

# 실시간 초음파를 이용한 횡격막 호흡 훈련이 흉곽 가동성 제한이 있는 젊은 여성들의 폐 기능에 미치는 영향

남수진<sup>1</sup>, 심재훈<sup>2</sup>, 오덕원<sup>3</sup>

<sup>1</sup>새하늘정형외과의원 물리치료실, <sup>2</sup>백석대학교 보건학부 물리치료학과, <sup>3</sup>청주대학교 보건의료대학 물리치료학과

## Effects of Diaphragmatic Breathing Training Using Real-time Ultrasonography on Chest Function in Young Females With Limited Chest Mobility

Soo-jin Nam<sup>1</sup>, MS, PT, Jae-hun Shim<sup>2</sup>, PhD, PT, Duck-won Oh<sup>3</sup>, PhD, PT

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Saehaneul Orthopedic Surgery Clinic

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, Division of Health Science, Baekseok University

<sup>3</sup>Dept. of Physical therapy, College of Health Science, Cheongju University

### Abstract

**Background:** Research efforts to improve the pulmonary function of people with limited chest function have focused on the diaphragmatic ability to control breathing pattern. Real-time ultrasonography is appropriate to demonstrate diaphragmatic mechanism during breathing.

**Objective:** The purpose of this study was to investigate the effects of diaphragmatic breathing training using real-time ultrasonographic imaging (RUSI) on the chest function of young females with limited chest mobility.

**Methods:** Twenty-six subjects with limited chest mobility were randomly allocated to the experimental group (EG) and control group (CG) depending on the use of RUSI during diaphragmatic breathing training, with 13 subjects in each group. For both groups, diaphragmatic breathing training was performed for 30-min, including three 10-min sets with a 1-min rest interval. An extra option for the EG was the use of the RUSI during the training. Outcome measures comprised the diaphragmatic excursion range during quiet and deep breathing, pulmonary function (forced vital capacity; FVC, forced expiratory volume in 1-sec; FEV1, tidal volume; TV, and maximal voluntary ventilation; MVV), and chest circumferences at upper, middle, and lower levels.

**Results:** The between-group comparison revealed that the diaphragmatic excursion range during deep breathing, FVC, and middle and lower chest circumferences were greater at post-test and that the changes between the pretest and post-test values were greater in the EG than in the CG ( $p < .05$ ). In addition, the subjects in the EG showed increased post-test values for all the variables compared with the pretest values, except for TV and MVV ( $p < .05$ ). In contrast, the subjects in the CG showed significant improvements for the diaphragmatic excursion range during quiet and deep breathings, FVC, FEV1, and middle and lower chest circumferences after the intervention ( $p < .05$ ).

**Conclusion:** These results indicate that using RUSI during diaphragmatic breathing training might be more beneficial for people with limited chest mobility than when diaphragmatic breathing training is used alone.

**Key words:** Chest mobility; Diaphragmatic breathing; Pulmonary function; Real-time ultrasonography.

## I. 서론

호흡계(pulmonary system)는 인체에서 중요한 기능을 차지한다. 호흡계의 가장 중요한 역할은 에너지를 생산하는 산소를 체내의 혈액 및 조직 사이에서 이산화탄소와 함께 공급하는 것이다. 호흡(breathing)은 흡기(inhalation)와 호기(exhalation)로 나뉘는데, 흡기시 늑골부과 복부의 근육이 내측으로 흉곽의 부피 변화를 만들어내며, 흡기근은 흉강의 부피를 증가시키고 음압을 형성하여 폐로 공기가 들어오도록 한다(Hillebrand, 2016). 호흡에서 가장 중요한 주동근은 횡격막(diaphragm)으로 흉강(thoracic cavity)과 복강(abdominal cavity)을 나누는 구조물이다(Macklem 등, 1978). 또한 횡격막은 생리학적으로 정상인의 안정적인 호흡 시에 흡입 기능의 70%를 담당한다(Onders 등, 2014). 돛 형태의 횡격막은 흡기 시 수축하며, 아래쪽으로 이동하면서 흉강이 넓어지며 폐가 팽창된다(Harper 등, 2013). 그리고 호기는 폐와 흉곽(thorax)의 탄성 복원력(elastic recoil power)에 의해 수동적으로 이루어진다(Macklem 등, 1978). 호흡 주동근인 횡격막의 기능에 문제가 발생하면, 횡격막의 이동과 움직임이 감소되면서 호흡하는 동안 보조근을 이용하여 호흡을 하게 된다. 호흡기능 이상의 주요 원인으로서는 근약화(muscle weakness), 저긴장성(hypotonicity), 그리고 체간근(trunk muscle)의 비협응(coordination disorder)으로 인한 흉곽확장(chest expansion)의 제한 등이 있다(Annoni 등, 1990).

흉추부와 흉곽의 가동범위가 감소되면 폐의 탄력성이 떨어지면서 폐기능(pulmonary function)에 부정적인 영향을 미친다(Fugl-Meyer 등, 1983). 그러므로 흉곽 가동성(chest mobility)은 호흡기전에서 중요한 요소이다. 흉곽 가동성의 증진은 호흡근의 원활한 수축을 유도함으로써 호흡 조절 능력의 향상, 기침(coughing)능력의 향상, 폐활량(lung capacity)의 증진, 신체정렬(alignment) 등에 긍정적인 영향을 미치기 때문에 폐기능과 흉곽의 움직임은 밀접한 상관관계를 가진다(Pryor과 Prasad, 2008). 흡기 호흡 시 주동근인 횡격막을 이용한 호흡 훈련은 폐 재활(pulmonary rehabilitation)에 있어서 가장 널리 사용되고 있는 방법이다. 횡격막 호흡(diaphragmatic breathing) 훈련은 흉추부의 움직임을 증가시키는데 그 목적이 있으며(Vitacca 등, 1988; Yamaguti 등, 2012), 최대 운동 부하량과 횡격막 움직임을 증가시킨다. 또한 혈액 내 이산화탄소 농도를 감소시켜 주고 산소 농도는 증가

시킨다(Ambrosino 등, 1981; Vitacca 등, 1988; Yamaguti 등 2012).

