

호흡운동 중재방법이 COVID-19 생존자의 폐기능에 미치는 영향

김충유¹ · 김현수^{2*} · 김연수³ · 안기정³

¹부산성모병원 재활의학과 물리치료사, ^{2*}경남정보대학교 물리치료과 교수, ³경남정보대학교 물리치료학과 학생

Effects of Breathing Exercise Interventions on Lung Function in COVID-19 Survivors

Chung-Yoo Kim, PT¹ · Hyeon-Su Kim, PT, Ph.D^{2*} · Yeon-Su Kim, PT³ · Ki-Jeoung Ahn, PT³

¹Dept. of Rehabilitation Medicine, Busan St. Mary's Hospital, Physical Therapist

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Kyungnam College of Information & Technology, Professor

³Dept. of Physical Therapy, Kyungnam College of Information & Technology, Student

Abstract

Purpose : People who have suffered from COVID-19 suffer from decreased pulmonary function and various side effects. This study aims to present three respiratory exercise intervention methods to improve pulmonary function in COVID-19 survivors. Therefore, the purpose of this study will investigate the effects of breathing exercise interventions (aerobic exercise, diaphragm breathe exercise, and inspiratory muscle training on resistance) on pulmonary function in COVID-19 survivors.

Methods : The subjects who participated in this study were 35 male and female college students confirmed with COVID-19. All subjects were randomly assigned to A, D, and I groups according to breathing exercise intervention method. Groups A, D, and I each performed aerobic exercise, diaphragm breathing exercise, and inspiratory muscle training on resistance, 3 times a week for 6 weeks. Pulmonary function was measured using a spirometer, and FVC (forced vital capacity), FEV₁ (forced expiratory volume in one second), FEV₁/FVC % (forced expiratory volume in one second / forced vital capacity ratio), and PEF (peak expiratory flow) were measured at 0, 3, and 6 weeks. Data analysis was compared by repeated measures analysis of variance, and post hoc tests for time were compared and analyzed using paired t-tests.

Results : In the results of this study, FVC values showed statistically significant improvement in all groups. FEV₁ values also showed statistically significant improvement in all groups. And the FEV₁/FVC % value also showed statistically significant improvement in all groups. And the PEF values also showed statistically significant improvement in all groups.

Conclusion : The results of this study reported that aerobic exercise, diaphragm breathing exercise, and resistance inspiratory muscle training were all effective in improving pulmonary function in COVID-19 survivors. Therefore, application of the three breathing exercise intervention methods presented in this study will help improve pulmonary function in COVID-19 survivors.

Key Words : aerobic exercise, COVID-19 survivors, diaphragm breathe exercise, inspiratory muscle training on resistance, pulmonary function

*교신저자 : 김현수, khs3378@naver.com

제출일 : 2024년 4월 15일 | 수정일 : 2024년 5월 10일 | 게재승인일 : 2024년 5월 17일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

2019년 12월에 우한에서 발생한 COVID-19(Coronavirus disease-2019)는 새로운 코로나 바이러스에 의한 호흡기 감염 질환이며 전 세계로 빠르게 확산되었다. COVID-19는 변이가 다양하고, 바이러스의 특성과 숙주에 따라서 호흡기와 소화기 감염병을 유발하는 등, SARS(중증호흡기증후군)와 MERS(중동호흡기증후군)보다 더 많은 확진 환자와 사망자를 발생시켰다(Park, 2020). 조류독감, 홍콩독감, 스페인독감, 신종 인플루엔자(H1N1), 지카 바이러스, 에볼라 바이러스, MERS, 그리고 SARS 등 신종 바이러스성 관련 질병은 끊임없이 인류를 위협하고 있으며, 현재 인류는 COVID-19에 의해 전 세계적으로 심각한 공중보건 위기 그리고 경제적 및 사회적 위기에 처해 있다(Yoo & Heo, 2020). 2020년부터 시작된 COVID-19 바이러스는 2023년 9월 4일 기준 국내 현황은 34,436,586명의 누적환자와 35,812명의 사망자가 나왔으며, 세계적으로는 확진자 690,261,873명, 사망자 6,906,476명의 사람들이 확진 판정을 받을 만큼 매우 긴급한 상황이 진행되고 있다(CoronaBoard, 2023).

