한국산업보건학회지, 제27권 제2호(2017) ISSN 2384-132X(Print) ISSN 2289-0564(Online)
Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene, 2017: 27(2): 115-122
https://doi.org/10.15269/JKSOEH.2017.27.2.115

Original Article

세탁 및 옷감 신장에 따른 천마스크 제품의 여과효율 변화

김승원*

계명대학교 공중보건학전공

Changes of Particle Filtration Efficiency of Cloth Masks by Machine Washing and Cloth Expansion

Seung Won Kim*

Department of Public Health, Keimyung University

ABSTRACT

Objectives: This study was designed to evaluate the changes in the particle filtration efficiencies of five cloth masks (4 plate types, 1 cup type) with an increasing number of machine washings and the degree of cloth expansion.

Methods: NaCl aerosols were generated using an atomizer and passed through cloth masks in a dynamic aerosol chamber. Particle concentrations were measured both before and after for the cloth masks using an optical particle counter (OPC) in the size range of 0.3~10 μm.

Results: In the original condition, the filtration efficiencies of the five cloth masks were A: 20.1%, B:30.9%, C: 25.0%, D: 26.5%, and E: 40.9%. As the number of washings increased in the order of one, two, and four times, the filtration efficiencies of cloth mask C increased. The filtration efficiency of A, D, and E increased after the first washing. With the exception of B, the filtration efficiency of cloth masks increased after the second washing and those of all cloth masks increased after the fourth washing. This might be caused by the fibers untangling from the yarn and being freed at one end. In this status, the packing density of the textile will not change, but the distances between fibers will increase, which might bring about an increase in filtration efficiency.

When the cloth masks were extended by 10% and 20% in one direction, the filtration efficiencies of cloth masks B, D, and E decreased at 10% extension, and those of all cloth masks decreased at 20% extension. When the cloth masks were expanded by 10% and 20% in two directions, the filtration efficiencies of all cloth masks decreased by at least 34.7% at 10% extension, and by at least 60.9% at 20% extension

Conclusions: The filtration efficiency of cloth masks could decrease after one to two machine washings, but will increase after four washings in comparison with their original performances. The filtration efficiency of cloth masks will decrease when they are expanded, such as when stretching over the nose during wearing status.

Key words: cloth expansion, cloth mask, filtration efficiency, machine washing

I. 서 론

중동처럼 공기 중 미세먼지 발생이 많은 곳에서는 오래 전부터 스카프를 사용해 왔는데 햇빛을 가리고 먼지가 발생할 때에는 호흡기를 보호하는 목적으로 사용하였다. 최근에는 등산, 자전거/오토바이 타기, 건설현장 등의 활동에서 자외선 차단 및 땀 흡수 용도로 제품들이 개발되어 다양한 이름으로 시장에 유통되고 있다. 가장 많이 사용되는 이름으로는 멀티 마스크, 멀티 스카프, 넥 워머, 복면, 레저 마스크 등을 들 수 있다. Jang & Kim(2015)은 이들을 유사마스크라는 이름으로 통칭하기도 했다. 외국에서도 유사한 용도로 제품의 사용이 늘고 있고 이에 대한 연구에서 천마스크(cloth mask)라는 용어를 공통으로 사용하므로 이 논문에서

*Corresponding author: Seung Won Kim, Tel: 053-580-5197, E-mail: swkim@kmu.ac.kr
Department of Public Health, Keimyung University. 1095 Dalgubeol-daero, Dalseo-Gu, Daegu 42601, Republic of Korea
Received: June 7, 2017, Revised: June 14, 2017, Accepted: June 27, 2017

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.

도 천마스크로 통칭하였다(Rengasamy et al. 2010; Chughtai et al. 2013; MacIntyre et al. 2015).

천마스크는 의류 중 호흡기 주변을 가리는 액세서리를 지칭한다. 한국에서 가장 오래 사용된 제품은 방한대이며, 이름에서 보듯이 보온을 주목적으로 겨울에 많이 사용되어 왔다. 일부 감기환자의 경우 방한대를 상기도 내 습기 유지 및 질병 전파 방지용으로 사용하였다. 이러한 용도는 수술실 의료진이 착용하는 수술마스크(surgical mask)가 환자로부터 의료진을 보호하려는 목적이 아닌, 의료진의 호흡기에서 나오는 비말로부터 수술 중인 환자가 감염되는 것을 막을 목적으로 사용하는 것과 일치한다. 하지만 시각적으로 호흡기를 가린다는 사실과 마스크라는 이름이 제품에 사용되면서 천마스크가 미세먼지 같은 외부 입자상물질로부터 자신에게 충분한 보호를 제공할 수 있다는 잘못된 지각을 갖게 되는 경우가 있다(Jang & Kim, 2015). 의약외품 마스크(수술용 마스크, 보건용 마스크)와 산업용 방진마스크를 제외한 천마스크에 적용되는 여과효율에 대한 기준은 없으며 천마스크는 공산품 기준만 맞추면 생산과 판매가 가능한 제품이다.