횡격막 움직임은 호흡 패턴(breathing pattern)에서 중요한 요소 중 하나이지만 상대적으로 평가하기는 어렵다. 최근 많이 이용하고 있는 초음파(ultrasound)를 이용한 평가방법은 비침습적(non-invasive)이고 횡격막의 움직임을 시각적으로 평가할 수 있고 기능부전(dysfunction)도 쉽게 찾을 수 있는 장점이 있다(Epelman 등, 2005). 그리고 초음파는 간단하게 횡격막의 움직임을 빠르고 효율적으로 측정할 수 있다는 이점을 가지고 있다(Gerscovich 등, 2001). 또한 초음파를 이용하여 근 두께의 변화를 쉽게 측정할 수 있고, 환자에게 생체 되먹임(biofeedback) 도구로 사용이 가능하여 최근 실시간 초음파 영상(Real-time ultrasound imaging; RUSI)을 이용한 복횡근(transverse abdominis), 골반저근(pelvic floor), 횡격막 등의 근 재교육에 이용되고 있다(Dietz, 2004; Harper 등, 2013; Kim과 Oh, 2016). Kim과 Oh(2016)는 RUSI 되먹임 호흡 훈련이 경수손상 환자의 흡기와 호기 사이 횡격막의 이동 거리 증가에 효과적이며, 이는 환자 스스로 시각적으로 횡격막의 움직임을 인지할 수 있기 때문이라고 하였다. RUSI를 적용한 재활 운동은 선택적으로 근수축과 활성도를 향상시킬 수 있으며(Whittaker 등, 2007), 특히 심부에 위치한 횡격막의 길이와 모양의 변화를 직접적으로 관찰할 수 있는 RUSI 훈련은 횡격막 호흡 패턴의 교육과 호흡근 재교육에 효과적이다(Giggins 등, 2013).

이와 관련한 선행 연구들에서는 폐 운동성 제한이 있는 성인을 대상으로 횡격막 움직임(diaphragmatic excursion)과 흡기량(respiratory airflow)의 상관관계에 대해 설명하고 있으며(Cohen 등, 1994), 노인(elderly), 뇌졸중(stroke), 만성 폐쇄성 폐질환(COPD), 뇌성마비(cerebral palsy) 아동과 같이 횡격막 기능 부전 환자를 대상으로 횡격막 호흡 훈련 효과에 대한 연구가 이루어져 왔다(Cahalin 등, 2002; Kang, 2016; Souza 등, 2014). 그러나 RUSI를 이용한 횡격막 호흡 훈련과 그 효과에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 특히, 가동성과 폐기능이 감소되어 있는 성인들의 폐기능을 증진시키려는 목적으로 RUSI를 이용하여 시각적 되먹임(visual biofeedback)을 제공하는 횡격막 호흡 훈련의 효과에 대한 연구는 더욱 그러하다. 따라서 본 연구의 목적은 흉곽 가동성 제한이 있는 젊은 여성을 대상으로 RUSI를 이용한 횡격막 호흡 운동과 단순 횡격막 호흡 운동의 효

과 차이를 알아보고, 횡격막 효율적인 횡격막 움직임과 폐기능 향상에 효과적인 호흡 운동방법을 제시하는 것이다. 본 연구의 가설은 RUSI를 사용한 횡격막 호흡훈련이 횡격막 호흡훈련 만을 시행하였을 때보다 횡격막 움직임과 폐기능 및 흉곽 운동성에 더 효과적으로 사용될 것이라는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상자

본 연구는 젊은 여성 26명을 대상으로 시행되었으며, 컴퓨터 프로그램을 통한 블록 무작위(block randomization) 방법을 이용하여 연구대상자 26명을 실험군(experimental group)과 대조군(control group)에 각각 13명씩 배정하였다. 연구대상자 선정조건은 다음과 같다. 첫째, 흉곽 가동성 제한이 있는 자(최대 흡기 시와 휴식 시의 흉곽 둘레 차이가 2.5cm 이하)(Moll과 Wright, 1972), 둘째, 폐기능이 감소되어 있는 자(노력성폐활량

비; forced vital capacity%)가 정상예측치의 80% 이하인 자(Miller 등, 2005), 셋째, 심호흡계와 신경계 및 정형외과적으로 문제가 없는 자. 임신 또는 임신 가능성이 있는 자는 연구대상에서 제외하였다. 실험 전 모든 대상자들에게 실험절차와 안전성에 대해 설명하였으며 모든 대상자들은 서면으로 실험 참가에 동의하였다. 최초 30명의 대상자가 선정되었으나, 검사 중 어지러움을 호소하거나 비정상적 호흡 패턴(paradoxical breathing pattern)을 가지고 있는 4명을 제외한 26명의 자료를 최종 분석에 이용하였다(Figure 1). 연구대상자의 일반적 특성에는 유의한 차이가 없었다(Table 1).

