

Respiratory Functions at Rest and after Exercise in the Quarantined People Due to COVID-19 Infection

Yun-Hee Lee^a, and Won-Seob Shin^{a,b*}

^aDepartment of Physical Therapy, Graduate School of Health and Medicine, Daejeon University

^bDepartment of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Objective: The purpose of this study is to find out whether people still have problems with breathing after being quarantined for a certain period after being infected with COVID-19.

Design: Two-group pretest-posttest design.

Methods: A total of 36 subjects were included in this study. Subjects who have been quarantined after being infected with COVID-19 (the after-quarantine group, n = 18) and those who have never had COVID-19 (the healthy group, n = 18). Respiratory function was evaluated by subjects in resting state and after treadmill exercise. Subjects performed treadmill exercise at moderate intensity for 20 minutes. To compare the differences in respiratory function between groups, forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in first second (FEV1), and maximum voluntary ventilation (MVV) were evaluated using a spirometer.

Results: The result of the study, there was a significant difference in FVC in the after-quarantine group between resting and after treadmill exercise ($p < 0.05$). In the healthy group, there was no significant difference in respiratory functions between resting and after treadmill exercise.

Conclusions: The meaning of this result is that people who have been quarantined with COVID-19 have lower respiratory function than healthy people who are not infected with COVID-19.

Key Words: COVID-19, quarantine, respiratory function, treadmill exercise

서론

COVID-19는 2020년에 전 세계적으로 확산되어, 세계보건기구(WHO)에서 세계적 대유행(Pandemic)을 선언하였고 수많은 확진자와 사망자가 여전히 발생하고 있다[1]. 정부는 무분별한 확산을 방지하기 위해 감염병 위기경보를 '심각'으로 상향시키고 COVID-19 행동수칙 발표 후 강력한 사회적, 물리적 거리 두기를 권고하는 등 다양한 확산 방지 정책들을 제시하였고[2], 치료제와 백신 보급을 통한 완벽한 COVID-19 극복이 불가능한 현재 상황에서 방역전략으로 봉쇄와 억제를 통한 완화[3]와 손 씻기와 같은 소독과 마스크 착용이 COVID-19 예방의 최선으로 여겨진다. 또한 COVID-19로 인해 밀접 접촉한 자들의 적극적인 감시와 자가격리

가 적용되어야 하며 폐 질환, 심장질환, 면역결핍증 등이 없으며 경미한 증상이 보이고 COVID-19가 의심 또는 경증인 자에게 자가격리를 권고하고 있다[4].

COVID-19의 주요 증상은 발열(37.5°C 이상), 기침, 호흡곤란, 오한, 근육통, 두통, 인후 통, 후각·미각소실 등 다양한 증상이 나타나며, 고령과 기저질환 유무가 COVID-19환자의 중증도의 증상과 관련이 있다[5,6]. 합병증으로는 급성 호흡 곤란 증후군, 정맥 혈전 색전증, 심근 염, 심부전, 부정맥, 급성 관상동맥 증후군과 같은 심혈관계 합병증 등이 있으며 폐렴과 같은 심각한 심폐질환의 합병증으로 이어지는 것이 특징적이다[6]. 다른 폐렴(SARS, 메르스)과 마찬가지로 COVID-19 또한 완치 후 지속적인 제한성 패턴의 폐 기능이 나타난다고 한다[7,8]. 선행연구들에서 COVID-19로 인해 폐

Received: Sep 21, 2022 Revised: Sep 27, 2022 Accepted: Sep 28, 2022

Corresponding author: Won-Seob, Shin (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6515-7020>)

Department of Physical Therapy, Daejeon University

62, Daehak-ro, Dong-gu, Daejeon city, Republic of Korea, 34520

Tel: *** - **** - **** Fax: +82-42-280-2295 E-mail: shinws@dju.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2022 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

