

정상인의 중등도 걷기 상황에서 보건용 마스크착용에 대한 호흡패턴의 변화

장호영 · 서혜경*

신한대학교 보건기술융합학과

The Impact of Wearing a KF Mask on Breathing Patteren in Healthy Individuals with Moderate Walking

Hoyeong Jang · Hyekyung Seo*

Department of Health Technology Convergence, Shinhan General Graduate School, Korea

ABSTRACT

Objectives: Due to COVID-19(Coronavirus Disease 2019) and deteriorating air quality, the number of individuals voluntarily wearing masks is on the rise. This study aims to assess the effects of mask-wearing on breathing pattenen and respiratory volume, based on the hypothesis that a higher filter level in a health mask correlates with a greater physiological burden on the human body.

Methods: Forty voluntary participants were recruited to wear KF94 and KF80 grade masks. Heart rate(bpm), Oxygen Saturation(%), Tidal Volume(L) and Ventilation(L/min) were evaluated before and after mask-wearing using spirometry. The respiratory flow rate was assessed by measuring the differences in inhalation and exhalation patterns using a flowmeter. The data were analyzed using SPSS version 20.

Results: vital signs did not differ significantly with or without a mask. In contrast, significant differences were observed in the breathing flow($p<0.05$). Both expiratory and inspiratory flow rates decreased when walking at 6 km/h with the mask on ($p<0.05$).

Conclusions: Our study found that wearing a mask affects breathing pattern, with significant decreases in tidal volume and ventilation. However, no differences were observed in heart rate or oxygen saturation. Particularly among teenagers, tidal volume and ventilation were significantly reduced, likely due to their ongoing physical development. Therefore, further research on the long-term effects of mask-wearing is essential, and additional data collection on various types of masks will be conducted.

Key words: breathing pattern, respiratory flow rate, spirometry, KF masks, ventilation

I. 서 론


미세먼지 및 황사 등 입자상 오염 물질로부터 일반 대중의 호흡기 보호를 위해 사용하는 보건용 마스크는 COVID-19 발생 이후 생물학적 인자 방어에서도 빈번히 사용되고 있다. 마스크 착용 의무화가 해제되었음에도 최근 새로운 호흡기 질환에 대한 우려로 인해 자발


적인 마스크 착용이 증가할 뿐만 아니라 작업장 근로자까지 현장에서 범용으로 사용하고 있다. 이와 같이 국민 보건에 대한 위협적인 이슈가 등장함에 따라 마스크 사용이 급격히 증가하고 있으며, 일상 활동이나 운동 등 레저 중에서 마스크를 착용하는 사람들이 늘어가는 추세이다.

하지만 일반인들이 마스크를 착용하고 운동할 경우

*Corresponding author: Hyekyung Seo, Tel: 010-3955-5229 E-mail: seohk65@hanmail.net
The College of Biotechnology and Health, Shinhan University, 95 Hoam-ro, Uijeongbu-city, Gyeonggi-do11644, Republic of Korea

Received: September 3, 2024, Revised: October 8, 2024, Accepted: November 20, 2024

 Hyekyung Seo <https://orcid.org/0000-0002-5615-8523>

 Hoyeong Jang <https://orcid.org/0000-0001-7522-6969>

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.

제약이 있을 것이라는 관점에서 미국 등 서구권을 중심으로 트레이닝 마스크가 유행하기 시작하였다. 트레이닝 마스크는 마스크 내부에 들어오는 공기의 저항을 이용하여 사용자에게 저압 저산소를 제공하여 운동능력을 향상시키는 마스크이다. 이러한 기능성 마스크를 착용하고 운동 훈련할 경우 운동능력이 향상된다고 기대한다(Cheshier et al., 2019). 하지만 이는 전문적인 운동선수가 단시간 고강도 운동에 착용하는 마스크로서, 운동 강도가 높지 않은 일반인이 트레이닝 마스크를 착용하고 운동하기에는 무리가 있다.

마스크 착용 전후 호흡 생리를 비교한 이전 연구(Fikenzer et al., 2020; Tian et al., 2020; Tian et al., 2021)에서 건강한 성인이 마스크를 착용한 경우 흡기, 호기 저항이 상승하였고 심혈관계, 산소포화도 등에 유의한 차이가 있다고 하였다. 또한 젊은 남성 피험자가 마스크를 착용한 상태로 운동한 경우 산소포화도를 제외한 심폐기능에 차이가 있다는 연구도 있었다(Kim et al., 2013; Jung et al., 2020). 반면 임산부에 대한 연구에서 N95 마스크 착용에 대한 생리적 모니터링에 차이가 있지만 유의하지 않다고 하였다(Tong et al., 2015). 마스크 착용에 대한 호흡횟수 및 산소포화도는 대부분 차이가 없었으나 마스크 착용에 대한 안면부 압력, 호흡 저항 등에 대한 주관적 불편감이 있다는 보고도 있다(Brill et al., 2018).