### 2. 측정 방법 및 절차

가. 횡격막 움직임(diaphragm excursion)의 측정  
 호흡을 하는 동안 대상자들의 횡격막의 움직임을 측정하기 위해서 초음파 기기(MySonoU6, Samsung, Seoul, KOREA)의 M-모드(mode)를 사용하였다. 대상자들은 고관절과 무릎을 굴곡하여 바로 누운 자세에서 편안한

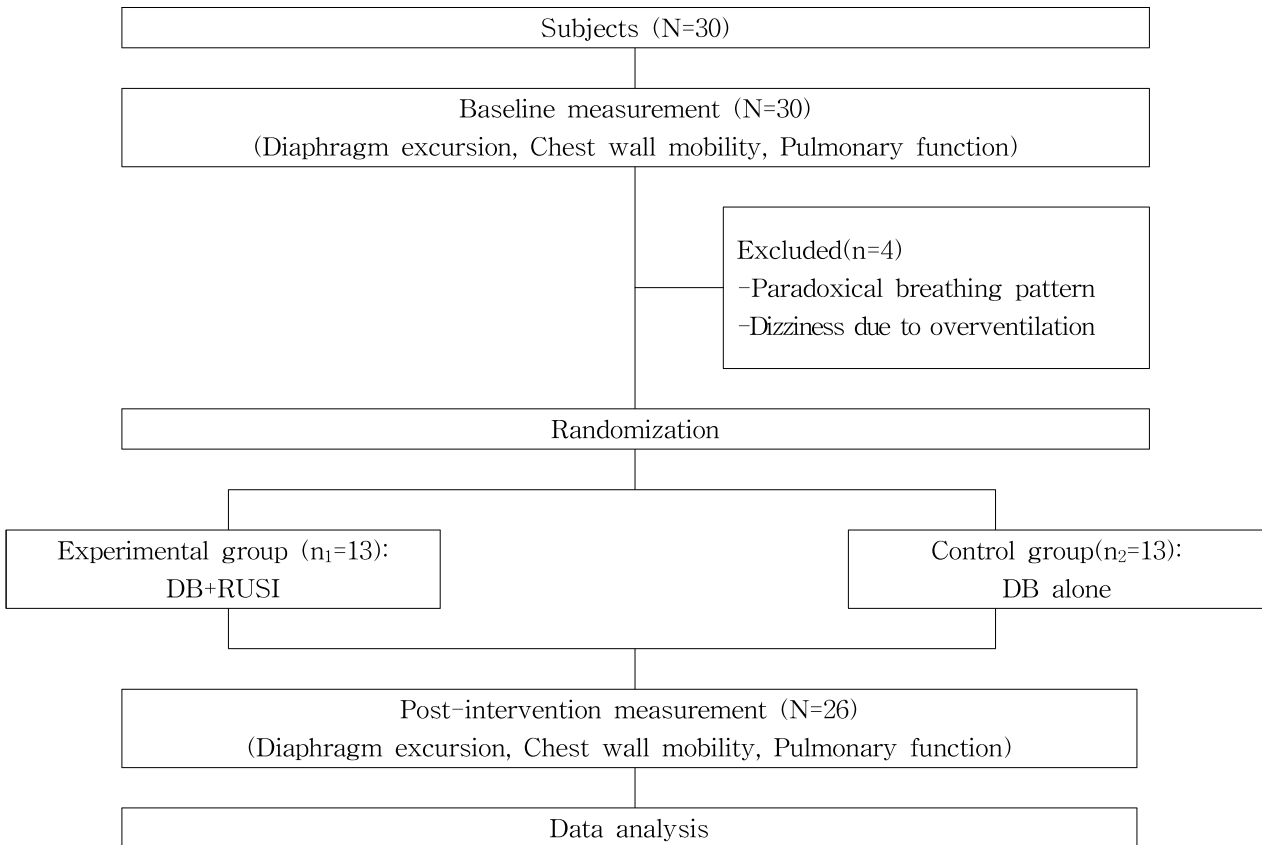


Figure 1. Flowchart of this study (DB: Diaphragmatic breathing, RUSI: Real-time ultrasonography image).

**Table 1.** General characteristics of subjects (N=26)

	EG <sup>a</sup> (n <sub>1</sub> =13)	CG <sup>b</sup> (n <sub>2</sub> =13)	p
Age (year)	21.7±0.5 <sup>c</sup>	21.9±0.3	.2
Height (cm)	159.7±4.9	161.8±6.0	.4
Weight (kg)	55.2±5.3	57.5±8.0	.4
BMI <sup>d</sup>	21.7±2.3	21.9±2.5	.8

<sup>a</sup>experimental group, <sup>b</sup>control group, <sup>c</sup>mean±standard deviation, <sup>d</sup>body mass index.

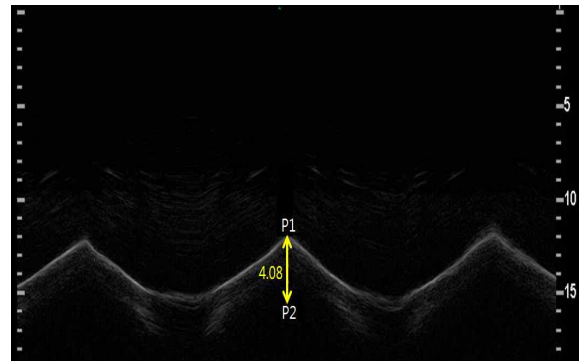
호흡(quiet breathing)과 깊은 호흡(depp breathing) 시 횡격막이 움직이는 거리를 측정하였다. 편안한 호흡은 별다른 지시 없이 환자가 가장 편안한 상태에서 호흡하도록 하였고, 깊은 호흡 시 대상자의 최대 흡기와 호기를 위하여 구두 지시(verbal command)를 제공하였다 (Gram 등, 2014). 호흡 시 횡격막의 영상을 얻기 위하여 B-모드에서 우측 하부 늑골(costal margin) 사이 공간에 3.5MHz 선형 탐촉자(convex transducer)를 횡으로 위치시키고(Yamaguti 등, 2012) 횡격막을 찾아낸 후 M-모드 상에서 호흡을 하는 동안 횡격막의 움직임을 측정하였다(Lim 등, 1998)(Figure 2). 숨을 들이쉴 때에는 횡격막이 수축하면서 탐촉자에 가까워져 초음파의 M-모드 영상에서 상방 굴곡(upward inflexion)으로 나타나고, 호기 시는 횡격막이 제자리로 돌아가면서 초음파 탐촉자에서 멀어져 하방 굴곡(downward inflexion)으로 나타난다(Ayoub 등, 1997). 횡격막의 움직임 측정은 대상자가 호흡을 하는 동안 초음파 M-모드 영상에서 나타나는 상방 굴곡점(P1)과 하방 굴곡점(P2) 사이의 거리를 측정하여 사용하였다(Figure 3).

