

How Does the Filter on the Mask Affect Your Breathing?

Dong-Min Kum^{a,b}, Won-Seob Shin^{a,b}

^aDepartment of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University, Republic of Korea

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

Objective: The purpose of this study was to determine the effect of the difference in mask filters on the respiration rate of healthy people.

Design: A randomized cross-over design.

Methods: A total of 15 subjects were selected for this study (n=15). After filling out the Physical Activity Readiness Questionnaire, the selected participants abstained from caffeinated beverages and meals 30 minutes before and sat in a chair 10 minutes before stabilizing their breathing. Afterwards, the lung function test was performed 3 times for each mask, and the maximum value was used. The provided masks were Mask Free, Dental Mask, KF80, and KF94. Exhalation was measured for 6 seconds for each mask, and breathing was stabilized by repeating inhalation and exhalation until the next time.

Results: In this study, the difference in respiratory function according to the mask type was statistically significant except for FEV1 and FVC (p < 0.05). As a result of post-hoc analysis, FVC, FEV1, PEF, and FEF values were significantly lower than those of the control group not wearing a mask (p < 0.05). When wearing KF94, FVC, FEV1, PEF25-25%, and FEF were significantly lower than when wearing a dental mask (p < 0.05). When wearing a KF80 mask, it was significantly lower in FVC and FEV1 than when wearing a dental mask (p < 0.05). In FEV1/FVC, the difference by mask type was not statistically significant (p < 0.05), but it was lower than the spirometry standard of COPD patients (FEV1/FVC < 0.7).

Conclusions: As Now that wearing a mask is essential, it has been confirmed that the mask affects the respiratory rate. Therefore, in the case of healthy adults, it is recommended to rest after wearing a mask if attention deficit or headache occurs.

People with low breathing capacity are recommended to have low-intensity activities and frequent rest periods after wearing a mask.

Key Words: Mask Filter, respiration, respiratory volume

서론

2019년 중국 우한에서 최초 보고된 코로나 바이러스 (Covid-19)는 2020년 3월 세계 보건 기구가 팬데믹 (Pandemic)을 선언할 정도로 세계적으로 확산되었다[1]. 2021년 1월 28일 질병관리청에서 발표한 자료에 따르면 현재 확인 환자 76,926명, 사망자 1,386명으로 집계되고 있으며 현재도 여전히 진행 중이다[2]. Covid-19의 확산을 막기 위하여 한국 정부는 코로나 행동 수칙을 발표, 집단 방역(5대 핵심수칙과 4개의 보조수칙)을 제시하는 등, 다양한 확산 방지 정책을 제시하고 있다[3]. 이로 인하여 사회 각 분야에 어려움이 발생하고 있는데, 대표적으로

여행, 항공, 체육 분야를 들 수 있다.실내의 체육 시설은 사회적 거리 두기로 인하여 운영이 제한되거나 중단되었고, 각종 스포츠 경기는 무관중으로 진행되어 참여의 기회가 제한되고 있는 실정이다[4].

Covid-19의 장기화로 인한 사회적 거리두기 기한이 연장되면서 신체활동 감소로 인한 우울증 호소들의 정신적인 문제와 육체적인 문제를 해결하기 위해 보건복지부에서는 생활 속 사회적 거리두기 세부 지침을 마련하여 실내 체육시설의 경우 마스크 착용 후 4m² 당 1명으로 인원을 제한하여 시행하고 있다[5]. 이런 마스크는 투과율 별로 Dental, KF80, KF94 등으로 국내에서 다양하게 분류되고 있는데 Dental 마스크는 평균 1μm 크기의 미세입

Received: Nov 1, 2021 Revised: Nov 23, 2021 Accepted: Dec 8, 2021

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

Department of Physical Therapy, Applied Science Building, 62, Daehak-ro, Dong-gu, Daejeon, 34520, Republic of Korea

Tel: +82-42-280-2294 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 © 2021 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

자 94% 차단, KF80은 평균 0.4 μ m~0.6 μ m 크기의 미세 입자 80% 이상 차단하며, KF94는 0.4 μ m~0.6 μ m 크기의 미세입자 94% 이상 차단하는 마스크이다[6].

