

유통 마스크류의 품질 및 안전성 모니터링

권영희, 서행옥, 정다슬, 옥연주, 박성아

식약품연구부 약품분석팀

Monitoring of Quality and Safety in Commercial Face Masks

Kwon Young-hee, Seo Hang-ok, Jeong Da-seul, OK Yeon-ju and Park Sung-ah

Drug Analysis Team

Abstract

Face masks have been considered as one of the most effective ways in prevention against airborne pathogens, fine particles, and Asian dust. This study surveyed the face mask usage and evaluated the performance of commercial masks in Busan and the degree of bacterial contamination of face masks used.

The mask test was challenged on ninety-four face masks, using the Korea Ministry of Food and Drug Safety guideline on standards and specifications for filtering respirators, with BRA-1 (lambdaray, Korea), SFP-1100AL (lambdaray, England), FMP Combination (LORENZ, Germany). Most of the particle filtration efficiencies found for the forty-two health masks(KF94, KF80) met the standards, but three KF94s didn't meet the paraffin oil-particle filtration efficiency standard. All the results of the breathing resistance met the KF94 standard(≤ 70 Pa). In the paraffin oil-particle filtration efficiency test, the result of KF-AD masks, surgical masks, and other masks was below 80%. The mean microbial colony counts on the inside masks were 3.77 log₁₀ CFU/g, and the outside face mask was 2.82 log₁₀ CFU/g, indicating that the inner side was 1.34 times higher than the outer side. Wearing a face mask for more than 4 hours/day can cause the risk of adverse skin reactions.

People should use a mask separately inside and outside to protect themselves from external pollutants. Some people infected with the pathogen can prevent it from spreading out.

Keywords : Mask, KF, Breathing Resistance, Particle Filtration Efficiency, Paraffin Oil, NaCl, colony, Survey

서론

코로나19가 발생한 뒤 세계보건기구(WHO)는 증상이 있는 사람이거나 관련 의료종사자의 경우만 마스크를 착용하라는 제한된 사용자 권고를 했다.¹⁾ 공포에 질린 사람들은 마스크를 구하기 위해 길게 줄을 섰으며, 마스크 착용 여부를 두고 나라마다 다른 정책을 시행하였다.²⁾ 한국의 보건당국은 WHO 마스크 지침과는 다르게 마스크의 필요성에 따른 공급 안정화를 기반으로 코로나19 방역에 성공할 수 있었다.³⁾ 이제 WHO는 “마스크 착용은 다른 사람들과 함께하는 일상의 일부여야 한다”라고 관점을 바꾸었고, 기체 중에 있는 매우 미세한 물질인 에어로졸(aerosols)을 통해서도 전파될 수 있다고 말한다.⁴⁾

2000년대부터 황사, 미세먼지 및 감염병 예방을 위해 마스크를 사용해왔던 한국에서는 코로나19가 발생 초기에 거부감 없이 마스크 착용을 적극적으로 하였고 급증한 수요에 대응하기 위해 다양한 종류의 마스크가 생산되었다. 입자상 물질로부터 호흡기를 보호하는 마스크는 국내에서 보건용 마스크, 방한용·패션용·스포츠용 마스크, 방진 마스크로 분류할 수 있다. 식품의약품안전처(식약처)에서 약사법에 따라 관리하는 의약외품으로는 보건용 마스크, 비말 차단용 마스크(Anti Droplet, KF-AD), 수술용 마스크가 있다. 보건용 마스크는 입자 차단율을 나타내는 Korea Filter 등급(KF80, KF94, KF99)이 표시되며 KF-AD는 일상생활에서 비말 감염을 예방하고 수술용 마스크는 수술 및 진료할 때 감염을 예방하기 위한 용도로 만들어졌다. 산업통상자원부 국가기술표준원에서 전기용품 및 생활용품 안전관리법 및 어린이 제품 안전 특별법에 따라 관리하는 방한용·패션용·스포츠용 마스크는 생활용품으로 분류되며 공산품 마스크로 알려져 있다.⁵⁾ 고용노동부에서 산업안전보건법에 따라 관리하는 방진 마스크는 보호구로 분류되고 분진 등으로부터 작업장에서 근로자의 호흡기 보호를 위해서 사용된다. 2014년 9월 4일 의약외품 범위 지정 고시에 따라 마스크는 의약외품의 용도로 제공되는 섬유 종류로 분류되었고, 수술용 마스크와 보건용 마스크라는 이름으로 사용되기 시작하였다. 그 이전에는 황사 방지용 또는 방역용 마스크라는 이름으로 허가되고 사용되었다.⁶⁾ N95는 95% 입자 차단율 할 수 있으며 미국 산업안전보건연

구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 산업용 호흡 보호구를 인증해 주는 등급이다. 유럽의 의료용 마스크는 FFP1, FFP2, FFP3가 있으며 KF80, KF94, KF99와 동등한 성능을 가지고 있다.

Jung et al. (2014)에 의하면⁷⁾ 마스크 성능분석에서 입자 차단 정도를 알아보는 분진포집효율 결과 KF94는 모두 우수하였으며 KF80 일부는 기준에 이하였고 수술용 마스크와 일반 공산품 마스크는 매우 낮게 나타났다. Han et al. (2020)에⁸⁾ 의하면 보건용 마스크인 KF94 및 KF80 20건에 대한 분진포집효율은 대부분이 기준치보다 우수하였으며 흡기저항도 기준치의 1/2 수준으로 양호한 것으로 나타났다. 마스크 사용 시간 증가에 따른 불안감의 원인으로 마스크의 오염 여부를 확인할 수 없다는 것이 가장 큰 요인이었고 ‘외부 노출 시간이 길어져서’와 ‘마스크에 냄새가 나서’ 순서로 나타났으며 8시간 사용한 이후에 마스크의 안전성에 대한 불안감이 최대가 되는 것으로 확인되었다.⁹⁾

이 연구의 목적은 유통되고 있는 다양한 마스크의 성능을 분석하고, 마스크 사용실태를 알아보며 사용한 마스크의 오염도를 측정함으로써 객관적인 마스크 성능정보를 제공하여 시민들이 올바른 마스크 선택과 사용을 할 수 있도록 도움을 주고자 한다.