#### 나. 흉곽 운동성(chest mobility)

호흡을 통해 흉곽이 확장되는 정도를 알아보기 위하여 세 군데에서 흉곽 둘레를 줄자 측정법(cloth tape measurement technique)으로 측정하였다. 흉곽 운동성을 알기 위한 줄자 측정법의 급간내 상관계수(intraclass correlation coefficient)는 .81에서 .91로 매우 신뢰도가 높은 검사이다(Bockenbauer 등, 2007). 본 연구에서는 대상자를 바로 서게 한 상태에서 액와부(axillary), 검상돌기(xiphoid process), 검상돌기와 배꼽(umbilicus)의 중간 지점(midpoint)을 수평으로 각각 줄자를 위치시켜 호흡 시 대상자의 상부(upper), 중부(mid), 하부 흉곽(lower chest)의 둘레를 측정하였다(Cahalin 등, 2002). 그리고 최대 흡기와 최대 호기 시의 측정값 차이를 흉곽 운동성의 자료로 사용하였다(Humberstone과 Tecklin, 1995).



**Figure 2.** Placement of ultrasound transducer to measure the diaphragmatic excursion.



**Figure 3.** Example of M-mode ultrasound image to measure diaphragm excursion from inhalation (P1) to exhalation (P2).

#### 다. 폐기능(pulmonary function) 측정

본 연구에서 폐기능 측정은 폐량계(spirometer) (MicroPlus, CareFusion, Basingstoke, UK)를 사용하여 측정하였다. 정확한 검사를 위해 사전에 대상자에게 측정 방법과 자세에 대하여 충분히 설명하고 교육하였으며, 연구 대상자는 코마개(nose clip)를 하고 의자에 고관절 90° 굴곡하고 앉은 상태에서 폐기능 측정을 시행하였다(Engel과 Vemulpad, 2007). 본 연구에서는 제한성 환기장애를 평가하기 위해 노력성 폐활량(forced vital capacity; FVC), 일초 노력성 호기량(forced expiratory volume in one second; FEV1)을 측정하였다. 그리고 일회 호흡량(tidal volume; TV)과 운동을 하는 동안 흡기근의 지구력을 평가하는 최대 수의 환기량(maximal voluntary ventilation; MVV)을 자료로 사용하였다.

### 3. 중재 방법

횡격막 호흡(diaphragmatic breathing)은 호흡계 물리치료 및 호흡재활과 관련된 대부분의 중재프로그램에

포함되어 있으며, 흡기 시 호흡 보조근을 최소화로 사용하는 호흡으로 정의된다(Brannon 등, 1997). 실험군과 대조군의 모든 대상자들은 횡격막 호흡훈련을 시행하였는데, 이 호흡훈련은 대상자가 편안하게 무릎을 구부려 눕게(hook lying)하고 한 손은 복부 위에 다른 한 손은 상부 흉곽에 올려놓고 횡격막 호흡을 하도록 교육하였다. 흡기 시 복부 위의 손이 바깥쪽으로 부풀어 올라오도록 하고 호기 시에는 안쪽으로 가라앉도록 움직일 것을 강조하였다. 또한 흡기 시 공기가 폐의 하부로 들어오도록 하였고 추가적으로 상부 흉곽이 움직이지 않도록 지시하고 호기 끝부분(the end of expiration)에서 복부의 촉각 자극(tactile stimulation)을 적용하였다(Cahalin 등, 2002; Kaneko 등, 2009). 두 군 모두 30분간 횡격막 호흡 훈련을 하였으며, 훈련은 1세트가 10분으로 총 3세트 시행하였고 세트 사이 1분의 휴식시간을 제공하였다. 호흡운동 중에 환자가 피로나 어지러움을 호소하면 치료를 중단하고 휴식을 취한 후 다시 호흡운동을 시작하였다.

실험군의 대상자들에게는 횡격막 호흡훈련 동안 RUSI를 함께 제공하였다. RUSI는 3.5MHz 선형 탐촉자를 실험군의 우측 하부 늑골 사이 공간에 횡으로 놓고 B-모드에서 횡격막을 확인하였다. 그리고 M-모드 상에서 대상자에게 호흡운동을 실시하면서 실시간으로 초음파 모니터를 통하여 횡격막의 움직임을 확인하도록 하였다. 초음파 기기의 M-모드 영상에서 횡격막 움직임 방

향은 흡기 시 상방 굴곡되고 호기로 바뀔 때 하방 굴곡되어야 한다. 그리고 전환되는 구역에서는 완만한 모양을 형성하는 대신 뾰족한 모양이 되도록 환자에게 교육하였다. 호흡방법, 실시 횟수 및 간격은 횡격막 호흡훈련과 동일하게 적용하였다.

