

Original Article

Open Access

건강한 성인에게 가슴가동운동과 스트레칭운동이 최대들숨압 및 최대날숨압에 미치는 효과

김세연 · 황영인¹ · 김기송[†]

호서대학교 생명보건대학 물리치료학과

The Effects of Thoracic Mobilizing and Stretching Exercise on Maximal Inspiratory Pressure and Maximal Expiratory Pressure in Healthy Adults

Se-Yeon Kim P.T., B.S. · Young-In Hwang, P.T.¹, Ph.D. · Ki-Song Kim P.T., Ph.D.[†]

Department of Physical Therapy, Graduate School, Hoseo University

¹Department of Physical Therapy, College of Life and Health Science, Hoseo University

Received: November 29, 2021 / Revised: January 6, 2022 / Accepted: January 26, 2022

© 2022 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effect of chest mobilization and stretching exercises on maximal inspiratory pressure and maximal expiratory pressure in healthy adults who use computers for extended periods of time each day due to coronavirus disease 2019.

Methods: Twenty-five healthy adults in their 20s and without respiratory disease (15 female, 10 male) took part in this study. Two types of thoracic mobilizing exercises using a Theraband and three types of stretching exercises using a foam roller were performed. Maximum inspiratory pressure and maximum expiratory pressure were measured three times each before and after the interventions. In terms of statistical methods, the maximum inspiratory pressure due to chest mobility and stretching was compared with the maximum expiratory pressure using parametric paired t-test and non-parametric Wilcoxon signed-rank test.

Results: Maximum inspiratory pressure ($p = .012$) and maximum expiratory pressure ($p = .006$) showed significant differences before and after chest mobilization exercise and stretching among the participants.

Conclusion: The results of this study suggest that chest mobilization and stretching exercises are effective exercise methods for improving maximal inspiratory and expiratory pressure. They suggest that these exercises can prevent respiratory muscle weakness and improve aerobic fitness in healthy people as well as those in need of cardiorespiratory physiotherapy.

Key Words: Maximal expiratory pressure, Maximal inspiratory pressure, Stretching exercise, Thoracic mobilizing

[†]Corresponding Author : Ki-Song Kim (kskim68@hoseo.edu)

I. 서론

Coronavirus disease-2019 (COVID-19) 감염확산을 막기위한 사회적거리두기의 장기적 실시로 인해 원격 학습 및 재택근무가 지속되고 있다. 이런 이유로 컴퓨터 사용시간이 증가됨에 따라, 모니터 응시시간이 증가하였다. 장시간의 모니터 사용은 구부정한 자세를 야기시켜, 목과 가슴우리 근육의 단축(shortness)과 뻣뻣함(tightness)이 발생할 수 있다(Choudhary et al., 2020). 이러한 근육 변성은 가슴우리 움직임에도 영향을 미쳐 호흡 때 일어나는 가슴우리의 생체역학적 문제도 야기할 수 있기 때문에 호흡기능에도 영향을 미치게 된다(Kang et al., 2016).

호흡은 공기 중에서 섭취된 산소를 신체의 각 조직까지 운반할 뿐만 아니라 운동 시 생성되는 이산화탄소를 몸 밖으로 배출시켜주는 순환시스템의 주요작용을 담당하며, 우리의 건강을 유지하는 가장 기본적인 역할을 하기 때문에 물리치료를 포함한 여러 분야에서 중요하게 보고 있는 요소이다(António et al., 2016). 호흡에 사용되는 주 근육은 바깥갈비사이근과 가로막이며, 보조 근육은 사각근, 목빗근, 큰가슴근과 배근육 등이다(Kim et al., 2009).

가슴가동운동(thoracic mobilizing exercise)은 치료적 운동을 통해 가슴우리의 움직임과 관련된 연부조직을 신장(stretching)시키는 운동이다(Minoru et al., 1999). 이는 가슴우리의 유연성을 높여주어 호흡 기능을 증진시키는데, 수동적, 능동적 가슴 가동성 운동은 가슴벽의 가동성 증진을 통해 유연성과 운동성을 높여 주고 호흡근육의 길이를 증가시킬 수 있었다(Jeong, 2015). 아울러, 호흡재활 시 호흡법과 가슴가동운동을 병행하는 것이 폐기능 향상에 효과적이었다(Minoguchi et al., 2002). 또한 가슴가동운동은 가슴부의 운동문제를 개선하여 환기에 도움을 줄 수 있어 호흡재활 시 교육하고 훈련시키는 물리치료 필수 중재이다(Watchie, 2009).