COVID-19는 발열, 기침, 호흡곤란, 그리고 인후통과 같은 호흡기계 감염의 증상뿐 아니라 미각, 후각의 소실, 피로 및 근육통, 구역, 구토, 두통, 설사 등과 같은 비특이적 증상 또한 동반하고 있고, 많은 COVID-19 생존자들은 완치 이후에도 여러 신체적 정신적 심리적 후유증을 겪고 있다(World Health Organization, 2023). 기침, 호흡곤란과 같은 폐기능의 저하와 관련된 폐기능의 저하는 Cho와 Park(2023)의 연구에서 COVID-19 생존자(COVID-19 survivor)들의 폐기능이 감소됨을 보고하였다. 또한, Zhao 등(2020)은 55명의 코로나 생존자에서 14명이 3개월 후에도 폐기능의 이상이 남아있음을 보고하였는데, 이에 대한 코로나 생존자의 감소된 폐기능에 대한 관리가 필요한 실정이다.

최근 3년간 실시한 폐기능 증진을 위해 적용된 훈련 방법들은 유산소 운동(Han 등, 2021; Lee, 2022), 가로막 호흡(Bae 등, 2020; Park & Park, 2020; Shin, 2022), 저항성 들숨근 훈련(Hong, 2022; Lee & Kim, 2020; Lee & Lee,

2020) 등이 있다. 이와 같은 폐기능 향상을 위한 중재법들은 폐기능 저하에 효과적인 방법들이고, 이러한 중재들이 COVID-19 확진 경험으로 인해 폐기능이 저하된 환자에 적용되어야 할 것이다. Lan 등(2022)는 COVID-19 생존자들의 폐기능 증진을 위해 유산소운동을 적용하여 심혈관계 건강이 개선됨을 보고하였고, Kurtaiş Aytür 등(2021)은 COVID-19 생존자들을 위한 호흡재활 가이드라인을 제시하였지만, 기존 연구들은 COVID-19 생존자들에게 각각의 호흡운동 중재방법들이 효과적인지에 대한 연구는 부족하였다. 이에 본 연구는 최근 3년간 사용된 훈련 종류인 유산소 운동, 가로막 호흡, 그리고 저항성 들숨근 훈련을 중재로 적용하여, COVID-19 생존자의 폐기능을 증진시키고자 적용할 것이며, 이에 따른 폐기능의 영향을 알아 볼 것이다.

2. 연구의 목적

본 연구는 호흡운동 중재방법이 COVID-19 생존자의 폐기능에 미치는 영향을 알아볼 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상자 및 기간

본 연구는 부산광역시 K대학교에 재학 중인 COVID-19 생존자들을 대상으로 수행된 연구이다. 모집 공고를 통해 모집된 대상은 총 35명(남17, 여 18)으로, G*power 프로그램을 근거(효과크기 0.35, $\alpha = .05$, $1-\beta = 0.95$)로 산출된 30명의 표본 수를 충족하였다. 연구 대상자의 선정기준은 첫째, COVID-19 생존자, 둘째, 연구 목적과 방법을 정확히 숙지하고 정보제공에 동의한 자, 셋째, 근육뼈대계에 선천적, 후천적으로 질환이 없는 자, 넷째, 최근 6개월간 다리에 수술이나 물리치료를 받지 않은 자, 다섯째, 뇌 손상이나 호흡기관에 이상이 없는 자로 정하였다. 연구 대상자는 초기 36명 모집되었고, 유산소 운동을 적용하는 A집단(aerobic exercise group), 가로막 호흡 운동을 적용하는 D집단(diaphragm breathe exercise group), 그리고 저항성 들숨근 훈련을 적용하는

I집단(inspiratory muscle training on resistance group)으로 각 12명씩 난수표를 이용하여 임의균등 배정되었으나, A집단 대상자 1명이 변심으로 연구에 응하지 않아 총 35명(A집단 11명, D집단 12명, 그리고 I집단 12명)을 대상으로 연구를 수행하였다.