이러한 마스크 사용이 일상 생활이 된 시점에서 최근 국내외에서는 마스크 착용이 인체에 끼치는 영향에 대한 선행 연구들이 발표되고 있다. 해외에서 N95 마스크 위에 Dental 마스크를 착용하여 인체에 어떠한 생리적 변화가 생기는지 확인한 연구에서는 착용자의 활동량이 증가하면 의사소통시 언어 전달성이 낮아짐과 호흡 곤란, 일부 사람(천식환자, 공황장애, 밀실공포증의 병력이 있는 사람)에게 부정적인 요인이 발생하였고[7], 마스크 착용 후 운동시 혈관 확장으로 인한 두통을 보고한 연구와 마스크를 착용한 10대의 청소년들이 달리기를 하다 사망한 사고가 보고되며[8,9], 장시간의 마스크 착용이 인체에 부정적인 영향을 끼칠 수 있음이 보고되고 있다[10]. 또한 국내의 연구에서 만성 폐쇄성 폐질환환자(Chronic Obstructive Pulmonary Disease; COPD)는 호흡근의 약화로 호흡곤란과 이동거리, 지구력, 기능적 움직임이 감소하며[34], 폐기능 검사의 결과와 상관관계가 있지 않은 호흡의 문제는 환자의 일상생활에 영향을 끼친다고 보고되고 있다 [35]. 하지만 최근 보고되고 있는 논문에서는 어떠한 상황에서 어떤 마스크를 착용해야 하는지 명시되어 있지 않으며, 마스크 필터 각각의 효과에 대해서는 발표되고 있으나, 마스크 필터 별로 호흡에 미치는 영향에 대해 비교, 분석하는 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 건강한 10대에서 40대의 남자에게 Dental 마스크, KF80, KF94 마스크를 제공하고 마스크의 필터가 호흡에 어떠한 영향을 끼치는지 알아보하고자 한다.

연구 방법

연구 대상

본 연구의 대상은 세종시에 거주중인 10대에서 40대의 건강한 남자를 대상으로 하고, 선정기준에 적합한 대상자를 연구에 참여하도록 하였으며, 실험 방법과 목적을 설명하여 서명을 받아 동의를 얻는 방법으로 진행하였다. 선정 기준은 과거에 심폐질환이 없는 자, 현재에 심폐 질환이 없는 자, 호흡 평가를 숙지하고 시행할 수 있는 자이며, 제외 기준은 과거에 심폐 질환이 있었던 자, 현재에 심폐 질환이 있는 자, 호흡 평가를 숙지하지 못하고 시행할 수 없는 자이다.

대상자는 Cohen의 표본 추출 공식에 따른 표본 수 계산 프로그램인 G*Power 프로그램(version 3.1.9.2, Dusseldorf, Germany)을 이용하여 산출하였다. 선행 연구의 그룹 간

변수의 평균과 표준 편차를 대입하여 효과 크기를 산출하였다. 본 연구는 대전대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받은 후에 연구가 진행되었다(IRB:1040647-202110-HR-013-01).

연구 절차

본 연구의 설계는 Randomize Cross-over Design으로 각각의 대상자에 마스크를 필터별로 제공하여 마스크 별 호흡의 차이를 확인하였다.