노력성폐활량(forced vital capacity, FVC)은 호기 시 최대한 빠르게 강제로 숨을 내쉬었을 때 측정되어지

는 공기의 양을 이야기한다. FVC는 대중적으로 수행되는 호흡 기능 검사로, 폐쇄성 질환의 진단 뿐만 아니라 기본적인 신체검사 등에도 널리 사용되는 검사 항목이다(Cha et al., 2009; Suk et al., 1984). 최대들숨압(maximal inspiratory pressure, MIP)은 흡기 노력 중 발생할 수 있는 가장 높은 압력을 뜻하며, 최대날숨압(maximal expiratory pressure, MEP)은 호기 노력 중 발생할 수 있는 가장 높은 압력을 의미한다(Neder et al., 1999). 임상적으로, MIP는 들숨 근력의 평가로 사용되며, MEP는 날숨 근력의 평가로 사용되는 물리치료 검사이다(Syabbalo, 1998). 이전의 연구에서 호흡재활 프로그램 후 흉부 가동성이 향상되고 MIP와 MEP가 증가하였다는 보고가 있었다(Burianová et al., 2008). 그러나 호흡재활 프로그램은 약물치료와 함께 호흡법의 재훈련, 기도청결기법 등을 포함한 다양한 중재를 포함하고 있어 가슴가동운동과 스트레칭운동만 하였을 때 이러한 변화가 있었다는 연구는 아직까지 없었다.

이에 본 연구는, COVID-19 국가방역 지침이 1년 이상 지속되는 가운데 온라인 학습으로 장시간 컴퓨터 사용을 하고 있는 건강한 성인에게 가슴가동운동과 스트레칭운동을 하였을 때, MIP와 MEP가 운동 전과 후에 차이가 있을 지 알아봄으로써, 비대면 원격학습이 장기화되는 동안 건강증진 중재로서 효과가 있을 지 알아보고자 실시하고자 한다. 본 연구의 연구가설은, ‘건강한 20대의 성인을 대상으로 가슴가동운동과 스트레칭운동을 실시하기 전과 실시한 후의 MIP와 MEP에서 차이가 있을 것이다.’로 정하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 2021년 3월부터 7월까지의 실험기간 동안 충남권 소재의 H 대학에 재학 중인 25명의 20대 성인을 대상으로 진행되었다. 본 연구의 목적과 방법에 대해서 설명을 들은 후, 자발적으로 본 연구의 실험

에 참여하고자 하는 대상자에 한해서 실험을 진행하였다. 실험 전 폐기능 검사와 MIP와 MEP 검사를 실시하여 정상기준에 부합되는 지 확인하였고, 정상기준에 속한 대상자에 한하여 가슴가동운동과 스트레칭운동을 30분 동안 실시하였다. 대상자는 실험자의 운동 동작을 따라하며 함께 실시하는 동안 구두지시어로 피드백을 받았다. 운동 후 30분 동안 휴식을 취하게 한 후 폐기능 검사와 MIP와 MEP 검사를 실시하였다. 연구 대상자 선정과정에서 천식, 폐렴 등의 호흡기 질환을 앓았던 경우, 폐기능이 저하된 경우, 최근 3개월 이내에 근골격계 수술을 받은 경우, 그리고 신경계 질환을 앓았던 경우는 대상에서 제외하였다. 모든 대상자는 남성 10명, 여성 15명으로 총 25명을 모집하였으며 준비된 실험절차를 모두 완료하였다(Fig. 1).

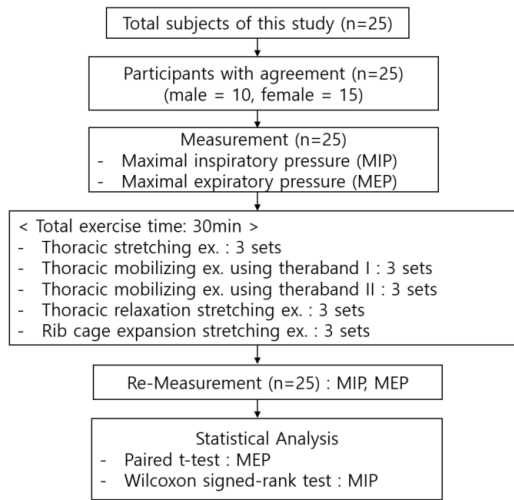


Fig. 1. Flow chart of the study.