2. 연구절차

모든 대상자는 3개의 집단에 무작위로 임의 균등 배정되었다. 모든 대상자는 각 집단에 해당하는 운동을 6주간 각각 적용받았으며, 6주간의 폐기능의 변화를 관찰하기 위해 0주차, 3주차, 그리고 6주차에 폐기능을 측정하였다.

3. 측정도구 및 방법

본 연구의 폐기능은 폐활량계(Italy, Codmed, Pony Fx)를 이용하여 측정하였다(Fig 1). 노력성 폐활량(Forced vital capacity; FVC), 1초간 노력성 날숨량(Forced expiratory volume at one second; FEV₁), 1초간 노력성 날숨량/노력성 폐활량 %(FEV₁/FVC %), 최대 날숨속도(peak expiratory flow; PEF)을 측정하였다. 폐기능 검사의 측정은 선행연구와 대한결핵호흡기학회의 폐기능 검사 지침을 참고하여 수행하였으며(Kim 등, 2022; The Korean Academy of Tuberculosis and Respiratory Diseases, 2016), 코를 막은 상태에서 마우스피스에 입을 물고 최대 들숨 후, 최대 날숨을 하는 방법을 수행하여 폐기능을 측정하였다. 측정값은 폐기능 검사 지침에 따라 3회 측정 후 최대값을 채택하여 적용하였다.



Fig 1. Spirometer assessment

4. 운동방법

1) 유산소 운동(aerobic exercise)

유산소 운동은 A집단에 소속된 11명의 대상에게 적용되었다. 유산소 운동은 고정식자전거(ergometer) 운동을 채택했다. 운동 강도는 운동자각도(ratings of perceived exertion; RPE)의 13~14(약간 힘들다)의 강도로 15분간 쉬지 않고 실시하였다. 하루 1회 실시하여 주 3회 6주간 수행하였다(Han 등, 2021).

2) 가로막 호흡 운동(diaphragm breathe exercise)

가로막 호흡 운동은 D집단에 소속된 12명의 대상에게 적용되었다. 가로막 호흡 운동은 실험자의 손을 앞쪽갈비연골 바로 아래인 배곧은근에 올려놓고 어깨를 이완시킨 상태에서 가슴 부위를 움직이지 않고, 단지 배 부위만이 부풀어 오르게 코로 천천히 깊이 숨을 들이 마셔 유지 후, 입술을 오므려 반쯤 연 상태에서 입으로 천천히 공기를 내뿜도록 적용 하였다(Lee, 2015), 운동 강도는 운동자각도의 13~14(약간 힘들다)의 강도로 적용하였고, 이를 적용하기 위해 배위에 1 kg의 모래주머니를 이용하여 저항을 증가시켰다. 방법은 선행연구를 참고하여 적용하였고, 들숨은 4초, 유지 6초, 날숨은 8초에 걸쳐 10회 총 3세트 실시하였다(Lee, 2015).

3) 저항성 들숨근 훈련(inspiratory muscle training on resistance)

저항성 들숨근 훈련은 I집단에 소속된 12명의 대상에게 적용되었다. 저항성 들숨근 훈련은 운동장비(POWERbreatheK5-AP11003, APSUN Inc., Korea)를 이용하여 적용하였고, 선행연구를 바탕으로 30 RM을 수행할 수 있는 강도를 설정하여 적용하였다(Back 등, 2022). 앉은 자세에서 코마개를 착용하고 들숨 시 마우스피스에 입을 최대한 밀착시키고 들숨 시에는 최대한 강하고 깊게 들이마시고 날숨 시에는 천천히 길게 내뿜도록 하여 충분히 이완되도록 하였다. 훈련 중 대상자가 피로나 어지러움, 기침이 유발과 같은 이상증상이 관찰되면 충분한 휴식을 취한 후 재실시 하였다(Lee & Choo, 2021). 1세트를 기준으로 30회씩 총 2세트로 진행하였다.

