

인면부 여과식 방진 마스크의 형태 및 착용 방법 교육이 밀착계수에 미치는 영향 비교

어원석 · 최영보* · 신창섭**

사)한국산업위생협회 · *충북대학교 안전공학과
(2016. 4. 28. 접수 / 2016. 8. 2. 수정 / 2016. 8. 31. 채택)

Comparison of Effects of Mask Style and Donning Training on Fit Factors of Particulate Filtering Facepiece Respirators

Won Souk Eoh · Youngbo Choi* · Changsub Shin**

Korean Occupational Hygiene Association

*Department of Safety Engineering, Chungbuk National University

(Received April 28, 2016 / Revised August 2, 2016 / Accepted August 31, 2016)

Abstract : Particulate filtering facepiece respirators (PFFR) is one of the most widely used items of personal protective equipments, and a tight fit of the respirators on the wearers is critical for the protection effectiveness. In order to effectively protect the workers through the respirators, it is important to find and evaluate the ways that can be readily applicable at the workplace to improve the fit of the respirators. This study was designed to evaluate effects of mask style (cup or foldable type) and donning training on fit factors (FF) of the respirators, since these are available at various workplace, especially at small business workplace. A total of 40 study subjects, comprised of 30~50s aged male and female workers in metalworking industries, were enrolled in this study. The FF were quantitatively measured before and after training related to the proper donning and use of cup or foldable-type respirators. The pass/fail criterion of FF was set at 100. After the donning training for the cup-type mask, subjects who passed the fit test were increased from 10 to 33. Moreover, the geometric mean (GM) of FF was increased by 340% in subjects who failed the test. In addition, the training effects for the cup-type mask were significant in female and 50s aged subjects. On the other hand, although the GM of FF for the foldable-type mask was also increased after the donning training, the GM of FF for the foldable-type mask and its increase rate were smaller as compared to the cup-type mask. Furthermore, the differences of the increase rates of the GM of FF in sex and aged of the subjects were not significantly for the foldable-type mask. The multi-distribution of leak points for the foldable-type mask may be one of causes for the less effect of training on the fit of the foldable-type mask. These results imply that the raining on the donning and use of PFFR can enhance the protection effectiveness of cup or foldable-type mask, and that the training effects for the foldable-type mask is less significant than that for the cup-type mask. Therefore, It is recommended that the donning training and fit tests should be conducted before the use of the PFFR, and that efficient training programs for the foldable-type mask are required.

Key Words : particulate filtering facepiece respirators (PFFR), cup-type, foldable-type, donning training, fit test

1. 서론

분진(dust), 흠(fume)과 같이 공기 중 부유하는 입자상 물질은 국내 사업장별 유해 작업환경 보유 비율에서 49.1%를 차지하는 주요 위험 요소의 하나이다. 또한 전체 근로자 중 분진·흠 발생 작업에 종사하는 근로자의 비율이 2004년 9.7%에서 2015년 10.7%로 증가하고 있다¹⁾. 따라서 입자상 물질로부터 근로자의 호흡

기를 보호할 수 있는 예방 대책의 중요성은 더욱 강조되고 있다.

일반적으로 분진 발생이 많은 작업장에서는 분진 발생원의 격리, 대체, 환기 등과 같은 공학적 대책을 통해 일차적으로 작업환경을 개선하는 것이 필요하다²⁾.

그리고 이러한 공학적 조치를 이용하더라도 근로자가 유해물질에 노출되는 것을 막기 어려울 경우, 마지막 수단으로 방진 마스크와 같은 개인 보호구를 활용

* Corresponding Author : Changsub Shin, Tel: +82-43-261-2461, E-mail: cshin@chungbuk.ac.kr
Department of Safety Engineering, Chungbuk National University, 1, Chungdae-ro, Seowon-Gu, Cheongju, Chungbuk 28644, Korea

하도록 권고된다³⁾.

하지만 국내 사업장의 80% 이상을 차지하는 상시 근로자 50인 미만의 소규모 사업장은 기술적 또는 경제적 한계로 인해 작업환경을 개선하는 것이 쉽지 않다. 이로 인해 소규모 사업장에서는 분진 예방 대책으로서 방진 마스크와 같은 호흡 보호구를 가장 많이 채택하고 있는 실정이다. 아울러 다양한 종류의 방진 마스크 중에서도 가격이 제일 저렴한 안면부 여과식 마스크의 사용 비율이 가장 높으며, 국내의 많은 근로자에게는 이러한 안면부 여과식 방진 마스크의 착용이 스스로를 보호할 수 있는 현실적이고 유일한 수단일 경우가 많다²⁾.