2. 실험 도구

1) 폐활량 측정

디지털 폐활량계(Pony FX, COSMED Inc., Italy)를 사용하여 FVC, MIP, MEP를 측정하였다(Jang et al., 2019; Nam et al., 2005). 정확한 측정을 위해 대상자들

이 충분히 이해할 수 있도록 설명하고 시범을 보인 뒤 실험을 시작하였다. 폐기능 검사는 피험자가 의자에 똑바로 앉아 다리는 어깨너비 만큼 벌린 후 엉덩관절을 90° 굽혀 발을 바닥에 수직으로 놓은 자세로 진행하였다(Kang et al., 2018). 피험자들은 앉은 자세로 본인의 손을 이용해 코를 막고 플랜지형 마우스피스를 입에 꽂 쥐어 공기가 새지 않도록 하였다(Sriboonreung et al., 2021). 측정은 실험 전후로 3회씩 실시하였으며, 측정 전 평상시와 같은 호흡으로 3-4회 정도 연습한 후 실시하였다(Park et al., 2017). FVC는 깊게 숨을 들이마신 후 6초간 최대한 빠르고 강하게 내쉬어 측정하였으며, 측정 값 중 중간 값을 기준으로 폐활량이 정상보다 저하된 대상자는 제외하였다(Byun et al., 2016).

2) 최대들숨압, 최대날숨압의 측정

MIP와 MEP는 측정 기계에서 종료음이 울릴 때까지 최대한의 힘으로 숨을 들이마시거나 내쉬는 것으로 진행되었다. 각각 3회 이상 반복 측정하여 재현성 있는 값 중 최대 값을 분석에 사용하였다(Han et al., 2015).

3. 실험 방법

운동프로그램 실시 전 FVC와 MIP, MEP를 각 3회씩 측정하고 기록하였다. 가슴가동운동 및 스트레칭운동을 대상자에게 실시한 후, MIP와 MEP를 각 3회씩 재측정한 뒤 전후 값을 비교하였다.

1) 가슴가동운동

(1) 가슴우리 스트레칭

머리 뒤에 손가락 깍지를 끼우고 상체를 곧게 편 상태로 10초간 천천히 호흡을 마시며 동시에 양쪽 어깨와 팔꿈치를 뒤로 당겨주어 가슴우리를 확장하였다. 그 후 어깨뼈 사이가 멀어진다는 느낌으로 밀어줌

과 동시에 10초간 천천히 호흡을 뱉으며 목과 가슴을 굽혀 가슴우리를 축소하였다. 총 10회씩 3세트로 진행되었고, 1세트당 30초의 휴식시간을 부여하였다(Fig. 2-A.).

(2) 세라밴드를 이용한 가동 운동 I

운동은 허리를 편 상태로 의자에 앉아 진행하였다. 세라밴드(THERABAND, The Hygenic Corp., USA)를 허리에 한 바퀴 두르고 양 끝을 교차한 다음 두 손으로 잡은 상태로 준비하였다. 이때 세라밴드는 성별에 따라 저항크기가 다른 밴드를 사용하였다(male: blue, female: red). 어깨와 위팔뼈를 고정된 상태에서 양측

어깨뼈가 서로 가까워진다는 느낌으로 호흡을 마시며 팔을 바깥으로 회전하였다. 1초간 유지 후, 양측 어깨뼈가 멀어진다는 느낌으로 호흡을 뱉으며 팔을 안쪽으로 회전해 운동 시작 자세로 돌아왔다. 총 10회씩 3세트로 진행되었고, 1세트당 60초의 휴식시간을 부여하였다(Fig. 2-B.).