천마스크의 여과효율에 대한 연구는 방진마스크, 황사방지용 마스크, 방역용 마스크(KF94), 의료용 마스크(N95) 등과 성능을 비교하는 것이 대부분이다(Lee et al. 2007; Shin 2008; Hong et al 2009; Jung et al. 2014; Jang & Kim 2015). 미국에서 수술용 마스크(surgical mask)에 대한 기준인 N95 등이 설정되기 전후를 기하여 여러 나라 연구자들에 의해 수행된 시중에 나온 N95 제품(안면부 여과식, 전면형, 반면형 마스크 등)에 대해 비교한 연구가 있었다(Checchi et al. 2005; Balazy et al. 2006; Lee et al. 2008; Oberg and Brosseau 2008; Rengasamy et al. 2009; Medina 2010; Sanchez 2010). 천마스크와 직접적으로 관련된 연구는 실험실 연구가 대부분이었으나 천마스크와 의료용 마스크(medical mask)를 사용한 보건의료집단 간 감염율을 비교한 연구도 보고된 바 있다(Rengasamy et al. 2010; Chughtai et al. 2013; MacIntyre et al. 2015). 천마스크의 성능비교에서 여과효율 이외에 비교되는 항목은 압력저항 등이 있지만, 압력저항은 여과효율과 비례하고, 천마스크를 여과효율을 기준으로 만들지 않기 때문에 압력저항이 문제되는 경우는 없었다(Jang & Kim 2015).

천마스크는 의류이므로 세탁이 가능하며 이는 부직포 형태의 여과재를 사용하는 방진마스크, 황사방지용 마스크, 보건용 마스크, 수술용 마스크 등과 구분되는 점이다. 세탁은 여과효율을 변경시킬 수 있고, Jang & Kim(2015)은 1회 세탁 전후의 여과효율 차이를 비교하였다. 부직포 형태의 여과재는 신축성이 적어 착용 시 콧등에 사용되는 콧쇠(metal nose band)나 탄력 밴드, 실리콘 면체 같은 별도의 재료가 결합되는 제품이 많다. 천마스크는 신축성이 좋아 별도의 재료를 사용하지 않는 경우가 많지만 제품이 신장되어 착용되는 경우 여과효율에 변화가 생길 수 있다. 본 연구에서는 천마스크의 세탁 및 신장에 따른 여과효율 변화를 조사하고자 하였다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 여과효율 측정

여과효율 측정에 사용된 챔버와 작동조건, 테스트 입자의 발생은 Jang & Kim(2015)이 사용한 방법을 그대로 사용하였다. 이를 요약하면 다음과 같다. 알루미늄 챔버는 Oberg & Brosseau(2008)가 사용한 챔버를 모델로 제작한 것이다. 챔버의 유량은 성인이 평상시 호흡하는 조건인 30 LPM을 사용하였다. 테스트 입자의 발생 및 정전기 중화 역시 같은 방법을 사용하였다. 1% NaCl 용액을 제조하여 atomizer(Atomizer 9302, TSI, USA)에 주입하고 에어로졸을 발생시켜 dryer

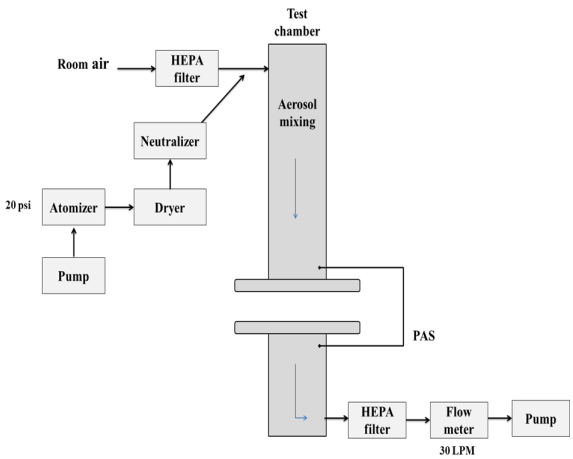


Figure 1. Schematic diagram of filtration efficiency test setting for cloth masks

(Hammond drierite, USA)와 입자중화기(aerosol neutralizer soft x-ray charger 4530, HCT, Korea)를 거쳐 챔버로 유입시켰다(Figure 1).