재료 및 방법

1. 마스크 성능검사

1.1. 실험재료

본 연구에 사용된 검체는 부산지역에서 유통되는 마스크 및 온라인 쇼핑몰에서 판매되는 마스크 94건을 대상으로 하였으며 Table 1과 같다. 식약처에서 품목 허가된 마스크는 KF94 30건, KF80 12건, KF-AD 마스크 31건, 수술용(덴탈) 마스크 5건이며 기타 공산품 마스크는 16건이었다. 의약외품으로 허가된 마스크 78건은 모두 폴리프로필렌을 가공하여 만든 멜트블로운(Melt blown, MB) 부직포 필터였다. 기타 공산품 마스크 16건 중 9건은 MB 부직포 필터, 5건은 폴리에스터, 폴리우레탄, 네오프렌 소재의 천 재질이었으며, 2건은 일반 부직포였다.

Table 1. Types of Masks

Types of Masks	Masks that Meet a Approval by KFDA					Total (N=94)
	KF94 (N=30)	KF80 (N=12)	KF-AD ^{a)} (N=31)	Surgical(Dental) mask (N=5)	Other masks (N=16)	
PP(MB) ^{b)}	30 (100.0%)	12 (100.0%)	31 (100.0%)	5 (100.0%)	9 (56.2%)	87 (92.6%)
Non-woven Fabric	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (12.5%)	2 (2.1%)
Cloth ^{c)}	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	5 (31.2%)	5 (5.3%)

^{a)} : Anti Droplet Masks, ^{b)} : Melt Blown Polypropylene Non-woven Fabric, ^{c)} : Polyester, Polyurethane, Neoprene

1.2. 기기 및 분석조건

식약처 보건용 마스크 기준 및 규격에 대한 가이드 라인에 따랐다. 보건용 마스크 항목으로 안면부 흡기 저항, 분진포집효율(염화나트륨, 파라핀오일), 고정용 머리끈 접합부의 인장강도, 마스크 필터 재질에 대한 순도시험(산 또는 알칼리, 색소, 형광, 포르말데히드) 등이 있다.¹⁰⁾ 본 실험에서는 안면부 흡기저항과 분진 포집효율 항목에 대하여 분석하였다. KF94 및 KF80 마스크는 같은 검체 6개 중 3개는 그대로 사용하고 나머지 3개는 미리 온도 38 ± 2.5°C, 상대습도 85 ± 5%에서 24 ± 1시간 동안 가습 처리한 후 실온에서 4시간 방치한 다음 실험하였다. 그 외 해당 항목에 기준 규격이 없는 검체는 3개씩 가습 처리 없이 측정하였다.

안면부 흡기저항

숨쉬기 편한 정도를 측정하기 위해 분석장비 BRA-1(람다레이, 한국)를 사용하였다. 마스크를 표준 머리 모형에 장착 후 마스크 주변부를 테이프로 완전 밀봉 후 분당 30 L의 유량으로 빨아들일 때 마스크의 저항으로 발생하는 압력 차를 1개 마스크 당 6회 측정 한 차압(Pa)의 평균값을 구하였다.

분진포집효율 염화나트륨 에어로졸 방법

고체물질의 차단 정도를 측정하기 위해 사용된 염화 나트륨 에어로졸의 평균 입경은 약 0.6 µm이며 0.04~1.0 µm 입자를 만들어 투과율을 측정한다. 에어 로졸의 유량은 분당 95 L이며, 농도는 40 mg/m³이다. 분석장비는 SFP-1100AL (Lambda Ray Co., Ltd., 영국) 모델을 사용하였다.

분진포집효율 파라핀 오일 에어로졸 방법

액체물질의 차단 정도를 측정하기 위해 사용된 파라 핀 오일 에어로졸의 평균 입경은 0.4 µm이며 0.05~1.7 µm 입자를 만든다. 분석장비는 FMP Combination (LORENZ, 독일) 모델을 사용하였다.

2. 사용한 마스크의 일반세균 오염도 측정

시험대상자는 본 연구원에서 총 30명의 지원자를 선정하였으며 남자 15명, 여자 15명으로 구성했다. 마스크 검체는 성능검사에서 기준 규격에 적합한 것으로 확인된 KF94, KF-AD 마스크 각 1종을 선정하였으며 착용 후 1일당 8시간, 3회 반복 실험하였고 대조군으로 사용하지 않은 마스크를 상온에 8시간 방치한 후 시행하였다. 일반세균수 실험은 식품의약품안전처 고 시 제2019-115호 위생용품의 기준 및 규격 중 식품접 객업소용 물티슈의 일반세균수(CFU/g : 2,500 이하)의 표준평판법에 따랐다.¹¹⁾ 마스크를 무균적으로 마스크의 가장자리를 가위로 잘라 안쪽과 바깥쪽 면을 분리한 후 각각 검체 무게의 100배 액이 되게 멸균 생리 식염수를 가하고 균질기를 이용해서 균질화한 액을 단계 희석하였다. 검액을 멸균 페트리접시 2매에 1 mL 씩을 취하고 Tryptic Soy Agar (DB, USA)배지 15 mL를 무균적으로 분주하고 중첩시켜 35 ± 1°C에서 48 ± 2시간 배양한 다음 집락수를 계수하였으며, 멸 균 생리식염수를 대조 시험액으로 시험조작의 무균 여부를 확인하였다.

3. 통계적 방법

본연구는 R-Studio를 이용하여 데이터를 분석하였다. 마스크 유형에 따른 안면부 흡기저항의 차이 및 분진포집효율의 차이를 확인하기 위해 Kruskal-Wallis H test, 마스크 면에 따른 일반세균 오염도의 차이를 확인하기 위해 Wilcoxon rank sum test (Mann-Whitney U-test)를 시행하였다. 두 집단 간 비교에서 정규분포를 하면 t-test를 시행하였으며, 통계학적인 유의성 검증은 p<0.05로 하였다.

결과 및 고찰

마스크 성능 시험

식약처의 보건용 마스크의 기준 규격은 Table 2와

같다.¹⁰⁾ 판정 기준은 같은 검체 6개 각각의 측정값이 해당 기준에 적합하여야 한다.

