

마스크 필터의 효율 최적화 및 호흡 저항 감소에 관한 연구

권 세 현 · 홍 자 영 · 정 상 빈 · 허 기 준 · 이 병 옥¹⁾

¹⁾건국대학교 기계공학과 입자공학 및 생명공학 연구실

(2016년 9월 13일 투고, 2016년 9월 23일 수정, 2016년 9월 30일 게재확정)

A Study on Optimization of Mask Filter and Reduction in Respiratory Resistance

Sehyun Kwon, Jayoung Hong, Sang Bin Jeong, Ki Joon Heo, and Byung Uk Lee¹⁾

¹⁾*Aerosol and Bioengineering Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Konkuk University*

Abstract

We conducted experiments on mask filters. We measured filtering efficiencies of several new mask filters which were manufactured by disassembling and reassembling of one type of mask filter. New filter (A+C: combination of the first layer and the third layer of the tested mask filter) showed the highest efficiency (97.7%) with the respiratory resistance of 98 pa.

Keywords : Mask Filter, Respiratory Resistance, Recombination

* Corresponding author.

Tel : +82-2-450-4091, Fax: +82-2-447-5886

E-mail : leebu@konkuk.ac.kr

1. 서 론

최근 대기환경이 악화됨에 따라 호흡기 건강에 직접적으로 영향을 주는 미세먼지와 바이오에어로졸에 대한 관심이 높아지고 있다. 미세먼지는 입자 크기에 따라 PM10과 PM2.5로 분류되며, 호흡기관으로 침투 시 심혈관 질환, 천식의 원인이 된다(Hinds, 1999; Delfino et al., 2005; Wallace et al., 2003).

바이오에어로졸(Bioaerosol)이란 공기 중에 부유하고 있는 유기체로, 사람의 건강과 밀접한 관련이 있다 (Lee, 2011). 박테리아, 곰팡이 에어로졸은 비염이나 천식, 폐 질환을 야기할 수 있으며(Baxi et al., 2016; Fiegel et al., 2006; Fung and Hughson, 2003), SARS(Severe Acute Respiratory Syndrome)나 MERS(Middle East Respiratory Syndrome)와 같은 호흡기 질병을 일으키는 바이러스 또한 바이오에어로졸 형태로 존재할 수 있다 (World Health Organization: WHO, 2009; Oboho et al., 2015; Cowling et al., 2015).

이러한 복합적인 대기환경문제로부터 건강을 보호할 수 있는 가장 손쉬운 방법은 마스크 착용이다. 하지만 적지 않은 사람들이 마스크 착용을 기피하는 데, 그 대표적인 원인은 호흡저항(respiratory

resistance)이다. 마스크 필터링의 효율을 높이기 위해선 여러 겹의 필터를 사용해야하지만, 이는 통과 압력 강하를 증가시켜, 호흡저항을 증가시킨다. 본 연구의 목적은, 마스크 필터링 효율을 90% 이상 유지하는 동시에 호흡저항이 낮은 마스크를 설계하는 것이다. 시중에서 판매되고 있는 한 종류의 마스크를 분해하여, 각각의 필터를 구성하고 있는 섬유직경을 분석 한 후 입자의 크기에 따른 필터링 효율과 압력강하를 측정하였다. 또한 각각의 필터를 재조합하여 최적의 마스크를 설계하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용한 마스크는 N95 실험용 마스크이다. Fig. 1.은 실험장치 배치를 보여준다. 마네킹은 지면 1.5m 높이에 설치하여 실제 사람이 호흡할 때 들어오는 공기를 측정하였다. 광학입자측정기(OPC, Portable particle counter, model 3905, Kanomax Inc. USA)를 이용하여 마네킹에 부착한 마스크의 효율을 측정하며, 차압계(Differential Pressure Gauge, MP50, Kimo, France)를 이용하여 마스크에 의한 압력강하를 측정하였다.

