

작업 강도가 방진 마스크의 밀착도와 감성품질에 미치는 영향

이진실* · 조선희* · 윤정민* · 김민선*† · 박재규** · 최재호***

*한국생산기술연구원 국가산업융합지원센터

**고려대학교 산업경영공학과

***대진대학교 산업공학과

Effect of Work Intensity on Fit Factor and Affective Quality of Dustproof Mask

Jinsil Lee* · Sunhee Cho* · Jungmin Yun* · Min-Sun Kim*† · Jaekyu Park** · Jaeho Choe***

*Korea National Industrial Convergence Center, Korea Institute of Industrial Technology

**Dept. of Industrial Management Engineering, Korea University

***Dept. of Industrial Engineering, Daejin University

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to investigate the effect of work intensity on fit factor and affective quality of the dustproof mask

Background: Among the victims who suffer pneumoconiosis due to the inhalation of toxic substances or the lack of oxygen during the work, the proportion of the victims is larger than the other causes. Wearing a respirator may prevent pneumoconiosis, but it can be hazardous to workers because of the leakage through filters, cartridges, exhaust valves, broken parts, and face-to-face contact. Despite leakage through the contact area between the mask and the face has various causes such as the wearer's activity, sweat accumulation, facial shape, etc., There is a lack of relevant research and regulation compared to developed countries that have already institutionalized the law 30 years ago and give the right to sell through a test

Method: The work intensity was adjusted by walking or running at 6km/h and 11km/h on the treadmill, and tasks were defined with reference to the test procedure and the exercise sequence applied in the face leakage test of the dustproof mask. And fit factor was measured objectively using 'Respirator Fit Tester 8038' which measures fit factor calculated by dividing the number of dust present outside the mask by inside the mask. In addition, affective quality was classified by the ease of use, ease of breathing, and ease of wearing, and was measured using the 5-point likert scale questionnaire.

Results: There was a significant difference in fit factor, ease of breathing, and wearing convenience according

● Received 16 May 2018, 1st revised 6 June, accepted 7 June 2018

† Corresponding Author(kimms620@kitech.re.kr)

© 2018, The Korean Society for Quality Management

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.

*This study has been provided with assistance and support of the MOTIE (Ministry of Trade, Industry and Energy, Grant NO. 10079284); KITECH (Korea Institute of Industrial Technology).

to work intensity and no significant difference in ease of use($\alpha=0.01$). And when the work intensity was high, fit factor, ease of breathing, and wearing convenience were all lower than when the work intensity was low. Conclusion: In Korea, it is necessary to consider consideration of the work intensity when testing the leakage rate of the face part for safety certification of the respiratory protective equipment, When developing a mask, it should be possible to maintain high adhesion even under intense, active situation and high temperature conditions by selecting materials, improving the wearing style, and expanding the adjustable range.

Key words: Dustproof Mask, Work Intensity, Fit Factor, Ease of Use, Ease of Breathing

1. Introduction

산업현장의 환경, 작업의 특성, 다루는 물질의 특성 등에 따라 진폐, 난청, 중금속 중독 등 직업 관련 질병과 근골격계질환 등 작업 관련 질병이 발생할 수 있다. 고용노동부는 산업현장에서 발생할 수 있는 안전사고로부터 작업자를 보호하기 위해 안전모, 안전화, 방진 마스크, 방독마스크, 보호복, 보안면, 귀마개 등 다양한 형태의 보호구를 정의하고, 안전에 관한 성능을 만족시킬 수 있도록 평가가 필요한 항목과 그 기준을 고시하고 있다(MOEL, 2017).

2017년 산업재해 발생현황을 살펴보면, 작업 시 다루는 물건의 과도한 무게와 부적절한 자세로 인해 발생하는 근골격계질환 다음으로 유해물질의 흡입이나 산소의 부족 등의 이유로 진폐 관련 질병을 얻어 요양하거나 사망한 근로자가 가장 많은 것을 확인할 수 있다(KOSHA, 2018). 특히 근골격계질환으로 인한 재해자 1595명 중 사망자가 0명인데 비해 진폐로 인한 재해자 1553명 중 사망자는 439여명으로 그 심각성이 크다(KOSHA, 2018). 가스 또는 증기상 유해물질의 흡입을 예방하는 방독마스크, 입자상 유해물질의 흡입을 예방하는 방진 마스크, 호스를 통해 공급되는 공기를 흡입할 수 있도록 만들어진 송기식 마스크 등 호흡 보호구는 유해물질의 흡입을 예방할 수 있으며, 따라서 이러한 호흡 보호구는 유해물질과 오염물질이 보호구 내부로 누설되지 않도록 제품이 설계되고, 근로자가 착용하기 편하도록 품질 만족도를 향상하여야 한다.