5. 분석방법

본 연구의 수집된 자료는 SPSS version 25 프로그램을 이용해 분석하였다. 세군 간의 사전 동질성 검증은 일요인 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하여 검증하였고, 연구 대상자들의 FVC, FEV₁, FVC/FEV₁ %, 그리고 PEF의 기간에 따른 실험 후의 폐 기능의 변화는 반복측정 분산분석(repeated ANOVA)을 이용하여 비교분석하였다. 반복측정 분산분석의 기간에 대한 사후분석은 대응 t검정을 이용하였다. 모든 자료의 통계학적 유의수준은 α=

.05로 정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 본 연구대상자의 성별, 연령, 신장, 체중은 집단 간 유의한 차이는 없었다(p>.05).

Table 1. General characteristics of the subjects

Variables	A group (n= 11)	D group (n= 12)	I group (n= 12)	F	p
Gender (M:F)	5:6	6:6	6:6		
Age (years)	22.18±7.80	23.92±7.14	21.67±2.93	.42	.660
Height (cm)	166.8±7.65	167.39±6.03	167.28±7.32	.02	.978
Weight (kg)	70.67±10.91	72.72±13.17	64.68±14.39	1.24	.303

^amean±standard deviation, A group; aerobic exercise group, D group; diaphragm breathe exercise group, I group; inspiratory muscle training on resistance group

2. 운동기간에 따른 폐기능 변화

1) 기간에 따른 그룹 간 FVC의 변화 비교

세 운동 방법을 적용한 뒤 FVC의 변화를 비교해 보았을 때, 기간에서 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Table 4). 사후분석 결과, A집단은 0주와 3주, 0주와 6주, 그리고 3주와 6주 간에 유의한 차이를 보였고(p<.05), D집단은 0주와 6주, 3주와 6주 간에 유의한 차이를 보였고(p<.05), I집단은 0주와 3주, 0주와 6주 간에 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Fig 2).

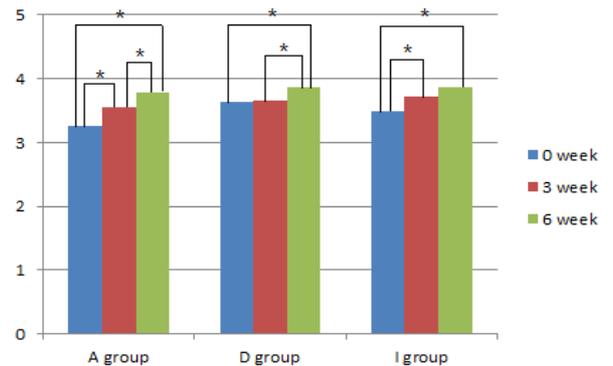


Fig 2. Changes in FVC according to the experimental period

Table 4. Changes in FVC according to the experimental period

	0 week	3 week	6 week	Period (F)	Group (F)	Period*group (F)
A group	3.26±1.12	3.55±.91	3.79±.80			
D group	3.64±.74	3.66±.67	3.86±.69	16.83*	.17	1.55
I group	3.48±.71	3.71±.80	3.86±.93			

FVC; forced vital capacity, A group; aerobic exercise group, D group; diaphragm breathe exercise group, I group; inspiratory muscle training on resistance group, *p<.05

2) 기간에 따른 그룹 간 FEV₁의 변화 비교

세 운동 방법을 적용한 뒤 FEV₁의 변화를 비교해 보았을 때, 기간에서 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Table 5). 사후분석 결과, A집단은 0주와 6주, 3주와 6주

의한 차이를 보였고(p<.05), D집단은 0주와 6주, 3주와 6주 간에 유의한 차이를 보였고(p<.05), I집단은 0주와 3주, 0주와 6주, 3주와 6주 간에 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Fig 3).