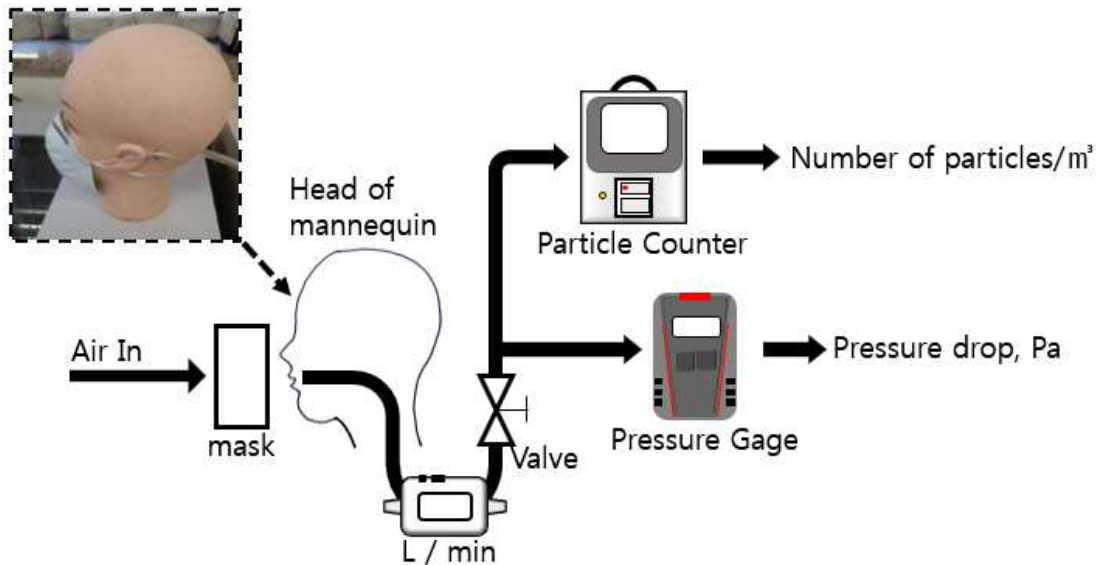


Figure 1. Experimental setup.

마스크 섬유 직경은 CCD Camera(INFINITY1, Lumenera Co, Canada)를 부착한 광학현미경(ECULIPSE ME600, Nikon, Japan)을 이용하여 측정하였다. 각각의 필터를 직경별로 분류한 뒤, 기존의 마스크 필터링 효율과, 새로 조합한 필터의 효율을 비교하였다. 각 효율은 3회씩 측정되었다.

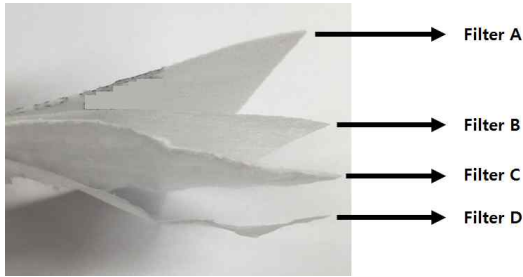


Figure 2. Schematic diagram of structure of the mask.

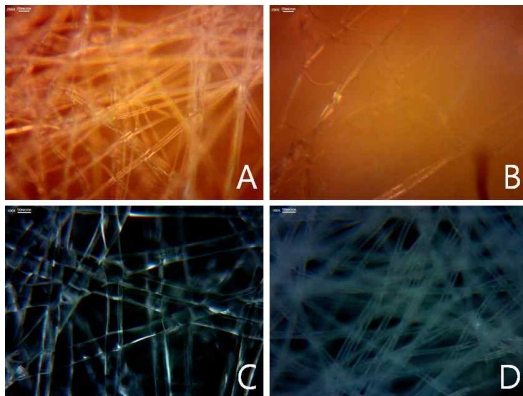


Figure 3. Pictures of mask filters. Scale bars of A, B are 20µm, scale bars of C, D are 50µm.

3. 결과 및 고찰

3.1 마스크 필터 형상

Fig.2에서와 같이 마스크는 총 4개의 필터로 구성되어 있었다. 필터의 평균 직경은 Fig. 3. A의 경우 $9.38 \pm 1.66 \mu\text{m}$, B는 $10.06 \pm 1.59 \mu\text{m}$, C는 $42.82 \pm 1.78 \mu\text{m}$ m, 그리고 D는 $17.82 \pm 2.11 \mu\text{m}$ 로 측정되었다.

3.2 필터 효율 측정

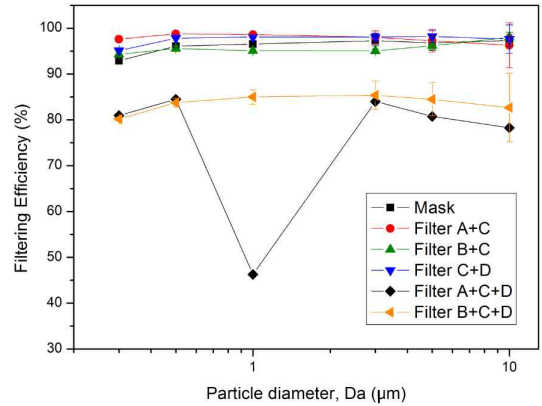


Figure 4. Filtering efficiency of the particles. Error bars indicate standard deviations.

$$\text{Mask Efficiency} = \frac{N - F}{N} \quad (1)$$

N : 필터를 통과하지 않고 OPC가 흡입한 공기 중 입자의 평균 개수

F : 필터를 통해 OPC가 흡입한 공기 중 입자의 평균 개수

식 (1)을 이용하여 필터의 효율을 구한 뒤 Fig. 4. 에 입자 직경별 필터의 효율을 표시하였다. 지름 $0.3 \mu\text{m}$ 입자에 대해서 가장 높은 효율을 보인 조합은 Filter A+C였으며, 기존의 생각과는 다르게 Filter A+C, B+D, C+D는 두 개의 필터만 사용하였지만 마스크보다 높은 효율을 보였다. Filter A+C+D 조합과 Filter B+C+D 조합을 제외한, 실험 결과는 모든 직경에 대해 90%이상의 효율을 보였다.