오염물질이 보호구 내부로 누설되는 경로는 필터나 카트리지를 통한 침투, 배기 밸브를 통한 침투, 파손된 부분으로 침투 그리고 마스크와 얼굴이 접촉된 부분으로의 침투로 정의할 수 있다(Kolesar, 1982). 여과재, 카트리지, 배기 밸브 등 원천기술의 개발 및 개선을 통해 필터나 카트리지, 배기 밸브를 통한 누설을 막을 수 있으며, 파손되지 않은 정상 상태의 보호구를 착용함으로써 파손된 부분을 통한 누설을 막을 수 있고, 관련 연구가 활발하다(Hong, 2013; Kim et al., 1998; Kolesar, 1982). 하지만 마스크와 얼굴이 접촉하는 부분을 통한 누설은 착용자의 활동성, 땀의 축적, 얼굴 형태 등 변동 요인이 다양하고, 범위가 넓음에도 불구하고, 이미 30년 전 법으로 제도화하여 마스크와 얼굴이 접촉하는 부분을 통한 누설 여부를 밀착도로 정의, 검사하여 관리하는 선진국에 비해 관련된 연구와 제도가 미비한 실정이다(Cartti DM and Gardner PD, 1999; Canadian Standards Association, 1993; NOISH, 1987).

특히, 높은 수준의 작업 강도와 덥고 습한 작업환경으로 인해 근로자들의 얼굴에 생기는 땀과 가쁜 호흡으로 인해 발생한 과도한 습기는 마스크와 얼굴의 접착력을 낮춰 밀착도를 떨어뜨리고, 불쾌감을 주며 장시간 착용 시 높은 흡기저항을 유도하여 마스크 착용률을 낮춘다(David M. Caretti and Paul D. Gardner, 2010). David의 연구에서는 1시간 동안 트레드밀 위에서 평균 5.6km/h의 속도로 달리는 것으로 얼굴에 생기는 땀과 습기의 축적을 유도했지만, 작업 중 대화하거나 작업을 위해 고개를 움직임으로써 발생하는 활동을 반영하지 못하여 한계가 있다(Roberge RJ et al., 2012; Arthur T. Johnson et al., 1997; Caretti DM and Gardner PD, 1999). Jessica는 의료진이 환자를 돌볼 때 수행하는 대표 활동을 환자진료, 정맥주사, 상처치료를 정의하고, 피실험자들이 과업을 수행하는 중 밀착도

를 측정하여 그 차이를 살펴보았지만, 장시간 착용이나 환경적 요인으로 땀과 습기가 발생하는 상황을 고려하지 못하여 실제 상황을 충분히 반영하지 못하는데 한계가 있다(Jessica Hauge et. al., 2012).

따라서, 본 연구에서는 작업 강도와 활동성을 동시에 고려하여 실제 환경과 최대한 유사한 상황을 구현하고, 이 요인이 방진 마스크의 밀착도와 감성품질 만족도에 끼치는 영향을 살펴보려고 한다.

2. Method

2.1 실험계획

본 연구에서는 먼저 방진 마스크의 실제 사용 환경과 과업을 최대한 유사하게 구현하였으며, 얼굴 형태 또는 사이즈에 따른 영향을 통제하기 위하여 관련분야 선행연구를 수행하였고, 종속변수 밀착도와 감성품질 만족도를 신뢰성/타당성 있게 측정하기 위하여 측정기기와 방법을 선정하였다. 또한, 착용자의 얼굴 형태가 마스크의 밀착도에 큰 영향을 끼치기 때문에 외생변수 통제를 위해 사이즈의 조절이 가능한 기성 제품을 선정하여 평가에 활용하였으며, 인체측정을 통한 호흡 보호구의 밀착도 검사 패널 선정기법을 참고하여 피실험자를 선정하였다(Ziqing Zhuang et. al., 2007, 한돈희, 1999). 5) 마지막으로 사용자 대상 평가 후 비교분석을 통해 작업 강도가 방진 마스크의 밀착도와 감성품질 만족도에 미치는 영향을 파악하였다.