실험 방법

폐기능 검사

대상자는 총 20명으로(n=20) 산출되었고, 5명이 최종 탈락되어 15명으로 선정되었다(n=15). 선정된 이들은 PAR-Q(신체 활동 준비도 설문지)를 작성후, 30분전 카페인 음료와 식사를 금지하고 10분전 의자에 앉아 호흡을 안정화시켰다. 이 후 마스크 Free, Dental 마스크(3중 필터 Dental 마스크, WoolryWoolry, China), KF80(크린가드 황사 마스크 수프림 플러스, 유한 김벌리, Korea), KF94(피엔티디웰킵스 KF94, 존스미디어, Korea)의 마스크를 제공하여 마스크를 착용하고 그 위에 실리콘 폼페이스 마스크를 착용하여 호흡 누출 방지를 위해 헤드 스트랩으로 고정하고 호흡의 분산을 최대한 막은 상태에서 6초간 호흡을 내뿜는 것을 측정하고 다음 시기까지 흡기와 호기를 반복하여 호흡을 안정시켰으며[33], 마스크 교체 시 1분간의 호흡 안정기를 두었다[6,11]. 폐기능 검사는 개인의 호흡능력을 객관적으로 측정하고 폐가 얼마나 잘 환기 되고 가스가 교환하는지 측정하는 검사로 총 3회씩 실시하였으며, 그중 최대값을 사용하였다[12,36]. 대상자의 수는 Jung(2002)의 선행연구를 참고하여 15명이 산출되었고 탈락률을 고려하여 20명을 모집하였다.

평가방법 및 측정 도구

스마트 폐활량 측정기

본 연구의 호흡 평가는 폐기능검사 지침에 따라 시행하였고[10], 스마트 폐활량 측정기(SpirobankSmart™, MIR, ITA)를 사용하였다(Figure 1). 스마트 폐활량 측정기는 30mm의 일회용 깔때기를 사용하여 호흡을 하면, 호흡의 지속시간과 호흡의 크기를 측정해 분석해 주는 장비이다 [9]. WinspiroPro(version 8.4, MIR, ITA)소프트웨어를 사용해 호흡 측정에 가이드 라인을 제시해주며 이 장비들은 MDD CE(9826) 인증을 받아 측정에 정확성을 가진다. 호흡 평가 중 코로 호흡이 분산되는 것을 방지하기 위



Figure 1. Spirometry with silicone full face mask

해 실리콘 풀 페이스 마스크(Galemed, Taiwan)을 사용하였다(Figure 1).

측정항목

측정 항목은 FVC(Forced vital capacity), FEV1(Forced expiratory volume. 1 second), PEF(Peak expiratory flow), FEF 25-25%(Forced expiratory flow), MVV(Maximal voluntary ventilation), FEV1/FVC(Forced expiratory volume. 1 second/Forced vital capacity)이다 [11]. FVC는 최대로 숨을 들이 쉰 다음, 최대 노력으로 끝까지 내쉬었을 때 공기량을 말하며 성인의 경우 남자는 3L 이상, 여자는 2L 이상의 기준을 가진다[12]. FEV1는 첫 1초간 얼마나 빨리 숨을 내설 수 있는지 보는 지표이

다. 성인의 경우 폐활량의 75% 이상, 2초 동안 85% 이상, 3초 동안 95% 이상을 배출한다[13]. PEF는 최대 흡기 상태에서 최대의 힘으로 호기할 동안 만들어지는 Maximal Flow를 의미한다[15,16]. FEF 25-25%는 총 폐활량에서 처음과 끝 25%씩을 제외한 중간 50%의 평균적인 유량을 평가하는 지표이다. 성인은 2.7~4.5L/min를 가지며 환자의 노력과 비교적 연관성이 떨어지는 값이다[19]. MVV는 최대 환기량으로 자발적 최대 노력으로 1분간 호흡할 수 있는 환기량이다[6,18]. 기준은 약 160~180L/min이다 [16]. FEV1/FVC는 폐에서 강제로 내설 수 있는 공기의 양을 측정하는 것으로, 이 비율은 만성폐쇄성 폐질환(COPD)와 같은 폐쇄성 폐질환의 진단 및 치료에 사용된다. 기준은 FEV1/FVC < 0.7이다[11,17].