(3) 세라밴드를 이용한 가동 운동 II

대상자는 한쪽 무릎을 바닥에 댄 후 전방에 위치한 발로 세라밴드의 끝을 밟아 고정된 뒤 발의 안쪽에 손을 주먹 쥐어 지지하였다. 운동 시 반대 팔을 수평벌림하면서 시작하였다. 처음부터 중간 범위까지 어깨

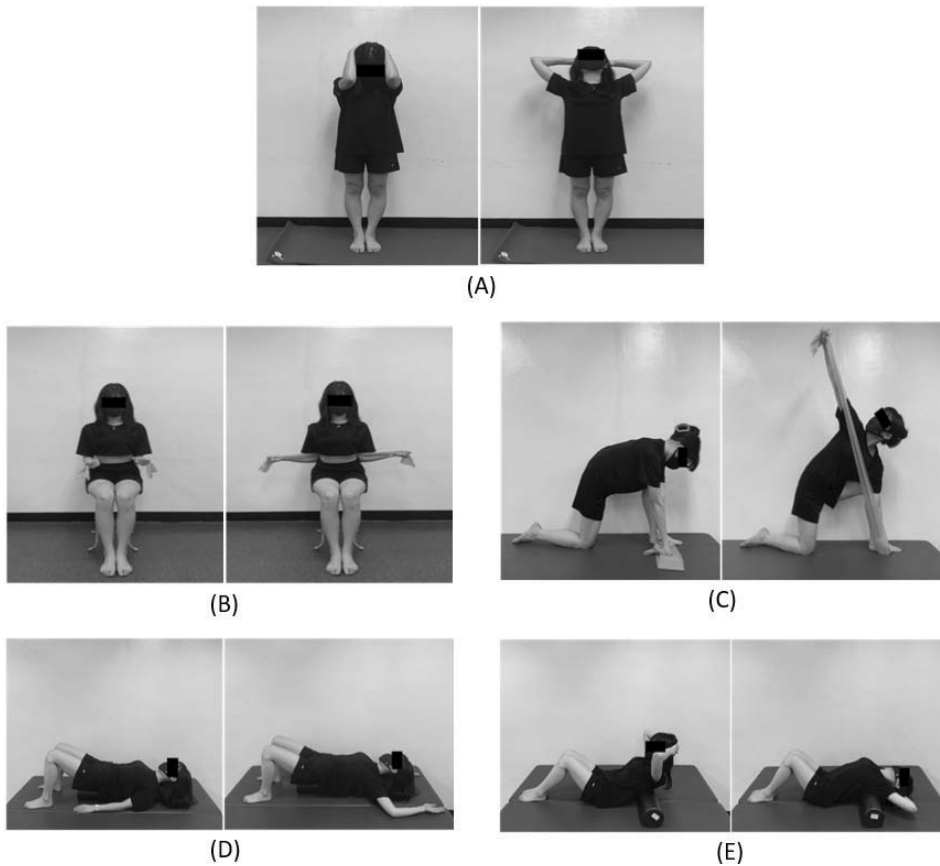


Fig. 2. This figure shows thoracic mobilizing exercise and stretching using a foam roller. Thoracic stretching (A), Thoracic mobilizing exercise using theraband I (B), Thoracic mobilizing exercise using theraband II (C), Thoracic relaxation stretching (D), Rib cage expansion stretching (E).

를 고정한 상태에서 후방 삼각근을 사용해 수행하였고, 중간부터 끝 범위까지는 등 근육을 사용하여 가슴을 열어주면서 수행하였다. 이때 시선은 세라밴드를 쥐고 있는 손을 향하였다. 가슴을 열어주며 호흡을 뱉었고, 처음 동작으로 돌아오며 마시는 것을 반복하였다. 총 10회씩 3세트로 진행되었고, 1세트당 60초의 휴식시간을 부여하였다(Fig. 2-C).

2) 폼롤러를 이용한 스트레칭

(1) 가슴근육 이완 스트레칭

폼롤러(Firm Foam Roller, OPTP Black AXIS, USA)를 세로로 위치시킨 뒤 위에 바로 누운 상태에서 팔을 Y자로 들어 올려 준비하였다. 스트레칭 시 가슴근육을 이완시킨다는 느낌으로 편안하게 힘을 빼고 자세를 유지하였으며, 30초 동안 천천히 호흡하여 진행하였다. 스트레칭은 총 10회, 3세트로 진행되었고, 1세트당 30초의 휴식시간을 부여하였다(Fig. 2-D).