고령군 및 호흡기능이 취약한 환자가 마스크를 착용하였을 때 쉽게 호흡곤란 증상을 호소하므로 이에 대한 몇몇 연구가 수행된 바 있다(Lubrano et al., 2021). Jeong 등(2016)에 의하면 만성폐쇄성질환(chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 환자를 대상으로 N95 마스크를 착용시켜 실험한 결과, 일부 환자에서 두통 현기증의 증상이 발현되고 호흡곤란척도 점수(modified Medical Research Council(mMRC) Dyspnea Scale)가 3점 이상으로 높은 수준이라고 하였다. 이는 보건학적 측면에서 폐기능이 약한 호흡기 질환자 경우 마스크 착용이 기도 저항을 높여 호흡 활동을 증가시키고 이로 인해 기존 질환이 악화될 수 있음을 시사한 결과이다.

한편 미국흉부학회지에 보고된 바에 의하면 경도 및 중등도 만성폐쇄성질환자가 착용한 보건용 마스크로 인한 산소포화도 및 혈액학적 영향이 심각하지 않다고 하였다(Kim et al., 2023). 이 보고는 호흡기 취약계층이 보건용 마스크를 장기간 착용할 경우 심폐기능에 위험

을 준다고 보다 감염 예방과 관련한 보호적 관점이 더 중요하다고 하였다.

따라서 이 연구는 마스크 등급 및 종류에 따라 인체에 미치는 생리적 부담이 다를 것이라는 가설을 바탕으로 수행되었는데, 제한적인 피험자를 대상으로 수행한 선행연구와 달리 다양한 연령대에 대한 호흡 생리학적 차이를 확인하고자 한다. 즉 호흡횟수, 산소포화도 등 활력징후와 호기 흡기 유량 변화가 마스크 착용 유무 및 필터 수준에 따라 차이가 있는지 평가한다. 이를 통해 마스크 착용 유무가 호흡에 간섭을 끼치는지 토의하며 건강한 개인이 중간 강도 운동을 수행할 때 마스크 착용으로 인한 호흡유량 변화가 유발되는지 알아본다. 그러므로 일상생활 및 작업장에서 착용한 보건용 마스크로 인한 호흡 생리학적 불편감이나 유해한 영향을 피할 수 있는 정보가 제공될 것이다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

서울, 경기도에 속한 국내 소재 대학 및 연구소에 모집 문건을 게시하여 자발적 참여에 동의한 40명이 연구에 참여하였다. 연구대상자 수 산출은 통계적 검정력을 적용한 G Power 3.1.9.4(Dusseldorf, Germany)를 이용하였다. Effect size 0.5, 유의수준 $\alpha = 0.05$, Power ($1 - \beta$ error)=0.8을 적용한 참여자 수는 34명이었다. 이 때 마스크 착용 전, 후 실험에서 중도 탈락할 경우를 고려하여 40명이 모집되었는데 남녀 각 20명이다. 평상시 보건용 마스크를 착용하는 10대, 20대, 30대, 40대, 50대 남녀로 폐질환자, 폐질환은 물론 다른 진단질환이 없는 사람들이다. 또한, 실험 참여 1시간 전 담배를 피우거나 취식, 취음을 하지 않도록 안내하였는데 이러한 조치는 장비 외 기타 요인으로 인한 비뚤림을 최소화 하려는 것이다. 연구 참여에 앞서 기관생명윤리지침(IRB No:SHIRB-202107-HR-130-02)에 따라 연구계획서는 사전 심의를 거쳤으며 심의결과 승인 통보를 받았다. 해당 기관생명윤리지침에 따라서 동의서에 서명하고 흡연 여부 및 체질량지수(body mass index, BMI)를 조사하였다.

2. 연구 방법

1) 실험마스크

실험에 사용된 마스크는 필터 수준에 따라 KF94 및

KF80 마스크 2개 제품을 사용하였다. 모두 국내에서 제작된 마스크로 식약처 허가를 받은 것이다. 실험 마스크는 일회용으로 매 실험마다 새 것으로 교체한다.

2) 호흡조절 및 호흡유량 평가

실험 마스크 착용에 대한 활력징후 및 호흡량 평가는 식약처에서 공표한 가이드라인에 따라 표준화된 누설률 시험법으로 진행하였다(Table 1). 중등도 운동 강도인 6 km/h 속도로 트래드밀 위에서 정해진 프로토콜 동작을 수행한다(MFDS, 2019). 마스크를 착용하기 전 안정 상태에서 폐활량계(spirometer)(Spiro-palm 6MWT. COSMED. Italy)를 이용하여 심박수(heart rate, HR, bpm), 산소포화도(oxygen saturation, SpO₂, %), 1회 호흡량(tidal volume, VT, L), 호흡유량(respiratory flow, RF, L), 환기량(ventilation, VE, L/min)등 측정하고 마스크 착용 후에도 동일한 자료를 수집하되 표준

화된 움직임을 수행하면서 측정한다(Kim et al., 2023). 호흡패턴은 호흡유량계(Air Flowmeter 5300 Series. TSI. USA)를 이용하여 분석하고 보건용 마스크 착용자의 호흡부담 및 표준 움직임 수행시 들숨, 날숨 호흡패턴 차이로 행동별 호흡부담 정도를 확인한다.