#### 4. 자료 분석

본 연구의 대상자의 일반적 특성, 흉곽 운동성, 호흡기능 검사, 횡격막 움직임에 대한 자료들은 SPSS ver.20.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계처리하였다. 콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov) 검정 방법을 이용하여 정규성 검정을 실시하였다. 대상자의 일반적 특성은 실수와 백분율, 평균과 표준편차로 설명하였고, 일반적 특성 및 중재 전·후의 호흡기능, 흉곽 가동성, 횡격막 움직임의 차이를 비교하기 위하여 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 각 평가 지표와 차이값에 대한 군간 비교를 위하여 독립 t-검정(independent t-test)을 실시하였고, 통계학적 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

### III. 결과

표 2는 중재전과 후의 실험군과 대조군의 측정값 비교를 설명하는 것이며, 그림 4, 5, 6은 각 측정 지표들

**Table 2.** Comparison of change in diaphragmatic excursion, pulmonary function and chest mobility

		EG(n <sub>1</sub> =13)			CG(n <sub>2</sub> =13)			
		pre-test	post-test	t <sup>a</sup>	pre-test	post-test	t <sup>a</sup>	t <sup>b</sup>
Diaphragmatic excursion	Quiet breathing	1.75±.75	4.09±1.76	5.95**	1.86±.69	3.34±.88	5.37**	1.36
	Deep breathing	3.42±1.57	5.83±1.51	5.75**	3.47±1.29	4.69±1.08	4.39**	2.23*
Pulmonary function	FVC <sup>c</sup>	1.94±.19	2.94±.31	14.61**	2.16±.36	2.62±.37	4.24**	2.38*
	FEV <sub>1</sub> <sup>d</sup>	2.04±.20	2.73±.49	6.38**	2.19±.25	2.63±.29	5.86**	.61
	TV <sup>e</sup>	.50±.13	.51±.20	.11	.54±.23	.51±.14	-.27	-.07
Chest mobility	MVV <sup>f</sup>	85.85±22.44	103.35±15.78	2.82*	89.61±20.21	96.22±14.87	1.77	1.19
	Upper	1.96±.80	2.58±.57	4.79**	2.11±1.11	2.56±1.12	1.74	.04
	Mid	2.04±.72	4.13±.63	9.94**	1.88±.50	3.08±1.25	3.66**	2.69*
	Lower	2.68±.88	3.48±.81	7.76**	2.25±.72	2.81±.70	19.02**	2.25*

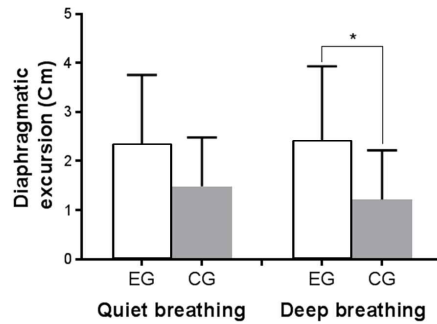
<sup>a</sup>comparison of post-test value-pre-test value within the group, <sup>b</sup>comparison of post-test value between the group, <sup>c</sup>forced vital capacity, <sup>d</sup>forced expiratory volume in one second, <sup>e</sup>tidal volume, <sup>f</sup>maximal voluntary ventilation, \*p<.05, \*\*p<.01.

의 차이값에 대한 군간 비교를 보여주는 것이다. 실험군의 대상자들은 TV를 제외한 모든 측정변수들 중재 전과 후의 비교에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며( $p<.05$ ), 대조군의 대상자들은 편안한 호흡과 깊은 호흡 시의 횡격막 움직임, FVC, FEV, 중부 및 하부 흉곽움직임에서 유의한 차이가 나타났다( $p<.05$ ). 중재 후 측정값에 대한 군간 비교에서, 실험군은 대조군에 비해 깊은 호흡 시의 횡격막 움직임, FVC, 중부 및 하부 흉곽움직임이 유의하게 더 큰 것으로 나타났다( $p<.05$ ) (Table 2). 또한 중재 전후 차이값에 대한 군간 비교 결과, 실험군은 깊은 호흡 시의 횡격막 움직임, 중부 흉곽움직임, FVC에서 대조군에 비해 유의하게 더 큰 것으로 나타났다( $p<.05$ ) (Figure 4, 5, 6).

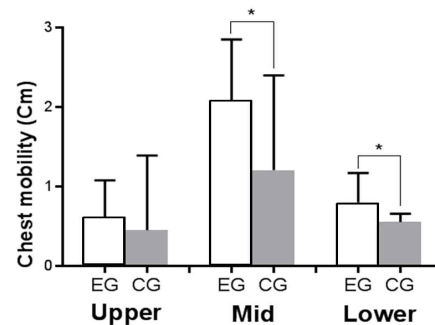
#### IV. 고찰

본 연구는 젊은 여성을 대상으로 RUSI를 이용한 시각적 되먹임 횡격막 호흡 훈련이 횡격막 움직임 (diaphragm excursion), 폐기능(pulmonary function) 및 흉곽 가동성(chest mobility) 향상에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 그 결과 횡격막 호흡과 함께 RUSI를 사용하는 것이 횡격막 움직임과 폐활량 및 흉곽 가동성을 증가시키는데 도움이 되는 것으로 나타났다.

정상 호흡(normal breathing)이라고 알려진 횡격막 호흡은 횡격막의 적절한 사용과 기능이 필요한 반면 (Pryor과 Prasad, 2008), 상부 흉곽의 움직임만 크게 발생하는 흉추 호흡(thoracic breathing)은 비정상적 호흡 (abnormal breathing)으로 알려져 있다(Chaitow, 2004). 호흡 근육의 약화나 흉곽 확장이 제한되면 호흡 기능에 이상이 생기면서 횡격막의 움직임과 이동이 감소하게 된다(Annoni 등, 1990). 호흡 재활에 있어 가장 많이 사용되는 횡격막 호흡 훈련은 흡기의 주동근인 횡격막을 원활하게 수축 시키면서 흉곽의 가동성을 증진시킬 수 있다. Enright 등(2006)은 건강한 성인을 대상으로 한 8주의 고강도 흡기훈련(inspiratory muscle training)을 실시한 결과 호흡 훈련군에서 최대 흡기 시 횡격막 두께 및 수축률이 증가하고 흡기근의 기능과 폐용량이 증가되었다고 발표하였다. 또한 횡격막 두께의 증가가 흡기근의 기능을 증대시켜 건강한 성인의 신체적 운동 능력을 개선시킬 수 있다고 하였다. 호흡훈련은 호흡근이 약화된 환자에게 호흡근의 기능을 향상시킬 뿐만 아