방진 마스크의 보호 효과는 크게 필터의 여과 성능⁴⁾ 및 얼굴 면과 마스크 면의 밀착도에 의해 좌우된다.⁵⁾ 특히, 필터의 여과 성능이 우수하더라도, 밀착도가 낮으면 누설 부분을 통해 다량의 오염물질이 마스크 내부로 쉽게 유입될 수 있기 때문에, 산업용 방진 마스크의 경우에는 높은 밀착도가 요구된다.

방진 마스크의 밀착도는 사용자의 안면 치수와 마스크의 일치 여부⁶⁾, 마스크 제조회사와 제조국가, 사용자의 성별⁹⁾, 착용 방법 교육 여부¹⁰⁾ 등과 다양한 요소에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 특히, 사용자의 얼굴 형태 및 크기에 적합한 마스크를 착용해야 높은 밀착 계수를 얻을 수 있다고 알려져 있다.

하지만 아직까지 국내에서는 한국인의 안면부 치수와 형상 특성이 반영된 방진 마스크의 제작이 거의 이루어지고 있지 않으며, 제조회사와 제조국가 마다 상이한 안면 치수를 바탕으로 마스크를 제조하고 있다.⁶⁾ 또한 대부분의 국내 업체가 마스크의 크기를 구분하지 않고 주로 중간 크기 하나만을 생산하고 있는 실정이기 때문에⁶⁾, 산업현장에서 방진 마스크의 밀착도를 향상시키기 위해서 선택할 수 있는 요소는 크게 제한된다.

따라서 방진 마스크를 통해 근로자를 효과적으로 보호하기 위해서는, 산업현장에서 현실적으로 채택 가능한 밀착도 영향 요소들을 선정하고, 이 인자들이 방진 마스크의 밀착도에 미치는 영향을 검토할 필요가 있다.

이를 위해, 본 연구에서는 가장 널리 사용되는 안면부 여과식 방진 마스크²⁾를 대상으로, 컵형(Cup type)과 접이식(Foldable type)으로 구분되는 마스크의 형태 및 착용방법 교육이 마스크의 밀착계수(Fit factor, FF)에 미치는 영향을 비교하였다.

체계적인 마스크 착용 방법에 대한 교육과 밀착도 검사는 마스크 착용자가 유해 환경에 노출되기 전에 손쉽게 사전 점검할 수 있는 유용한 수단이다. 이에 산업안전보건공단은 2014년 호흡보호구의 올바른 착용

방법 및 관리에 관한 지침을 마련하였지만, 방진 마스크에 대한 의존도가 높은 소규모 사업장일수록 교육이 제대로 이루어지고 있지 않다^{1,2)}.

아울러 보호구 제조업체를 대상으로 한 자체 간이 설문 조사에 따르면, 기존에는 컵형 마스크가 주로 이용되었지만, 접이식 마스크가 변형의 염려도 적고, 사용하지 않을 경우 주머니 등에 쉽게 보관할 수 있는 장점이 있어 판매량과 사용량이 증가하고 있다. 하지만 기존 연구들은 대부분 컵형 마스크를 대상으로 하였고, 접이식 마스크에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

본 연구는 이와 같이 현장에서 현실적으로 선택할 수 있으며, 최근 들어 중요성이 증가하고 있는 방진 마스크의 형태와 착용방법 교육이 밀착계수에 미치는 영향을 비교함으로써, 방진 마스크의 효과적인 선정과 올바른 사용에 기여하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구 대상 및 방법

본 연구에서는 분진 발생이 많고 방진 마스크의 사용 빈도가 높은 금속제품 제조 및 금속가공의 소규모 사업장 근로자를 대상으로 1:1 대면을 통해 방진 마스크 착용방법에 관한 교육을 받은 경험이 없는 피험자 40명을 모집하였다.

방진 마스크는 현장에서 많이 사용되고, 피험자들이 자주 접해본 모델의 free size 중에서 선택하였다. 구체적으로, 컵형 방진 마스크는 M사의 모델을 사용하고, 접이식 방진 마스크는 Y사의 모델을 사용하였다.