3) 실험 조건

40명의 참여자는 보건용 마스크를 안쪽에 착용한 채 폐활량계(spirometer)와 호흡유량계(air flowmeter)를 장착할 수 있는 별도의 마스크 제품을 장착하고 표준 프로토콜을 진행하면서 심폐기능 및 호흡량 자료를 수집한다(Figure 1). 마스크 착용 전, 정적인 상태에서 생리학적 자료를 수집하고 실험 마스크를 착용한 후 수집한 자료에 차이가 있는지 분석한다. 모든 동작은 6 Km/h 속도를 유지하도록 설정한 워킹패드(Walking Pad. J2. EGOJIN. Korea) 위에서 실시한다. 실험 조

Table 1. Protocol for measuring breathing patterns through movement

Protocol*	Equipment	Collection data**
Only walking for 2 min	Air Flowmeter	Inspiratory flow rates Expiratory flow rates
Turning head from side to side for 2 min		
Nodding head up and down for 2 min		
Talking for 2 min	Spirometer	Heart rate, SpO ₂ , Respiratory frequency, VE, VT
Only walking for 2 min		

*Measured at a speed of 6Km/h (MFDS. 2019)

**Inspiratory flow rates(mL), Expiratory flow rates(mL), Heart rate(bpm), SpO₂: Oxygen Saturation(%), Respiratory frequency(1/min), VE: Ventilation(L/min), VT : Tidal Volume(L)

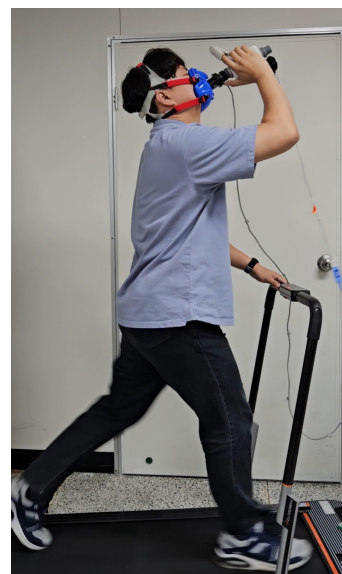
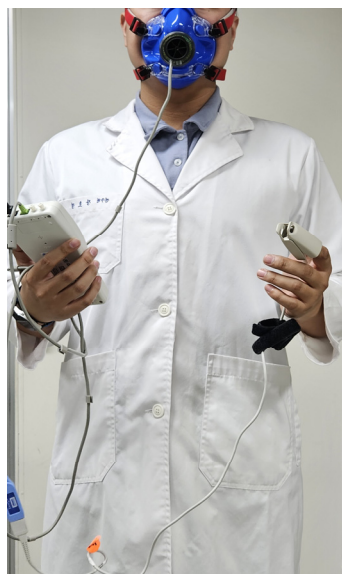


Figure 1. Spirometry-based evaluation of breathing pattern

건은 총 세 가지로, 마스크를 착용하지 않은 조건과 KF80 마스크 및 KF94 마스크를 착용한 것이다. 동작은 보건용 마스크 인증 시험인 누설률 프로토콜로 6 km/h 중등도 운동 상태에서 2분간 평소처럼 걷기, 2분간 좌우 바라보며 걷기, 2분간 위아래 바라보며 걷기, 2분간 말하면서 걷기 그리고 2분간 평소처럼 걷는 5가지를 수행한다(MFDS, 2019).

4) 통계분석

자료분석은 SPSS system ver.20(IBM SPSS Inc USA)으로 하며 $\alpha=0.05$ 를 통계적 유의수준으로 평가하였다. 40명이 마스크를 착용하였거나 그렇지 않은 상태에서 실험한 값에 대하여 평균(mean) 및 표준편차(standard deviation)를 구하고, 범주형 변수는 빈도(백분율), 연속형 변수는 평균(표준편차)으로 표시한다. t 검정 및 분산분석(ANOVA)으로 평균차이를 비교하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자 특성

참여자는 평상시 KF94, KF80 마스크를 착용하는 10대, 20대, 30대, 40대, 50대 연령층 남, 녀 각 4명씩 40명이었다. 이들 중 17.5%(7명)가 흡연한다고 하였다(Table 2). 남성은 키 176.5(± 5.3) cm, 몸무게 75.6(± 12.6) kg이며 대한민국 평균인 171.5 cm보다 조금 큰 편이었다. 여성은 키 160.5(± 3.2) cm, 몸무게 55.7(± 8.1) kg으로 158.3 cm보다 약간 크다(Table 3).

Table 2. General characteristics of participants

Classification (N=40)		N(%) [*]
Gender	Male	20(50.0)
	Female	20(50.0)
Age	10~19	8(20.0)
	20~29	8(20.0)
	30~39	8(20.0)
	40~49	8(20.0)
	50~59	8(20.0)
Smoking status	Yes	7(17.5)
	No	33(82.5)

^{*}Number of participants (%) ; four participants from each of male and female age group

Table 3. Comparison of BMI by gender

(N=40)

Gender	Mean(standard deviation)		
	Height(cm)	Weight(kg)	BMI(kg/m ²)
Male	176.5(5.3)	75.6(12.6)	24.2(3.2)
Female	160.5(3.2)	55.7(8.1)	21.6(2.9)

2. 마스크 착용 유무에 대한 호흡조절 비교

KF94 및 KF80 마스크 착용 유무에 대한 비교는 Table 4와 같다. 심박수, 산소포화도는 마스크 착용 유무와 관계없이 차이를 보이지 않았다. KF94 마스크를 착용한 경우 호흡횟수는 21.31회, KF80를 착용한 경우 21.21회, 마스크를 착용하지 않은 경우 22.55회 이므로 이들간 차이는 없었다($p=0.192$). 하지만 일회호흡량은 마스크 착용 유무에 따라 0.2 L이상 차이가 있었다($p=0.001$). 환기량도 마스크를 착용하지 않은 경우보다 착용한 경우에서 유의하게 낮았다($p=0.000$). 이러한 결과를 연령에 따라 구분한 Table 5에 의하면 10대에서 일회호흡량과 환기량이 유의하게 감소하였으며 30대에서도 환기량이 크게 감소하였다.