Table 5. Changes in FEV₁ according to the experimental period

	0 week	3 week	6 week	Period (F)	Group (F)	Period*group (F)
A group	2.17±1.11	3.31±.48	3.41±.61			
D group	2.19±1.06	2.27±.96	3.04±.75	19.04*	.00	1.78
I group	2.10±.93	2.45±1.16	2.91±1.01			

FEV₁; forced expiratory volume at one second, A group; aerobic exercise group, D group; diaphragm breathe exercise group, I group; inspiratory muscle training on resistance group, *p<.05

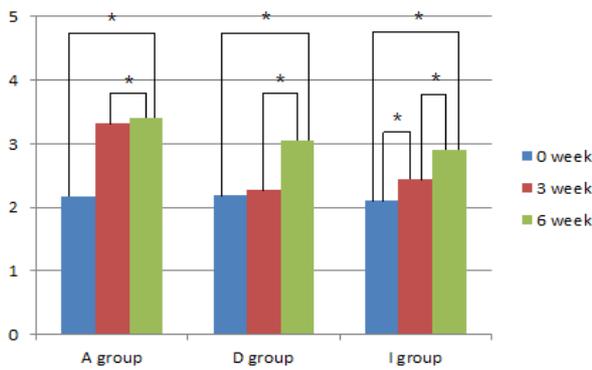


Fig 3. Changes in FEV₁ according to the experimental period

3) 기간에 따른 그룹 간 FEV₁/FVC %의 변화 비교

세 운동 방법을 적용한 뒤 FEV₁/FVC %의 변화를 비교해 보았을 때, 기간에서 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Table 6). 사후분석 결과, A집단은 0주와 6주 간

에 유의한 차이를 보였고(p<.05), D집단은 0주와 6주, 3주와 6주 간에 유의한 차이를 보였고(p<.05), I집단은 0주와 3주, 0주와 6주, 3주와 6주 간에 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Fig 4).

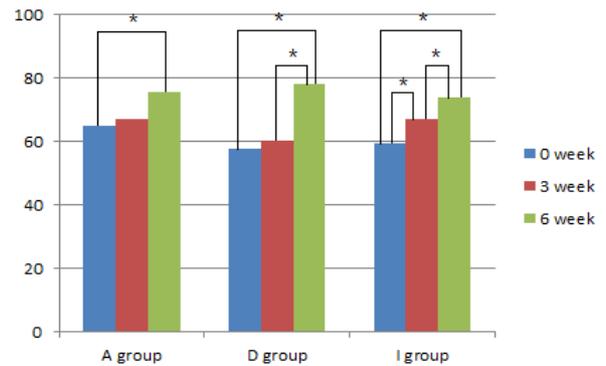


Fig 4. Changes in FEV₁/FVC % according to the experimental period

Table 6. Changes in FEV₁/FVC % according to the experimental period

	0 week	3 week	6 week	Period (F)	Group (F)	Period*group (F)
A group	65.10±17.92	67.25±22.41	75.42±17.05			
D group	57.66±20.28	60.40±19.09	77.98±10.09	14.27*	.16	1.47
I group	59.56±22.20	67.10±18.72	73.87±15.94			

FVC; forced vital capacity, FEV₁; forced expiratory volume at one second, A group; aerobic exercise group, D group; diaphragm breathe exercise group, I group; inspiratory muscle training on resistance group, *p<.05

Table 7. Changes in PEF according to the experimental period

	0 week	3 week	6 week	Period (F)	Group (F)	Period*group (F)
A group	3.55±3.02	4.60±2.97	5.58±2.97			
D group	3.30±2.31	3.56±1.81	5.65±1.79	16.69*	.27	2.91
I group	4.12±3.40	4.93±3.21	5.81±2.97			

PEF; peak expiratory flow, A group; aerobic exercise group, D group; diaphragm breathe exercise group, I group; inspiratory muscle training on resistance group, *p<.05

4) 기간에 따른 그룹 간 PEF의 변화 비교

세 운동 방법을 적용한 뒤 PEF의 변화를 비교해 보았을 때, 기간에서 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Table 7). 사후분석 결과, A집단은 0주와 3주, 0주와 6주, 3주와 6주 간에 유의한 차이를 보였고(p<.05), D집단은 0주와 6주, 3주와 6주 간에 유의한 차이를 보였고(p<.05), I집단은 0주와 3주 간에 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Fig 5).