밀착계수는 미국 TSI사의 정량적 밀착도 시험기(Portacount Pro+ 8038)를 사용하여 측정하였다. 밀착도 시험기를 통해 공기 중 에어로졸의 농도(C_{air})와 마스크 내부의 에어로졸 농도(C_{inside})를 동시에 측정한 후, 두 농도의 비율(C_{air}/C_{inside})로 밀착계수를 계산하였다. 정확한 측정을 위해 피험자 당 5회씩 측정하여 평균값을 기록하였다. OSHA 및 KOSHA의 정량적 밀착도 검사 방법 기준을 따라 밀착계수가 100이상인 경우를 통과(Pass)로 판정하였다¹⁰⁾.

컵형과 접이식 마스크를 착용한 후 코, 볼, 턱 등 누설되고 있는 불량한 위치를 육안 관찰과 피험자와의 문답식 질문을 통해 파악하였다. 다음으로 코 클립, 머리카락, 마스크 사이즈 등을 조정하면서 밀착도 시험기를 이용하여 밀착계수 값이 변화되는 것을 확인 후 누설 위치를 찾았으며, 마스크의 주요 누설 위치를 8개(없음, 코, 볼, 턱, 코와 볼, 코와 턱, 볼과 턱 및 모든 부위)로 구분하여 조사하였다¹¹⁾.

교육방법은 대화와 같은 행동유형의 교육이 더 우수

한 효과를 보인다는 연구결과에 따라⁸⁾, 피험자에게 1:1로 설명하였으며, 교육내용은 마스크의 착용법, 밀착 불량요인, 밀착도 검사 시기 및 원인, 마스크의 선정기준과 사용원칙, 마스크의 종류 및 특성, 위험 작업시 고려사항, 유해인자 분류 등이었으며, 밀착불량이 발생하는 요인이 머리끈, 코 클립, 마스크사이즈, 동작, 안경착용 등임을 설명하고 올바른 착용방법과 밀착도의 중요성을 알려주는 방식으로 진행하였다.

측정 자료의 통계분석은 SAS ver 9.2를 이용하여 실시하였다. 방진 마스크의 형태 및 착용방법에 대한 교육 전/후의 비교는, Univariate로 확인한 결과 밀착계수가 대수 정규 분포를 따르는 것으로 나타나, 기하평균(Geometric mean, GM)과 기하표준편차(Geometric standard deviation, GSD)로 구하였다. 또한 Wilcoxon 검정으로 유의성 검정을 실시하였으며, 유의 수준은 P=0.05로 하였다.

3. 연구 결과 및 토의

3.1 연구 대상의 특성

본 연구에 참여한 피험자는 총 40명이며, 이들의 일반적인 특성을 Table 1에 나타내었다. 남성이 여성보다 14명 많은 27명이 참가하였으며, 전체 피험자의 67.5%를 차지하였다. 한편 젊은 층의 선호도가 높지 않은 금속제품 제조 및 금속가공의 소규모 사업장 근로자를 대상으로 하였기 때문에 피험자 중 20대는 없었다. 그러나 30대, 40대 및 50대가 각각 30%, 37.5% 및 32.5%를 차지하여 비교적 고른 연령 분포를 나타냈다. 아울러 피험자들의 고용 형태는 정규직이 27명(67.5%), 비정규직이 13명(32.5%)인 것으로 조사되었다.

3.2 컵형 방진 마스크의 착용방법 교육 전/후 비교

컵형 방진 마스크의 착용방법에 관한 교육 전과 교육 후의 개인별 밀착도 검사 결과를 Fig. 1에 표시하였다. 착용방법 교육 전 밀착계수는 0에 가까운 피험자도

Table 1. General characteristics of study subjects

Classification		Number (%)
Gender	Male	27 (67.5%)
	Female	13 (32.5%)
Age	30~39	12 (30.0%)
	40~49	15 (37.5%)
	50~59	13 (32.5%)
Type of employment	Typical	27 (67.5%)
	Atypical	13 (32.5%)