(2) 가슴우리 확장 스트레칭

바로 누운 자세에서 폼롤러를 날개뼈의 아래에 가로방향으로 위치시키고 무릎을 후크라인(hook-lying position)으로 만들어 준비하였다. 양손을 머리 뒤에 둔 후 편안하게 누워 가슴우리를 확장시킨다는 느낌으로 천천히 호흡을 하였다. 스트레칭은 30초씩 10회, 3세트로 진행되었고, 1세트당 30초의 휴식시간을 부여하였다(Fig. 2-E).

4. 통계 방법

통계분석은 SPSS statistics 소프트웨어 프로그램(ver. 20.0, IBM Corporation, USA)를 사용하여 알아보았다. Kolmogorov-Smirnov의 정규성 검정을 통해 변수들이 정규분포를 이루는지 알아보았다. 통계 결과 MEP는 정규분포 하였고($p = 0.14$). MIP는 정규분포

하지 않았기에($p = 0.00$) 모수검정방법인 Paired t-test와 비모수검정방법인 Wilcoxon signed-rank test를 통해 전후비교를 진행하였다. 유의수준(α)은 0.05로 정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구는 남자 10명, 여자 15명으로, 총 25명의 대상자가 참여하였다. 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1). 남성의 평균 나이는 24.3 ± 2.11 세, 평균 키는 172.08 ± 3.49 cm, 평균 몸무게는 73.51 ± 8.84 kg, 체질량지수는 25.11 ± 3.30 , FVC는 4.55 ± 0.33 L이며, 여성의 평균 나이는 21.47 ± 1.19 세, 평균 키는 161.03 ± 4.58 cm, 평균 몸무게는 58.63 ± 10.14 kg, 체질량지수는 25.11 ± 3.30 , FVC는 2.96 ± 0.50 L였다. 성별 간 일반적인 특성은 유의한 차이가 없었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (N=25)

	Male (n=10)	Female (n=15)
Age (years)	24.3 ± 2.11	21.47 ± 1.19
Height (cm)	172.08 ± 3.49	161.03 ± 4.58
Weight (kg)	73.51 ± 8.84	58.63 ± 10.14
BMI (kg/m ²)	25.11 ± 3.30	22.65 ± 4.10
FVC (ℓ)	4.55 ± 0.33	2.96 ± 0.50

Mean \pm SD, BMI : Body mass index, FVC: forced vital capacity

2. 최대흡기압과 최대호기압의 평균 비교

MIP와 MEP의 평균과 표준편차는 Table 2와 같다. 통계 결과 MIP와 MEP의 p값은 각각 0.012와 0.034로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 2).

Table 2. Comparison of respiratory function before and after exercise (N=25)

	Pre-test	Post-test	p
MIP	86.56 ± 33.30	93.36 ± 37.39	0.012*
MEP	91.36 ± 33.31	99.84 ± 39.13	0.034*

MIP : maximum inspiratory pressure,

MEP : maximum expiratory pressure

* p < 0.05

IV. 고 찰

본 연구는 건강한 성인에게 가슴가동운동과 스트레칭운동을 하였을 때, MIP와 MEP가 운동 전과 후에 차이가 있을 지 알아봄으로써, COVID-19 장기화로 인한 재택근무 및 원격학습 등의 증가와 외부 활동량의 감소에 따른 건강증진 중재로서 효과가 있을 지 알아보고자 ‘건강한 20대의 성인을 대상으로 가슴가동운동과 스트레칭 운동을 실시하기 전과 후의 MIP와 MEP에서 차이가 있을 것이다.’의 연구가설을 가지고 실시하였다.

연구결과에서 MIP와 MEP는 실험 전과 후에 차이가 있었기에 본 연구의 가설은 지지되었으며, 가슴가동운동과 스트레칭운동이 COVID-19로 인해 활동량이 줄어든 성인들을 위한 호흡을 향상시키는 건강 중재로서 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

MIP와 MEP에서 유의한 차이가 있었던 이유는 스트레칭 운동 동안 가슴근육을 이완하였고, 가슴가동운동 동안 척추 안정화 근육과 어깨뼈 모습 근육을 강화에 의한 영향이었을 거라 판단되며, 이는 허리통증 환자들을 대상으로 척추안정화 운동을 했을 때 허리 통증 환자의 척추안정화 근육의 강화와 함께 호흡 기능에 향상이 나타났다는 이전 연구의 연구결과와 같았다(Goo et al., 2014).