포함하는 비말핵의 형태로 공기로 감염된다.¹⁵⁾ 입에서 나오는 침방울(비말)의 크기는 5~10 μm 이며 무거워 바

Table 2. Classification and Standards for Performance of Filtering Respirators

Class	Performance Standard	
	Particle Filtration Efficiency	Breathing Resistance
KF80	$\geq 80\%$ (Test for Sodium Chloride)	≤ 60 Pa
KF94	$\geq 94\%$ (Test for Sodium Chloride & Paraffin Oil)	≤ 70 Pa
KF99	$\geq 99\%$ (Test for Sodium Chloride & Paraffin Oil)	≤ 100 Pa

1.1. 안면부 흡기저항

숨쉬기 편한 정도를 알아보는 안면부 흡기저항 결과는 Table 3과 같다. 전체 94건 마스크 모두 70 Pa 이하로 KF94의 성능 기준에 적합하였다. 가슴 처리를 하지 않은 마스크의 안면부 흡기저항값 평균은 KF94 16.4 Pa, KF80 12.6 Pa이며, 가슴 처리를 한 경우 KF94 16.1 Pa, KF80 11.8 Pa로 큰 차이를 보이지 않았다. 흡기저항 결과값은 다섯 유형의 마스크 간에 유의미하게 차이가 있었다($p < 0.05$). Han et al.(2020)의 연구에서⁸⁾ 보건용 마스크(KF94, KF80) 20건의 가슴 처리 유무에 따른 안면부 흡기저항값이 1건을 제외하고는 큰 차이가 없었다는 시험 결과와 일치하였으며, KF94는 평균 32.8 ± 12.43 Pa이고 KF80은 평균 27.2 ± 10.56 Pa이었던 것과 비교하였을 때 본 실험에서는 1/2 정도 낮은 수준으로 확인되었다.

닥에 금방 떨어지지만, 이것이 마르면서 생긴 비말핵은 5 μm 이하로 공중에 떠다니기 쉽다.¹⁶⁾ MacIntyre et al. (2014)에 의하면¹⁷⁾ 1,441명의 병원 종사자들을 대상으로 상부 호흡기계 세균이나 바이러스 예방에 관한 수술용 마스크와 N95 마스크 효능을 비교했다. 세균 감염은 N95 마스크를 쓴 집단에서 2.8%, 수술용 마스크 5.3%, 대조군에서는 7.5%의 비율을 나타내어 마스크 종류에 따라 뚜렷한 예방 효과를 보였다.

마스크가 작은 입자를 걸러주는 비율을 알아보는 실험인 분진포집효율(염화나트륨, 파라핀오일) 측정 결과는 Table 4와 같다. 평균 입자 지름이 0.6 μm 인 고체 상태 오염물질 차단 정도를 알아보는 염화나트륨 분진포집효율 평균값은 42건의 보건용 마스크가 모두 기준에 적합하였다. 가슴 처리가 없는 경우 염화나트륨 분진포집효율 평균값은 KF94 99.3%, KF80 89.6%,

Table 3. Breathing Resistance by Mask types

	Preconditioning	KF94	KF80	KF-AD	Surgical masks	Others	Total	p
		(N=30)	(N=12)	(N=31)	(N=5)	(N=16)	(N=94)	
Breathing Resistance (Pa)	No	16.4 [13.9;20.3]	12.6 [10.3;13.4]	9.4 [7.4;11.4]	10.9 [10.2;11.3]	9.2 [6.3;13.6]	11.6 [9.1;15.2]	< 0.001
	Yes	16.1 [14.4;19.4]	11.8 [9.8;13.3]	-	-	-	14.9 [12.2;18.4]	

*Preconditioning is pretreatment at a high relative humidity of $85 \pm 5\%$ and $38 \pm 2.5^\circ\text{C}$ for 24 ± 1 hours.

1.2. 분진포집효율

호흡기 감염을 일으키는 병원체 입자는 다양한 크기를 가지고 있다. 세균의 지름은 0.15 ~ 700 μm , 바이러스의 지름은 0.02 ~ 1 μm 이며 코로나바이러스의 지름은 0.06 ~ 0.14 μm 이다.^{12, 13, 14)} 코로나바이러스는 오염된 매개물을 통하거나 감염자와 가까운 거리에서 비말을 통해 직접 전파되기도 하고 바이러스 입자를

KD-AD 83.8%, 수술용 마스크 86.3%, 기타 공산품 마스크 79.3%이었다. Duncan et al(2021) 연구에 의하면¹⁸⁾ 염화나트륨 분진포집효율 평균값이 N95는 97.7%, 수술용 마스크는 73.6%, 여러 겹의 천 마스크는 54.8%, 두 겹의 천 마스크는 8.1%이었으며 Rengasamy et al. (2016)에 의하면¹⁹⁾ 염화나트륨 분진포집효율이 N95는 98.15 ~ 99.68%, 수술용 마스크

는 54.72 ~ 88.40%이었다. 이 결과와 비교해보면 염화나트륨 분진포집효율이 KF94는 99.3%로 매우 우수하였으며 수술용 마스크의 경우도 86.3%로 10% 정도 높은 값을 나타내었다. 평균 입자 지름이 0.4 μm인 액체 상태 오염물질 차단 정도를 알아보는 파라핀오일 분진포집효율은 보건용 마스크 42건 중 KF94 마스크 3건이 기준 94% 이하였다. 파라핀오일 분진포집효율의 평균값은 KF94 98.6%, KF80 83.5%, KF-AD 77.9%, 수술용 마스크 76.0%, 기타 공산품 마스크 74.4%이었다. Balazy et al.²⁰⁾에 의하면 대장균만 감염시키는 바이러스인 MS2(직경 27.5 nm) 박테리오파지를 이용한 마스크 효율 시험을 하였으며 그 결과 N95는 95% 이상 차단 효과가 있었으나 수술용 마스크는 79.5%로 낮았다. N95는 미국 산업안전보건연구원에서 산업용 호흡 보호구를 인증해 주는 등급이며 파라핀오일 시험을 하지 않는다는 것이 KF-94와 차이가 있지만⁶⁾, 염화나트륨 분진포집효율 기준으로 비교해보면 KF94는 94% 이상, KF80은 80% 이상의 수준으로 바이러스 입자를 차단한다고 볼 수 있다. KF-AD 또는 수술용 마스크의 분진포집효율은 76.0 ~ 86.3% 범위였지만 기타 공산품 마스크에서 천 재질 마스크 대부분은 차단 성능이 매우 낮은 것으로 확인되었다.