천마스크 전후의 입자농도 측정은 PAS 1.108 (Grimm Technologies, Inc., German)을 사용하여 이루어졌다. PAS 1.108은 15개의 크기별 채널을 가지고 있으며 이를 통합하여 PM1(0.3-1.0 μm), PM2.5(0.3-2.5 μm), PM10(0.3-10 μm) 크기에 대한 농도를 보고하며, 이들 중 미세먼지 농도에 해당하는 PM10 농도를 통계분석에서 이용하였다. 여과효율의 계산에는 다음 식을 사용하였다.

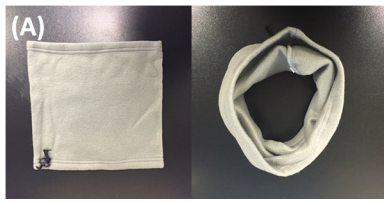
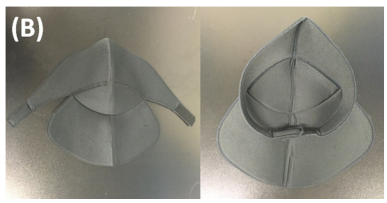
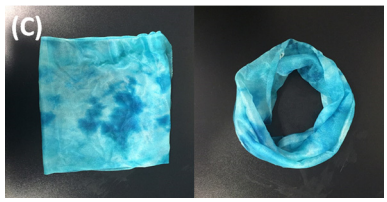
$$FE(\%) = \frac{C_{전} - C_{후}}{C_{전}} \times 100 \quad \text{(식 1)}$$

FE: 여과효율(filtration efficiency, %)
$C_{전}$: 여과재 통과 전의 염화나트륨(NaCl) 에어로졸의 농도(#/cm^3)
$C_{후}$: 여과재 통과 후의 염화나트륨(NaCl) 에어로졸의 농도(#/cm^3)

2. 천마스크

연구에 사용된 천마스크의 특징은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of cloth masks

Product	Design	Materials	Thickness	Pictures
A	Plate type	Nylon 50% Polypropylene 40% Polyurethane 10%	1.98 mm	
B	Cup type	Non-woven fabrics	3.12 mm	
C	Plate type	Polyester 100% (cool comfort fabrics)	0.26 mm	
D	Plate type	Nylon 84% Polyester 12% Spandex 4%	0.60 mm	
E	Plate type	Polyester 100% (micro fiber)	0.78 mm	

각 제품은 넥 워머, 방한마스크, 망사형마스크, 멀티스카프, 레저스카프의 이름으로 판매되고 있었다. 사용된 섬유의 종류는 폴리에스터, 폴리프로필렌, 나일론이 대부분이었고 옷감은 모두 편성물(knitted fabric)이었다. 같은 제품을 30개씩 구입하여 3개씩 1회, 2회, 4회 세탁하였고, 각 제품마다 3회 반복하여 여과효율을 측정하여 평균값을 대표치로 하였다. 세탁 횟수를 1, 2, 4회로 선정한 이유는 로그 스케일로 2배수를 선택했기 때문이다.

천마스크의 세탁은 일반 가루세제를 사용하여 수온 20±2℃에서 20분 세탁 및 3회 세정 후 5시간 건조하였다. 다른 세탁물과 혼합하여 세탁하지 않았지만 각 제품을 한꺼번에 세탁하였다. 2회 및 4회 세탁 시에도 앞의 과정을 반복하였다. 세탁기는 새 제품이 아니었지만 세탁 전 1회 세탁물 없이 한 차례 세탁 후 제품들의 세탁을 시작하였다.

제품 중 호흡영역에 닿는 부분을 10 ㎝ × 10 ㎝ 크기로 잘라 mounting plate에 글루건으로 고정하여 챔버에 장착 후 여과효율을 측정하였다. 신장률의 영향을 보기 위하여 세탁하지 않은 새 제품 중 호흡영역에 닿는 부분을 10 ㎝ × 10 ㎝ 크기로 잘라 시료를 한 방향으로 10%씩 늘려가면서(10 ㎝ × 11 ㎝와 10 ㎝ × 12 ㎝) mounting plate에 고정하여 챔버에서 여과효율을 측정하였다. 마찬가지 방법으로 10 ㎝ × 10 ㎝ 크기로 잘라 시료를 직각 방향으로 10%씩 늘려가면서(11 ㎝ × 11 ㎝와 12 ㎝ × 12 ㎝) mounting plate에 고정하여 챔버에서 여과효율을 측정하였다.