3. 마스크 착용 유무에 대한 호흡유량

Table 6은 6 km/h 속도로 걸으면서 수집된 호기 및 흡기유량이다. 호기, 흡기 유량 모두 마스크를 착용하지 않은 경우보다 착용한 경우 유의하게 낮아졌다($p<0.05$). 마스크를 착용하지 않은 것보다 KF94 마스크를 착용했을 때 흡기유량 평균은 42.37 L/min에서 35.48 L/min로 감소되었으며 호기유량은 51.22 L/min에서 41.38 L/min 및 40.98 L/min로 의미 있는 감소를 보였다($p<0.05$). 남성은 여성보다 호흡유량이 더 컸으며 남성의 호기 유량을 제외한 모든 경우에서 마스크 착용으로 인한 호흡유량은 통계적으로 분명한 차이를 보였다($p<0.05$).

따라서 마스크를 착용하고 운동한 경우 호흡유량 차이가 있으며 6 km/h 속도로 운동한 동작에 따른 호흡 파형은 평균적으로 Figure 2 같이 확인되었다. 마스크 착용과 미착용에 대한 호흡패턴은 상이하였으며 처음 동작보다 마지막 동작으로 진행될수록 호흡주기는 빨라지고 들숨날숨 파형이 불규칙하게 변하였다. 뿐만 아니라 마스크를 착용하지 않은 경우보다 KF80 및 KF94 마스크를 착용하고 운동할 경우 호흡간섭 패턴이 보였다(Figure 2).

Table 4. Control of breathing with or without mask

		Mean(standard deviation)				
		VT*	RF*	VE*	HR*	SpO ₂ *
Total	KF94	0.81(0.33)	21.31(3.66)	16.76(6.41)	111.02(13.78)	95.26(3.51)
	KF80	0.83(0.35)	21.21(3.69)	16.91(6.47)	112.21(13.18)	95.34(2.25)
	No Mask	1.09(0.34)	22.55(3.46)	23.69(5.85)	107.40(13.33)	95.71(3.02)
	<i>p</i> *	.001	.192	.000	.262	.777
Male	KF94	1.01(0.31)	21.50(4.17)	20.92(5.68)	107.66(13.15)	94.43(4.65)
	KF80	1.02(0.35)	20.77(4.15)	20.31(6.23)	109.55(12.48)	95.15(2.46)
	No Mask	1.31(0.32)	21.83(4.09)	27.45(4.85)	105.10(8.93)	95.90(1.84)
	<i>p</i> *	.009	.721	.000	.502	.377
Female	KF94	0.61(0.21)	21.12(3.05)	12.60(3.90)	114.39(13.57)	96.10(1.27)
	KF80	0.64(0.23)	21.66(3.10)	13.52(4.68)	114.86(13.33)	95.52(1.99)
	No Mask	0.87(0.20)	23.27(2.48)	19.92(4.07)	109.71(16.28)	95.52(3.84)
	<i>p</i> **	.001	.066	.000	.482	.730

*: HR: Heart rate(bpm), SpO₂: Oxygen saturation(%), VT: Tidal volume(L), RF: Respiratory frequency(1/min), VE: Ventilation(L/min) **: *p*-value was analyzed by ANOVA
 The mean (standard deviation) for a total of 10 minutes, with 5 exercises performed for each 2 minutes

Table 5. Differences in control of breathing by age

		Mean(standard deviation)				
		VT*	RF*	VE*	HR*	SpO ₂ *
10s	KF94	0.74(0.13)	21.09(4.87)	15.12(3.11)	110.02(18.60)	93.50(6.86)
	KF80	0.77(0.13)	21.46(5.04)	15.73(2.17)	112.48(16.39)	94.91(3.03)
	No Mask	0.99(0.13)	23.36(4.81)	22.34(3.78)	112.65(14.79)	95.78(1.51)
	<i>p</i> **	.004	.657	.000	.947	.649
20s	KF94	0.85(0.35)	19.78(2.43)	16.11(6.26)	117.91(9.97)	96.48(1.07)
	KF80	0.88(0.41)	19.98(2.57)	16.73(6.82)	116.86(9.27)	96.11(1.37)
	No Mask	1.07(0.32)	22.09(3.04)	22.74(5.34)	116.25(8.26)	96.63(1.25)
	<i>p</i> **	.471	.228	.109	.943	.722
30s	KF94	1.02(0.41)	19.82(3.35)	19.41(6.93)	120.06(8.23)	94.89(2.06)
	KF80	0.96(0.42)	19.43(3.24)	18.03(7.77)	121.29(8.12)	94.97(2.31)
	No Mask	1.39(0.38)	20.75(2.77)	27.96(4.85)	113.74(6.84)	95.63(01.14)
	<i>p</i> **	.116	.725	.022	.173	.733
40s	KF94	0.78(0.34)	21.42(2.81)	16.81(7.75)	106.98(8.20)	95.88(1.41)
	KF80	0.90(0.35)	20.93(2.57)	18.61(7.12)	109.36(9.89)	95.55(1.70)
	No Mask	1.05(0.35)	21.77(2.25)	22.40(6.56)	98.07(12.10)	94.57(5.54)
	<i>p</i> **	.364	.826	.347	.116	.764
50s	KF94	0.67(0.25)	24.44(1.91)	16.36(6.16)	100.14(10.22)	95.57(1.40)
	KF80	0.64(0.26)	24.26(2.20)	15.47(6.30)	101.05(10.64)	95.14(2.22)
	No Mask	0.94(0.28)	24.79(2.21)	23.00(6.21)	96.31(7.19)	95.94(1.69)
	<i>p</i> **	.092	.893	.068	.617	.713