또한 강도 높은 운동에도 규칙적인 호흡을 하였던 것이 들숨근육과 날숨근육의 활성을 높여주어 MIP와 MEP에 간접적인 영향을 주었을 것이라 판단되는데, 이는 정상인에게 고빈도 호흡 훈련을 통해 MIP와

MEP에 유의한 증가를 보였다는 이전의 연구결과와 같았다(Enright et al., 2006).

호흡은 가슴우리가 확장과 축소를 반복하면서 폐에 있던 공기가 안팎으로 이동하는 것으로, 들숨(expiration)과 날숨(inspiration)으로 나뉘어진다. 들숨은 들숨근육의 능동적인 수축을 통해 가슴우리가 확장되어 가슴 안의 용적이 증가하는 능동적인 과정을 이야기하며, 날숨은 들숨근육의 이완을 통해 근육의 보조 없이 가슴우리가 축소되는 수동적인 과정을 이야기한다(Cameron et al., 2007).

가슴우리의 용적 변화는 골격의 탄력성과 가슴우리 주변 조직의 탄력성, 주위 근육의 힘이 영향을 미치게 된다(Alfred, 1992). 이는 평상시 자세도 연관을 주는데, 특히 등근어깨를 가지고 있는 사람들은 등뼈의 후방만곡으로 인해 앞세로인대와 배 근육, 가슴 근육의 단축 및 척추의 전방 압박으로 가슴우리의 축소가 나타나게 된다(Singla et al., 2017). 이와 같이 자세 및 척추의 안정화는 호흡과 큰 관련이 있기 때문에 정상적인 호흡을 위해서는 안정적인 자세와 척추를 갖추는 것이 중요하다(Ishida et al., 2012; Obayashi et al., 2012).

호흡은 크고 작은 몸통 근육들의 활성화로 이루어 지는데, 이 근육들은 척추 안정화를 위해 쓰이는 근육과 동일하다(Ferreira et al., 2010). 척추 안정화를 위해 쓰이는 몸통 근육으로 대표적으로 깊은 영역에서 척추 분절을 조절하는 척추세움근(erector spinae muscle)이 있는데, 척추세움근은 얇은 영역에서 작용하는 큰 근육들과의 조화로운 활성화를 통해 안정화에 기여한다(Neumann, 2016).

탄성밴드를 이용한 운동은 근력에 따라 밴드의 강도를 다양하게 할 수 있어 안전할 뿐만 아니라 선택적으로 강화할 수 있으며, 폐활량과 심폐지구력, 근지구력을 증가시키는 데에도 효과가 있다(Kim, 2011). 이러한 이유로 가슴가동운동과 스트레칭이 정상 호흡 기능을 가진 사람의 호흡 기능 향상에 있어 적절할 것으로 판단되어 운동 및 스트레칭 전후의 최대들숨압과 최대날숨압을 평가하였다.

본 연구에서 호흡 기능으로 측정된 최대들숨압과 최대날숨압은 중재 전과 비교했을 때 크게 증가하였다. 이러한 결과는 이전의 연구 결과들과 유사하다. 뇌성마비 아동의 운동중재 방법에 따라 가로막의 움직임과 호흡 기능, 호흡 근력을 비교하였을 때 PEF, FEV1, MIP, MEP에서 유의한 증가가 나타났으며 (Kang et al., 2018), 만성 뇌졸중 환자에게도 가로막 저항 운동과 입술 오므리기 운동을 실시했을 때 호흡량의 증가가 나타나는 것으로 보고되었다(Lee et al., 2009). 또한 흉부 유연성 운동이 척추측만증 환자의 폐활량과 흉곽 확장에 미치는 영향에 미치는 영향을 조사한 연구 결과에서 유의한 증가가 보고되었다(Shim et al., 2002). 또 다른 연구인 만성 허리 통증을 가진 환자를 대상으로 실험군에게는 등뼈 가동성 운동 후 척추 안정화 운동을, 대조군에게는 척추 안정화 운동만을 실시하여 비교한 연구에서도 실험군의 호흡량이 유의한 증가를 보였다고 보고되었다(Park et al., 2020).