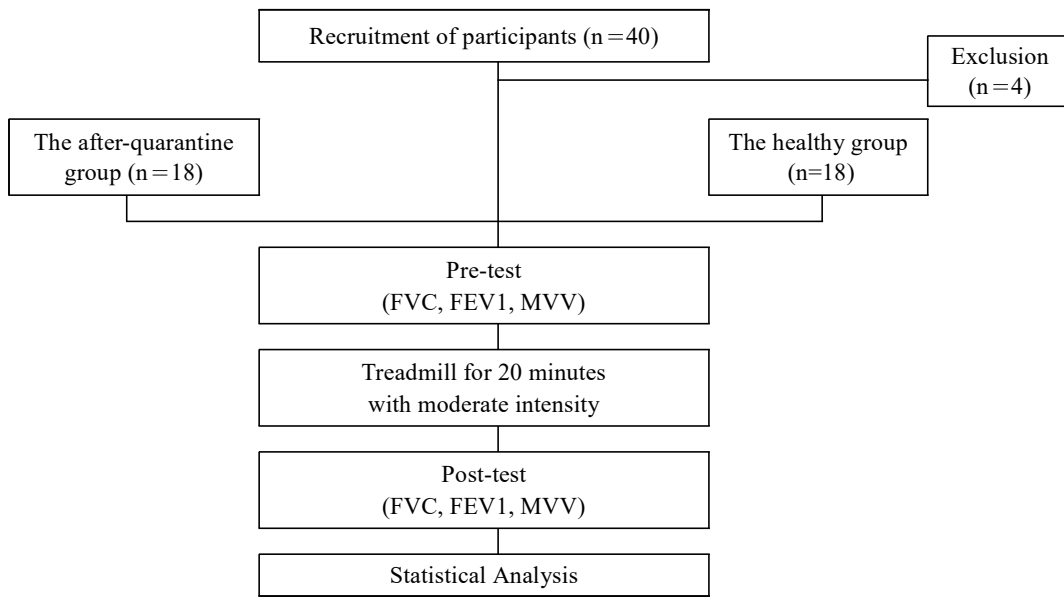


Figure 1. Flow chart

의 확산 능력 저하가 있다고 하였으며[9], 중증의 환자인 경우 총 폐용량과 잔기량의 감소를 확인할 수 있다고 하였다[10]. 따라서 COVID-19의 회복중인 사람들은 잠재적인 폐 기능의 장애 또는 후유증이 염려되고 있고 [11,12] 회복 후 재감염 가능성도 있다[13,14].

이와 같이 COVID-19 확진으로 인해 폐 기능에 부정적인 영향을 미친다는 연구는 있으나 격리이후의 회복 수준이나 일정강도 이상의 운동시에 폐기능이 회복에 대한 연구는 부족하다. 따라서 본 연구에서는 COVID-19 자가격리가 해제된 대상자와 COVID-19에 확진 되지 않은 대상자가 휴식기의 호흡기능과 유산소운동 후 호흡기능에 대해 비교하는데 목적이 있다.

연구 방법

연구 대상

본 연구의 대상자는 대전광역시에 거주하는 20~60대의 대상자를 모집하였다. 선정 기준으로는 연구 참여에 동의한 COVID-19에 확진 되고 자가 격리가 해제된 성인남녀, COVID-19에 확진 되지 않은 성인 남녀로 하였다. 제외기준으로는 최근 심폐 및 정형외과적, 신경학적 관련 진단을 받은 자, 중강도 정도의 트레드밀 보행 훈련을 할 수 없는 사람은 제외하였다.

실험 전 모든 연구대상자들에게 본 연구의 목적을 충분히 설명하였고 자발적으로 실험에 동의하여 연구를 진행하였다. 본 연구는 대전대학교 생명윤리위원회의 승인을 받은 후 연구가 진행되었다(1040647-202204-HR-007-01).

