

## 가상현실을 이용한 흡기근 저항운동이 흉곽 움직임 제한이 있는 여성환자의 가로막 움직임과 호흡기능에 미치는 영향

장명수 · 정성대 · 심재훈 · 홍성태<sup>1†</sup>

백석대학교 보건학부 물리치료학과, <sup>1</sup>단국대학교 산업공학과

### Effect of Virtual Reality Inspiratory Muscle Training on Diaphragm Movement and Respiratory Function in Female Patients with Thoracic Restriction

Myung-Soo Jang · Sung-Dae Choung · Jae-Hoon Shim · Seong-Tae Hong<sup>1†</sup>

Department of Physical Therapy, Baekseok University

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, General Graduate School of Dankook University

Received: November 13, 2018 / Revised: November 19, 2018 / Accepted: December 12, 2018

© 2019 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** This study was conducted to analyze the effects of virtual reality inspiratory muscle training and conventional inspiratory muscle training on diaphragm movement and pulmonary function in patients with thoracic restriction.

**METHODS:** This study measured diaphragm movement, forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV1), peak expiratory flow (PEF), and thoracic mobility (upper, middle, and lower trunk) under two different conditions. Forty young women between 19 and 24 years of age who had no history of orthopedic symptoms for the last 6 months were divided into experimental and control groups.

The experimental group performed virtual reality inspiratory muscle training and diaphragm breathing, and the control group performed conventional inspiratory muscle training and diaphragm breathing.

**RESULTS:** The control group showed a significant increase in all dependent variables except for lower trunk mobility and PEF. The experimental group showed a significant increase in all dependent variables except for lower trunk mobility. Particularly, the experimental group showed significant increases in diaphragm movement ( $p<.05$ ), FVC ( $p<.05$ ), FEV1 ( $p<.05$ ), and PEF ( $p<.05$ ) relative to the control group.

**CONCLUSION:** We recommend inspiratory muscle training with a virtual reality program over conventional training to improve diaphragm movement and pulmonary function in patients with thoracic restriction.

**Key Words:** Diaphragm movement, Inspiratory muscle training, Pulmonary function, Virtual reality

†Corresponding Author : Seong-Tae Hong  
ghdtjdxo99@naver.com, <https://orcid.org/0000-0002-1056-4198>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## I. 서론

호흡은 인체의 대사작용에 필요한 산소를 공급하고 대사산물인 이산화탄소를 배출하는 과정을 말한다. 이와 같은 기체의 교환과정을 통해 호흡작용은 신체의 산과 염기(acid base)의 평형상태를 조절하고 신진대사작용에 중요한 영향을 미치게 된다. 호흡은 다음과 같은 과정으로 이루어지는데, 먼저 공기가 신체로 유입되는 흡기(inhalation)와 공기가 신체 밖으로 유출되는 호기(exhalation)과정을 통해 대기와 허파 사이의 공기가 교환된다. 이 과정을 환기(ventilation) 혹은 허파환기라고 한다. 그 후 산소를 머금은 혈액은 심장의 펌프작용에 의해 각 조직으로 이동되는 기체운반 과정을 거치고 각 조직에서는 혈액과 조직 사이에 산소와 이산화탄소의 교환이 일어나는데 이를 내호흡이라고 한다. 내호흡을 거친 혈액은 다시 허파로 이동하여 허파파리와 혈관 사이에서 산소와 이산화탄소의 확산이 일어나며 산소를 공급받게 되는데 이를 외호흡이라고 한다[1].

공기를 들이마시는 흡기 시에는 가로막(diaphragm)이 가장 크게 작용한다. 이때 가로막은 돔(dome) 형태로 아래방향으로 내려가면서 허파의 용적을 크게 하고 가슴우리 내의 압력을 낮추어 공기가 허파로 이동하게 한다. 호기 시에는 의식적인 노력 없이도 가능하게 이르는 들숨에 관여하는 근육의 자연스러운 이완과 허파의 탄성반동 성질에 의한 발생되기 때문이다[2].

가로막 외에 바깥갈비사이근(external intercostal muscle)와 속갈비사이근(internal intercostal muscle)이 호흡보조근으로써 작용하게 된다[3]. 이때 호흡주동근인 가로막의 역할의 문제가 생기면, 가로막의 움직임이 감소되면서 호흡 보조근만을 이용하여 호흡을 수행하게 된다[4]. 이와 같은 호흡기능이상의 주요 원인으로는 1차적 호흡근의 근력약화(muscle weakness), 저긴장성(hypotonicity), 체간근육(trunk muscle)의 비협응(coordination disorder), 마지막으로 전방두부자세(forward head posture)와 둥근어깨(rounded shoulder) 등이 보고되었다[5]. 이러한 요인들은 폐용적과 호흡기능 감소와 함께 폐렴, 천식, 폐쇄성 폐질환 등 호흡기질환을 유발 할 수 있고 이는 우리의 생명을 위협하기도 한다[6].