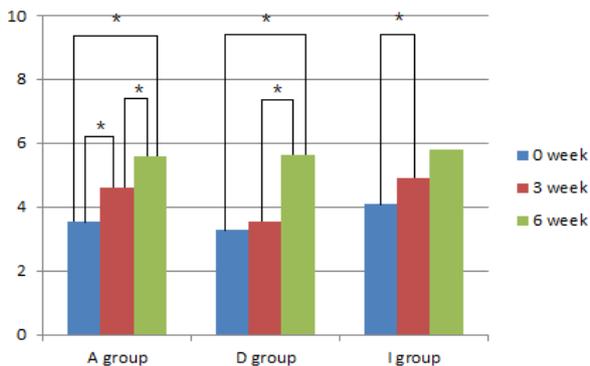


Fig 5. Changes in PEF according to the experimental period

IV. 고찰

본 연구는 대학생 중 COVID-19 생존자 35명을 대상으로 세 가지 호흡운동 중재방법을 적용하여 6주간 중재를 바탕으로 폐기능의 변화를 관찰하였다. 본 연구에서 수행된 중재들은 유산소 운동, 가로막 호흡 운동, 그리고 저항성 들숨근 훈련으로 폐기능 증진을 위해 수행되어 왔던 중재들이다.

선행연구들은 본 연구에서 수행된 호흡운동 중재방법

들의 폐기능 증진 효과에 대해 보고해왔다. 일반인들에게 잘 알려져 있는 호흡운동은 유산소 운동인데, 성인 남성을 대상으로 유산소 운동의 4주간의 수행은 흡연자와 비흡연자 집단 모두 노력성 폐활량(FVC)과 1초간 노력성 날숨량(FEV₁)의 유의미한 증진을 보고하였고(Han 등, 2021), 비만 여성노인을 대상으로 수행된 12주간의 유산소 운동이 1초간 노력성 날숨량(FEV₁)의 유의한 증가를 보고하였다. 이는 유산소 운동이 폐기능의 증진에 유의미한 영향을 제공함을 알 수 있다(Lee, 2022). 본 연구에서도 유산소 운동 또한 노력성 폐활량(FVC)과 1초간 노력성 날숨량(FEV₁), 1초간 노력성 날숨량/노력성 폐활량 %(FEV₁/FVC %), 그리고 최대 날숨속도(PEF), 모든 폐기능 지표에서 증가된 바 가로막 호흡 운동이 COVID-19 생존자의 폐기능을 증진시켰음을 알 수 있었다.

다른 연구들은 건강한 성인 남녀를 대상으로 수행된 6주간의 가로막 호흡 훈련은 노력성 폐활량(FVC), 1초간 노력성 날숨량(FEV₁), 1초간 노력성 날숨량/노력성 폐활량 비(FEV₁/FCV), 그리고 최대 날숨속도(PEF)에서 유의한 차이를 보고하였다(Bae 등, 2020). 건강대상자 외 여성 노인 대상자에서도 16주의 가로막 호흡 운동이 노력성 폐활량(FVC)을 증진시켰음을 보고하였고(Park & Park, 2020), 다발성 갈비뼈 골절환자에게 적용된 3주간의 가로막 호흡 운동이 노력성 폐활량(FVC)와 1초간 노력성 날숨량(FEV₁)을 증진시킨 바 가로막 호흡 운동이 폐기능의 증진에 유의미한 효과를 제공함을 알 수 있다(Shin, 2022). 본 연구에서도 6주간의 가로막 호흡 운동 후 노력성 폐활량(FVC)과 1초간 노력성 날숨량(FEV₁), 1초간 노력성 날숨량/노력성 폐활량 %(FEV₁/FVC %), 그리고 최대 날숨속도(PEF), 모든 폐기능 지표에서 증가된 바 가

로막 호흡 운동이 COVID-19 생존자의 폐기능을 증진시켰음을 알 수 있었다.