연구 절차

본 연구는 선정 기준과 제외 기준을 통해 선정된 40명을 대상으로 진행하였으나 중도 탈락자 4명을 제외한 36명으로 선정되었으며 대상자는 정확한 측정을 위해 연구자의 호흡량 측정방법에 대하여 충분한 교육을 받았으며, 트레드밀(FITEX 6080, FITEX, KOREA)훈련은 20분간 진행하였다. 호흡측정 30분 전 카페인이나 음료와 과격한 운동을 피하도록 설명하였으며 연구의 호흡평가는 트레드밀 훈련 20분 전, 훈련 직후 측정하였다. 평가도구는 측정 후 소독하여 사용하였다(Figure 1).

중재 방법

유산소 운동

중재 전 호흡의 안정을 위해 10분간 휴식 후 유산소 운동을 실시하였다. 유산소 운동을 위해 트레드밀(FITEX 6080, FITEX, KOREA)훈련을 20분 진행하였으며 중재강도는 대상자가 운동자각도(Rating of perceived exertion: PRE) 12~14강도의 속도를 유지할 수 있는 범위로 설정하며 실시하였다[15,16].

평가 방법 및 측정 도구

호흡평가

본 연구는 호흡평가 시 노력성 폐활량(Forced vital capacity; FVC), 1초간 노력성 호기량(Forced expiratory volume at one second; FEV1), 최대 수의적 환기량

(Maximal voluntary ventilation; MVV)을 스마트 폐활량 측정기(Spirobank Smart™, MIR, ITA)를 사용하여 측정하였다[17]. 이 측정 장비는 30 mm의 일회용 깔때기를 사용하여 호흡의 지속시간과 크기를 측정해 분석해주는 장비이다. 호흡이 밖으로 새지 않고 정확하게 측정될 수 있도록 마스크 위에 실리콘 풀 페이스 마스크(Sil-Flex Mask, Galemed, Taiwan)를 착용한 후 대상자는 바로 선 자세에서, 평상시와 같이 호흡을 2회 반복하게 하였다(Figure 2). 이후 약 2초간 빠르게 숨을 들이마시고 약 6초 동안 남은 호흡이 없도록 숨을 내쉬도록 하였다[18,19]. 측정 전 대상자에게 충분한 설명 후 치료사의 시범 후에 측정하였다.

자료 분석

본 연구의 자료 분석은 IBM SPSS version 21.0 (IBM Corp, Armonk, NY, USA)을 사용하였다. 기술통계를 통해 평균 및 표준편차 값을 제시하여 일반적 특성을 알아보았다. 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk test를 사용하였으며, 결과에서 모든 변수의 정규 분포가 확인되었다 χ^2 test와 independent t-test를 사용하여 대상자 및 사전 평가에서의 동질성 검정을 진행하였다. 그룹 내 변화를 알아보기 위해 paired t-test를 사용하였고, 그룹 간 변화를 알아보기 위해 변화량을 이용한 independent t-test를 사용하였다. 시간(time)과 그룹(group)의 상호작용(interaction)을 알아보기 위해 two-way ANOVA with repeated measure을 사용하였다. 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

연구 결과

본 연구에 참여한 대상자들의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

본 연구의 결과 시간과 그룹간의 교호작용은 나타나지 않았다. COVID-19에 확진 되고 자가 격리가 해제된



Figure 2. Smart spirometry (Spirobank Smart™, MIR, ITA)

그룹 내의 운동전과 운동후의 비교에서 FVC는 유의한 차이가 있었지만($p < 0.05$), FEV1, MVV에서는 유의한 차이가 없었다. COVID-19에 확진되지 않은 그룹 내의 운동전과 운동후의 비교에서 FVC, FEV1, MVV 모두 유의한 차이가 없었다. 두 그룹간 휴식기와 운동 후 변화량 비교에서는 FVC, FEV1, MVV값에서 유의한 차이가 없었다(Table 2).

논의

본 연구에서는 COVID-19 자가격리가 해제된 대상자와 COVID-19에 확진 되지 않은 대상자가 휴식기의 호흡기능과 유산소운동 후 호흡기능에 대해 비교하는데 목적이 있다.