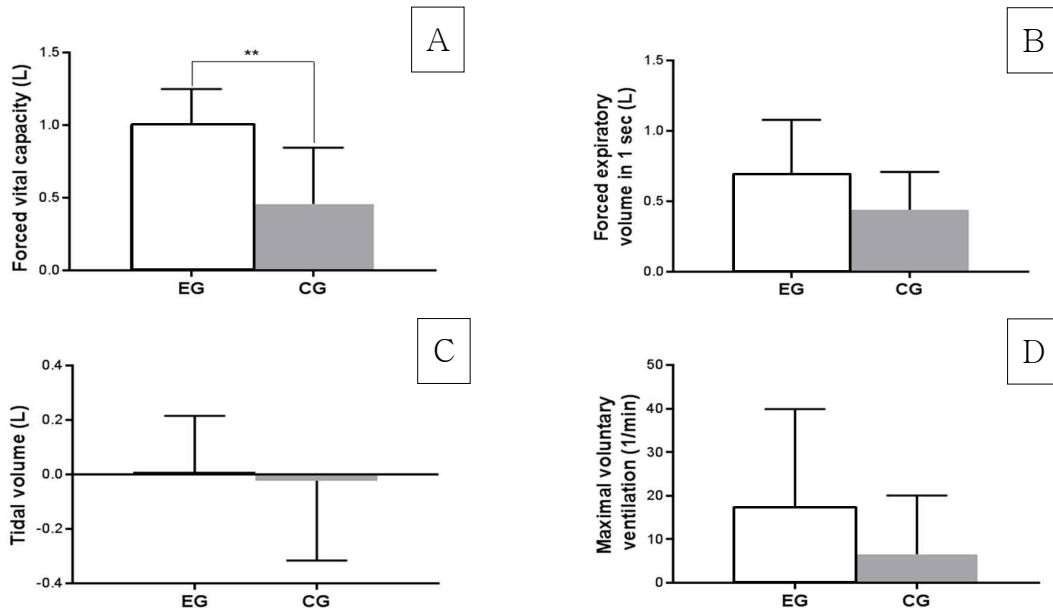
**Figure 4.** Comparison of changes between pre- and post-test values in diaphragmatic excursion range in quiet and deep breathings between the group (experimental group; EG, control group; CG), \* $p<.05$ .



**Figure 5.** Comparison of changes between pre- and post-test values in chest mobility between the group (experimental group; EG, control group; CG), \* $p<.05$ .

니라, 운동능력을 증가시키고 호흡근관을 개선시키며 삶의 질(quality of life) 또한 향상시킬 수 있다(Lee 등, 2009).

일반적으로 초음파를 사용한 연구는 호흡 질환을 앓고 있는 환자들의 횡격막 기능을 평가하거나(Cohen 등, 1994; Kang, 2016; Souza 등, 2014), 혹은 고강도 흡기 훈련의 효과를 측정하기 위하여(Enright 등, 2006) 시행되어져 왔다. 그러나 본 연구는 선행 연구들과 달리 RUSI를 이용하여 횡격막 호흡 훈련의 효과를 증대시키려는 목적으로 시행되었다. 초음파의 M-모드를 사용하였을 때 횡격막의 움직임을 평가하고(Epelman 등, 2005) 근 두께의 변화를 쉽게 측정하여 횡격막의 기능을 예측할 수 있다는 장점이 있다. 또한 신체적 과제(physical task)나 호흡 운동을 시행하는 동안 횡격막의 기능 평가와 신경근육 조절을 위한 유용한 정보를 제공할 수 있기 때문에 초음파 M-모드를 횡격막 훈련과 함



**Figure 6.** Comparison of changes between pre- and post-test values in pulmonary function between the group (A: forced vital capacity, B: forced expiratory volume in 1 sec, C: tidal volume, and D: maximal voluntary ventilation), \*\* $p < .01$ .

게 활용하는 것은 호흡 재활의 도구로서도 유용하다.

본 연구의 주된 결과는 흉곽 가동성 제한이 있는 젊은 여성에게 RUSI를 이용한 횡격막 호흡 훈련을 적용하는 것이 횡격막 호흡 훈련만을 시행하였을 때 보다 횡격막 움직임과 폐기능이 향상시키는데 도움이 된다는 것이다. 특히, RUSI를 동반한 횡격막 호흡 훈련을 시행하였을 때 깊은 호흡을 하는 동안의 횡격막 움직임, 흉곽 가동성 및 폐활량이 향상되는 것으로 나타났다. 이는 RUSI의 사용이 횡격막의 수축 기능과 운동 조절에 유익하게 사용될 수 있다는 것을 의미한다. 횡격막은 호흡 동안 일상적으로 수축과 이완을 반복하는 주요 호흡 근육이기 때문에 호흡 및 수축 형태에 대한 피로감을 얻기가 힘든 경향을 갖는다. 횡격막과 같은 근육들은 몸통의 심부에 위치하고 있기 때문에 실제로 근육 활동 및 움직임을 정확히 관찰하는 것은 매우 어려운 일이므로, RUSI를 사용하는 것은 횡격막 움직임에 대한 평가뿐만 아니라 호흡 훈련 동안 근육 수축에 대한 피로감을 제공하는데 도움이 될 수 있다(Whittaker 등, 2007). 초음파 영상을 통한 피로감 정보는 횡격막의 수축에 대한 실시간 정보에 해당하므로, 이를 바탕으로 환자들이 올바르게 횡격막을 수축하려고 노력하는 것뿐만 아니라 횡격막 호흡 형태를 적절히 유지하려 할 것이다(Richardson 등, 2004). 그러므로 RUSI의 사용은

횡격막과 같은 심부 근육들의 신경근육 조절 능력을 촉진시키는데 도움이 된다(Dietz, 2004; Giggins 등, 2013).