실제 사용 환경과 과업의 유사한 구현을 위해 트레드밀에서 6km/h의 속도로 걷고, 11km/h의 속도로 뛰는 것으로 작업 강도를 정의하였다. 선행연구에서도 운동유형별 젖산농도, 에너지 대사량 등 충분한 신체적 변화(반응)를 유도하기 위해 트레드밀에서 6km/h, 11km/h의 속도로 걷거나 뛰는 것으로 과업을 설정하였다(Jeong-Hee Lee et. al., 2014). 또한, 작업 중 발생하는 근로자의 움직임을 최대한 반영하기 위해 방진 마스크 안면부 누설을 시험 시 적용되는 시험과정과 운동 순서를 참고하여 총 6단계로 이뤄진 사용자 과업을 정의하였다(Table 1).

Table 1. Task defined by considering work intensity and movement

Step	Task
1	Walk for 2 minutes at a speed of 6 km/h (and 11 km/h) without moving or speaking the head
2	Walk for 2 minutes without moving my head or talking
3	Move your head 15 times for about 2 minutes to the left and right as you would examine the wall of the tunnel
4	Move your head up and down about 15 minutes, about 2 minutes, as you would do on the roof and floor
5	Speak aloud “Ga”, “Na”, “Da” and “Ra” for 2 minutes
6	Walk for 2 minutes without moving my head or talking.

2.2 변수

종속변수인 밀착도와 감성품질 만족도의 신뢰성, 타당성이 확보된 측정을 위해 HSE(UK)와 OSHA(USA)의 기준에 적합하다고 판단되는 호흡 보호구의 밀착도(Fit Factor) 측정기기 ‘Respirator Fit Tester 8038’ 활용하여 밀착도를 측정하였다(Bergman, M. S.. et. al., 2013)(Figure 1). 이 측정기기는 사용자가 과업을 수행하는 동안 마스크 내부와 외부에 존재하는 분진의 개수를 측정하여 밀착도(Fit Factor)를 계산하며, 밀착도는 마스크 외부에 존재하는

분진의 개수를 내부에 존재하는 분진의 개수로 나눠 도출한다. 따라서 밀착도가 클수록 마스크의 밀착도가 높은 것으로 해석할 수 있다. 감성품질 만족도는 마스크의 사용, 호흡, 착용으로 세분화하고 5점 리커트 척도 설문조사 기법을 활용하여 측정하였다. 사용 편의성은 마스크의 탈착 시 느끼는 편안함의 정도이며, 호흡 편의성은 마스크를 착용하고 호흡 시 느끼는 편안함의 정도, 그리고 착용 편의성은 마스크를 착용했을 때 마스크가 닿는 피부에서 촉각적으로 느껴지는 편안함의 정도로 정의하였다(Jung-HyIn Kim et. al., 2016; David Claudio et. al., 2015).



Figure 1. Respirator Fit Tester 8038

착용자의 얼굴 형태가 마스크의 밀착도에 큰 영향을 끼치기 때문에 이러한 외생변수의 통제를 위해 피실험자 선정 시 얼굴길이와 입너비에 따라 피실험자 그룹을 9개로 나누어 각 그룹에 속하는 피실험자를 층화추출법으로 선정하여 총 30명을 대상으로 평가를 진행하였으며, 사이즈의 조절이 가능한 기성 제품을 선정하여 평가에 활용하였다(Don-Hee Han et. al., 2004., Don-Hee Han, 1999). 평가에 활용한 마스크는 착용자의 코와 마스크가 맞닿는 부분에 유연한 심이 부착되어 있어 사용자의 코 모양에 맞게 조절할 수 있으며, 얼굴에 마스크가 전체적으로 닿을 수 있도록 탄성이 있는 줄을 머리 뒤로 쓸 수 있도록 설계가 되어있다(Figure 2).



Figure 2. Dust mask used in the experiment

2.3 실험절차

평가는 사전준비, 평가연습, 그리고 평가 총 세 단계를 거쳐 진행하였으며, 피실험자들이 활동성 있는 과업을 수행할 수 있도록 충분한 공간을 마련하였다.