이에 따라 호흡기능 향상을 위해 임상에서는 흡기근 훈련(inspiratory muscle training)을 환자에게 적용하고 있다. 흡기근 훈련은 가로막과 호흡보조근에 기구를 통해 부하를 적용함으로써 근력과 근지구력 향상에 도움을 준다[7]. 흡기근 훈련은 신경학적 병변과 비신경학적 병변에 의한 손상과 관계없이 환기력을 효과적으로 증진시키며 골격근 강화훈련의 기본원리인 과부하의 원리(overload principle), 특이성의 원리(specifity principle), 가역성의 원리(reversibility principle)에 기초를 두고 실행된다[8]. 흉곽의 움직임도 호흡기능에 영향을 미치는 요인 중 하나이다. 흉곽의 가동범위가 감소되면 폐의 탄력성과 가동성이 감소되면서 폐기능(pulmonary function)에 매우 부정적인 영향을 미치게 된다[9]. 흉곽 가동성의 증진은 호흡근의 원활한 수축을 유도함으로써 호흡조절 능력의 향상, 기침능력의 향상, 폐활량 증진, 신체정렬 등에도 긍정적인 영향을 미친다[10]. 또 다른 중요한 인자 중 하나는 가로막의 움직임이다. 호흡주동근인 가로막을 인지하며 가동성을 높이면서 호흡하는 가로막 호흡이 올바른 호흡패턴으로 볼 수 있다[11]. 즉, 흡기근 훈련은 흉곽 및 가로막의 움직임을 향상시키고 가로막과 같은 호흡근들의 최대운동 부하량을 증가시키는 운동법이다[12]. 하지만, 가로막은 그 움직임을 측정하기 어려울 뿐만 아니라 움직임을 향상시키는데 제한점이 있었다. 그러나, 최근 초음파 영상장치를 이용하여 가로막의 움직임을 측정할 수 있고 시각적 피드백으로 활용하면서 움직임을 빠르고 효율적으로 측정 및 향상시킬 수 있게 되었다[13].

본 연구는 호흡훈련과 관련되어 가상현실 프로그램을 이용한 호흡훈련법에 관심을 가졌다. 가상현실 프로그램을 이용한 훈련은 환자들에게 가상의 환경과 재미가 추가된 훈련의 장을 제공하여 전통적인 훈련법과는 다른 다양한 장점을 가지고 있다[14]. 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 기능을 효과적으로 향상시킨다는 연구 논문이 보고되었으며[15], Kim 등[14]은 가상현실 프로그램이 노인의 정적균형 조절과 낙상효능감에 효과가 있다고 보고하였다. 또한, 경직성 뇌성마비 아동의 균형과 일상생활활동을 향상시킬 수 있는 중재법으로 소개되기도 하였다[6]. 이처럼, 가상현실 프로그램

Table 1. General characteristics of the participants

	Experimental group (n=20)	Control group (n=20)	t value	P
Age (yrs)	22.61±1.32	21.62±1.39	2.532	.841
Height (cm)	163.2±3.55	161.75±5.34	1.046	.097
Weight (kg)	52.71±3.5	53.3±5.81	-.440	.056
BMI	19.64±1.22	20.22±1.73	-1.281	.161

BMI; Body mass index.

이 다양한 대상자들에게 적용되어 효과적인 결과들이 보고되었지만, 현재 가상현실 프로그램을 호흡훈련으로 사용한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 흉곽 가동성의 제한이 있는 성인 여성을 대상으로 일반적인 호흡재활 프로그램과 가상현실을 이용하는 호흡재활 프로그램을 적용하였을 때 가로막 움직임과 호흡기능에 미치는 영향을 비교하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구에는 흉곽 움직임이 제한된 여성 40명이 동원되었으며 Microsoft Excel 2010의 RAND 함수를 이용하여 연구대상자 40명을 실험군(experimental group)과 대조군(control group)에 무작위로 20명씩 배정하였다. 8명을 대상으로 한 pilot study 결과값을 G\*power 프로그램 (Effect size 3.62,  $\alpha$  err prob 0.05, Power 0.95)을 사용하여 산출된 인원에 탈락자를 고려하여 40명으로 선정하였다. 연구대상자의 선정기준은 다음과 같다.