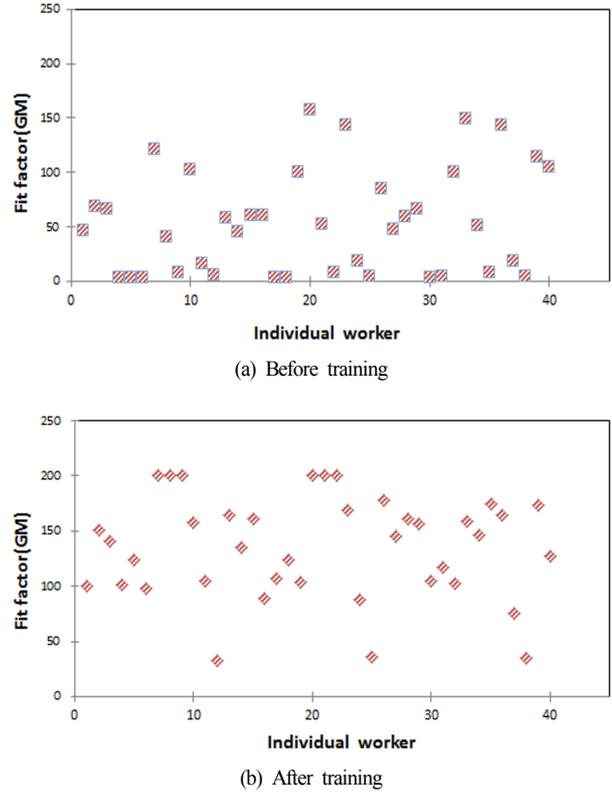


Fig. 1. Results of fit tests for cup type respirator before and after donning training.

많이 나타나는 등 전체적으로 밀착도 100이하가 많았으나, 교육 후에는 밀착도 80이하가 4명밖에 나타나지 않는 등 밀착도가 크게 상승하였다.

컵형 방진 마스크의 착용방법에 관한 교육 전과 교육 후의 밀착도 검사 결과를 Table 2에 표시하였다. 컵형 방진 마스크의 착용방법을 사전 교육을 하지 않고 밀착도 검사를 실시한 경우, 밀착계수 100 이상의 통과자는 전체 40명 중 10명(25%)이었고, 교육 후의 통과자는 33명(82.5%)으로 증가하였다. 통과자의 밀착계수 기하평균(GM) 역시 교육 전 122.1에서 교육 후 158.8로 증가하였다.

Table 2. Results of fit tests for cup type respirator before and after donning training

Fit test		Number (%)	GM (GSD)	P
Pass	Before training	10 (25.0%)	122.1 (1.1)	0.000
	After training	33 (82.5%)	158.8 (1.2)	
Fail	Before training	30 (75.0%)	17.1 (1.7)	0.000
	After training	7 (17.5%)	58.6 (1.2)	

한편, 컵형 방진 마스크의 밀착계수가 100 미만으로 통과에 실패한 피험자는 교육 전 30명(75%)에서 교육 후 7명(17.5%)으로 크게 감소하였다. 또한 통과 실패자의 밀착계수 기하평균은 교육 전 17.1에서 교육 후에 3.4배로 증가하여 58.6를 나타내었다. 이는 통과자의 밀착계수 기하평균이 교육 후 1.3배로 증가한 것과 대비된다.

한편, 컵형 방진 마스크의 밀착계수가 100 미만으로 통과에 실패한 피험자는 교육 전 30명(75%)에서 교육 후 7명(17.5%)으로 크게 감소하였다. 또한 통과 실패자의 밀착계수 기하평균은 교육 전 17.1에서 교육 후에

3.4배로 증가하여 58.6를 나타내었다. 이는 통과자의 밀착계수 기하평균이 교육 후 1.3배로 증가한 것과 대비된다. 이러한 결과는 컵형 방진 마스크의 경우, 착용 방법에 대한 교육이 밀착도 검사의 통과자와 실패자 모두에게 효과가 있다는 것을 의미한다. 그리고 착용 방법에 대한 교육이 검사 실패자의 밀착계수를 크게 향상시키는데 도움이 된다는 것을 나타낸다.

컵형 방진 마스크의 착용방법에 대한 교육 효과는 피험자의 성별과 연령에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다. Fig. 2는 컵형 방진 마스크의 교육 전/후 밀착계수 기하평균을 성별에 따라 비교한 결과이다. 남성의 경우 밀착계수의 기하평균이 교육 전 38.0에서 교육 후 154.8로 약 307% 증가하였다. 이에 비해, 여성의 밀착계수 기하평균은 교육 전 14.7에서 교육 후 97.9로 약 566% 증가하여, 여성인 경우에 교육의 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