3. 통계분석

SPSS 21.0 for Windows(SPSS Inc., USA) 통계프로그램을 이용하여 세탁횟수 및 신장률에 따른 그룹 간 차이에 대해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 세탁횟수에 따른 여과효율 변화

제품별 세탁횟수에 따른 여과효율 변화를 Figure 2에 나타내었다. A, B, E 제품의 경우 첫 번째와 두 번째 세탁 후 여과효율은 세탁하기 전보다 떨어졌지만 4번째 세탁 후에는 세탁 전 여과효율을 회복하거나 A 제품처럼 현저하게 증가한 경우도 있었다. 모든 제품에서 4번째 세탁 후 여과효율이 가장 높게 나타났다. 입자의 크기에 따른 여과효율의 차이는 A 제품을 4번 세탁한 후에 큰 입자에 대해 여과효율이 증가하는 경향성이 보이지만 통계적으로 유의하지 않았다.

2. 신장에 따른 여과효율 변화

제품별 신장율에 따른 여과효율 변화를 Figure 3에 나타냈었다. 모든 천마스크는 천을 직각 방향으로 늘림에 따라 여과효율이 감소하였다($p<0.05$). 한 방향으로 늘리는 경우는 제품에 따라 오히려 여과효율을 증가시키는 경우도 있었다. 한 방향과 직각 방향 모두 10%와 20%의 신장 차이는 통계적으로 유의한 여과효율 변화를 가져오지 않았다.

Ⅳ. 고 찰

본 연구에서 사용한 제품의 여과효율은 Jang & Kim (2015)이 보고한 여과효율보다 전반적으로 10-20% 낮았다. 두 실험의 차이는 유사한 제품군 중에서 구입했지만 제품이 전혀 다르다는 점과 입자농도를 측정하는 기기가 다르다는 점이다. Jang & Kim(2015)이 사용한 측정기는 같은 광학입자계수기(optical particle counter, OPC)이지만 미국에서 만들어진 제품(3330, TSI, USA)으로 0.3～0.5, 0.5～1, 1～2, 2～5, 5～10 μm 크기에 대해 5개의 채널을 갖는다. Peters & O'shaughnessy(2006)는 본 연구에서 상용된 Grimm 1.108과 1.109를 TSI 3321 Aerodynamic Particle Sizer(APS)와 성능을 비교하였다. OPC와 APS는 서로 측정원리가 광학과 공기역학으로 달라 같은 에어로졸에 대해서 수농도(number concentration)와 질량농도(mass concentration)를 다르게 보고하였다. 하지만 본 연구처럼 같은 기기를 가지고 측정하여 비교하는 경우에는 이런 시스템적 오류(systemic error)가 상쇄되기 때문에 큰 문제가 되지는 않을 것으로 사료된다. 다만 한 대의 기기를 가지고 천마스크 전 후의 농도를 시간차를 두고 측정하였으므로 변이의 크기가 커지는 경향이 있다. 이러한 경향은 역시 한 대의 기기를 가지고 실험을 수행하였던 Jang & Kim(2015)의 연구에서도 나타났다.