천 재질 마스크 5건의 염화나트륨 분진포집효율 측정 결과 폴리우레탄 재질 1건은 10.4%이며 나머지 4건은 57.1~64.8%이었다. 파라핀 분진포집효율 측정 결과 폴리에스터 재질 1건은 78.5%이며 나머지 4건은 7.7~17.8%이었다.

보건용 마스크의 성능분석 결과는 Table 5와 같다. 마스크의 여과 원리는 입자가 중력에 의해 필터에 떨어지고 관성에 의한 충돌이 일어나며 필터에 달라붙어 차단되거나 확산으로 인한 브라운 운동으로 필터에 붙게 되는 기계적 방법과 음전하를 띠는 입자가 양전하를 띠는 필터에 달라붙게 되는 정전기적 방법이 있다. 가슴 처리는 습기에 의한 정전기력의 감소가 마스크 효율에 대한 영향을 미치는지 알아보는 것이다.²¹⁾ Han et al. (2020)에 의하면⁸⁾ KF94 및 KF80 마스크 20개의 검체 중 2개의 검체가 염화나트륨 분진포집효율 값이 큰 차이를 보였으나, 본 실험 결과에서는 유의미한 차이가 없었다(p=0.986, 0.881, 0.585).

Bourouiba et al. (2020)에 의하면²²⁾ 초고속 카메라로 촬영해보면 재채기를 할 때 침방울은 무려 7 ~ 8 m 까지 날아간다. 감염된 사람이 1분간 큰 소리로 말하

Table 4. Particle Filtration Efficiency by Mask types

	Preconditioning	KF94	KF80	KF-AD	Surgical masks	Others	Total	p
		(N=30)	(N=12)	(N=31)	(N=5)	(N=16)	(N=94)	
NaCl (%)	No	99.3 [98.2:99.5]	89.6 [87.5:97.2]	83.8 [75.8:90.7]	86.3 [85.2:86.3]	79.3 [64.0:88.4]	90.1 [82.1:98.4]	< 0.001
	Yes	99.3 [98.7:99.5]	89.7 [85.7:97.0]	-	-	-	98.9 [97.3:99.5]	< 0.001
Paraffin Oi (%)	No	98.6 [96.5:98.9]	83.5 [76.5:92.1]	77.9 [59.8:81.5]	76.0 [67.1:76.0]	74.4 [17.0:84.8]	82.8 [71.8:96.8]	< 0.001
	Yes	97.9 [96.3:99.0]	82.3 [73.8:91.8]	-	-	-	97.0 [91.1:98.7]	< 0.001

Table 5. A Comparison of Health Masks testing by Preconditioning

Mask Testing*	KF94				KF80			
	No (N=30)	Yes (N=30)	Total (N=60)	p	No (N=12)	Yes (N=12)	Total (N=24)	p
Breathing Resistance(Pa)	17.1 ± 4.5	17.1 ± 5.3	17.1 ± 4.9	0.981	12.8 ± 4.3	12.8 ± 4.4	12.8 ± 4.3	0.986
Particle Filtration(%)								
-NaCl	98.9 ± 1.0	99.0 ± 0.9	98.9 ± 0.9	0.793	91.2 ± 5.8	90.9 ± 6.0	91.1 ± 5.8	0.881
-Paraffin Oil	97.0 ± 3.5	97.0 ± 3.2	97.0 ± 3.3	0.997	84.6 ± 9.5	82.4 ± 9.9	83.5 ± 9.5	0.585

Test guideline KF80 Over 80% (NaCl Test), KF94 Over 94% (NaCl & Paraffin Oil Test)

면 최소 1,000개의 바이러스 입자를 포함한 비말핵을 배출하며 8분 이상 공기 중에 머문다.²³⁾ Ueki et al.에 의하면²⁴⁾ 가벼운 기침을 할 때 비말이 2m/s의 속도로 날아간다고 가정하고 3등급 생물안전실험실에서 마스크를 착용시킨 마네킨에 코로나19 바이러스 희석액을 분무하여 실험한 결과 거리가 멀어질수록 흡입되는 바이러스양이 감소하였으나 1 m나 떨어진 거리에서도 바이러스가 검출됨을 확인하였다. 50 cm 거리에서 마스크 유형별로 바이러스 흡입량 실험 결과 면으로 만든 마스크는 20 ~ 40 %, N95는 90 ~ 80%로 높은 차단 성능을 보여주었으나 완벽하게 차단하지는 못했다. Derrick et al. (2022)에 의하면²⁵⁾ 마스크를 착용하지 않는 경우에 비해 착용하고 말하면 주위 공기흐름을 느리게 하여 실내에서 병원체 감염 예방을 위한 효과가 있다. 하지만 제대로 착용하지 않으면 눈과 턱 주위로 누설이 발생하여 그 효과가 급격히 감소한다는 결과로써 성능이 우수한 마스크를 선택하는 것만큼 올바른 마스크 착용 또한 중요함을 알 수 있다. 밀폐된 공간에서는 자주 환기를 하고, 마스크를 사용하고 대화를 자제하는 행동이 비말 입자의 유출을 억제하여 병원체 확산을 방지하는 데에 결정적인 역할을 한다. 오염된 환경에 손이 접촉했다 하더라도 마스크를 착용한 상태에서는 무의식적으로 코나 입으로 손이 가는 것을 방지할 수 있으며 마스크를 사용하지 않을 때보다 대화 빈도의 감소로 인하여 얻어지는 비말 차단 효과가 크다고 볼 수 있다.

마스크 사용실태 관련 설문조사

시민 204명을 대상으로 마스크 사용에 관한 설문조사 결과는 Table 6과 같다. 대상자의 성별 구성은 여성이 118명(57.8%), 남성이 86명(42.2%)이었다. 연령대는 10대 17명(8.3%), 20대 33명(16.2%), 30대 46명(22.5%), 40대 50명(24.5%), 50대 38명(18.6%), 60대 이상 20명(9.8%)이었다. 직업군은 사무직 97명(47.5%), 기타 37명(18.1%), 학생 30명(14.7%), 서비스직 20명(9.8%), 자영업 20명(9.8%) 순이었고 일일 근무시간은 8 ~ 12시간이 125명(61.3%)으로 가장 높게 나타났다.