또 다른 선행연구들은 대학생을 대상으로 4주간의 저항성 들숨근 훈련 수행이 노력성 폐활량(FVC)과 최대 날숨속도(PEF)의 유의한 증진을 보고하였고(Lee & Lee, 2020), 흡연자 비흡연자를 대상으로 4주간의 저항성 들숨근 훈련 수행은 노력성 폐활량(FVC)과 1초간 노력성 날숨량(FEV₁)의 통계적으로 유의한 증진을 보였다(Lee & Kim, 2020). 또한, 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서도 노력성 폐활량(FVC)와 최대 날숨속도(PEF)의 유의미한 증진을 보고하였다(Hong, 2022). 이에 본 연구에서도 산소 운동 또한 노력성 폐활량(FVC)과 1초간 노력성 날숨량(FEV₁), 1초간 노력성 날숨량/노력성 폐활량%(FEV₁/FVC %), 그리고 최대 날숨속도(PEF), 모든 폐기능 지표에서 증가된 바 저항성 들숨근 훈련이 COVID-19 생존자의 폐기능을 증진시켰음을 알 수 있었다.

이에 결과를 종합하자면 최근 COVID-19 생존자의 휴유증으로 감소된 폐기능을 증진시키기 위한 방안으로 최근 많이 수행되어 왔던, 가로막 호흡 운동, 유산소 운동, 그리고 저항성 들숨근 훈련을 적용하여 폐기능의 변화를 관찰하였고, 그 결과 세 호흡운동 중재방법 모두 폐기능을 증진시켰음을 알 수 있었다. 다만, 세 호흡운동 중재방법 간에는 유의미한 차이를 보이지 않았기 때문에, 세 호흡운동 중재방법 모두 COVID-19 생존자의 폐기능 증진에 효과가 있음을 알 수 있다. 일반인들에게는 폐기능 증진을 위한 방법으로 유산소 운동 외에는 잘 알려져 있지 않아, 본 연구의 결과를 바탕으로 가로막 호흡 운동과 저항성 들숨근 훈련 또한 동반된다면 더욱 좋은 폐기능 증진을 가져올 것이라 예상된다.

V. 결론

본 연구의 결과는 6주간 적용된 가로막 호흡 운동, 유산소 운동, 그리고 저항성 들숨근 훈련 모두가 COVID-19 생존자의 노력성 폐활량(FVC)과 1초간 노력성 날숨량(FEV₁), 1초간 노력성 날숨량/노력성 폐활량%(FEV₁/FVC %), 그리고 최대 날숨속도(PEF)를 유의미

한 증진을 보고하였고, 이에 세 호흡운동 중재방법 모두 COVID-19 생존자의 폐기능 증진에 효과가 있음을 알 수 있다.

참고문헌

- Bae WS, Moon HJ, Lee KC(2020). Effects of abdominal exercise methods on breathing ability. *Journal of the Korean Society of Integrative Medicine*, 8(1), 137-146. <https://doi.org/10.15268/ksim.2020.8.1.137>.
- Baek JY, Jo MS, Kim EJ(2022). Effect of resistant inspiratory muscle training on inspiratory function and activities of daily living in chronic stroke patients. *Neurotherapy*, 26(2), 49-54. <https://doi.org/10.17817/2022.06.01.1111747>.
- Cho EK, Park YN(2023). Effects of coronavirus (COVID-19) infection on lung function in healthy adults. *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, 17(7), 337-343. <https://doi.org/10.21184/jkeia.2023.10.17.7.337>.
- Han JW, Lee KC, Kim HS(2021). The effect of inspiratory muscle resistance exercise with aerobic exercise on the breathing functions of adults in their 20s depending on smoking or no smoking. *Journal of the Korean Society of Integrative Medicine*, 9(3), 125-134. <https://doi.org/10.15268/ksim.2021.9.3.125>.
- Hong ST(2021). The development of breathing exercise device using visual feedback and automatic load control. Graduate school Nazarene University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Kim HS, Kim CY, Lee KC(2022). Comparison of the effects of squat exercise, bracing exercise, and aerobic exercise on lung function. *Journal of the Korean Society of Integrative Medicine*, 10(2), 169-176. <https://doi.org/10.15268/ksim.2022.10.2.169>.
- Kurtaiş Aytür Y, Köseoğlu BF, Özyemişçi Taşkıran Ö, et al(2020). Pulmonary rehabilitation principles in