한편 피험자의 연령이 높을수록, 컵형 방진 마스크의 착용방법에 대한 교육 효과가 더 우수한 것으로 나타났다. 구체적으로, 30대의 경우 교육 전/후 밀착계수 기하평균이 46.0에서 120.9로 약 163% 증가하였지만,

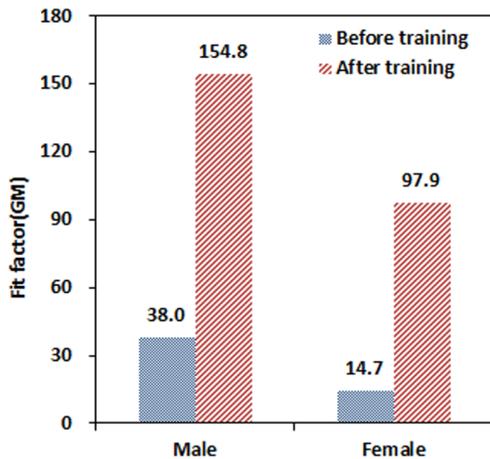


Fig. 2. Geometric means of fit factors of different gender for cup type respirators before and after donning training.

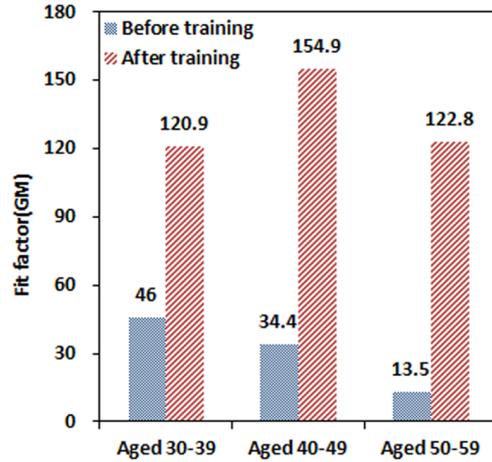
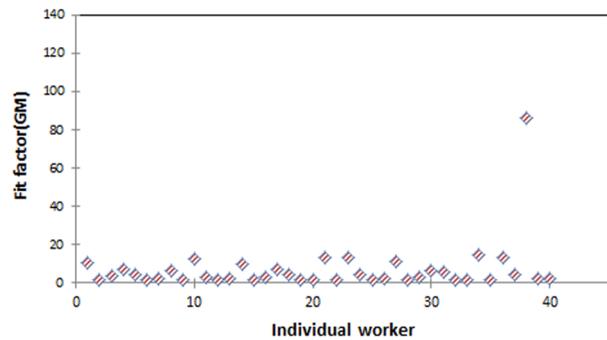


Fig. 3. Geometric means of fit factors of different ages for cup type respirators before and after donning training.

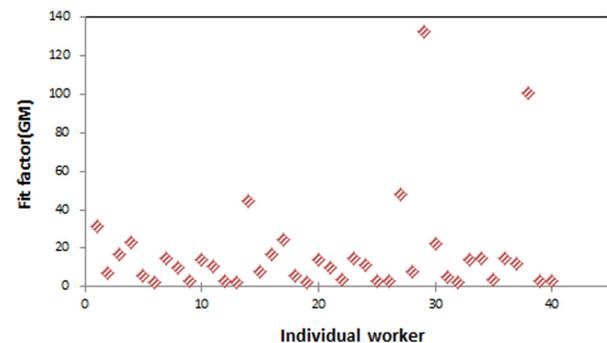
40대에서는 약 350%가 향상되었고, 50대에서는 교육 후 밀착계수의 기하평균이 교육 전보다 무려 약 810% 상승하였다(Fig. 3).

3.3 접이식 방진 마스크의 착용방법 교육 전/후 비교

접이식 방진 마스크의 경우 컵형 방진 마스크와는 다소 상이한 결과를 나타냈다. 접이식 방진 마스크의



(a) Before training



(b) After training

Fig. 4. Results of fit tests for foldable type respirator before and after donning training.

Table 3. Results of fit tests for foldable type respirator before and after donning training

Fit test		Number (%)	GM (GSD)	P
Pass	Before training	0 (0%)	0 (0)	0.427
	After training	2 (5%)	115.8 (1.1)	
Fail	Before training	40 (100%)	4.0 (1.5)	0.000
	After training	38 (95%)	8.3 (1.5)	

착용방법에 관한 교육 전과 교육 후의 밀착도 검사 결과를 Fig. 4에 표시하였는데, 착용방법 교육 전과 후의 밀착계수가 대부분 100이하로 나타났다.