- 1) 20세 이상의 성인인 자
- 2) 노력성 폐기량(FVC)이 70% 이하인 자[16].
- 3) 1초 노력성 호기량(FEV<sub>1</sub>) / 노력성 폐기량(FVC) =0.8 이하인 자[17].
- 4) 정형외과적, 신경계적으로 문제가 없는 자
- 5) 본 연구와 목적을 듣고 자발적으로 동의한 자  
선정된 대상자 중에서 개인별 면담을 통해 본 연구에 대해 불편함을 느끼는 자, 호흡 시 통증이 있는 자, 호흡기관에 수술을 한 적이 있는 자, 본 연구목적과 절차에 동의하지 않는 자 등은 본 연구에서 배제하였다. 실험

전 모든 대상자들에게 실험절차와 안전성에 대해 설명하였으며 모든 대상자들은 참여에 동의하였다. 본 연구는 백석대학교 기관 생명 윤리 위원회(institutional review board, IRB)의 심의를 거쳐 연구 윤리 승인을 받아 진행하였다. 대상자들의 일반적인 특성은 다음의 표와 같다 (Table 1).

### 2. 측정도구 및 측정방법

#### 1) 가로막 움직임

본 연구에서는 두 가지 운동법에 따른 가로막의 움직임을 측정하기 위해서 초음파기기 LOGIQ P6 PRO (GEInc., New Jersey, USA)를 사용하였다. 측정을 위해 등근형 탐촉자를 사용하였고 심부측정을 위해 M모드로 설정한 뒤 측정하였다. 측정을 위해 대상자는 편안하게 바로 누운 자세로 편안한 호흡을 하는 상태에서 등근 탐촉자를 신체의 직각 방향으로 흉벽에 비추어서 갈비뼈 8번과 9번 사이의 부위를 축지하고 측정하였다 [18]. 흡기 시 가로막이 수축하면 탐촉자에 가까워지면서 초음파의 M-모드 영상에서 상방 굴곡(upward inflexion)으로 나타나며 호기 시는 가로막이 제자리로 돌아가면서 하방굴곡(downward inflexion)되는 양상이 나타난다 [19]. 측정자는 상방 굴곡 최고점과 하방굴곡 최저점 간의 거리를 가로막이 움직이는 거리(cm)로 측정하였다. 가로막이 움직이는 거리가 작다는 것은 호흡 시 가로막 보다 호흡 보조군을 이용한 호흡을 수행한다는 것을 의미한다. 초음파를 이용한 가로막 움직임 측정은 측정자내 신뢰도가  $r=0.99$ 로 매우 높음으로 보고되었다[20].



Fig. 1. Using a tape measure to measure the upper-, mid-, and lower thoracic mobility

## 2) 흉곽가동성

운동법에 따른 흉곽의 움직임 정도를 측정하기 위해 원형줄자(Hoechtmass, HIVER, Germany)를 이용한 흉곽둘레 줄자측정법(cloth tape measurement technique)을 사용하였다. 이 줄자 측정법은 흉곽운동성을 알아보기 위한 측정법으로 급간내 상관계수(intraclass correlation coefficient)는 .81~.91으로써 신뢰도가 높은 검사법이다 [21]. 먼저 대상자는 바로 선 자세를 취하고 팔을 양쪽으로 벌린 상태에서 겨드랑이 부위(axillary)를 첫 번째 지점으로 설정한다. 그 후 칼돌기(xiphoid process)부위를 두 번째 지점으로 설정하고 마지막으로 칼돌기와 배꼽부위의 중앙지점을 마지막 지점으로 설정함으로써 총 세 지점을 설정하였다[22]. 설정된 세 곳의 위치가 달라지지 않도록 측정 전에 먼저 테이프로 각 위치에 맞게 표시를 한 뒤에 각각 위치에 줄자를 위치시켜 호흡 전의 흉곽 상부, 흉곽 중부, 흉곽 하부의 둘레를 측정하고 최대 흡기 시 둘레를 재측정하였다(Fig. 1). 이후, 호흡 전의 둘레와 최대 흡기 시 둘레의 차이 값을 산출하여 분석하였다. 흉곽 가동성의 감소는 폐의 탄력성과 가동성이 감소되었다는 것을 의미한다.