주로 사용하는 마스크 유형은 KF80 또는 KF94 158명(77.5%), KF-AD 29명(14.2%), 공산품 마스크 12명(5.9%), 천 마스크 4명(2.0%), 기타 1명(0.5%) 순이었다. 마스크 선택할 때 기준은 바이러스 차단 효과 99명(48.5%), 착용할 때 편안함 81명(39.7%), 가격 14명(6.9%), 디자인 6명(2.9%), 피부 문제 예방 등 기타 4명(2.0%)이었다.

마스크를 주로 착용하는 시간은 8 ~ 12시간(107명, 52.5%)이었으며, 시민들의 절반은 마스크를 1일(99명, 48.5%) 동안 사용하였다. 교통수단은 자가용(86명, 42.2%), 버스 또는 지하철 등 대중교통(76명, 37.3%), 도보(35명, 17.2%) 순이었으며 주로 교통에 걸리는 시간은 30분~1시간(96명, 47.1%)이었다.

Table 6. the results of a survey regarding face mask usage

Question	Categories	n(%)
		Total (N=204)
Gender	Male	86 (42.2%)
	Female	118 (57.8%)
Age(yrs)	10~19	17 (8.3%)
	20~29	33 (16.2%)
	30~39	46 (22.5%)
	40~49	50 (24.5%)
	50~59	38 (18.6%)
	60~	20 (9.8%)
Occupation	Student	30 (14.7%)
	Office job	97 (47.5%)
	Service industry	20 (9.8%)
	Self-employment	20 (9.8%)
	Others	37 (18.1%)
Working hours per day	~8 hrs	66 (32.4%)
	8~12 hrs	125 (61.3%)
	12 hrs~	13 (6.4%)

Table 6. the results of a survey regarding face mask usage

Question	Categories	n(%)
		Total (N=204)
Types of masks	KF80, KF94	158 (77.5%)
	KF-AD	29 (14.2%)
	Industrial mask	12 (5.9%)
	Cloth mask	4 (2.0%)
	Others	1 (0.5%)
Considerations for face Masks	Price	14 (6.9%)
	Virus blocking effect	99 (48.5%)
	Design	6 (2.9%)
	Comfortable to wear	81 (39.7%)
	Others(To prevent skin problems etc.)	4 (2.0%)
Where to buy masks	Large supermarket	25 (12.3%)
	Drugstore	14 (6.9%)
	Online shopping mall	138 (67.6%)
	Home shopping channel	14 (6.9%)
	Convenience store	3 (1.5%)
	Others	10 (4.9%)
The wearing time of face masks	~2 hrs	13 (6.4%)
	~4 hrs	18 (8.8%)
	~8 hrs	63 (30.9%)
	8~12 hrs	107 (52.5%)
	Others	3 (1.5%)
Duration wearing of face masks	1 day	99 (48.5%)
	2 days	50 (24.5%)
	3 days	37 (18.1%)
	1 week	6 (2.9%)
	2~3 weeks	12 (5.9%)
Means of transport	Walking	35 (17.2%)
	Public transport (Bus and subway)	76 (37.3%)
	Public transport (Taxi)	4 (2.0%)
	Private car	86 (42.2%)
	Bicycle and scooter	2 (1.0%)
	Others	1 (0.5%)
Transport time	~30 min	64 (31.4%)
	30 min~1 hr	96 (47.1%)
	1~2 hrs	29 (14.2%)
	2 hrs~	15 (7.4%)
How to keep a mask	Natural dry	119 (58.3%)
	Alcohol etc. and dry them	11 (5.4%)
	UV sterilization	1 (0.5%)
	Closed storage	3 (1.5%)
	Others	70 (34.3%)

마스크 구매 경로는 온라인 쇼핑몰(138명, 67.6%), 대형마트(25명, 12.3%), 약국(14명, 6.9%), 홈쇼핑(14명, 6.9%), 편의점 (3명, 1.5%), 기타 (10명, 4.9%) 순이었다. Table 8은 연령대별 마스크 구매경로를 나타낸다. 10대~50대는 55.3%~82.4%가, 60대는 20.0%가 온라인쇼핑으로 마스크를 구매하였다.

방역 예절이라 생각된다.

사용한 마스크의 일반세균 오염도 결과

남자 15명과 여자 15명으로 구성된 총 30명을 대상으로 사용한 마스크의 일반세균수를 시험한 결과는 Table 8과 Figure 1, 2이다. 마스크 내면의 일반세균

Table 7. Mask use survey results by age group

Question	10's (N=17)	20's (N=33)	30's (N=46)	40's (N=50)	50's (N=38)	60's (N=20)	Total (N=204)	P
Where to buy masks								
Large supermarket,	1 (5.9%)	4 (12.1%)	4 (8.7%)	5 (10.0%)	5 (13.2%)	6 (30.0%)	25 (12.3%)	
Drugstore	0 (0.0%)	1 (3.0%)	3 (6.5%)	2 (4.0%)	4 (10.5%)	4 (20.0%)	14 (6.9%)	
Online shopping mall	14 (82.4%)	23 (69.7%)	37 (80.4%)	39 (78.0%)	21 (55.3%)	4 (20.0%)	138 (67.6%)	0.002
Home shopping channel	2 (11.8%)	3 (9.1%)	0 (0.0%)	2 (4.0%)	5 (13.2%)	2 (10.0%)	14 (6.9%)	
Convenience store	0 (0.0%)	2 (6.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (2.6%)	0 (0.0%)	3 (1.5%)	
Others	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (4.3%)	2 (4.0%)	2 (5.3%)	4 (20.0%)	10 (4.9%)	