밀착계수 100 이상의 통과자는 접이식 방진 마스크에 대한 착용방법 교육 전 0명에서 교육 후 2명으로 늘어나고, 통과자의 밀착계수 기하평균도 교육 전 0에서 교육 후 115.8로 증가된 것처럼 보였다(Table 3). 그러나 유의성 검정 결과 통계적으로 유의하지 않은 것을 알 수 있었다.

접이식 방진 마스크의 밀착도 검사에 실패한 피험자의 밀착계수 기하평균은 교육 전 4.0에서 교육 후 8.3으로 약 103% 증가하는데 그쳤다.

아울러 컵형 방진 마스크에 비해, 접이식 방진 마스크의 착용방법에 대한 교육 효과가 피험자의 성별과 연령이 바뀌더라도 크게 달라지지 않는 것으로 관찰되었다. 구체적으로, 접이식 방진 마스크의 경우, 남녀 모두 교육 후의 밀착계수의 기하평균이 약 133~144% 정도만 증가하였고, 남녀 간의 증가율 차이가 크지 않았다(Fig. 5). 모든 연령층에서 교육 후에 밀착계수의 기



Fig. 5. Geometric means of fit factors of different gender for foldable type respirators before and after donning training.

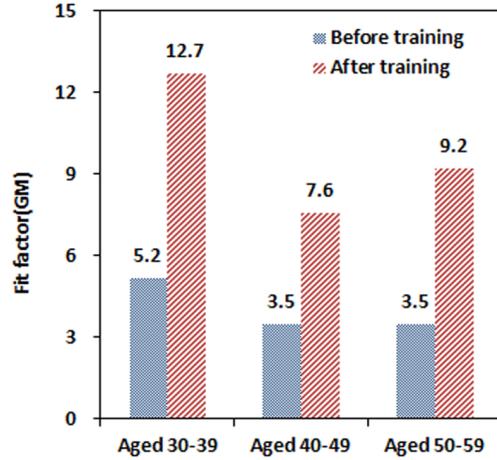


Fig. 6. Geometric means of fit factors of different ages for foldable type respirators before and after donning training.

하평균이 약 117~163% 정도만 향상되어, 컵형 방진 마스크의 경우와 같이 연령에 따른 뚜렷한 차이를 관찰할 수 없었다(Fig. 6).

3.4 컵형 및 접이식 방진 마스크의 비교

컵형 방진 마스크와 접이식 방진 마스크의 밀착계수 기하평균을 착용방법의 교육 전/후에 비교한 결과를 Fig. 7에 표시하였다. 이를 참조하며, 접이식 방진 마스크보다 컵형 방진 마스크가 더 우수한 밀착도를 보이는 것으로 나타났다.

2002년에 발표된 한돈희의 연구 결과에서도, 본 연구와 유사하게 마스크의 형태에 따라 밀착계수가 달라지며, 컵형이 접이식보다 더 높은 밀착계수를 갖는 것으로 나타났다⁷⁾.

한편, 착용방법에 대한 교육은 컵형 방진 마스크의

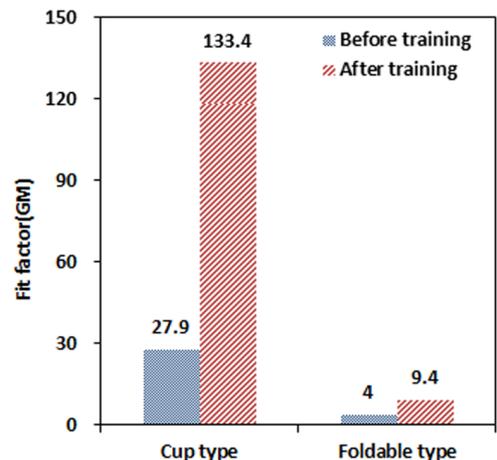


Fig. 7. Geometric means of fit factors for cup and foldable type respirators before and after donning training.