이에, 본 연구는 선행 연구에서 여러 환자들을 대상으로 호흡근 강화 및 척추 안정화 운동을 통해 호흡 기능이 개선됨을 입증한 연구는 많았지만, 호흡에 문제가 없는 건강한 성인을 대상으로 최대들숨압과 최대날숨압 향상에 초점을 둔 연구는 부족하다고 사료되어 실시하였다. 가슴가동운동과 스트레칭을 적용했을 때 건강한 성인의 들숨근과 날숨근에 긍정적인 영향을 보인 것을 보아 향후 호흡 근력이 정상인 성인에게 호흡 근력의 약화 예방과 강화를 위해 호흡근 강화 운동 뿐 아니라 척추 안정화 근육의 강화운동과 가슴근육의 스트레칭을 추가로 실시한다면 호흡 근력 향상에 긍정적인 영향을 미칠 것이라 사료된다.

본 연구에서는 몇 가지의 제한사항이 있다. 첫째, 20대 초중반의 건강한 사람들만 대상으로 실험을 진행하였으므로 호흡기 질환 환자들에게 직접적으로 적용하기는 어렵다. 향후 이러한 운동을 호흡기 질환 환자와 건강인을 대상으로 비교한다면 환자와 건강한 성인의 호흡 개선 정도를 비교할 수 있을 것으로 사료된다. 둘째, 본 연구에 참여한 인원이 적어 일반화 시키

기 어렵다는 점이 있어 추후 연구에서 보완하는 것이 필요할 것으로 생각된다. 셋째, 대상자의 흡연 여부를 생각하지 않았다. 호흡을 측정하는 것이기 때문에 흡연을 제외대상에 두지 않은 것은 큰 제한점이 될 수 있다. 그러나 본 연구에서는 운동중재 전후를 비교하였을 때 유의한 변화가 있었으므로 흡연자에게도 이러한 운동이 도움이 될 것으로 판단된다. 넷째, 본 연구에서는 단기적인 운동 효과만 관찰한 것이므로 장기적인 운동이 호흡에 어떠한 영향을 미칠 지에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구의 결과로, 건강한 성인을 대상으로 실시한 가슴가동운동과 스트레칭운동은 호흡근의 근력을 증가시켰음을 알 수 있었다. 그러므로 이 두 가지 운동 훈련은 호흡근육의 약화를 예방하고 유산소 건강을 증진시킬 수 있는 운동으로 심호흡계물리치료가 필요한 환자들 뿐 아니라 건강한 사람들에게도 권장될 수 있음을 시사한다.

Acknowledgement

이 논문은 2021년도 2학기 호서대학교 연구년 결과물로 제출되었습니다.

References

- Alfred PF. Pulmonary diseases and disorder. 2nd ed. New York. McGraw-Hill. 1992.
- António MM, João B, Carlos C, et al. Abdominal muscle activity during breathing with and without inspiratory and expiratory loads in healthy subjects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2016;30(1):