Buonanno et al. (2020)에 quantum을 이용한 바이러스 방출 연구에 의하면²⁶⁾ 감염된 사람이 약국 실내에서 10분 동안 머물다 떠나고, 다른 손님이 26분에 방문한 다음 10분 후에 떠나는 설정된 상황에서 자연 환기를 하면 위험도가 2.8%, 기계식 환기를 하면 위험도가 1.2%로 감소함을 확인하였으며 시간 경과에 따라 병원체 감염의 위험도는 100분까지 점진적으로 낮아지게 된다. 휴식할 때 적은 양의 쿼텀 입자가(< 1 quantum $h-1$) 방출되었고 유증상자가 천천히 걷는 가벼운 활동을 하면서 말하는 행위를 할 때 많은 양(> 100 quanta $h-1$)이 방출됨을 확인하였다. 본 연구의 설문조사 결과 204명 가운데 37.3%가 대중교통을 이용하고, 47.1%가 매일 30분에서 1시간 동안 버스나 지하철 같은 밀폐된 공간에서 이동한다. 감염된 사람이 같이 탄다고 가정한다면 주위 사람들은 30분 이내에 감염의 위험에 노출된다. 감염의 전파를 최소화하는 방법은 환기를 자주하고 이동하는 동안 마스크를 착용한 상태에서도 재채기 및 말하기 등 비말을 생성하는 행동을 하지 않는 것이 서로의 안전을 지켜주는

수 평균은 KF94는 $3.8 \pm 0.7 \log_{10}$ CFU/g, KF-AD는 $3.8 \pm 0.6 \log_{10}$ CFU/g이며 외면의 일반세균수 평균은 KF94는 $2.7 \pm 0.6 \log_{10}$ CFU/g, KF-AD는 $3.0 \pm 0.6 \log_{10}$ CFU/g으로 마스크 종류 간에 큰 차이는 보이지 않았다. 마스크 내면의 평균 일반세균수는 $3.77 \log_{10}$ CFU/g이고, 외면은 $2.82 \log_{10}$ CFU/g으로 내면이 외면보다 1.34배 높았다. Techasatian et al. (2020)에 의하면²⁷⁾ 마스크 사용은 833명의 참가자 가운데 454명(54.5%)에게 피부 부작용이 생겼다. 여드름 39.9%, 피부 홍반 18.4%, 가려운 증상 15.6% 순으로 나타났으며 피부 부작용 위험지수는 수술용 마스크가 면으로 만들어진 마스크보다 1.54배 높았으며, 4시간 이하로 사용할 경우에 비해 8시간 이상일 때 1.90배 높아졌다.

수술용 마스크의 일반세균수는 착용 후 4시간 ~ 6시간이 지나면 최대가 되기 때문에 외과의에게 2시간마다 교체할 것을 권고하고 있다.²⁸⁾ Delanghe et al. (2021)에 의하면²⁹⁾ 건강한 성인 13명을 대상으로 수술

Table 8. Result of Colony count by KF-AD and KF94 Masks

Class	KF94 (N=30)	KF-AD (N=30)	P
Inside	$3.8 \pm 0.7 \log_{10}$ CFU/g	$3.8 \pm 0.6 \log_{10}$ CFU/g	0.979
Outside	$2.7 \pm 0.6 \log_{10}$ CFU/g	$3.0 \pm 0.6 \log_{10}$ CFU/g	0.039
Air temperature	$13.4 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$	$10.7 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$	< 0.001
Relative humidity	$36.8 \pm 4.0\%$	$57.0 \pm 1.0\%$	< 0.001

용 마스크를 4시간 동안 착용시킨 후 측정된 일반세균 수 평균은 4.2 log₁₀ CFU/mask로 본 실험과 비교하였을 때 8시간 동안 착용한 KF-AD 마스크와 비슷한 결과를 보였다. 그의 연구에 따르면 마스크에서 분리된 세균은 바실러스속과 포도상구균속이 각각 40.4%, 42.6% 분포하였고 분리된 47건의 균주 중 43%가 항생제 Ampicillin과 Erythromycin 중 하나 이상에 내성을 나타내었다.

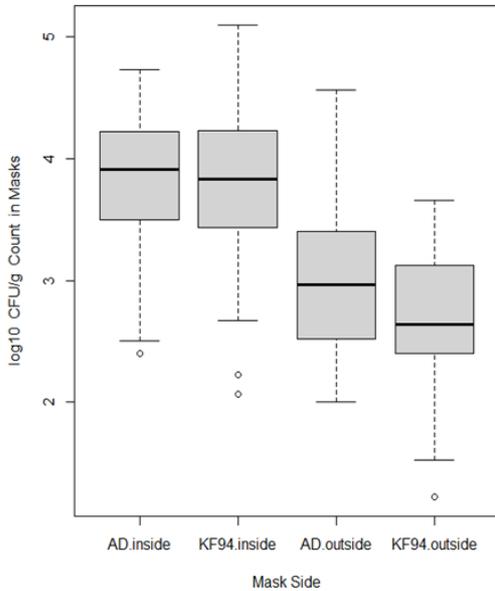


Figure 1. Colony count comparison by mask Side.

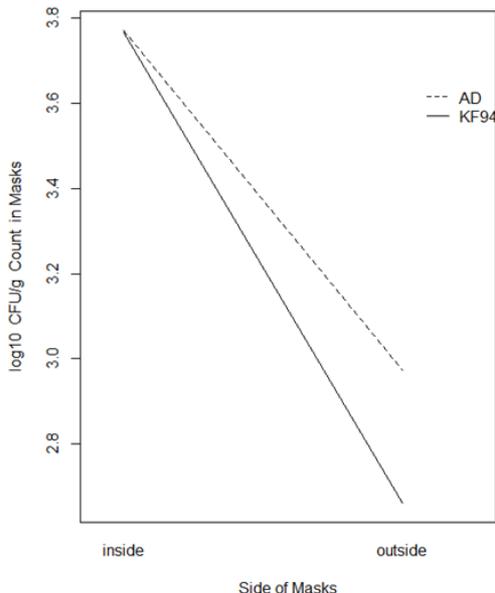


Figure 2. Interaction plot of mask sides with mask types.