*HR: Heart rate(bpm), SpO₂: Oxygen saturation(%), VT : Tidal volume(L), RF: Respiratory frequency(1/min), VE: Ventilation(L/min) **: *p*-value was analyzed by ANOVA
 The mean (standard deviation) for a total of 10 minutes, with 5 exercises performed for each 2 minutes

Table 6. Comparison of respiratory flow rate with and without wearing a mask

		Mean(standard deviation)			p^*
		KF94	KF80	No mask	
Total	Exhalation	35.62(12.27)	35.48(12.71)	42.37(10.89)	.015
	Inhalation	40.98(12.80)	41.38(13.06)	51.22(11.79)	.000
Male	Exhalation	43.49(11.31)	42.02(12.71)	49.15(08.69)	.107
	Inhalation	48.90(11.68)	48.14(12.62)	58.74(10.02)	.008
Female	Exhalation	27.74(7.12)	28.93(8.95)	35.60(8.45)	.008
	Inhalation	33.06(8.24)	34.62(9.72)	43.69(8.10)	.001

*: p-value was calculated by ANOVA

The mean (standard deviation) for a total of 10 minutes, with 5 exercises performed for each 2 minutes; (Unit: L/min)

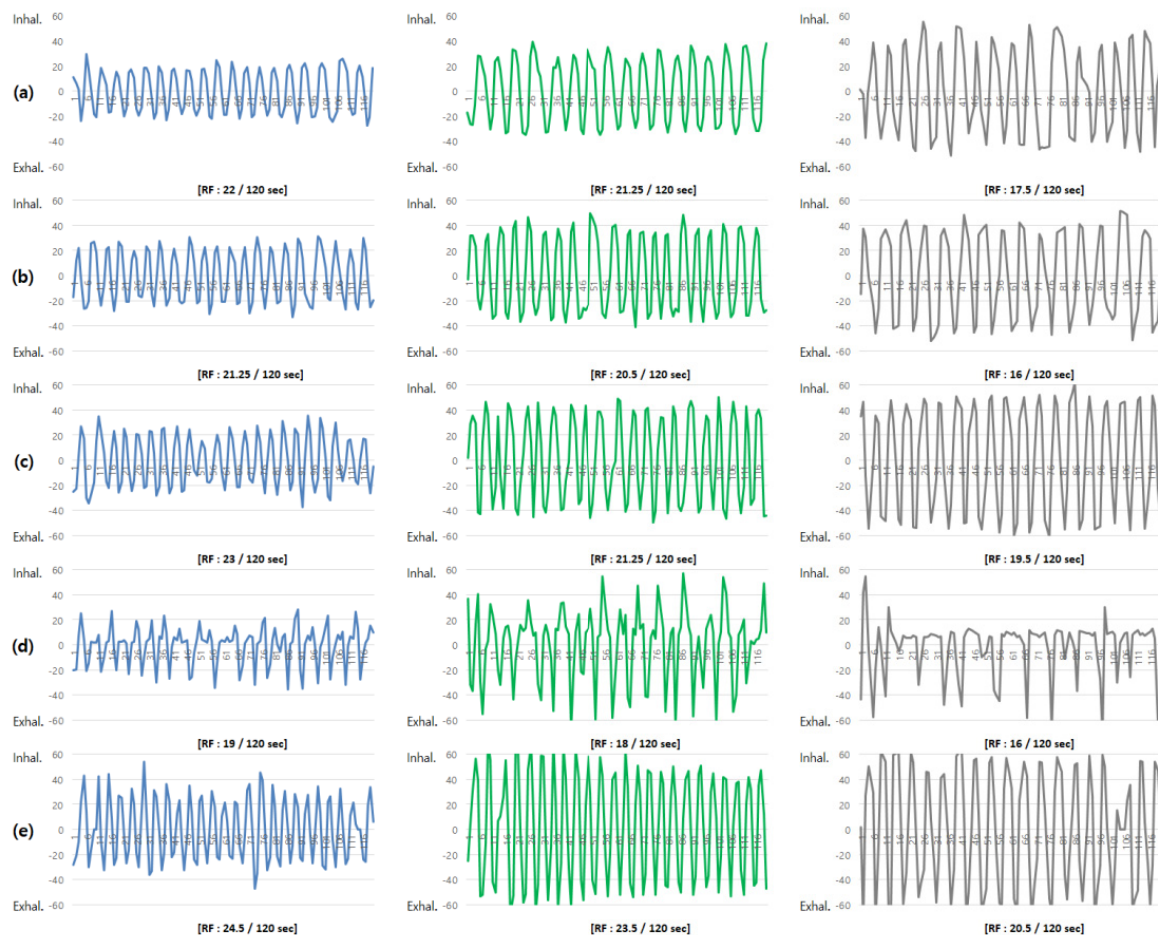


Figure 2. Breathing patterned based on mask usage while walking (left: KF94, middle: KF80, right: no mask) (a) Walking (b) Turning head from side to side, (c) Nodding head up and down, (d) Talking, (e) Walking