세탁에 따른 여과효율의 변화에 대한 실험은 Jang & Kim(2015)의 연구에서도 세탁하지 않은 제품과 1

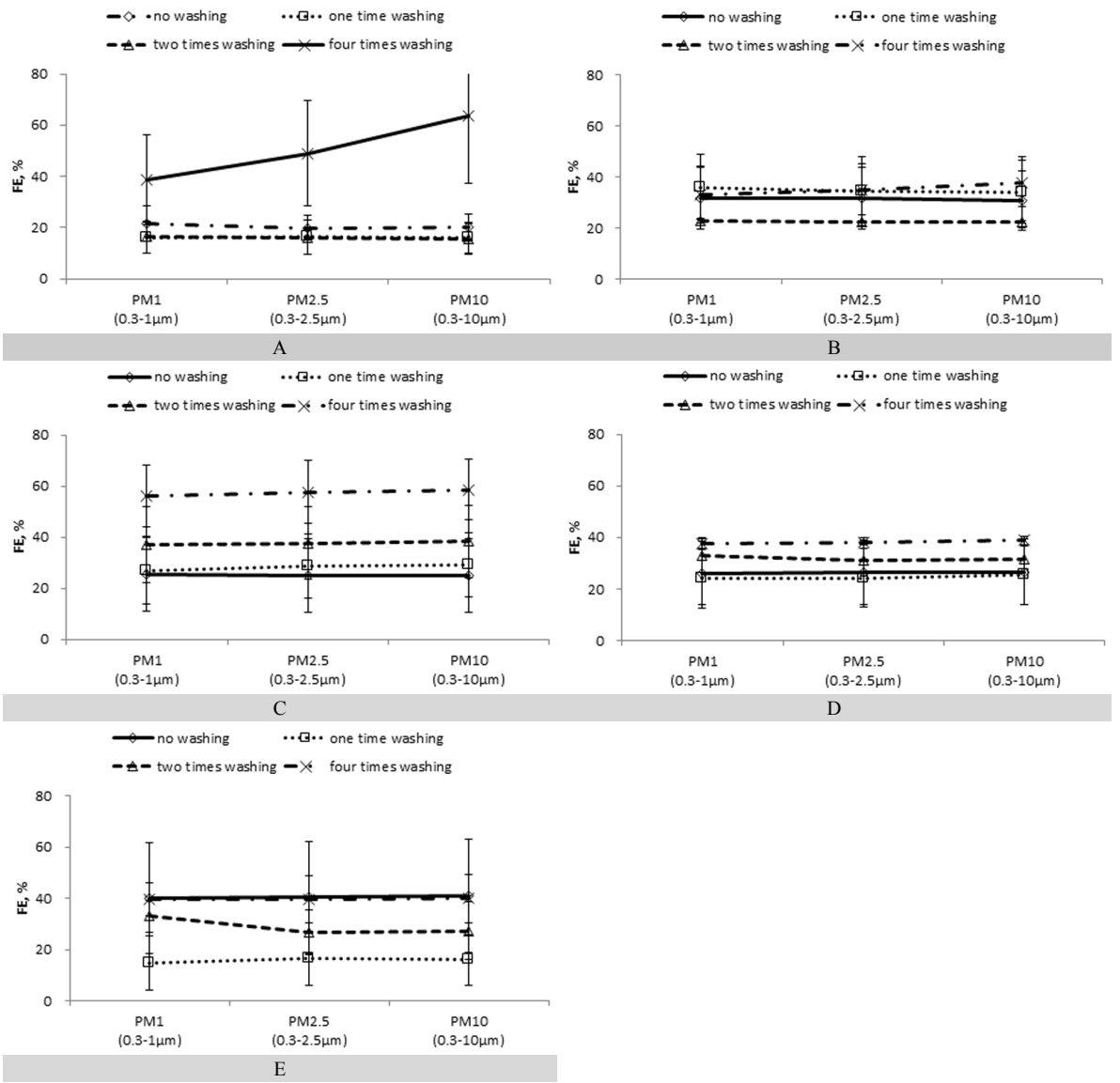


Figure 2. Changes of filtration efficiency (FE) of cloth masks by the number of washing time

회 세탁한 제품 간에 비교되었다. 그들의 실험에서는 나일론이 많이 포함된 두 제품에서는 세탁에 따른 차이가 없었지만 폴리에스터가 많이 포함된 제품에서는 큰 차이로 여과효율이 감소되었다. 본 연구에서는 B와 D가 세탁에 따른 차이가 거의 없는 것으로 나타났지만 옷감의 섬유 구성에서 이전 실험과의 일관성을 찾을 수는 없었다. 이것은 아마도 옷감의 편성방법 등의 차이나 다른 섬유공학적인 차이가 여과효율에 차이를 가져왔을 수도 있다고 생각된다.

세탁을 하지 않은 신제품과 비교하지 않고 세탁을 한 번 이상 한 경우를 비교했을 때는 B 제품을 제외하고 세탁을 할수록 여과효율이 증가한다(Table 2). 그 원인은 세탁이 반복될수록 원사에 꼬인 형태로 고정되어 있던 섬유들이 풀어지면서 원사와 원사 사이의 공간을 채워 여과효율을 증가시키기 때문인 것으로 추측된다. 이 같은 현상을 의도적으로 만들어서 여과효율을 증가시키려는 시도의 일환으로 일반 섬유와 나노섬유를 혼방하여 원사를 구성한 섬유제품