- SARS-COV-2 infection (COVID-19): a guideline for the acute and subacute rehabilitation. *Turk J Phys Med Rehabil*, 66(2), 104-120. <https://doi.org/10.5606/tftrd.2020.6444>.
- Lan C, Liu Y, Wang Y(2022). Effects of different exercise programs on cardiorespiratory fitness and body composition in college students. *J Exerc Sci Fit*, 20(1), 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2021.12.004>.
- Lee CB(2022). Effects of 12-week aquabike exercise on body composition, cardiovascular fitness, gait ability and fall-related fitness in elderly women with obesity. Graduate school of Sangmyung University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Lee DG, Lee YS(2020). The effect of passive lung expansion technique and active respiration enhancement technique on lung function in healthy adults. *Journal of the Korean Society of Integrative Medicine*, 8(4), 155-161. <https://doi.org/10.15268/ksim.2020.8.4.155>.
- Lee HY(2015). The effects of diaphragm breathing exercise and feedback breathing exercise on pulmonary function and diaphragm thickness in normal subjects. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Lee KC, Choo YK(2021). Inspiratory muscle strengthening training method to improve respiratory function : comparison of the effects of diaphragmatic breathing with upper arm exercise and Power-breathe breathing. *Journal of the Korean Society of Integrative Medicine*, 9(3), 203-211. <https://doi.org/10.15268/ksim.2021.9.3.203>.
- Lee YJ, Kim KH(2020). Effects of the inspiratory muscle breathing training on the lung function in 20s healthy smoking and non-smoking male. *Korean Physical Therapy Science*, 27(1), 26-33. <https://doi.org/10.26862/jkpts.2020.06.27.1.26>.
- Park JM, Park CD(2020). Effects of feedback breathing exercise with aquatic functional balance exercise on kinematic breathing function and balance abilities and gait abilities in older patients with dizziness. *Brain, Digital, & Learning*, 10(3), 333-344. <https://doi.org/10.31216/BDL.2020.10.3.333>.
- Shin HJ(2022). Effect of diaphragmatic breathing training using visual biofeedback on respiratory function in patients with multiple rib fracture. Graduate school of Catholic University of Pusan, Republic of Korea, Master's thesis.
- Yoo JR, Heo ST(2020). Clinical characteristics of COVID-19. *The Journal of Medicine and Life Science*, 17(2), 33-40. <https://doi.org/10.22730/jmls.2020.17.2.33>.
- Zhao YM, Shang YM, Song WB, et al(2020). Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. *EclinicalMedicine*, 25, Printed Online. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100463>.
- CoronaBoard. COVID-19 real-time situation board, 2023. Available at <https://coronaboard.kr/> Accessed September 4, 2023.
- The Korean Academy of Tuberculosis and Respiratory Diseases. 2016 Pulmonary Function Test Guidelines, 2016. Available at <https://www.lungkorea.org/bbs/index.html?code=guide&category=&gubun=&page=2&number=3487&mode=view&keyfield=&key=> Accessed May 7, 2024.
- World Health Organization. Clinical management of COVID-19: Living guideline, 18 August 2023, 2023. Available at <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-clinical-2023.2> Accessed September 4, 2023.