## 3) 호흡기능

운동법에 따른 대상자들의 호흡기능을 호흡기능 측정기(Pony FX, Cosmed, Inc., Korea)를 사용하여 측정하였다. 호흡기능 측정을 위해 사용한 Pony FX는 측정자

내 신뢰도가 .99로 매우 높음으로 보고되었다[23]. 측정 지표는 노력성 폐기량(forced vital capacity, FVC), 1초 노력성 호기량(forced expiratory volume in 1sec, FEV<sub>1</sub>), 최대호기속도(peak expiratory flow, PEF)를 측정하였다. 노력성 폐기량(FVC)은 최대 노력 호기 중 한 번의 호흡으로 나간 총 호기량을 나타내는 지표이다. 1초 노력성 호기량(FEV<sub>1</sub>)은 최대 노력호기 중 첫 1초간의 배출된 호기량을 나타내는 지표이다. 최대호기속도(PEF)는 노력호기 중 최고속도를 나타내는 지표이다[17]. 이와 같은 측정지표는 호흡기능 평가에서 가장 기본이 되는 측정치이며 실험자가 취하는 자세에 따라서 측정값이 다르게 측정될 수 있다. 일반적으로 정상인에서 바르게 누운 자세가 앉은 자세보다 폐활량이 더 낮게 측정된다. 그 이유는 바로 누운 자세에서는 복부의 장기나 근육들이 가로막을 압박하기 때문에 측정값이 낮게 나타날 수 있다고 보고되었다[8]. 따라서 본 연구에서는 호흡기능의 정확한 측정을 위하여 엉덩관절과 무릎관절 90° 구부려 바르게 앉고 허리와 가슴은 바로 편 자세에서 실시하였으며, 대상자에게 충분한 설명을 하고 측정자가 직접 시범을 보인 다음 호흡기능 측정을 실행하였다. 측정은 각 지표를 총 3번을 측정하고 그에 따른 평균값을 최종값으로 사용하였다.

## 3. 중재방법

### 1) 가상현실 흡기근 저항운동(실험군)

가상현실 흡기근 저항운동(Virtual Reality Inspiratory Muscle Training)은 사물인터넷 기반기구의 호흡 훈련 도구인 Breath-on (Breath-on, HUWANT, Republic of Korea)을 사용하였다. 이 호흡 훈련 장비는 무선으로 노트북 또는 스마트폰에 연동되는 Voice On 이라는 어플리케이션을 통해 호흡 운동을 수행할 수 있다. 이 기구에는 다양한 형식의 프로그램이 설정되어있는데 그 종류에는 비눗방울 불기, 종이비행기 날리기, 달리기, 수영, 배구, 사이클, 역도, 농구, 조정, 격파하기 등 총 12가지의 호흡 훈련 게임이 설정되어 있다. 본 연구에서는 그 중에서 사이클 모드로 호흡 훈련을 진행하였다. 사이클 모드는 자전거를 타며 언덕을 오르는 형식의 게임으로써 설





A : Cycle game programmed in 'Voice On'



B : Breathing exercise using a 'Voice On'

Fig. 2. Virtual Reality Inspiratory Muscle Training

정된 12가지의 게임 중 제일 단순하다고 판단되어 호흡 훈련 프로그램으로 사용하였다(Fig. 2).

훈련을 위해 연동되어 있는 호흡 기구를 입으로 들이 마시면 모니터 또는 휴대폰의 왼쪽에 있는 검은 막대가 들이마시는 호흡량만큼 차오른다. 호흡하는 양에 따라 그 검은 막대를 채운 후, 대상자가 호기를 하면 모니터 또는 휴대폰 상의 캐릭터가 자전거를 타며 앞으로 출발한다. 대상자가 강하게 호기하면 캐릭터가 빠르게 자전거를 타게 된다. 이때 이 사이클 모드의 한 챕터를 끝내는데 2분 정도 소요되는데 총 세 번의 챕터를 실행하였고 흡기근의 피로도를 고려하여 챕터 간 1분의 쉬는 시간을 설정하였다. 가상프로그램을 이용한 훈련이 끝난 후 10분 휴식 후, 가로막 호흡운동을 추가적으로 진행하였다. 가로막 호흡 운동은 실험군과 대조군 모두 동일하게 적용하였다. 가로막 호흡 운동은 주동근인 가로막에 초점을 두고 초음파 장비로 대상자에게 가로막의 움직임을 실시간으로 보여주어 시각적 피드백을 제공하는 운동법이다. 먼저 측정자는 대상자에게 가로막을 이용한 올바른 호흡법을 교육하였다. 이후, 대상자 스스로 교육받은 호흡법을 10회 2세트 진행하였고 대상자가 익숙해질 때에 측정자는 초음파를 이용하여 가로막의 움직임을 보여주면서 정상적인 가로막 호흡을 10회 1세트 추가 진행하였다.