Table 1. General characteristics of subjects (N=36)

	The after-quarantine group (n=18)	The healthy group (n=18)	χ^2/t (p)
Sex (M/F)	9/9	11/7	0.450 (0.502)
Age (years)	30.17±10.48	34.17±11.52	-1.090 (0.284)
Height (cm)	168.33±6.18	166.39±9.80	0.712 (0.482)
Weight (kg)	66.28±12.21	65.11±10.81	0.303 (0.763)
Period after COVID quarantine (Day)	40.05±10.42	—	

Values are expressed as mean±SD

* $p < .05$

Table 2. Difference in respiratory functions at rest and after treadmill exercise

	The after-quarantine group (n = 18)	The healthy group (n = 18)	t (p)	Time F (p)	Time×Group F (p)
FVC (L)					
Rest	4.06±0.82	4.03±1.23	0.108 (0.914)		
After treadmill	3.93±0.83	4.02±1.18		4.634 (0.038)*	3.610 (0.066)
Change	-0.14±0.23	-0.01±0.16	-1.900 (0.066)		
t (p)	2.472 (0.024)*	0.232 (0.819)			
FEV1 (L/sec)					
Rest	3.14±0.95	3.19±0.94	-0.155 (0.878)		
After treadmill	3.11±0.95	3.20±0.95		0.051 (0.822)	0.239 (0.628)
Change	-0.33±0.29	0.01±0.26	-0.489 (0.628)		
t (p)	0.480 (0.637)	-0.196 (0.847)			
MVV (L/min)					
Rest	111.03±35.88	111.53±32.86	-0.043 (0.966)		
After treadmill	108.84±33.35	111.98±33.35		0.267 (0.609)	0.618 (0.437)
Change	-2.19±10.84	0.45±9.26	-0.786 (0.437)		
t (p)	0.857 (0.404)	-0.208 (0.838)			

Values are expressed as mean±SD, * p < .05

FVC; Forced Vital Capacity, FEV1 Forced Expiratory Volume. 1 second, MVV; Maximal Voluntary ventilation.

본 연구의 결과 남아 COVID-19에 확진 되지 않은 대상자와 격리가 해제된 대상자간의 휴식기의 호흡기능에서 모두 유의한 차이가 나타나지 않았지만 중강도[20]의 트레드밀 훈련 후 COVID-19에 확진 되고 자가 격리가 해제된 성인남녀 군의 FVC 값의 유의미한 차이가 나타났다. FVC는 성인의 경우 남자 3 L이상 여자의 경우 2 L이상의 기준을 가지고 있다[21]. [22]연구에서는 FVC, FEV1, MVV값에서 유의미한 차이가 없었다. 본 연구의 두 군은 모두 기준 값을 초과한다. 그러나 [20]에서 명시된 하루 20분간의 중강도 유산소운동이 COVID-19 확진되지 않은 대상자에게는 크게 영향을 미치지 않지만 COVID-19 확진 되고 자가격리가 해제된 대상자는 COVID-19로 인해 폐 기능이 손상되어 호흡기능에 부정적인 영향을 미친다고 생각된다. 1회성의 즉각적인 유산소운동뿐만 아니라 장기적인 운동시간, 적용기간을 적용한 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다. [21]의 정상인 대상인 연구에서는 FVC값이 기준 값에 미치지 못하는 2.84L에 해당되며 [22]의 뇌졸중 환자 대상인 연구 또한 기준 값에 미치지 못한다. 이러한 차이는 호흡평가 시 마스크 착용이라는 조건으로 생긴 차이로 생각된다. [7]의 연구에서는 코로나 환자가 퇴원 후(최소 3개월) 지속적인 제한성 패턴의 폐 기능을 보였