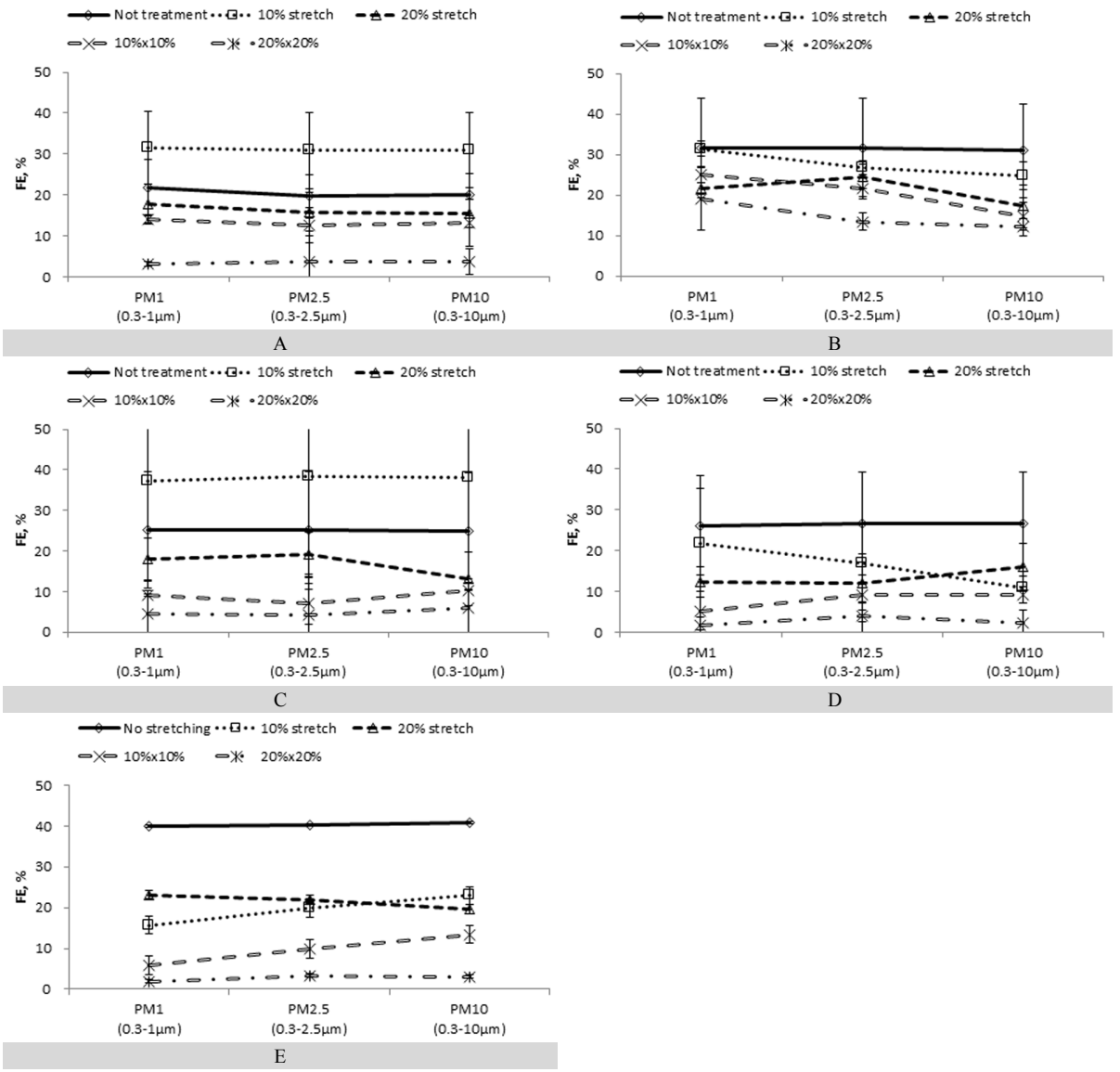


Figure 3. Changes of filtration efficiency (FE) of cloth masks by the degree of cloth expansion

Table 2. Change of filtration efficiency (FE) by the number of machine washing

Change of FE(%)	A	B	C	D	E
$(FE_{1\ wash} - FE_{0\ wash})/FE_{0\ wash}$	-19.8	10.2	16.9	-4.4	-61.0
$(FE_{2\ wash} - FE_{0\ wash})/FE_{0\ wash}$	-23.1	-27.5	53.8	19.7	-33.1
$(FE_{4\ wash} - FE_{0\ wash})/FE_{0\ wash}$	216.4	21.5	134.6	46.3	-2.7

이 존재한다. 1회 혹은 2회 세탁에서 여과효율이 감소하는 이유는 세탁 과정에서 섬유가 손실되어 섬유의 패킹밀도(packing density)가 감소하였기 때문일 수도 있다. 섬유들이 풀어지면서 공간을 채우는 경우에는 패킹밀도에 변화가 없다. 섬유들이 풀어지면 겉보기에 보푸라기가 일거나 옷감의 반사율이 줄어드

는 형태로 나타난다.

