996;41:83-91
 13. Shah AP, Kupelian PA, Waghorn BJ, et al. (2013). Real-Time Tumor Tracking in the Lung Using an Electromagnetic Tracking System. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 86, p. 477-483.
 14. E. H. Shin, Y. Y. Han, H. C. Park et al., Development of Movement Analysis Program and its Feasibility Test in Stereotactic Body Radiation Therapy. *Kor. Soc. of Med. Phys.* 22 (3), 107 (2011).
 15. Kini VR, Vedam SS, Keall PJ, et al: Patient training in respiratory-gated radiotherapy. *Med Dosim* 28:7-11 (2003)
 16. Masaoka Y, Homma I. The effect of anticipatory anxiety on breathing and metabolism in humans. *Respir Physiol* 2001; 128:171-177.

Abstract

The feasibility evaluation of Respiratory Gated radiation therapy simulation according to the Respiratory Training with lung cancer

Samsung Medical Center, Department of Radiation Oncology

Hong mi ran, Kim cheol jong, Park soo yeon, Choi jae won, Pyo hong ryeol

Purpose : To evaluate the usefulness of the breathing exercise, we analyzed the change in the RPM signal and the diaphragm image before 4D respiratory gated radiation therapy planning of lung cancer patients.

Materials and Methods : The breathing training was enforced on 11 patients getting the 4D respiratory gated radiation therapy from April, 2016 until August. At the same time, RPM signal and diaphragm image was obtained. Respiration training total three steps in step 1 signal acquisition of free-breathing state, 2 steps respiratory signal acquisition through the guide of the respiratory signal, 3 steps, won the regular respiration signal to the description and repeat training.

And then, acquired the minimum value, maximum value, average value, and a standard deviation of the inspiration and expiration in RPM signal and diaphragm image in each steps. Were normalized by the value of the step 1, to convert the 2,3 steps to the other distribution ratio (%), by evaluating the change in the interior of the respiratory motion of the patient, it was evaluated breathing exercise usefulness of each patient.

Results : The mean value and the standard deviation of each step were obtained with the procedure 1 of the RPM signal and the diaphragm amplitude as a 100% reference. In the RPM signal, the amplitudes and standard deviations of four patients (36.4%, eleven) decreased by 18.1%, 27.6% on average in 3 steps, and 2 patients (18.2%, 11 people) had standard deviation, It decreased by an average of 36.5%. Meanwhile, the other four patients (36.4%, eleven) decreased by an average of only amplitude 13.1%. In Step 3, the amplitude of the diaphragm image decreased by 30% on average of 9 patients (81.8%, 11 people), and the average of 2 patients (18.2%, 11 people) increased by 7.3%. However, the amplitudes of RPM signals and diaphragm image in 3 steps were reduced by 52.6% and 42.1% on average from all patients, respectively, compared to the 2 steps. Relationship between RPM signal and diaphragm image amplitude difference was consistent with patterns of movement 1, 2 and 3 steps, respectively, except for No. 2 No. 10 patients.

Conclusion : It is possible to induce an optimized respiratory cycle when respiratory training is done. By conducting respiratory training before treatment, it was possible to expect the effect of predicting the movement of the lung which could control the patient's respiration. Ultimately, it can be said that breathing exercises are useful because it is possible to minimize the systematic error of radiotherapy, expect more accurate treatment. In this study, it is limited to research analyzed based on data on respiratory training before treatment, and it will be necessary to verify with the actual CT plan and the data acquired during treatment in the future.

Keyword : Respiratory training, Guide respiration, RPM signal, diaphragm X-ray image