다고 하며 주요특징인 FVC감소가 있다[23,24]. 따라서 본 연구의 대상자인 COVID-19 자가격리가 해제된 대상자의 FVC에서만 감소의 뒷받침할 수 있다. [26]의 연구에서는 COVID-19의 급성기 증상 발생 시점으로부터 3~4주 후 지속되거나 새로 발생한 증상이라 명시하였고 [6]의 사례연구에서는 55,924건을 기반으로 한 중앙값은 경증의 경우 약 2주, 중증의 경우 3~6주의 COVID-19 증상 지속기간이라 발표한 바 있다. 본 연구의 COVID-19의 격리해제 후 기간은 40.5일 이므로 증상의 지속의 영향이 미미할 수 있으나 본 연구는 일상생활 수준의 활동이 아니라 중강도[16]의 트레드밀 훈련 후에 평가하였다. 따라서 일상생활 수준에서 일정기간의 격리가 지난 후 폐 기능에는 큰 영향을 미치지 않지만 중강도[16]의 유산소 후 에는 폐 기능에 부담을 주어 부정적인 영향을 미친다고 생각된다.

한국의 경우, 80세 이상의 코로나 치명률은 24.79%인 반면에 50대 이하는 1% 미만으로 급격히 낮아진다고 보고된다[27]. 본 연구의 대상자는 20~60대로 치명률이 낮은 편에 해당되지만 유산소 운동시 폐 기능에 부정적인 영향을 미치므로 주의해서 해야 된다고 사료된다.

본 연구에서 실시한 COVID-19 자가격리가 해제된 대상자와 COVID-19에 확진 되지 않은 대상자의 휴식기

와 유산소 운동 후의 폐 기능에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 그 결과, COVID-19 자가격리가 해제된 대상자에서의 폐 기능에서 저하를 보이며, COVID-19의 종식이 되지 않았으며 향후 새로운 호흡기 질환의 발생 시 심폐 물리치료의 기초에 기여할 수 있을 것이라고 생각되며 다양한 방법의 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서의 제한점은 COVID-19 증상의 정도가 대상자 모두 일관적이지 않았으며 격리기간 또한 평균 40.5일로 일관적이지 않다. 운동의 강도가 중강도로 진행되어 강도가 약하거나 강할 경우의 호흡기능의 차이는 알 수가 없다. 본 연구의 결론은 COVID-19 자가격리가 해제된 대상자가 COVID-19에 확진 되지 않은 대상자의 호흡평가 시 두 군의 휴식기의 호흡기능에는 차이가 없지만 운동 후 호흡평가 시 COVID-19 자가격리가 해제된 군에서 폐 기능의 회복이 저하한다는 점을 확인할 수 있었다.

이해 충돌

본 연구의 저자들은 연구, 저작권, 및 출판과 관련하여 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