Fig. 3. Threshold inspiratory muscle trainer

## 2) 흡기근 저항운동(대조군)

대조군은 Threshold inspiratory muscle trainer (Respironics Health Scan, Inc., USA)를 사용하여 흡기근 저항운동을 실행하였다(Fig. 3). 이 기구는 스프링 가중 벨브가 내장된 원통형의 도구로써 흡기 시에는 스프링의 위치를 변동시켜 미리 설정해놓은 일정한 압력 이상으로 흡입할 때만 벨브가 열리게 되도록 구성되어 있어 대상자에게 훈련시키고자 하는 흡입력을 미리 설정하여 운동을 하게 할 수 있다. 흡입력은 실험군과 대조군 모두 중간 단계의 저항력으로 설정하였다. 치료사는 중재 전 대상자에게 적절한 훈련방법을 설명하고 직접 시범을 보이고 나서 대상자는 직접 벨브를 조절하여 강도를 조절하였다. 이 흡기근 저항기구를 이용한 이전 선행연

Table 2. Comparison of change in diaphragm movement, pulmonary function and chest mobility

	EG (n=20)			CG (n=20)				
	pre	post	t <sup>a</sup>	pre	post	t <sup>a</sup>	t <sup>b</sup>	
Diaphragm Movement (cm)	.82±.39	2.85±.54	-16.880**	.68±.25	1.13±.40	-7.040**	11.210**	
Pulmonary Function (%)	FVC	56.7±11.6	59.9±13.1	-3.578**	60.4±10	63.3±11.8	-2.338*	.871*
	FEV1	49.1±13.6	53.3±14.1	-3.788**	47.2±18.1	50.4±20.4	-2.383*	-.351*
	PEF	42.5±15.1	45.5±16.1	-3.388**	40.9±20.4	43±22.6	-1.905	-.402
Chest mobility (cm)	Upper	2.8±1.23	5.5±1.57	-8.748**	5.2±2.56	6.1±2.53	-3.696**	6.250*
	Mid	2.6±1.31	4.8±1.95	-8.041**	4.5±3.47	5.8±3.76	-5.940**	4.380*
	Lower	2.4±1.18	2.9±1.94	-1.291	1.9±1.29	2.1±1.63	-1.045	5.802

t<sup>a</sup>: t value of paired t-test, t<sup>b</sup>: t value of independent t-test

EG; experimental group, CG; control group, FVC; forced vital capacity, FEV<sub>1</sub>; forced expiratory volume in 1sec PEF; peak expiratory flow, \*p<.05, \*\*p<.01.

구에서는 이 기구를 이용하여 호흡운동 20회 2세트를 수행하였고 그 결과 가로막의 움직임과 폐활량이 실험 전에 비해서 유의하게 증가하였다고 보고하였다[24]. 또한 다른 연구에서는 만성폐쇄성 폐질환(chronic obstructive pulmonary disease)이 있는 환자에게 흡기근 저항운동을 20분간 적용하였을 때 폐용적과 폐활량, 흉곽움직임이 시행 전보다 유의하게 증가하였다고 보고하였다[25]. 이에 따라 본 연구에서 최대호흡을 네 번씩 실행하며 총 다섯 세트(20회 호흡)를 수행하였다. 또한 흡기근의 피로도를 고려하여 세트 간 30초씩 쉬는 시간을 설정하였다. 이후, 실험군과 동일한 가로막 호흡운동을 실행하였다.

#### 4. 자료분석

본 연구에서는 자료통계처리를 위하여 윈도우용 SPSS ver. 22.0(SPSS Inc., Chicago, USA)를 이용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계량을 이용하였고 콜로고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov) 검정법을 이용하여 정규성 검정을 시행하였다. 또한 실험군과 대조군의 중재 전후의 가로막 움직임, 흉곽 가동성, 호흡기능의 차이를 비교하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)를 실시하였다. 그 후 각 구간 차이값 비교를 위해 독립 t-검정(independent t-test)를 실시하였고, 통계학적 유의

수준은 .05로 설정하였다.

### III. 연구결과

실험군은 흉곽하부 움직임을 제외하고 모든 종속변수에서 운동 전·후 유의한 차이가 있다고 나타났다(p<.05). 대조군은 PEF와 흉곽하부를 제외하고 모든 지표에서 운동 전·후 유의한 차이가 있다고 나타났다(p<.05). 중재 후 구간 비교에서, 실험군은 대조군에 비해 FVC, FEV<sub>1</sub>, 흉곽가동성, 가로막 움직임이 유의하게 더 큰 것으로 나타났다(p<.05)(Table 2)(Fig. 4)(Fig. 5).

### IV. 고찰

본 연구는 가상현실 흡기근 저항운동이 흉곽움직임 제한이 있는 여성 환자의 가로막 움직임과 호흡기능에 미치는 영향을 알아보기 위해 시행되었다. 그 결과, 실험군은 흉곽하부를 제외한 모든 종속변수에서 실험 전에 비해서 향상되었으며, 대조군은 최대호기속도와 흉곽하부를 제외한 변수들이 향상되었다. 훈련 후 실험군과 대조군 간 차이 비교에서 실험군은 대조군에 비해 노력성 폐기량, 흉곽가동성, 가로막 움직임이 유의하게 더 큰 것으로 나타났다.