자료 분석

본 연구는 자료분석은 SPSS(21.0 Version, IBM Inc., USA) 통계프로그램을 사용하여 분석하였고, 피험자 15명이 각 마스크 별 4개의 조건에 참여하여 얻은 총 60회의 호흡 능력 차이에 관한 실험결과에 대해 평균과 표준편차를 제시하였다. 마스크착용과 종류에 따른 통계적 차이는 반복 측정 분산분석(Repeated Measures ANOVA)로 검증하였고, 사후 분석은 Bonferroni correction으로 진행하였다 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 정하였다.

연구 결과

연구 대상자 20명중 5명은 실험에 참여하지 않아 탈락되어 총 15명으로 실험이 진행되었다. 15명의 평균 연령은 29.47세로 나타났으며 평균 신장 176.33cm, 평균 체중은 73.33Kg이다(Table 1).

본 연구에서 마스크의 종류에 따른 호흡기능의 차이는 FEV1과 FVC를 제외하고 모두 통계적으로 유의하게 나타났다($p < 0.05$). 사후 분석결과, 마스크를 착용하지 않은 대조군에 비해 FVC, FEV1, PEF, FEF 값이 유의하게 낮게 나타났다($p < 0.05$). KF94를 착용하였을 때는 Dental 마스크를 착용하였을 때에 비해 FVC, FEV1, PEF25-25%, FEF에서 유의하게 낮게 나타났다($p < 0.05$). KF80 마스크

Table 1. General characteristics

Variables	Male (n=13)	Female (n=2)	Total (N=15)
Age (year)	30.62 (9.11)	22.00 (1.41)	29.47 (8.97)
Height (cm)	176.31 (6.45)	176.50 (16.26)	176.33 (7.38)
Weight (kg)	73.92 (12.54)	77.00 (29.70)	74.33 (14.11)

The values are presented as mean (SD)

Table 2. Differences in respiratory according to mask types

Variables	KF94	KF80	Dental	Control	F(p)
FVC (ℓ)	2.84 (0.22) ††	3.05 (0.23) ††	3.62 (0.20) †	5.47 (0.31)	22.982 (.000)*
FEV1 (ℓ/sec)	1.81 (0.22) ††	2.04 (0.22) ††	2.56 (0.20) †	3.90 (0.22)	60.145 (.000)*
PEF (ℓ/sec)	2.86 (0.39) ††	3.31 (0.48) †	3.99 (0.37) †	7.37 (0.75)	16.464 (.000)*
FEF 25-25% (ℓ/sec)	1.52 (0.23) ††	1.91 (0.27) †	2.28 (0.35) †	3.53 (0.26)	34.301 (.000)*
MVV (ℓ/min)	63.28 (7.59) ††	73.76 (8.06) †	87.22 (7.06) †	136.62 (7.78)	52.988 (.000)*
FEV1/FVC	.620 (.05)	.65 (0.04)	.71 (0.05)	.72 (0.03)	2.846 (.063)

The values are presented as mean (SD).

* $p < 0.05$. †significant difference compared to control, ††significant difference compared to Dental.

FVC : Forced Vital Capacity , FEV1 : Forced Expiratory Volume. 1 second, PEF : Peak Expiratory Flow, FEF 25-75% : Forced Expiratory Flow 25-25%, MVV : Maximal Voluntary Ventilation.

를 착용하였을 때는 Dental 마스크를 착용하였을 때에 비해 FVC, FEV1에서만 유의하게 낮게 나타났다($p < 0.05$). FEV1/FVC는 마스크의 종류별 차이가 통계적으로 유의하지 않았다($p < 0.05$)(Table 2).