IV. 고 찰

이 연구는 마스크 등급 및 종류에 따라 인체에 미치는 생리적 부담에 대하여 확인하고자 하였다. 특히 보

건용 마스크 착용 및 미착용시 호흡패턴은 차이를 보였다. 들숨날숨 호흡패턴은 건강한 사람의 경우 이상적인 사인곡선을 보이지만 구부리기 동작 등 일부 동작에서 평균흡기유량(mean inhalation flow, MIF) 및 호흡패

턴은 급격한 변화를 보인다고 하였다(Grinsphun et al., 2021). 다양한 연구에서 마스크 착용 전후 호흡심혈관계, 산소포화도 및 환기량 분석을 수행하였으며 건강한 남자 및 어린이에 대한 고강도 운동시 변화가 있다고 하였다(Jung et al., 2020; Fikenzer et al., 2020; Tian et al., 2021). 이 선행 연구에서는 주로 N95 마스크나 필터 등급이 높은 경우 환기에 영향을 미친다고 보고하였지만 마스크를 착용하지 않은 것과의 비교는 없었다. 그러므로 우리는 마스크 착용이 없는 상태와 보건용 마스크 두개 등급을 착용한 경우 심폐기능과 호흡량 차이가 있는지 비교하였다.

Lubrano 등(2021)과 Lassing 등(2020)에 의하면 일반 face mask 착용으로는 산소포화도 및 호흡횟수가 마스크 착용 전과 다르지 않다고 하였으며 중강도 이하 운동시 건강한 성인에서 환기량 등 변화가 없다고 한다(Roberge et al., 2013; Persona et al., 2018; Hopkins et al., 2021). 하지만 N95 마스크 및 KF94 마스크 등을 착용하고 실험한 결과에서는 등급이 높아짐에 따라 혹은 고강도 운동시 환기량이 유의한 차이를 보인다고 하였다(Kim et al., 2013; Fikenzer et al., 2020; Jung et al., 2020; Tian & Bae, 2021; Park, 2023). 이는 마스크를 착용하지 않은 것보다 등급이 높은 것을 착용하고 중등도 운동을 한 경우 환기량이 감소하였다는 우리 결과와 유사하다.

국내 보건용 마스크는 분진포집효율 성능에 따라 시험 에어로졸 입자 80% 이상 및 94% 이상 차단으로 구분하여 KF80 및 KF94로 등급을 정한다. 추가적으로 사람이 공기를 들이마실 때 마스크 내부가 받는 안면부 흡기저항을 시험하는데 기준은 각각 60 Pa 및 70 Pa 이다. 이러한 흡기 저항 기준은 산업용 및 N95 마스크 등과도 차이가 있으며 등급과 마스크 종류에 따라 착용자 호흡부담이 다를 수 있다는 것을 의미한다. 예를 들어 N95 마스크 경우 흡기저항 기준 343 Pa 이하이며 산업용 1급 방진 마스크는 시험유량이 30 L/min 일 때 70 Pa, 95 L/min 일 때 240 Pa 이하로 차이가 있으므로 사용자의 흡기저항 및 호흡 부담이 반영되었다는 점을 인지하고 용도에 맞는 선택을 해야 한다. 그러므로 선행연구에서 보고한 것처럼 건강한 성인일 지라도 실험마스크 종류 및 등급에 따라 호흡생리학적 차이를 보였을 뿐만 아니라 운동 강도에도 영향을 받았다(Kuklane & Holmer, 2002).

이 연구는 보건용 마스크 착용 유무에 따른 심폐기능

과 호기량 변화를 평가하였다. 마스크를 착용한 상태로 운동하며 심폐기능에 대해 평가한 이전 연구(Kim et al., 2013; Jung et al., 2020)와 달리 호흡 유량을 추가로 비교하였다. 마스크를 착용하지 않은 경우보다 KF80 및 KF94 마스크를 착용하고 운동할 경우 호기흡기 유량이 감소하였으며 운동시간이 지날수록 호흡주기 빈도가 빨라졌다. 특히 말하기 동작에서 호흡패턴은 급속히 변화되어 호흡저항이 있는 것으로 보였다. 이는 마스크를 착용하고 걷기만 할 때 보다 불규칙한 파형을 그리는 것으로 안면부 흡기저항이 심하다는 것을 확인할 수 있었다.