참고문헌

- Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel corona virus-infected pneumonia. *New England journal of medicine* 2020.
- Centers for Disease Control and Prevention. Considerations for wearing masks 2020.
- Park EC. Post corona virus disease 2019. *Health Policy and Management* 2020;30(2):139-41.
- Cirrincione L, Plescia F, Ledda C, Rapisarda V, Martorana D, Moldovan RE, et al. COVID-19 pandemic: Prevention and protection measures to be adopted at the workplace. *Sustainability* 2020;12(9):3603.
- Beeching NJ, Fletcher TE, Fowler R. BMJ best practice. Corona virus Disease 2019 (COVID-19). *British Med J* 2020;24.
- World Health Organization. "Corona virus disease 2019 (COVID-19): situation report 2020;73.
- Mo X, Jian W, Su Z, Chen M, Peng H, Peng P, et al. Abnormal pulmonary function in COVID-19 patients at time of hospital discharge. *European Respiratory Journal* 2020;55(6).
- Huang Y, Tan C, Wu J, Chen M, Wang Z, Luo L, et al. Impact of corona virus disease 2019 on pulmonary function in early convalescence phase. *Respiratory research* 2020;21:1-10.
- Thomas, M, Price OJ, Hull JH. Pulmonary function and COVID-19. *Current opinion in physiology* 2020;21:29-35.
- Ahmed H, Patel K, Greenwood DC, Halpin S, Lewthwaite P, Salawu A, et al. Long-term clinical outcomes in survivors of severe acute respiratory syndrome (SARS) and Middle East respiratory syndrome corona virus (MERS) outbreaks after hospitalisation or ICU admission: a systematic review and meta-analysis. *Journal of rehabilitation medicine* 2020;52(5):1-11.
- Sonnweber T, Sahanic S, Pizzini A, Luger A, Schwabl C, Sonnweber B, et al. Cardiopulmonary recovery after COVID-19: an observational prospective multicentre trial. *European Respiratory Journal* 2020;57(4).
- Van den Borst B, Peters JB, Brink M, Schoon Y, Bleeker Rovers CP, Schers H, et al. Comprehensive health assessment 3 months after recovery from acute corona virus disease 2019 (COVID-19). *Clinical Infectious Diseases* 2020;73(5):1089-98.
- Lan L, Xu D, Ye G, Xia C, Wang S, Li Y, et al. Positive RT-PCR test results in patients recovered from COVID-19. *Jama* 2020;323:1502-3.
- Ahmed, I. COVID-19—does exercise prescription and maximal oxygen uptake (VO₂ max) have a role in risk-stratifying patients?. *Clinical Medicine* 2020;20(3):282.
- Kim JH. Effects of treadmill gait and STS exercise on cardiopulmonary function, muscular cross-sectional area and insulin resistance for patients with stroke. Graduate School of Physical Therapy. Doctor's Degree. Yong-in University 2011.
- Park DH, Kim CS, Kim KJ. Consideration about physical activity guideline and exercise intensity for adult. *Exercise Science* 2015;24(2):99-107.
- Park SH, Cha YJ, Choi YH. Effects of treadmill walking training with randomized walking speed on pulmonary function in persons with chronic stroke. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine* 2016;11(4):71-8.

18. An SK, Shin WS. Effect of air stacking training on pulmonary function, respiratory strength and peak cough flow in persons with cervical spinal cord injury. *Physical Therapy Rehabilitation Science* 2018;7(4):147-53.
19. 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):83-9.
20. Park DH, Kim CS, Kim KJ. Consideration about physical activity guideline and exercise intensity for adult. *Exercise Science* 2015;24(2):99-107.
21. Kum DM, Shin WS. How Does the Filter on the Mask Affect Your Breathing?. *Physical Therapy Rehabilitation Science* 2021;10(4):438-43.
22. Lee YH, Kum DM, Shin WS. Effect of Mask Filter on Respiratory Function in Chronic Stroke Patients. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine* 2022;10(1):149-55
23. Aggarwal AN, Agarwal R. The new ATS/ERS guidelines for assessing the spirometric severity of restrictive lung disease differ from previous standards. *Respirology* 2007;12(5):759-62.
24. Hariri LP, Smith ML, Mino-Kenudson M, Allen TC, Attanoos R, Borczuk A, et al. Pulmonary Pathology Society Perspective on the 2018 American Thoracic Society, European Respiratory Society, Japanese Respiratory Society, and Latin American Thoracic Society Idiopathic Pulmonary Fibrosis Clinical Practice Guidelines. *Ann Am Thorac Soc* 2020;17(5):550-4.
25. Song JY, Park SH, Kim BS, Ha TW, Son JK, Lee MM. Effects of Personalized Complex Aerobic Training Programs using Wearable Device on Cardiovascular and Respiratory Functions of Female Elderly. *Physical Therapy Rehabilitation Science* 2021;10(4):421-9.
26. Nalbandian A, Sehgal K, Gupta A, Madhavan MV, McGroder C, Stevens JS, et al. Post-acute COVID-19 syndrome. *Nature medicine* 2021;27(4): 601-15.
27. Jin KN, Han JE, Park H, Han C. Determinants of COVID-19 related infection rates and case mortality rates: 95 country cases. *Korea Journal of Hospital Management* 2020;25(4):1-12.