논의

Covid-19는 SARS-CoV-2에 의한 감염질환으로 호흡기 질환을 유발하며 심한 경우 폐렴을 일으킨다[24]. 따라서 정부는 마스크 사용 권고 사항을 2022년 3월에 개정된 사항으로 발표하였고, KF94, KF80의 마스크 착용을 권장하고 있다[25]. 이는 Covid-19의 감염을 10.52% 감소시킬 수 있기 때문이다[11]. 하지만 장시간의 마스크 착용은 마스크 내부의 호흡에 영향을 끼쳐 사용 가능한 산소가 줄어들고 호흡에 방해가 될 수 있다[27]. 또한 고탄소 저산소증은 심장의 과부하 및 혐기성 대사, 신장 과부하를 증가시킬 수 있으며, 만성질환의 근본적인 병리를 악화시킬 수 있다[8]. 선행 연구에서 마스크를 착용 후 이산화탄소의 농도가 높아지는 것을 확인하였고 이는 마스크가 이산화탄소를 외부로 배출하는 것에 대해 방해가 될 수 있다[7]. 마스크로 제한된 공간에서 호흡하면 동맥의 이산화탄소의 농도가 증가한다[28]. 이는 COPD와 유사한 불편함, 피로, 현기증, 두통, 숨가쁨, 근육약화, 졸음과 같은 생리적 효과를 보일 수 있다. 이런 현상은 마스크 필터의 등급이 높을수록 더 강한 효과가 나타난다고 할 수 있다[8]. 이는 마스크의 착용이 Covid-19의 감염확률을 줄일 수 있으나 신체에 가해지는 문제에 관한 최적의 마스크의 활용법에 대한 연구가 필요하다는 의미이다.

본 연구는 안정된 상태에서 호흡의 상태를 마스크 필터별로 구분하여 필터가 호흡에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. 이 실험의 결과로 마스크의 착용은 일반적

인 호흡에 비해 어떠한 마스크를 착용하여도 호흡에 영향을 끼치지 확인되었다. 안정된 상태에서 측정되었음에도 마스크 착용 후 호흡이 통계적으로 유의하게 감소되었고 이는 호흡능력에 유의미한 차이가 발생하였다.

마스크별 비교에서는 Dental 마스크를 착용 후 호흡평가를 한 것과 KF94를 착용하고 진행한 호흡평가가 더 낮은 호흡능력을 보여주었다. Dental 마스크 착용 후 호흡평가에서 FVC는 평균 3.62L로 FVC 성인의 기준인 3L를 초과하였고 FEV1은 일반 호흡의 76%로 정상범위에 들어와 호흡능력에 유의미한 차이는 보이지만 정상 호흡범위안에 들어와 있다 할 수 있다. 그러나 KF94는 FVC 값이 성인의 기준 3L보다 적은 2.84L로 정상범위보다 낮은 호흡능력을 보여주었고 FEV1의 값도 일반 호흡의 54%로 정상 범위보다 낮은 능력을 보여주었다.

이러한 KF94의 값은 COPD가 있는 환자보다 낮은 FEV1/FVC 값을 나타냈는데 성인의 폐활량 측정법에서 기관지확장제 사용 전 $FEV1/FVC < 0.7$ 으로 KF94는 0.62으로 COPD환자의 폐활량보다 낮은 값을 보이고 있다[12]. 하지만 바이러스의 좋은 여과 효율을 생각하면 KF94를 사용하는 것이 바람직하다. Dental 마스크는 어느 정도 효과가 있었으나 KF94만큼은 아닌 것으로 확인되었다[9].

Covid-19의 유행이 시작된 후 마스크는 일상생활 만 아니라 운동 및 각종 여과생활에서도 필수적으로 착용되고 있다. 바이러스를 차단하기위해 높은 등급의 마스크를 착용한다면 휴식의 빈도를 높이고 운동강도를 조절하는 등의 주의가 필요하다[24].