M-모드는 초음파빔과 시간에 따라 움직이는 구조물의 위치를 추적하며, 병리학적인 상태에서 횡격막 운동역학(kinetics)을 알아보는데 폐활량 측정(spirometry)을 대체할 수 있는 유용한 도구이다(Ayoub 등, 1997). 또한 횡격막의 변위, 수축 속도, 흡기 시간 및 호흡 주기를 M-모드를 통하여 측정할 수 있는데, 정확한 횡격막 위치 측정위하여 B-mode에서 횡격막의 경계(delineation)를 확인하고, M-mode에서 커서를 가능하면 직각에 놓아야한다(Matamis 등, 2013). Boussuges 등(2009)은 편안한 호흡과 깊은 호흡 시 여성의 정상 횡격막 움직임에 대한 하한선을 각각 9mm와 37mm라고 발표하였다. 횡격막의 움직임과 두께 변화는 폐용적과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 횡격막의 움직임이 증가되고 두께가 두꺼워지면 폐용적이 증가하고(Kaneko 등, 2009), 호흡근의 효율성을 증가시키거나 호흡기전이 개선된다(Enright 등, 2006). 본 연구에서 나타난 것처럼, 실험군에서 FVC의 향상은 호흡 동안 횡격막과 흉곽 운동성의 증가와 밀접하게 관련될 것이다. FVC는 최대 흡기와 최대 호기의 총합이므로(Miller 등, 2005), FVC의 측정값은 횡격막의 움직임과 흉곽 확장 정도에 따라 달라질 수 있다. 즉, 흉곽 가동성이 증가

되면 횡격막이 원활하게 수축되면서 호흡 조절 능력, 기침 능력 및 폐활량이 증진된다(Pryor과 Prasad, 2008).

본 연구는 향후 연구에서 보완될 수 있는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 본 연구는 환자가 아닌 흉곽가동성에 제한이 있는 일부 성인 여성만을 대상으로 하였고, 연구에 참여한 대상자의 수가 많지 않았기 때문에 본 연구의 결과를 모든 대상자들에게 일반화시켜 적용하기 어려울 것이다. 둘째, RUSI를 이용한 횡격막 호흡법의 단기간 효과를 검증하여 장기적 관찰 및 추적 연구 조사를 하지 못하였다. 셋째, 신체 활동과 관련된 폐기능을 측정하지 못하였으므로 본 연구의 결과를 통해 일상 활동 중에 나타나는 호흡기능의 결과를 예측하기는 어려울 것이다. 이러한 제한점을 개선하기 위해서는 앞으로 더 많은 연령대의 폐질환을 가진 환자를 대상으로 장기간의 실시간 초음파를 이용한 횡격막 호흡의 영향에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 결론

RUSI는 움직임 및 활동을 수행하는 동안 실시간으로 시각적 되먹임(visual feedback)을 제공함으로써, 심부 근육의 수축에 대한 정보를 제공하여 근육 훈련의 효율성을 높이는 데 도움이 되는 것으로 알려져 있다. 본 연구의 목적은 흉곽 운동성 제한이 있는 성인을 대상으로 RUSI를 적용한 호흡훈련이 횡격막의 움직임과 폐기능 및 흉곽 가동성을 향상시킬 수 있는지 알아보는 것이었다. 연구 결과는 횡격막 호흡훈련 동안 RUSI를 적용하는 것이 흉곽 운동성 제한이 있는 성인의 횡격막 움직임과 폐기능 및 흉곽 가동성을 향상시키는데 도움이 되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 RUSI를 사용하는 것이 호흡훈련의 효율성을 높일 수 있다는 것을 의미하는 것으로, 임상 현장에서 호흡 기능이 감소된 환자들에 대한 RUSI의 적용이 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 사료되며 향후 이 분야에 대한 연구들이 지속적으로 이어져야 할 것이다.

## References

Ambrosino N, Paggiaro P, Macchi M, et al. A study of short-term effect of rehabilitative therapy in

chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration*. 1981;41(1):40-44.

Annoni JM, Ackermann D, Kesselring J. Respiratory function in chronic hemiplegia. *Int Disabil Stud*. 1990;12(2):78-80.

Ayoub J, Cohendy R, Dauzat M, et al. Non-invasive quantification of diaphragm kinetics using m-mode sonography. *Can J Anaesthesia*. 1997;44(7):739-744. <https://doi.org/10.1007/BF03013389>

Bockenbauer SE, Chen H, Julliard KN, et al. Measuring thoracic excursion: Reliability of the cloth tape measure technique. *J Am Osteopath Assoc*. 2007;107(5):191-196.

Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: Methods, reproducibility, and normal values. *Chest*. 2009; 135(2):391-400. <https://doi.org/10.1378/chest.08-1541>

Brannon FJ, Foley MW, Starr JA, et al. *Cardiopulmonary Rehabilitation. Basic Theory & Application*. 3rd ed. Philadelphia FA Davis co. 1997:249-283.

Cahalin LP, Braga M, Matsuo Y, et al. Efficacy of diaphragmatic breathing in persons with chronic obstructive pulmonary disease: A review of the literature. *J Cardiopulm Rehabil*. 2002;22(1):7-21.

Chaitow L. Breathing pattern disorders, motor control, and low back pain. *Int J Osteopath Med*. 2004; 7(1):33-40. [https://doi.org/10.1016/S1443-8461\(04\)80007-8](https://doi.org/10.1016/S1443-8461(04)80007-8)

Cohen E, Mier A, Heywood P, et al. Excursion-volume relation of the right hemidiaphragm measured by ultrasonography and respiratory airflow measurements. *Thorax*. 1994;49(9):885-889.