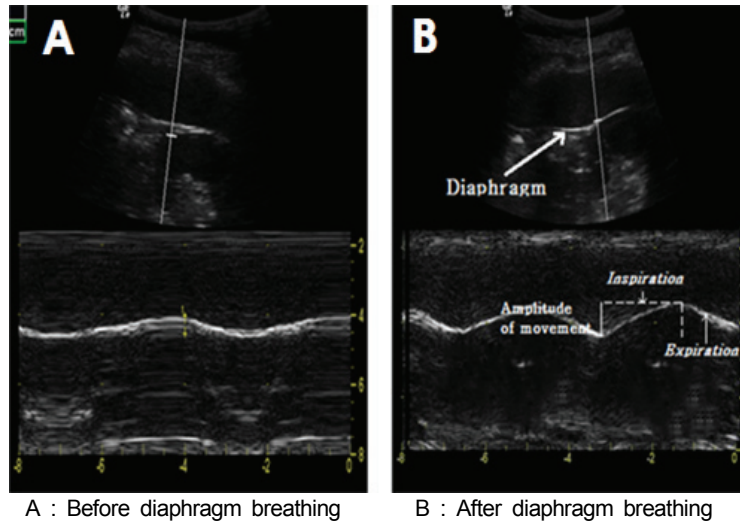


Fig. 4. Ultrasound image to measure diaphragm movement

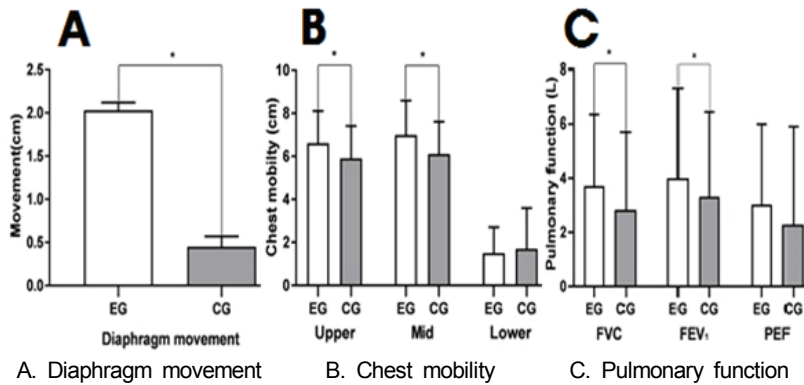


Fig. 5. Comparison of changes between pre- and post-test values in diaphragm movement, chest mobility, and pulmonary function between groups (EG; experimental group, CG; control group, FVC; forced vital capacity, FEV<sub>1</sub>; forced expiratory volume in 1 sec, PEF; peak expiratory flow), \*p<.05

이전연구들은 살펴보면 흉곽가동성이 제한이 있는 여성 30명에게 흡기근 훈련과 동시에 초음파를 이용한 시각적 피드백 치료를 적용한 결과 가로막 움직임과 호흡기능, 흉곽가동성이 실험 전보다 유의하게 증가하였다고 보고하였다[13]. 또한 정상 성인 27명을 대상으로 흡기근 저항운동을 적용했을 경우 가로막 움직임과 호흡기능이 유의하게 증가하였다고 보고하였다[24]. 뇌졸중 환자 34명을 대상으로 흡기근 운동을 주 3회, 6주 간 적용한 연구에서는 호흡기능, 흉곽가동성과 가

로막 두께가 실험 전에 비해 유의하게 증가 하였다고 보고하였다[8]. 마지막으로, 고령자 30명에게 주 2회, 4주간 흡기근 운동과 가로막 호흡운동을 적용하였을 때 흉곽용적과 호흡기능, 가로막 두께가 시행하기 전보다 유의하게 증가하였다고 보고하였다[26]. 이처럼, 본 연구의 대조군과 비슷한 호흡훈련을 적용한 다양한 연구들에서 긍정적인 결과를 보고하였다. 본 연구의 결과도 이전 연구들과 동일하게 대조군에서 수행한 흡기근 저항운동에 의해 가로막 움직임과 호흡기능, 그리고

흉곽가동성이 유의하게 증가하였다. 이에 더 나아가, 본 연구에서는 가상현실 프로그램을 이용한 호흡훈련이 기존의 호흡 훈련에 비해 다양한 지표에서 보다 더 효과적인 결과를 유도할 수 있다는 것이 나타났다. 특히, 대상자가 실험 전 가지고 있던 흉곽 제한이 감소하여 흉곽가동성이 증가되었고, 호흡 근육 중 가장 중요한 가로막 움직임이 향상되었다는 것은 임상적으로 큰 의미가 있다고 사료된다.