본 연구에서는 일반적인 호흡과 마스크 필터 별 호흡능력에 차이에 대해서 알아보았다. 마스크 필터의 차이와 상관없이 마스크를 착용한 호흡과 일반적인 호흡은 차이가 있었으며, Dental 마스크와 KF등급의 마스크의 호흡

차이는 유의하게 나타났다. 바이러스의 전파방지를 위해서는 KF등급의 마스크가 당연하나 그에 따른 호흡량의 변화를 확인하였다. 이에 건강한 성인의 경우 마스크 착용 후 주의력 결핍이나 두통 발생시 휴식을 권장하며, 호흡능력이 떨어지는 COPD환자나 낮은 호흡능력을 가진 사람들은 마스크 착용 후 활동시에는 낮은 강도의 활동과, 잦은 휴식시간을 가질 것을 권장한다. 이 연구는 안정된 상태에서 호흡능력의 차이를 비교하여 운동 강도에 따른 필터 별 호흡능력에 차이에 대해서는 알아보지 못하였고 추후 연구에서는 마스크 필터에 따른 운동 강도 별 호흡능력의 차이에 대하여 알아보아야 할 것이다.

이해 충돌

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

참고문헌

1. Rothan HA, Byrareddy SN. The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. *Journal of autoimmunity* 2020;109:102433.
2. Sim MY, Psychological Effects of the coronavirus disease 2019 pandemic *Korean Journal of Medicine* 2020;95(6):360-3.
3. Noh YH, Shin YG. A Study on the Library Activation Plan Using Autonomous Objects. *J. Korean Library and Information Science Society* 2021;52(1):27-54.
4. Kwon OJ. A Case Study of Changes in the Exercise Behavior of the Elderly by COVID-19. *Korean J. Sport Psychol* 2020;31:123-34.
5. Yu SS, Oh HJ. Using Online Records for Construction of White Papers on Disaster Management. *J. Korean Society of Archives and Records Management* 2021;21(2):135-54.
6. Jung JY, Kang C, Seong Y, Jang SH, Lee JY. Effects of Wearing COVID-19 Protective Face Masks on Respiratory, Cardiovascular Responses and Wear Comfort During Rest and Exercise. *Fashion & textile research Journal* 2020;22(6):862-72
7. Roberge, Raymond J.; ROBERGE, Marc R. Cloth face coverings for use as facemasks during the coronavirus (SARS-Cov-2) pandemic: what science and experience have taught us. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness* 2020;1-29.
8. Chandrasekaran, Baskaran; FERNANDES, Shifra. "Exercise with facemask; Are we handling a devil's sword?"-A physiological hypothesis. *Medical hypotheses* 2020;144,110002.
9. Rosner, E. Adverse effects of prolonged mask use among healthcare professionals during COVID-19. *J. Infect Dis Epidemiol* 2020;6(3):130.
10. Haischer, Michael H. Who is wearing a mask? Gender-, age-, and location-related differences during the COVID-19 pandemic. *Plos one* 2020;15(10), e0240785.
11. Dean E, Frownfelter, Donna. *Cardiovascular and pulmonary physical therapy-E-Book, Evidence and practice* 2014.
12. Sutbeyaz, Serap Tomruk. Respiratory muscle training improves cardiopulmonary function and exercise tolerance in subjects with subacute stroke: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation* 2010;24(3):240-50.
13. Kim YS. Lung function test training course organized by the Korean Tuberculosis and Respiratory Association: Primary theoretical education: Quality control guidelines for lung function tests. *Korean Tuberculosis and Respiratory Association Fall Conference* 2013;116(0):57-65.
14. Lin, Ching-Hsiung. Novel App-Based Portable Spirometer for the Early Detection of COPD. *Diagnostics* 2021;11(5):785.
15. Kim, HS, Cho SH. Correlation between Body Composition and Lung Function in Healthy Adults. *J. The Korean Society of Integrative Medicine* 2020;8(2): 53-61.
16. Lee KC, Choo YK. Inspiratory Muscle Strengthening Training Method to Improve Respiratory Function: Comparison of the Effects of Diaphragmatic Breathing with Upper Arm Exercise and Power-Breathe Breathing. *J. The Korean Society of Integrative Medicine* 2021;9(3):203-11.
17. Lee YS. Compare the Effects of Inspiratory and Expiratory Muscle Strengthening Training of Normal Adult Respiratory Function. *J. Korean Soc Integr Med* 2016;4(1):41-7.
18. Kim MCI. The Normal Predicted Value of Peak Expiratory Flow(PEF) Measured by the Peak Flow Meter and Correlation Between PEF and Other Ventilatory Parameters *Tuberc Respir Dis (Seoul)*