이전 연구(Persona et al., 2018; Hopkins et al., 2021)에서 마스크 착용 유무와 관계없이 심박수와 산소포화도는 차이가 없다고 하였으나 일회호흡량, 분당 호흡량과 같은 호흡곤란에 대한 수치는 마스크 착용에 따라 유의한 차이를 보였다고 한다. 우리 결과에서도 같은 결과를 얻었는데 심박수와 산소포화도는 차이를 보이지 않았으나 일회호흡량 및 환기량은 차이가 있었다($p < 0.05$). 뿐만 아니라 호흡패턴은 마스크를 착용하지 않거나 등급이 높아진 경우에 따라 호흡주기 패턴이 달랐다. 특히 남성과 여성의 평균 일회호흡량 및 환기량은 마스크 착용 유무에 따라 차이가 있었지만 연령에 따른 차이는 10대를 제외하고 유의하지 않았다. 10대 경우 호흡 심폐기능이 아직 성장 중에 있으므로 다른 연령대와 차이가 있었던 것으로 사료되며 다른 연령대에 모두 마스크 착용하지 않은 경우보다 착용한 경우 일회호흡량 및 환기량은 감소한 경향을 보였다.

그러므로 마스크 착용 후 중등도 운동을 할 경우 호흡 부담이 있다는 것을 확인하였으며 마스크 착용에 대한 호흡 간섭 영향으로 호기 유량의 변화를 보고한 Kim 등(2015a)과 Janssen 등(2005) 결과와 유사하였다. 이와 같이 호흡유량이 마스크 착용으로 인해 감소한 것은 호흡저항으로 인한 것으로 사료된다(Table 6). 흡기유량이 호기보다 높았던 이유는 마스크를 착용하여 생긴 저항으로 인해 착용자가 더 크게 들이키려고 하는 호흡보상 기전에 기인한 것이다. 특히 중등도 운동이 더 진행될수록 호흡패턴은 호흡주기와 유량 변화를 보였는데, 마스크 호흡 부담이 있는 마스크 착용 조건에서 들숨날숨은 적은 유량으로 빈번하게 패턴이 변하는 것을 확인하였다(Figure 2).

이와 같이 마스크를 착용할 경우 호흡량이 줄어든다는 결과를 이 연구에서 확인되었으며 이것은 마스크로

인한 효과이다. 사람의 호흡량이 줄어들면 2가지 보상 작용이 생기는데 하나는 호흡량이 줄어든 만큼 호흡횟수를 늘리는 것이며 다른 하나는 심박출량을 증가시키는 것이다. 만약 이러한 보상이 원활하지 않으면 최종적으로 산소포화도가 감소할 것이지만 이 연구에서는 호흡유량 감소는 호흡주기를 빈번하게 하는 패턴 변화로 보상하고 있는 것으로 보였다. 특히 KF94 마스크보다 숨쉬기 편하다고 알려진 KF80 마스크 보다 호흡 보상이 더 뚜렷하게 나타났으므로(Figure 2) 건강 성인의 경우 호흡 조절로 인해 호흡생리에 유해한 영향을 끼치지 않을 것으로 사료된다. 이 결과는 중등 운동 중 착용한 마스크와 그렇지 않은 조건에서의 호흡생리적 변화를 알아본 의미 있는 연구이다.

하지만 몇 가지 제한점을 지니고 있다. 참여한 성별 및 연령에 대한 피험자 수가 생리학적 유의성을 검증하기에는 부족한 수이다. 총 피험자 40명은 통계적 추론으로 설명할 정도이지만 심폐기능의 발달 및 노화 등에 대한 고려가 부족하였다. 그러므로 10대 청소년 및 어린이 그룹 및 고령층과 같은 다양한 연령군 피험자를 모집하여 비교할 필요가 있다(Kim et al., 2015b). 또한, 보건용 마스크로 제한하여 실험한 설계는 산업용 등 다양한 호흡보호구로 확장할 경우 마스크 착용에 대한 심폐기능 및 호흡유량 등 생리학적 자료에 다른 결과가 도출될 수 있다. 특히 2단 접이와 3단 접이와 같이 디자인에 따른 마스크 사강(dead space)이 다르다는 점을 주목해 보면 호흡저항 및 호흡부담이 다를 수 있으므로 이러한 인자를 연구에 반영할 필요가 있다.

따라서 마스크 착용 유무에 따른 심폐기능 및 호흡유량 차이를 확인한 이 결과를 토대로 장시간 마스크 착용 및 고강도 운동에 대한 후속 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것이다. 추후 다양한 원인 입자 입자 특성에 따른 적절한 마스크 선정 및 호흡생리학적 부담을 최소화하기 위한 연구를 진행한다면 일상생활 및 작업장에서 착용한 마스크로 인한 호흡 생리학적 불편감이나 유해한 영향을 피할 수 있는 정보가 제공될 것이다.

V. 결 론

보건용 마스크 착용 유무에 대한 호흡생리학적 차이를 연구한 결과는 다음으로 요약된다. 40명 참여자들은 마스크를 착용하거나 그렇지 않은 상태에서 중등도 운동 강도로 누설률 시험 표준 프로토콜을 수행하였다.

보건용 마스크를 착용한 경우와 그렇지 않은 경우 심박수(bpm)와 산소포화도(%), 호흡횟수(1/min)에는 차이가 없었다. 하지만 일회호흡량(L), 환기량(L/min), 들숨·날숨 호흡유량(L)은 유의한 차이가 있었다. 또한 중등도 운동시 들숨·날숨 호흡패턴은 상이하였다. 특히 KF94 마스크를 착용하고 중등도 운동할 경우 들숨·날숨 유량은 감소하였으며 호흡주기가 빈번하게 짧아진 패턴을 보였다.