마스크를 재사용하는 방법으로 첫 번째 30 ~ 70초 동안 1 J/cm²로 자외선 살균을 하면 H1N1 바이러스가 3-log 이상 감소하지만 120 J/cm²에서 마스크의 강도가 손실된다.^{30),31)} 두 번째 70°C에서 60분 동안 건열 처리를 하면 코로나19 바이러스가 비활성 되지만 80°C 이상이 되면 마스크 손상이 온다.^{30),32)} 세 번째는 70°C 5분 동안 습윤 열처리를 하면 코로나19 바이러스를 6배 이상 감소시키지만, 마스크의 정전기적 인력 감소로 마스크 성능이 떨어질 수 있다.^{32),33)} 네 번째 과산화수소 증기법은 코로나19 바이러스를 5-log 이상 감소시키지만, 비용이 들고 유기물로 인해 과산화수소가 비활성화될 수 있다.^{33),35)} 이소프로판올을 처리하면 N95의 전하가 감소하는 것으로 미루어 볼 때 알코올 처리는 추천하지 않는다.³⁶⁾

마스크 사용과 코로나19 감염을 예방하는 것은 분명한 관련이 있으며 마스크와 장갑을 착용하는 것만큼이나 손을 자주 씻고, 매개물을 소독하고, 신체적 접촉을 피하는 것이 감염을 줄일 수 있다.^{37),38)} 피부 문제가 발생하면 마스크 교체 시간은 4시간 이내를 추천하며, 안쪽 면과 바깥쪽 마스크 면을 구분해서 사용하는 것이 외부의 오염원으로부터 보호할 수 있고 감염성 병원체를 가지고 있는 경우 외부로 전파되는 것을 방지할 수 있다. 사용한 마스크는 항생제 내성균 등 미생물에 의한 잠재적 위험이 환경에 문제를 초래할 수 있으므로 적절한 살균처리를 한 다음 폐기하는 것이 안전하다.

요 약

유통되는 마스크를 대상으로 마스크 성능을 분석하고, 마스크 사용실태를 알아보고 사용한 마스크의 일반세균 오염도를 확인한 결과는 아래와 같다.

1. 숨쉬기 편한 정도를 측정하는 안면부 흡기저항 측정 결과 총 94건의 마스크는 KF94 기준인 70 Pa 이하로 KF94의 성능 기준에 모두 적합하였다. 보건용 마스크 KF94 및 KF80 42건은 가슴 처리 여부에 따른 차이는 보이지 않았다.
2. 평균 입자 지름이 0.6 μm인 고체 상태 오염물질 차단 정도를 알아보는 염화나트륨 분진포집효율 평균 값은 42건의 보건용 마스크가 모두 기준에 적합하였다. 평균 입자 지름이 0.4 μm인 액체 상태 오염물질 차단 정도를 알아보는 파라핀오일 분진포집효율

- 은 보건용 마스크 42건 중 KF94 마스크 3건이 기준 94% 이하로 부적합하였다. 가슴 처리가 없는 경우 염화나트륨 분진포집효율 평균값은 KF94 99.3%, KF80 89.6%, KD-AD 83.8%, 수술용 마스크 86.3%, 기타 공산품 마스크 79.3%이었다. KF-AD 또는 수술용 마스크의 분진포집효율은 76.0 ~ 86.3% 범위였지만 기타 공산품 마스크에서 천 재질 마스크 대부분은 차단 성능이 매우 낮은 것으로 확인되었다. 소비자의 올바른 마스크 선택을 돕기 위해서 의약외품이 아닌 마스크에도 마스크 성능 수준을 표시하는 것이 필요하다. 마스크 성능과 더불어 마스크를 코와 턱부위에 밀착하여 사용하고 대화를 자제하는 행동이 비말 입자의 유출을 억제하여 병원체 확산을 방지하는 데에 결정적인 역할을 한다.
3. 시민 204명을 대상으로 시행한 마스크 사용실태를 파악하였다. 가장 많이 사용하는 마스크 유형은 KF80 또는 KF94였고, 대부분이 온라인 쇼핑몰(138명, 67.6%)을 이용하여 구매하였다. 마스크 선택의 기준은 바이러스 차단 효과(99명, 48.5%)를 가장 중요하게 생각하였다. 설문 대상자 대다수는 교통수단으로 자가용(86명, 42.2%)과 대중교통(76명, 37.3%)을 이용하고, 이동시간은 30분 ~ 1시간(96명, 47.1%)이며, 마스크 착용 시간은 8 ~ 12시간(107명, 52.5%)이었다. 마스크를 재사용하기 위한 보관 방법은 자연건조(119명, 58.3%), 소독제를 뿌린 후 건조(11명, 5.4%)순이었다.
 4. 30명의 실험 참가자를 대상으로 1일 8시간 사용한 마스크 내면의 일반세균수 평균은 KF94는 $3.8 \pm 0.7 \log_{10}$ CFU/g, KF-AD는 $3.8 \pm 0.6 \log_{10}$ CFU/g이며 외면의 일반세균수 평균은 KF94는 $2.7 \pm 0.6 \log_{10}$ CFU/g, KF-AD는 $3.0 \pm 0.6 \log_{10}$ CFU/g으로 마스크 종류 간에 큰 차이는 보이지 않았다. 마스크 내면의 평균 일반세균수는 $3.77 \log_{10}$ CFU/g이고, 외면은 $2.82 \log_{10}$ CFU/g으로 내면이 외면보다 1.34배 높았다. 피부 문제가 발생하면 마스크 교체 시간은 4시간 이내를 추천하며, 안쪽 면과 바깥쪽 마스크 면을 구분해서 사용하는 것은 외부의 오염원으로부터 호흡기를 보호할 수 있고 감염성 병원체를 가지고 있는 경우 외부로 전파되는 것을 방지할 수 있다. 사용한 마스크는 항생제 내성균 등 미생물에 의한 잠재적 위험이 주변 환경에 퍼져나갈 가능성이 있으므로 스팀살균 등 적절한 살균처리 후 폐기하는 것이 바람직하다.