- 1998;45(5):1000-11.
19. Hanayama Kozo, Ishikawa Yuka; BACH, John R. AMYOTROPHIC LATERAL SCLEROSIS: Successful Treatment of Mucous Plugging by Mechanical Insufflation-Exsufflation. *American J. physical medicine & rehabilitation* 1997;76(4):338-9.
 20. Dechman Gail, Wilson, Christine R. Evidence underlying breathing retraining in people with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Physical therapy* 2004;84(12):1189-97.
 21. Seo KC. The effects of pulmonary function in the stroke patients after thoracic expansion exercise. *J. the Korean Society of Physical Medicine* 2012; 7(2):157-64.
 22. Yoon SY, Jeong HY, Jeong SM, Kim SY, Kim YK. A Study of Pulmonary Function in Normal Young Persons. *Tuberculosis and Respiratory Diseases* 1983;30(4):184-7.
 23. Lim SY, Yoon HI. Interpretation of Pulmonary Function Tests and Optimization of Inhalation Therapy. *Korean J. Medicine* 2021;96(3):209-217.
 24. Lee KH. Diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease. *Korean J. Med* 2009;77(4):401-6.
 25. Jin, K. N., Yoon, S. H., Park, C. H., Beck, K. S., Do, K. H., & Yong, H. S. KSR/KSTR guidelines for the use of diagnostic imaging for COVID-19. *J. Korean Soc Radiol* 2020;81(3):577-82.
 26. Shin NY, Lee KM, Kang YH. A Survey Study of Compliance with Mask-Wearing to Prevent Coronavirus Infections among Korean Adults. *J. Korean Acad Fundam Nurs* 2021;28(3).
 27. Nguyen, My. Mask Mandates and COVID-19 Related Symptoms in the US. *ClinicoEconomics and Outcomes Research: CEOR* 2021;13:757.
 28. Kwon JH. A study of disposable micro dust-mask design for bicycle users. *J. Digital Convergence* 2018;16(12):571-7.
 29. Yu JW, Kim UJ, Hur NK. A Numerical Analysis on Respiratory Flow Characteristics in Wearing a Mask. In: *Korean Society of Mechanical Engineers Spring and Autumn Conference. The Korean Society of Mechanical Engineers* 2018;426-7.
 30. Jung JY. Korean COPD Guideline. *Obstructive Lung Disease* 2021;9(1):21-24.
 31. Yoon CS, Go SB, Park JH. Comparisons of Certification Standards for Mask and Review on Filtration Efficiency for Viruses. *Korean Industrial Hygiene Association Journal* 2020;30(2):109-23.
 32. Sakaguchi H, Wada K, Kajioka J, Watanabe M, Nakano R, Hirose T, Maintenance of influenza virus infectivity on the surfaces of personal protective equipment and clothing used in healthcare settings. *Environmental health and preventive medicine* 2010;15(6):344-9.
 33. Flkenzer S, Uhe T, Lavall D, Rudolph U, Falz R, Busse M, Laufer U, Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clinical Research in cardiology* 2020; 109(12):1522-30.
 34. Lee SC, You SK, Yang SB, Park DS, Reliability and validity of an electronic inspiratory loading device for assessing pulmonary function in patients with COPD. *Physical therapy rehabilitation science* 2021;10:16-21.
 35. Kim SH, Jeong JH, Lee BJ, Shin MJ, Shin YB, Effects of barrier to hospital-based pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Physical therapy rehabilitation science* 2020;9:82-9
 36. Kim BS, Lee MM, A study on the clinical usefulness, validity, and test-retest reliability of the spio-kit, a device that combines the pulmonary function test and respiratory muscle strength test. *Physical therapy rehabilitation science* 2020;9:120-30