신장에 따른 여과효율의 변화에 대한 실험은 천마스크를 얼굴에 착용했을 때 얼굴의 윤곽에 따라 나타나는 옷감의 불규칙한 신장으로 인한 영향을 보고자하려는 의도였다. 특히 코는 얼굴에서 가장 솟아있어서 신장이 많이 일어나는 부분인 동시에 호흡기계의 입구이기 때문에 신장에 따른 여과효율의 변화에 크게 영향을 받게 된다. 한 방향으로 신장되었을 때 여과효율은 크게 변화가 없거나 오히려 증가한 경우도 있었다. 이 경우는 편성물이 한 방향으로 당겨지는 경우 원사와 원사 사이의 간격이 오히려 줄어들 수도 있기 때문으로 사료된다. 즉, 정사각형이 45도 회전한 모양의 마름모꼴이 양 옆으로 당겨지는 경우 아래 위의 두 꼭지점들 간의 거리가 줄어드는 것과 같은 원리이다. 천마스크는 착용감을 좋게 하기 위해 편성물 형태로 만들어지는 경우가 많고, 이 경우 옷감의 신장이 용이하게 이루어지지만 여과효율은 감소할 수 있다. 호흡보호구의 여과성능을 확인할 때 여과재의 성능뿐만 아니라 착용상태에서의 여과성능을 확인하는 것이 중요하다는 것이 간접적으로 다시 한 번 확인되었다.

본 연구에서 실험하지 않았지만 천마스크의 여과효율에 영향을 미칠 수 있는 인자들 중 하나로 정전기를 꼽을 수 있다. 여과제 표면에 정전기를 유발한 재료를 처리하는 경우 정전기력 때문에 여과효율이 높아지고 압력저하는 줄어든다(Kim 2008; Hong 2013; Lee et al. 2005; Rengasamy et al. 2009; Li et al. 2012; Huang et al. 2013). 세탁을 하면 정전기 효과가 중화될 수 있기 때문에 이러한 제품에는 세탁이 권장되지 않지만 이러한 기능은 호흡용 보호구에만 적용되고 천마스크에 적용이 보고된 경우는 없었다. 다른 여과효율 영향인자는 습도이다. 날숨에서 배출되는 수증기에 의해 섬유의 길이가 변할 수 있고 이것은 여과효율에 영향을 미칠 수 있다. 수증기가 액화되어 액체 방울로 섬유에 맺히는 경우 여과효율이 증가한다는 보고가 있다(Raynor & Leith 2000). 이러한 인자들이 복합적으로 작용하는 현실에서 in vivo 실험 결과도 보고되었다(Li et al. 2006).

방진마스크, 황사방지용 마스크, 보건용 마스크, 수술용 마스크 등과 비교했을 때 천마스크의 낮은 여과효율은 실험실뿐만 아니라 보건의료현장에서 감염율의 차이로도 증명되었다. MacIntyre et al.(2015)이 병원에서 일하는 근로자를 상대로 임의로 그룹을 나누어 천마스크와 의료용 마스크를 지급하고 감염병에 걸리는 차이를 보았을 때 천마스크를 사용한 그룹에서 유병율이 높게 나타났다.

식품의약품안전처는 “황사방지용 마스크를 세탁하면 모양이 변형되거나 기능을 유지할 수 없고 오히려 먼지나 세균에 오염될 수 있으므로 세탁하여 재사용하지 말아야 한다”고 홍보하고 있다(MFDS 2014). 황사방지용 마스크는 천마스크가 아니므로 세탁이 권장되지 않지만 천마스크는 의류이므로 세탁이 필요하고 세탁에 의해 여과효율이 변경될 수 있다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 세탁으로 인해 여과효율이 변화하는 것에 대한 기전적인 설명이 충분하지 못하다. 세탁 전후 천의 미세구조에 대한 현미경 사진 등이 첨부되면 천이 풀려 보풀이 생긴 것인지 다른 원인이 있는지 파악될 수 있을 것이다. 현실에서는 세탁회수를 4회 이상 실시하면서 사용할 수 있으므로 그에 대한 보충연구가 필요할 수도 있다. 세탁방법에 따른 변화를 살펴보지 않고 표준화를 위해 세탁기를 사용한 것도 한계일 수 있다. 비누의 사용여부와 손빨래 여부도 영향을 미칠 수 있다.

Ⅴ. 결 론

천마스크의 여과효율이 세탁 횟수와 옷감의 신장률에 따라 영향 받는 정도를 실험하였다. 예상과는 다르게 여과효율은 세탁 횟수가 1회일 때보다 4회 이상 이루어졌을 때 더 높아졌고 그 상승 폭은 제품마다 달랐다. 옷감의 신장에 따른 여과효율 역시 예상과는 다르게 한 방향으로 길이를 신장시키는 경우 큰 변화가 없었다. 대신 직각 방향으로 면적을 넓히는 경우에 큰 폭으로 여과효율이 감소하였다. 미세먼지 여과는 천마스크의 본래 기능은 아니지만 어느 정도의 여과기능을 제고하며 그 효율은 다양한 원인에 의해 영향 받을 수 있다.

감사의 말씀

본 연구는 2015년도 계명대학교 비사(일반)연구기금으로 이루어졌음을 밝힙니다.