결론적으로 마스크를 착용한 상태로 중등도(6km/h) 이상 운동을 할 경우 호흡부담이 있을 것으로 사료되며 다양한 호흡보호구 종류를 사용한 추가 연구가 진행된다면 심폐기능 등에 영향을 최소화 할 수 있는 방안 및 휴식시간 권고 등 올바른 사용에 대한 과학적인 정보를 제공할 수 있게 될 것이다.

References

- Brill AK, Pickersgill R, Moghal M, Morrell MJ, Simonds AK. Mask pressure effects on the nasal bridge during short-term noninvasive ventilation. *European Respiratory Journal Open Research*. 2018;4:00168-2017
- Cheshier BC, Estrada CA, Moghaddam M, Stewart CJ, Jacobson BH. Effect of elevation training mask in conjunction with high intensity interval training on lung function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2019;52(7S):102
- Fikenzer S, Uhe T, Lavall D, Rudolph U, Falz R et al. Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clinical Research in Cardiology*. 2020;109(12):1522-1530
- Grinshpun SA., Yermakov M, Kano M. Evaluation of AccuFIT 9000: a novel apparatus for quantitative fit testing of particulate respirators. *Annals of Work Exposures and Health*. 2021;65(4):458-462
- Hopkins SR, Dominelli PB, Davis CK, Guenette JA, Luks AM et al. Face Masks and the Cardiorespiratory Response to Physical Activity in Health and Disease. *Annals of the American Thoracic Society*. 2021;18(3):399-407
- Janssen LL, Anderson NJ, Cassidy PE, Weber RA, Nelson TJ. Interpretation of inhalation air flow measurements for respirator designand testing. *Journal of the International Society for Respiratory Protection*. 2005;22:122-141
- Jung JY, Kang CH, Seong YC, 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):862-872
- Jeong SH. Effect evaluation of intervention methods for prevention of health damage caused by PM/Asian dust particles. Ministry of Health & Welfare. 2016 doi.org/10.23000/TRKO201800038015
- Kim JH, Benson SM, Roberge RJ. Pulmonary and heart rate responses to wearing N95 filtering facepiece respirators. *American Journal of Infection Control*. 2013;41:24-27
- Kim JH, Roberge RJ, Powell JB, Shaffer RE, Ylitalo CM et al. Pressure drop of filtering facepiece respirators: How low should we go?. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 2015;28(1):71-80. doi:10.13075/ijomeh.1896.00153.
- Kim JH, Roberge RJ, Powell JB. Effect of external airflow resistive load on postural and exercise-associated cardiovascular and pulmonary responses in pregnancy: a case control study. *BMC Pregnancy and Childbirth*. 2015;15(45):2-8 DOI 10.1186/s12884-015-0474-7
- Kim SH, Lee SK, Lee SW, Seo H, Kwon H et al. The Impact of wearing a mask on oxygenation and hemodynamics in patients with mild to moderate chronic obstructive pulmonary disease. *Annals ATS* 2023;20(3) 482-485. https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202206-551RL
- Kuklane K, Holmér I. Respiratory flow patterns during physical work with respirators. Lund University. 2002:1-8
- Lässig J, Falz R, Pökel C, Fikenzer S, Laufs U et al. Effects of surgical face masks on cardiopulmonary parameters during steady state exercise. *Scientific Reports*. 2020;10(1):22363 https://www.nature.com/articles/s41598-020-78643-1
- Lubrano R, Bloise S, Testa A, Marcellino A, Dilillo A et al. Assessment of respiratory function in infants and young children wearing face masks during the COVID-19 pandemic. *JAMA Network Open*. 2021; 4(3):1-9 doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.0414
- MFDS. Guideline on Standards and Specifications for Filtering Respirators (for industry) 2019. https://www.mfds.go.kr/eng/brd/m_65/view.do?seq=11
- Park CH, Lee JS, Kim SM, Kim YK, Lee SN. Comparison of cardiorespiratory function, blood pressure and hemorheological response by wearing KF94 mask during prolonged aerobic exercise of adult males. *Journal of Men's Health*. 2023;19(5):29-35
- Persona E, Lemerrier C, Royer A, Reyckler G. Effect of a surgical mask on six minute walking distance. *Revue des Maladies Respiratoires*. 2018;35(3):264-268
- Roberge JR, Kim JH, Powell JB, Shaffer RE, Ylitalo CM et al. Impact of low filter resistances on subjective and physiological responses to filtering facepiece respirators. *PLOS one*. 2013;12(8):1-7 https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0084901&type=printable
- Tian Z, Bae MJ. Study on the shouting breathing pattern while jogging wearing a mask. *International Journal of Advanced Culture Technology*. 2021;9(2): 130-135
- Tian Z, Kim BY, Bae MJ. A study on healthy breathing pattern when wearing a mask. *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2020; 13(7):1562-1566 DOI:10.37624/ijert/13.7.2020. 1562-1566
- Tong PSY, Kale AS, Ng K, Loke AP. Respiratory consequences of N95-type mask usage in pregnant healthcare workers – a controlled clinical study. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*. 2015;4(1):48

<저자정보>

서혜경(교수), 장호영(박사과정 연구원)