- 143-150.
- Burianová K, Vařeková R, Vařeka, I. The effect of 8 week pulmonary rehabilitation programme on chest mobility and maximal inspiratory and expiratory mouth pressure in patients with bronchial asthma. Acta University. Dissertation of doctorate degree. 2008.
- Byun SH, Han DW. The effects of passive stretching exercise of the scalene muscles on forced vital capacity. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2016;11(1):35-43.
- Cameron MH, Linda M. Physical rehabilitation: evidence-based examination, evaluation, and intervention. Philadelphia. W.B. Saunders company. 2007.
- Cha EJ, Lee IK, Jang JC, et al. Respiratory air flow transducer calibration technique for forced vital capacity test. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2009;10(5):1082-1090.
- 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. *Physical Therapy*. 2006;86(3):345-354.
- Ferreira PH, Ferreira ML, Maher CG, et al. Changes in recruitment of transversus abdominis correlate with disability in people with chronic low back pain. *British Journal of Sports Medicine*. 2010;44(16):1166-1172.
- Goo BO, Kim KH. A comparison of lateral abdominal muscle activation during maximum expiration in chronic low back pain patients and healthy asymptomatic subjects. *PNF and Movement*. 2014;12(1):39-43.
- Han JT, Go MJ, Kim YJ. Comparison of forced vital capacity and maximal voluntary ventilation between normal and forward head posture. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2015;10(1):83-89.
- Ishida H, Hirose R, Watanabe S. Comparison of changes in the contraction of the lateral abdominal muscles between the abdominal drawing-in maneuver and breathe held at the maximum expiratory level. *Manual Therapy*. 2012;17(5):427-431.
- Jang MS, Choung SD, Shim JH, et al. Effect of virtual reality inspiratory muscle training on diaphragm movement and respiratory function in female patients with thoracic restriction. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2019;14(1):101-110.
- Jeong DK. The effects of breathing exercise on respiratory synergist muscle activity and SpO₂ in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2015;27(4):234-239.
- Kang KW, Jung SI, Lee DY, et al. Effect of sitting posture on respiratory function while using a smartphone. *Journal of physical therapy science*. 2016;28(5):1496-1498.
- Kang MS, Shim JH, Kang SY. Comparisons of diaphragm movement, pulmonary function, and pulmonary strength among exercise methods in children with cerebral palsy. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2018;13(1):121-128.
- Kim HG, Nam HK. The effect of Thera Band exercise on muscle flexibility, balance ability, muscle strength in elderly women. *Journal of Korean Academy of Community Health Nursing*. 2011;22(4):451-457.
- Kim KS, Kwon OY, Yi CH. Effect of abdominal drawing-in maneuver on peak expiratory flow, forced expiratory volume in 1 second and pain during forced expiratory pulmonary function test in patients with chronic low back pain. *Physical Therapy Korea*. 2009;16(1):10-17.
- Lee JH, Kwon YJ, Kim K. The effect of chest expansion and pulmonary function of stroke patients after breathing exercise. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2009;21(3):25-32.
- Minoguchi H, Shibuya M, Miyagawa T, et al. Cross-over comparison between respiratory muscle stretch

- gymnastics and inspiratory muscle training. *Internal Medicine*. 2002;41(10):805-812.
- Minoru I, Fujiyasu K, Yutaka T, et al. Immediate effect of respiratory muscle stretch gymnastics and diaphragmatic breathing on respiratory pattern. *Internal Medicine*. 1999;38(2):126-132.
- Nam DH, Choi SH, Choi JN, et al. The aerodynamic & respiratory muscle pressure aspects of patients with adductor spasmodic dysphonia. *Speech Sciences*. 2005;12(4):203-213.
- Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, et al. Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Brazilian journal of medical and biological research*. 1999;32(6):719-727.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*. Maryland Heights. Mosby. 2016.
- Obayashi H, Urabe Y, Yamanaka Y, et al. Effects of respiratory-muscle exercise on spinal curvature. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2012;21(1):63-68.
- Park J, Han D. Effects of high intensity aerobic exercise on treadmill on maximum-expiratory lung capacity of elderly women. *Journal of Physical Therapy Science*. 2017;29(8):1454-1457.
- Park S, Kim Y, Han J. The effect of the core stabilization exercise and thoracic manipulation on the respiratory function of chronic low back pain patients. *Journal of the Korean Society of Integrative Medicine*. 2020;8(3):43-52.
- Shim JH, Oh DW, Lee GW. The effects of thoracic flexibility exercise on vital capacity and chest expansion in patients with idiopathic scoliosis. *Physical Therapy Korea*. 2002;9(2):145-156.
- Singla D, Veqar Z. Association between forward head, rounded shoulders, and increased thoracic kyphosis: a review of the literature. *Journal of Chiropractic Medicine*. 2017;16(3):220-229.
- Sriboonreung T, Leelarungrayub J, Yankai A, et al. Correlation and predicted equations of MIP/MEP from the pulmonary function, demographics and anthropometrics in healthy Thai participants aged 19 to 50 years. *Clinical Medicine Insights: Circulatory, Respiratory and Pulmonary Medicine*. 2021;15(1):1-9.
- Suk SI, Lee CS, Yoon GS. Changes of pulmonary function after surgical correction in scoliosis. *Journal of the Korean Orthopaedic Association*. 1984;19(6):1067-1072.
- Syabbalo N. Assessment of respiratory muscle function and strength. *Postgraduate Medical Journal*. 1998;74(870):208-215.
- Watchie J. *Cardiovascular and pulmonary physical therapy: a clinical manual*. Amsterdam. Elsevier. 2009.