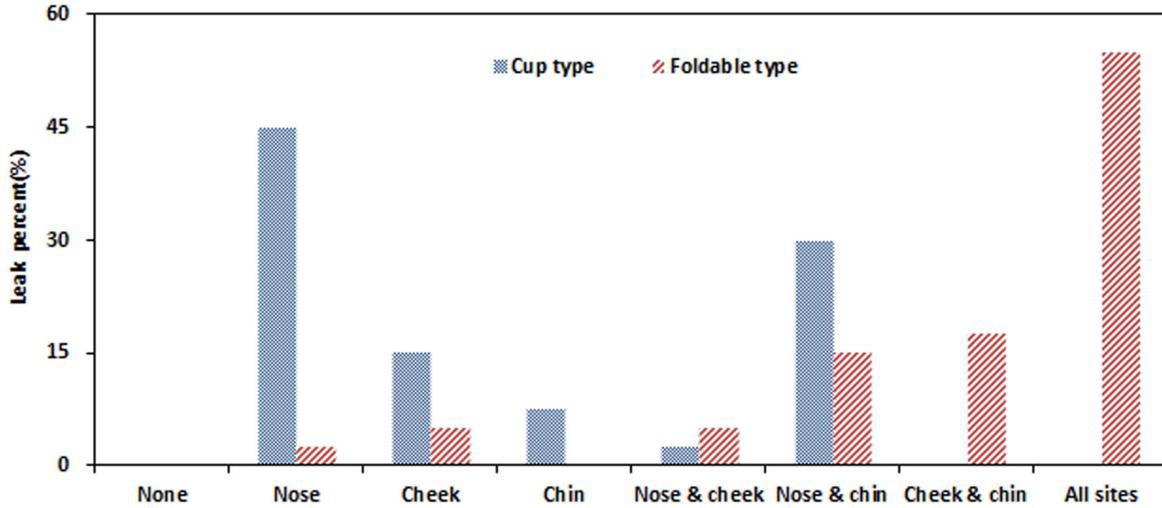


Fig. 8. Comparison of leak sites distribution between cup and foldable type respirators.

밀착도를 향상시키는데 더 큰 효과를 갖는 것으로 나타났다. 구체적으로, 컵형 방진 마스크의 밀착계수 기하평균은 착용방법의 교육 후 27.9에서 133.4로 약 378% 향상되었는데 반해, 접이식 방진 마스크의 밀착계수 기하평균은 교육 후 4에서 9.4로 약 135% 증가하는데 그쳤다. 본 논문은 소규모 사업장 근로자를 대상으로 성 및 연령으로 구분하여 개별적으로 마스크 형태에 따라 착용방법에 대한 세부적인 교육을 통해 밀착계수의 차이를 비교하였고 마스크와 얼굴부위에서 누설되는 위치를 파악하였다. 2014년도 김현욱 등에서는 의료종사자 인을 대상으로 설문과 얼굴계측 시행 후 한 개의 컵형 N95마스크로 교육 전과 교육 후 밀착계수 통과율에 대하여 실험을 진행하였고 이 연구에서도 역시 피험자 49명중 교육 전 2명(4.1%)이었고, 교육 후에는 49명중 36명(73.5%)의 통과율을 보였으며 통과하지 못한 피험자가 교육 전 49명중 47명(95.9%)이었고, 교육 후에는 49명 중 13명(26.2%)으로 감소하여 교육의 효과에 유의한 차이를 보였다¹⁰⁾.

이와 같이 접이식 방진 마스크보다 컵형 방진 마스크가 높은 밀착도와 우수한 교육 효과를 나타내는 이유는 두 마스크의 누설 위치 분포로부터 추정할 수 있다. Fig. 8에 표시된 것처럼, 컵형 방진 마스크는 주로 한 곳에서 누설이 발생하며, 특히 코 부위에서 누설이 많은 것으로 나타났다. 따라서 컵형 방진 마스크의 사용자는 착용방법 교육을 통해 배운 것처럼, 코 클립의 조절을 통해 밀착도를 비교적 용이하게 증가시킬 수 있을 것이다. 반면 접이식 방진 마스크에서는 코, 턱, 볼 모두에서 누설이 발생하는 경우가 많기 때문에, 마스크의 조정을 통해 착용자가 누설을 줄이는 것이 쉽지 않다.

4. 결론

본 연구는 방진 마스크의 효과적인 선정과 올바른 사용에 기여하고자, 금속 가공업의 소규모 사업장 근로자 40명을 대상으로 밀착도 검사를 실시하여, 컵형과 접이식 방진 마스크의 형태 및 착용방법 교육이 마스크 밀착계수에 미치는 영향을 비교하였다.