참고 문헌

1. Advice on the Use of Masks the Community, during Home Care and in Health Care Settings in the Context of the Novel Coronavirus (2019-NCov) Outbreak, World Heal. Organ., January(2020).
2. Geddie, J. and Sipalan, J., Reuters Home Page, <https://www.reuters.com/article/us-china-health-masks-safety-idUSKBN1ZU0PH>, January(2020).
3. Kim, M., "Analysis and implications of Korean Health Authorities' Fulfillment on World Health Organization's recommendations for mask use: focused on COVID-19", *Journal of Convergence for Information Technology*, **10**(8), pp. 77~86(2020).
4. Ball, P., BBC Home Page, <https://www.bbc.com/korean/international-59806589>, December(2021).
5. Kim, J. R., Korea Consumer Agency Home Page, <https://www.kca.go.kr/home/sub.do?menukey=4002&mode=view&no=1003044847>
6. U.S. NIOSH Home page, 42 CFR Part 84 Respiratory Protective Devices, <https://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/respirators/pt84abs2.html>, July(1995).
7. Jung, H. J. et al., "Comparison of Filtration Efficiency and Pressure Drop in Anti-Yellow Sand Masks, Quarantine Masks, Medical Masks, General Masks, and Handkerchiefs", *Aerosol Air Qual. Res.*, **14**(3), pp.991~1002(2014).
8. Han, D. H. et al., "Dust Collection Efficiency, Inhalation Pressure, and CO₂ Concentration in Health Masks", *Journal of Environmental Health Sciences*, **46**(1), pp.78~87(2020).
9. Seo, S. K. et al., "The Effect of Face Mask Design on User's Face Mask Recognition and Purchase Behavior", *Journal of Korea Design Forum*, **26**(2), pp.29~38(2021).
10. Korea Ministry of Food and Drug Safety, Guideline on Standards and Specifications for Filtering Respirators, March(2021).

11. 위생용품의 기준 및 규격. 식품의약품안전처 고시 제2021-112호.
12. Micgael T. M. et al., : Brock Biology of Micro organisms. 15th ed., Pearson press, pp.64~66 (2018).
13. Neuman, B. W. et al., "A structural analysis of M protein in coronavirus assembly and morphology", *J Struct Biol*, **174**(11), pp.11~22(2011).
14. Zhu, N., "A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019", *New England Journal of Medicine*, **382**(8), pp.727~733(2020).
15. Zuo, Y. Y., " Airborne Transmission of COVID-19: Aerosol Dispersion, Lung Deposition, and Virus-Receptor Interactions", *ACS Nano*, **14**(12), pp.16502~16524(2020)
16. WHO Guidelines, Infection prevention and control of epidemic and pandemic prone acute respiratory infections in health care. World Health Organ., p17, December(2014).
17. MacIntyre, C. R. et al., "Efficacy of face masks and respirators in preventing upper respiratory tract bacterial colonization and co-infection in hospital healthcare workers", *Prev. Med. (Baltim)*, **62**, pp.1~7(2014).
18. Duncan, S. et al., "The protective performance of reusable cloth face masks, disposable procedure masks, KN95 masks and N95 respirators: Filtration and total inward leakage", *PLoS One*, **16**(10), e0258191(2021).
19. Rengasamy, S., " A comparison of facemask and respirator filtration test methods", *J Occup Environ Hyg*, **14**(2), pp.92~103(2016).
20. Balazy, A., "Do N95 respirators provide 95% protection level against airborne viruses, and how adequate are surgical masks?", *American Journal of Infection Control*, **34**(2), pp.51~57 (2006).
21. Tcharkhtchi, A., "An overview of filtration efficiency through the masks: Mechanisms of the aerosols penetration", *Bioactive Materials*, **6**(1), pp.106~122(2021).
22. Bourouiba, L., "Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19", **323**(18), *JAMA*, pp.1837~1838(2020).
23. Stadnytskyi, V. et al., "The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission", *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **117**(22), pp.11875~11877 (2020).
24. Ueki, H. et al., "Effectiveness of Face Masks in Preventing Airborne Transmission of SARS-CoV-2", *MSphere*, **5**(2), e00637-20(2020).
25. Derrick, D. et al., "Speech air flow with and without face masks", *Sci Rep*, **12**(1), p.837(2022).
26. Buonanno, G. et al., "Estimation of Airborne Viral Emission: Quanta Emission Rate of SARS-CoV-2 for Infection Risk Assessment", *Environment International*, **141**, 105794(2020)
27. Techasatian, L. et al., " The Effects of the Face Mask on the Skin Underneath: A Prospective Survey During the COVID-19 Pandemic", *J Prim Care Community Health*, **11**, pp.1~7(2020).
28. Zhiqing, L. et al., "Surgical masks as source of bacterial contamination during operative procedures", *J Orthop Translat*, **14**, pp.57~62(2018).
29. Delanghe, L. et al., " Cotton and Surgical Face Masks in Community Settings: Bacterial Contamination and Face Mask Hygiene", *Frontiers in Medicine*, **8**, 732047(2021).
30. Polkinghorne, A. et al., "Evidence for decontamination of single-use filtering facepiece respirators", *Journal of Hospital Infection*, **105**(4), pp.663~669(2020).
31. Lindsley, W. G. et al., " Effects of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) on N95 Respirator Filtration Performance and Structural Integrity", *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, **12**(8), pp.509~517(2015).
32. Daeschler, S. C. et al., "Effect of moist heat reprocessing of N95 respirators on SARS-Co

- V-2 inactivation and respirator function”, *CM A/*, **192**(41), pp.E1189~E1197(2020).
33. Torres, A. E. et al., “Ultraviolet-C and other methods of decontamination of filtering facepiece N-95 respirators during the COVID-19 pandemic”, *Photochem. Photobiol. Sci.*, **19**(6), pp.746~751(2020).
34. Ou, Q. et al., “Evaluation of decontamination methods for commercial and alternative respirator and mask materials - view from filtration aspect”, *Journal of Aerosol Science*, **150**, 105609(2020).
35. Smith, J. S. et al., “Effect of various decontamination procedures on disposable N95 mask integrity and SARS-CoV-2 infectivity”, *J. Clin. Trans. Sci.*, **5**(1), e10, pp.1~5(2021).
36. Ju, T. J. J. et al., “Face masks against COVID-19: Standards, efficacy, testing and decontamination methods”, *Advances in Colloid and Interface Science*, **292**, 102435(2021).
37. Tabatabaeizadeh, S. A., “A Airborne transmission of COVID-19 and the role of face mask to prevent it: a systematic review and meta-analysis”, *European Journal of Medical Research*, **26**(1), pp.1~6(2021).
38. Arav, Y. et al., “Theoretical investigation of pre-symptomatic SARS-CoV-2 person-to-person transmission in households”, *Scientific Reports*, **11**, pp.1~7(2021).