References

Balazy A, Toivola M, Reponen T, Podgorski A, Zimmer A, Grinshpun SA. Manikin-based performance evaluation of N95 filtering-facepiece respirators challenged with nanoparticles. Ann Occup Hyg 2006;50:259-269

Checchi L, Montevecchi M, Moreschi A, Graziosi F, Taddei P, Violante FS. Efficacy of three face masks in preventing inhalation of airborne contaminantsin dental practice. J Am Dent Assoc 2005;136:877-882

Chughtai AA, Seale H, MacIntyre CR. Use of cloth masks in the practice of infection control-evidence and policy gaps. International Journal of Infection Control 2013;9(3)

Hong Y. Functional finishing of nonwoven filter for dust-proof/medical masks by corona discharging treatment. Textile Coloration and Finishing 2013;25: 232-239

Hong YJ, Lee JS, Shin JM, Lee CY, Han EJ, Lee HK et al. Evaluation of the quality of commercial masks. The Report of Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment 2009;45: 66-76

Huang SH, Chen CW, Kuo YM, Lai CY, Mckay R, Chen CC. Factors affecting filter penetration and quality factor of particulate respirators. Aerosol Air Qual Res 2013;13: 162-171

Jang JY, Kim SW. Evaluation of Filtration Performance Efficiency of Commercial Cloth Masks. J Environ Health Sci 2015;41(3):203-215

Jung H, Kim J, Lee S, Lee J, Kim J, Tsai P, Yoon C. Comparison of filtration efficiency and pressure drop in anti-yellow sand masks, quarantine masks, medical masks, general masks, and handkerchiefs. Aerosol Air Qual Res 2014;14:991-1002

Lee BU, Yermakov M, Grinshpun SA. Filtering efficiency of N95- and R95-type facepiece respirators, dust-mist facepiece respirator, and surgical mask operating in unipolarly ionized indoor air environments. Aerosol Air Qual Res 2005;5:25-38

Lee JB, Lee MC, Ahn GS, Heo HR, Jung G, Kim JH et al. Evaluation on the dust removal efficiency of mask for asian dust. Journal of Korean Society for Atmos Environ 2007;467-468

Lee SA, Grinshpun SA, Reponen T. Respiratory performance offered by N95 respirators and surgical masks: human subject evaluation with NaCl aerosol representing bacterial and viral particle size range. Ann Occup Hyg 2008;52:177-185

Li L, Zuo Z, Japuntich DA, Pui DYH. Evaluation of filter media for particle number, surface area and mass penetrations. Ann Occup Hyg 2012;56:581-594

Li Y, Wong T, Chung AJ, Guo YP, Hu JY, Guan YT, Yao L, Song QW, Newton E. In vivo protective performance of N95 respirator and surgical facemask. Am J Ind Med 2006;49(12):1056-65

MacIntyre CR, Seale H, Dung TC, Hien NT, Nga PT, Chughtai AA, Rahman B, Dwyer DE, Wang Q. A cluster randomised trial of cloth masks compared with medical masks in healthcare workers. BMJ open 2015;5(4): e006577

Medina DE. Filtration performance of a NIOSH approved N95 filtering facepiece respirator with stapled head straps. [Tampa]: University of South Florida; 2010

Ministry of Food and Drug Safety. MFDS, Provide sectoral safety information about preparation for particulate matter. [cited 2015 May]. Available from: http://www.mfds.go.kr/index.do?x=0&searchkey=title:contents&mid=675&searchword=%B9%CC%BC%BC%B8%D5%C1%F6&y=0&pageNo=1&seq=22476&cmd=v

Oberg T, Brosseau LM. Surgical mask filter and fit performance. Am J Infect Control 2008;36:276-282

Peters TM, Ott D, O'shaughnessy PT. Comparison of the Grimm 1.108 and 1.109 portable aerosol spectrometer to the TSI 3321 aerodynamic particle sizer for dry particles. Ann Occup Hyg 2006;50(8):843-50

Raynor PC, Leith D. The influence of accumulated liquid on fibrous filter performance. J Aerosol Sci 2000;31(1): 19-34

Rengasamy S, Eimer BC, Shaffer RE. Comparison of nanoparticle filtration performance of NIOSH approved and CE-marked particulate filtering facepiece respirators. Ann Occup Hyg 2009;53:117-128

Rengasamy S, Eimer B, Shaffer RE. Simple respiratory protection-evaluation of the filtration performance of cloth masks and common fabric materials against 20-1000 nm size particles. Ann Occup Hyg. 2010;54(7): 789-98

Sanchez E. Filtration efficiency of surgical masks. [Tampa]: University of South Florida; 2010

Shin CS. Performance standards of yellow sand masks. Seoul: Korea's Ministry of Food and Drug Safety. 2008