1. 컵형 방진 마스크의 착용방법에 대한 교육은 밀착도 검사에 통과하는 피험자의 수를 교육 전 10명에서 교육 후 33명으로 증가시킬 뿐만 아니라, 밀착도 검사에 통과하지 못한 피험자들의 밀착계수 기하평균을 교육 전 17.1에서 교육 후 58.6으로 3.4배 향상시키는 것으로 나타났다.

2. 컵형 방진 마스크의 착용방법에 대한 교육 효과는 여성과 50대 피험자에서 더 뛰어난 것으로 나타났다. 교육 전/후 밀착계수의 기하평균은 남성에서 307% 상승한 반면, 여성에서 566% 증가하였다. 또한 30~40대에서 163~350% 향상되었으나, 50대에서는 무려 810% 증가하였다.

3. 접이식 방진 마스크는 컵형 방진 마스크보다 밀착계수 기하평균이 작으며, 착용방법에 대한 교육 후 밀착계수 기하평균의 증가하지만, 증가율이 135% 정도로 크지 않은 것으로 나타났다. 또한 접이식 방진 마스크의 경우, 피험자의 성별 및 연령에 따른 착용방법의 교육 효과 차이를 뚜렷하게 관찰하기 어려웠다.

4. 접이식 방진 마스크는 코, 볼, 턱 모두에서 누설이 발생하는 경우가 많지만, 컵형 방진 마스크는 코 클립의 조절 등을 통해 비교적 쉽게 밀착도를 향상시킬 수

있는 코 부분에서 주로 누설이 발생하는 것으로 나타났다.

5. 이와 같이, 안면부 여과식 방진 마스크에 대한 착용방법 교육은 컵형과 접이식 마스크 모두의 밀착도를 향상시켜 근로자를 보호하는데 유용하다는 것을 알 수 있었다. 다만 접이식 방진 마스크는 컵형 방진 마스크보다 교육을 통한 밀착도 향상 효과가 크지 않기 때문에, 분진발생이 매우 많은 사업장에서는 주의가 필요하며, 접이식 방진 마스크에 적합한 전문 교육프로그램의 개발이 요구된다.

References

- 1) MOEL, KOSHA, The 2014 Work Environment Survey, 2015.
- 2) K. Y. Kim, Y. G. Phee, K. J. Lee, J. J. Kim, Y. H. Ki, S. Y. Kim and J. H. Whang, "A Study of Survey for PPE Selection and Wearing and Setup Standard of PPE in Korea", Occupational Safety and Health Research Institute, pp. 1-390, 2008.
- 3) NIOSH, Guide to Industrial Respiratory Protection (DHHS/NIOSH Pub. No. 87-116), Washington, D.C., Government Printing Office, pp. 3-123, 1987.
- 4) I. K. Byun and Y. S. Lee, "A Experimental Study on the Performance of Filter -Integrated Half-Masks", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 5, No. 3, pp. 3-7, 1990.
- 5) D. H. Han, "Correlation for Fit Factors for Respirators and Anthropometric Dimension", Korean Journal of Preventive Medicine, Vol. 31, No. 3, pp. 440-447, 1998.
- 6) D. H. Han and K. L. Choi, "Development of Half-Masks Well-Fitting for Korean Faces (1) - Facial Dimensions and Predictors of Fit for Half-Mask", Korean Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 12, No. 1, pp. 46-54, 2002.
- 7) D. H. Han, "Correlations between Workplace Protection Factors and Fit Factors for Filtering Facepieces in the Welding Workplace", Industrial Health, Vol. 40, pp. 328-334, 2002.
- 8) D. Ekerman and C. Lundeen, "Interactive training versus reading to teach respiratory protection", J. Occup. Health Psychology, Vol. 7, No 4, pp. 313-323, 2002.
- 9) E. J. Park and H. W. Kim, "Quantitative Respirator Fit Testing of Half Mask Respirators", Korean Journal of Occupational Health, Vol. 34, No. 4, pp.133-143, 1995.
- 10) H. W. Kim, J. E. Baek, H.K. Seo, J. E. Lee, J. P. Myong, S. J. Lee and J. H. Lee, "Comparison of Fit for Healthcare Workers Before and After Training with the N95 Mask", Korean Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 24, No. 4, pp. 528-535, 2014.
- 11) R. K. Oestenstad and A. A. Bartolucci, "Factor Affecting the Location and Shape of Face Seal Leak Sites on Half-Mask Respirators", Ind. Hyg. Assoc. J., Vol 7, No.6, pp. 332-341, 2010.