특히, 가로막은 심부 근육이기 때문에 우리가 호흡을 하는 동안 수축 정도나 움직임을 쉽게 인지하지 못한다. Jeon 등[24]은 젊고 건강한 한국 여성 26명 대상으로 초음파 영상을 이용하여 가로막의 움직임 거리를 측정하였다. 이 연구 결과, 26명의 젊은 여성의 가로막 움직임 거리는 평균 1.84 cm이었다. 본 연구에 동원된 실험군과 대조군의 실험 전 가로막 움직임 거리는 각각 0.82, 0.68 cm이었다. 따라서, 가로막 움직임 향상을 위해 실험군과 대조군 모두 호흡훈련 프로그램으로 실시간 초음파 영상을 통한 시각적 되먹임을 제공하였다. 그 결과, 실험군과 대조군 각각 실험 전보다 2.03, 0.45 cm 향상되었다. 특히, 실험군 대상자들의 가로막 움직임이 매우 크게 향상되었다는 것은 대상자가 가상현실 프로그램을 사용하여 호흡 훈련을 수행할 때, 가상현실에서 캐릭터의 자전거 전진을 위해 보다 더 열심히 호흡을 수행하였다고 추측된다. 이와 같은 가상현실의 장점은 이미 다양한 연구들을 통해 나타났지만[6,14,15], 본 연구는 이전 연구들과는 다르게 호흡훈련과 관련하여 가상현실 프로그램의 효과를 분석하였기에 그 의미가 더 크다고 사료된다. 본 연구 결과는 호흡재활의 미래지향적인 방향을 제시할 수 있으며 향후 임상에서 가상현실을 통한 호흡훈련 적용 시 중요한 지표가 될 수 있다고 사료된다.

Moll과 Wright[27]는 최대 흡기시와 휴식 시 흉곽 둘레 차이가 2.5 cm 이하일 경우 흉곽 가동성 제한이라 표현하였다. 본 연구에서는 실험 전 측정된 흉곽 하부의 가동성은 실험군은 2.4 cm, 대조군은 1.9 cm이었으며, 호흡 훈련 후 실험군은 2.9 cm, 대조군은 2.1 cm으로 측정되었다. 실험군과 대조군 모두 흉곽하부의 둘레 변화의 유의한 차이는 나지 않았다. 이전에 흉곽 가동

성을 종속변수로 설정하여 연구한 사례들을 살펴보면 뇌졸중 환자 27명에게 주 5회 2주간 집중적인 흉부가동성운동을 시행한 결과 호흡기능과 보행기능은 시행 전보다 유의하게 증가하였지만 흉곽가동성 중 흉곽하부는 유의한 차이가 나지 않았다고 보고하였다[28]. 본 연구도 마찬가지로 흉곽하부는 통계상 유의한 차이가 없다고 나타났다. 흉곽하부는 환자의 호흡으로 인해 측정하기 어려운 부위일 뿐만 아니라, 가로막에서 가장 멀리 위치하기 때문에 호흡 훈련에 따른 유의한 변화를 유도하기에는 힘들었다고 사료된다.

본 연구는 흉곽 가동성이 제한이 있는 여성을 동원하였는데 확정된 호흡계 병변을 진단받은 환자가 아니었으며, 여성만 대상으로 선정하여 본 연구결과를 모든 연령과 성별에 일반화하기에는 어려움이 있다고 판단된다. 또한, 본 연구는 단면적 연구실험이기 때문에 장기적으로 대상자를 관찰하지 못하였다. 따라서, 향후 연구에서는 더 많은 대상자와 다양한 연령대를 동원하여 호흡재활에 대한 장기적인 영향을 알아보는 연구가 필요하다고 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 체간 가동성이 제한되어 있는 여성 40명에게 가상현실을 이용한 흡기근 저항운동이 가로막 움직임과 호흡기능에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 그 결과 가상현실 호흡운동이 전통적 흡기근 호흡운동에 비해 흉곽 가동성 및 가로막 움직임 향상, 그리고 호흡기능에 더 효과적인 것으로 나타났다. 연구 결과에 따라 임상에서 호흡기능이 제한된 대상자에게 가상현실 프로그램을 이용한 호흡운동법은 기존 운동법과 더 많은 효과를 가져올 수 있을 뿐만 아니라, 단순한 호흡운동 보다 가상현실을 통해 재미를 느낄 수 있어 운동법에 대한 환자의 이행(compliance)에 긍정적으로 작용할 것으로 사료된다.