Dietz HP. Ultrasound imaging of the pelvic floor. Part I: Two dimensional aspects. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2004;23(1):80-92. <https://doi.org/10.1136/thx.49.9.885>

Engel RM, Vemulapad S. The effect of combining manual therapy with exercise on the respiratory function of normal individuals: A randomized control trial. *J Manipulative Physiol Ther*. 2007;30(7): 509-513. <http://dx.doi.org/10.1016/>



- j.jmpt.2007.07.006
- Enright SJ, Unnithan VB, Heward C, et al. Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. *Phys Ther*. 2006;86(3):345-354. <https://doi.org/10.1093/ptj/86.3.345>
- Epelman M, Navarro OM, Daneman A, et al. M-mode sonography of diaphragmatic motion: Description of technique and experience in 278 pediatric patients. *Pediatr Radiol*. 2005;35(7):661-667. <https://doi.org/10.1007/s00247-005-1433-7>
- Fugl-Meyer AR, Linderholm H, Wilson AF. Restrictive ventilatory dysfunction in stroke: Its relation to locomotor function. *Scand J Rehabil Med Suppl*. 1983;9:118-124.
- Gerscovich EO, Cronan M, McGahan JP, et al. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *J Ultrasound Med*. 2001;20(6):597-604. <https://doi.org/10.7863/jum.2001.20.6.597>
- Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil*. 2013;10(1):60. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-60>
- Grams ST, Von Saltiel R, Mayer AF, et al. Assessment of the reproducibility of the indirect ultrasound method of measuring diaphragm mobility. *Clin Phys Func Imaging*. 2014;34(1):18-25. <https://doi.org/10.1111/cpf.12058>
- Harper CJ, Shahgholi L, Cieslak K, et al. Variability in diaphragm motion during normal breathing, assessed with b-mode ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43(12):927-931. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4931>
- Hillegass E. *Essentials of Cardiopulmonary Physical Therapy*. 4th ed. St. Louis, Elsevier, 2016:26.
- Humberstone N, Tecklin JS. Respiratory treatment, In: Irwin S, Tecklin JS ed. *Cardiopulmonary Physical Therapy*. 3rd ed. St Louis, Mosby. 1995:357-360.
- Kaneko H, Yamamura K, Mori S, et al. Ultrasonographic evaluation of the function of respiratory muscles during breathing exercises. *J Phys Ther Sci*. 2009;21(2):135-139. <https://doi.org/10.1589/jpts.21.135>
- Kang MS. The effect of exercise intervention method on diaphragm movement and respiration function of child with cerebral palsy. Yongin, Yongin university, Doctoral Dissertation. 2014.
- Kim JS, Oh DW. Real-time ultrasound imaging bio-feedback training is diaphragmatic function in nontraumatic cervical spinal cord injury: A single-subject experimental study. *Eur J Physiother*. 2016;1-7. <https://doi.org/10.1080/21679169.2016.1247909>
- Lee JH, Kwon YJ, Kim K. The effect of chest expansion and pulmonary function of stroke patients after breathing exercise. *J Kor Soc Phys Ther*. 2009;21(3):25-32.
- Macklem PT, Gross D, Grassino G, et al. Partitioning of inspiratory pressure swings between diaphragm and intercostal/accessory muscles. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1978;44(2):200-208.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005;26(2):319-338.
- Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Med*. 2013;39(5):801-810. <https://doi.org/10.1007/s00134-013-2823-1>
- Moll JM, Wright V. An objective clinical study of chest expansion. *Ann Rheum Dis*. 1972;31(3):225-226.
- Onders RP, Elmo M, Kaplan C, et al. Final analysis of the pilot trial of diaphragm pacing in amyotrophic lateral sclerosis with long-term follow-up: Diaphragm pacing positively affects diaphragm respiration. *Am J Surg*. 2014;207(3):393-397. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2013.08.039>
- Pryor JA, Prasad AS. *Physiotherapy for Respiratory and Cardiac Problems: Adults and paediatrics*. 4th ed. Philadelphia, Elsevier Health Sciences, 2008:187-188.

- Richardson C, Hodges P, Hides J, Therapeutic Exercise for Lumbopelvic Stabilization: A motor control approach for the treatment and prevention of low back pain. 2nd ed. Edinburgh, UK, Churchill Livingstone; 2004:221-232.
- Souza H, Rocha T, Pessoa M, et al. Effects of inspiratory muscle training in elderly women on respiratory muscle strength, diaphragm thickness and mobility. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014;69(12):1545-1553. <https://doi.org/10.1093/gerona/glu182>
- Lim SC, Jang IG, Park HK, et al. M-mode ultrasound assessment of diaphragmatic excursion in chronic obstructive pulmonary disease: Relation to pulmonary function test and mouth pressure. *Tuberc Respir Dis*. 1998;45(4):736-745. <https://doi.org/10.4046/trd.1998.45.4.736>
- Vitacca M, Clini E, Bianchi L, et al. Acute effects of deep diaphragmatic breathing in copd patients with chronic respiratory insufficiency. *Eur Respir J*. 1998;11(2):408-415.
- Whittaker JL, Teyhen DS, Elliott JM, et al. Rehabilitative ultrasound imaging: Understanding the technology and its applications. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007;37(8):434-449. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2350>
- Yamaguti WP, Claudino RC, Neto AP, et al. Diaphragmatic breathing training program improves abdominal motion during natural breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A randomized controlled trial. *Arc Phys Med Rehabil*. 2012;93(4):571-577. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.11.026>

---

---

This article was received January 28, 2017, was reviewed January 28, 2017, and was accepted March 08, 2017.