또한 Fig. 5. 는 필터 조합의 총 효율을 보여준다. 모든 입자 크기에 대해 마스크는 96.14%의 필터링 효율을 보여주었지만, Filter A+C 조합 효율이 97.74%로 가장 높았다.

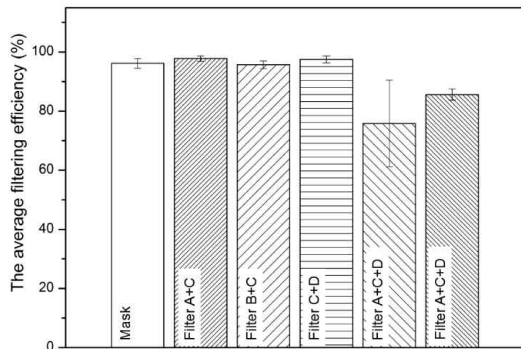


Figure 5. The average filtering efficiency. Error bars indicate standard deviation.

3.3 호흡 저항 측정

Table 1. Pressure drop

	Flow rate (L/min)	Pressure drop (Pa)
Mask	Measure 1	0.203
	Measure 2	0.203
	Measure 3	0.203
	Average	0.203
Filter A+C	Measure 1	0.210
	Measure 2	0.206
	Measure 3	0.203
	Average	0.206 ± 0.00351
		287
		281
		283
		283.67 ± 3.055
		100
		98
		97
		98.3 ± 1.527

Table.1 은 필터링 효율이 가장 높았던 Filter A+C 조합과 기존 마스크의 압력강하를 비교한 결과이다. Filter A+C 조합이 기존 마스크보다 약 185Pa 낮은 호흡저항을 보여줬다.

4. 결 론

본 실험을 통해 Filter A+C 조합이 가장 높은 필터링 효율과, 가장 적은 압력강하를 보였다. 실험 데이터를 통해 97.7%의 필터링 효율과 98.3Pa의 압력강하를 보였다. 고효율이면서 저항이 낮은 마스크의 설계에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 개별적인

마스크 필터들의 공극률이나 재료특성 등에 대한 정밀분석, 필터 결합들에 대한 추가적 변수 도입을 통한 분석, 마네킹과 마스크 결합에 대한 추가 분석 실험 등은 추후 연구에서 이루어 질 계획이다.

감사의 글

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2015R1D1A1A09056879).

참 고 문 헌

Baxi, S. N., Portnoy, J. M., Larenas-Linnemann, D., Phipatanakul, W., and Workgroup, E. A. (2016). Exposure and health effects of fungi on humans. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 4(3), 396-404.

Cowling, B. J., Park, M., Fang, V. J., Wu, P., Leung, G. M., and Wu, J. T. (2015). Preliminary epidemiologic assessment of MERS-CoV outbreak in South Korea, May-June 2015. *Euro surveillance: European communicable disease bulletin*, 20(25).

Delfino, R. J., Sioutas, C. and Malik, S. (2005). Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. *Environmental health perspectives*, 934-946.

Lee, B.U. (2011). Life comes from the air : a short review on bioaerosol control. *Aerosol and Air Quality Research*, 11(7), 921-927.

Fiegel, J., Clarke, R., and Edwards, D. A. (2006). Airborne infectious disease and the suppression of pulmonary bioaerosols. *Drug discovery today*, 11(1), 51-57.

Fung, F., and Hughson, W. G. (2003). Health effects of indoor fungal bioaerosol exposure. *Applied occupational and environmental hygiene*, 18(7), 535-544.

- Hinds, W. C. (1999). *Aerosol Technology : Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particle*. A Wiley-Interscience Publication.
- Oboho, I. K., Tomczyk, S. M., Al-Asmari, A. M., Banjar, A. A., Al-Mugti, H., Aloraini, M. S., and Swerdlow, D. L. (2015). 2014 MERS-CoV outbreak in Jeddah—a link to health care facilities. *New England Journal of Medicine*, 372(9), 846-854.
- Wallace, L. A., Mitchell, H., T O'Connor, G., Neas, L., Lippmann, M., Kattan, M. and Walter, M. (2003). Particle concentrations in inner-city homes of children with asthma: the effect of smoking, cooking, and outdoor pollution. *Environmental health perspectives*, 111(9), 1265.
- World Health Organization : WHO Pandemic (H1N1). (2009). - update 91.