## References

- [1] Ryu YW, Nam KN, Jeon HK, et al. Introduction to



- Physical Therapy. Paju. Sumunsa. 2012.
- [2] Lee KI, Kim DW, Kim SI. Human Physiology. Seoul. Hyumnosa. 2009.
- [3] Muscolino JE. Know the Body. NewYork. Elsevier. 2012.
- [4] Harper CJ, Shahagholi 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):927-31.
- [5] Kim NS, Jung JH. The Effects of Breathing Retraining on Asymmetry of Diaphragm Thickness in Stroke Patients. Journal of korean society of physical medicine. 2013; 8(2):263-9.
- [6] Han JH, Ko JY. Evaluation of Balance and Activities of Daily Living in Children with Spastic Cerebral Palsy using Virtual Reality Program with Electronic Games. Journal of the Korea Contents Association. 2010; 10(6):480-8.
- [7] Moodie L, Reeve J, Elkins M, et al. Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation a systematic review. J Physiother. 2011;57(4):213-21.
- [8] Jo MR, Kim NS, Jung JH, et al. The Effects of Respiratory Muscle Training on Respiratory Function, Respiratory Muscle Strength, and Cough Capacity in Stroke Patients. Journal of the korean society of physical medicine. 2014;9(4):399-405.
- [9] Lanza F, Anderson C, Lilian R. Chest wall mobility is related to respiratory muscle strength and lung volumes in healthy subjects. Respiratory care. 2013;63(8):105-17.
- [10] Pryor JA, Prasad AS. Physiotherapy for respiratory and cardiac problems: Adults and paediatrics. Philadelphia. Elsevier Health science. 2008.
- [11] Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques. Philadelphia. FA. Davis. 2012.
- [12] Ju JY, Shin HS. The Effects of Respiratory Muscle Strengthening Exercise on the Respiratory and Phonation Capacity in Spastic Cerebral Palsy Child. Korea Society of Sports Medicine. 2010;20(3):285-92.
- [13] Nam SJ, Shim JH, Oh DW. Effect of Diaphragmatic Breathing Training Using Real-time Ultrasonography on Chest Function in Young Females With Limited Chest Mobilirty. Phys Ther Korea. 2017;24(2):27-36.
- [14] Kim EJ, Kim MS, Hwang BY. The Effect of a Virtual Reality Program on Static Balance Control and Fall Efficacy of Elderly People. 2010;30(4):1107-16.
- [15] Kim CS, Kwon YH. Therapeutic Virtual Reality Program in Chronic Stroke Patients Recovery of Upper Extremity and Neuronal Reorganization. Journal of Special Education & Rehabilitation Science. 2005;44(1);87-106.
- [16] Choi JG, Baek DM, Lee JO, et al. Normal predictive values of spirometry in korean population. Tuberculosis and Respiratory disease. 2005;58(3):230-42.
- [17] Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. Eur Respir J. 2005;26(2):319-38.
- [18] Epelman M, Oscar M. M-mode sonography of diaphragmatic motion: description of technique and experience in 278 pediatric patients. Springer Link. 2005;35(7):661-7.
- [19] Kang MS, Sim JH, Kang SY. Comparisons of Diaphragm Movement and Pulmonary Function Between Normal Children and Children With Cerebral Palsy. Korean Research Society of Physical Therapy. 2018;25(1):12-21.
- [20] Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: Methods, reproducibility, and normal values. Chest. 2009;135(2):391-400.
- [21] 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):191-6.
- [22] 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. 2002;22(1):7-21.
- [23] Finkelstein SM, Lindgren B, Prasad B, et al. Reliability and validity of spirometry measurements in a paperless home monitoring diary program for lung transplantation. Heart Lung. 1993;22(6):523-33.

- [24] Jeon HW, Shim JH, Kang SY. The Immediate Effects of Inspiratory Muscle Training on Diaphragm Movement and Pulmonary Function in Normal Women. *J Korean Soc Phhys Med.* 2018;13(1):73-80.
- [25] Weiner P, Yair M. Inspiratory Muscle Training Combined with General Exercise Reconditioning in Patients with COPD. *Sciencedirect.* 1992;102(5):1351-6.
- [26] Reychler G, Delacroix S, Dresse D, et al. Randomized Controlled Trial of the Effect of Inspiratory Muscle Training and Incentive Spirometry on Respiratory Muscle Strength, Chest Wall Expansion, and Lung Function in Elderly Adults. *JAGS.* 2016;64(5):1128-30.
- [27] Moll JM, Wright V. An objective clinical study of chest expansion. *Ann Rheum Dis.* 1972;31(3):225-6.
- [28] Choi SH, Oh DW. The Effects of Intensive Chest Mobility Exercise on Increasing Pulmonary Function and Gait in Stroke Patients, *Special education live science.* 2012; 51(2):221-39.