첫 번째 평가준비 단계에서는 피실험자에게 평가의 목적, 방법 및 절차를 설명하였다. 본 실험의 종속변수인 밀착도와 감성품질 만족도의 정의를 설명하여 충분히 이해할 수 있도록 하였으며, 과업수행 후 작성해야 하는 설문지의 작성 시 유의사항을 설명하였다.

두 번째 평가연습 단계에서는 마스크를 착용하는 방법, 트레드밀을 작동시키는 방법을 설명하였으며, 피실험자가 직접 마스크를 착용하고 트레드밀 위에서 6km/h의 속도로 약 3분간 걷도록 하였다.

마지막으로 평가단계에서는 평가준비, 과업수행, 설문평가, 휴식, 마무리로 구성하여 실험을 진행하였다(Figure 3). 평가준비 단계에서 피실험자들은 밀착도 측정기의 호스와 연결된 마스크를 착용하고, 과업수행 중 호스의 무게가 마스크의 밀착도에 영향을 끼치지 않도록 집게가 달린 목걸이를 착용하고 집게로 호스를 집어주었다. 과업수행, 설문평가, 휴식 단계는 작업 강도 조절을 위해 피실험자별로 각각 두 차례씩 수행하도록 하였다. 과업수행 시 작업 강도의 순서로 인한 영향을 통제하기 위해 Latin Square Randomization 방법으로 피실험자별 평가순서를 정하였으며, 앞서 선행연구 조사를 통해 정의한 여섯 단계의 세부 과업을 수행하도록 하였다(Table 1). 과업수행과 설문평가를 마친 후 20분 정도의 충분한 휴식을 취할 수 있도록 하였다. 또한, 마스크의 사용 여부에 따른 영향을 통제하기 위해 새로운 마스크로 교체하여 진행하였다. 마무리 단계에서는 방진 마스크에 대한 장단점 및 개선사항에 대한 정성적 인터뷰를 진행하였다.

2.4 피실험자

본 평가는 20세 이상 한국인 남녀 총 30명을 대상으로 수행하였으며, 얼굴길기와 입너비에 따른 9개 그룹에서 각각 3~4명씩 선정하였다(Table 2). 이들의 평균연령은 39세(SD=11.54)였다(Figure 4)(Table 2).

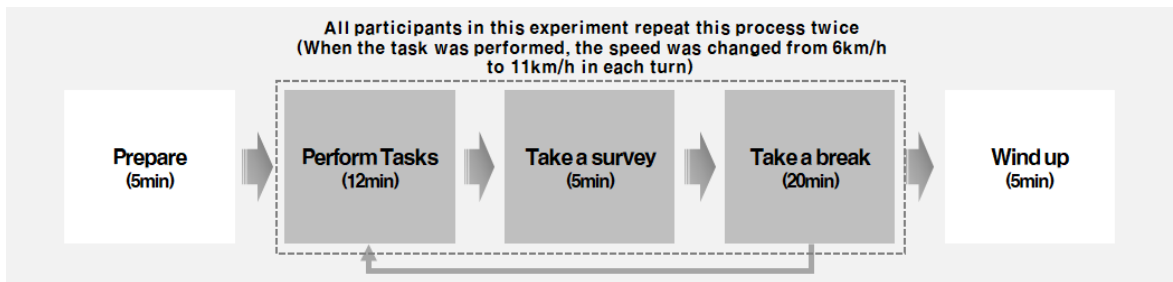


Figure 3. Experiment process and average lead time

Table 2. Number of subjects participating in experiment

the number of panel for each group		Face length (mm)		
		106.5~115.5	115.5~124.5	124.5~133.5
Lip length (mm)	41.5~47.5	3명	3명	3명
	47.5~53.5	3명	4명	4명
	53.5~59.5	3명	4명	3명



Figure 4. Participants participating in the experiment

3. Results

작업 강도의 변화가 방진 마스크의 밀착도와 착용자가 느끼는 주관적 감성품질 만족도에 차이가 있는지 검증하기 위해 Minitab 16을 활용해 대응표본 t-test를 실시하였다.

3.1 밀착도 (Fit Factor)

방진 마스크의 밀착도는 유의수준 0.05에서 작업 강도에 따라 유의한 차이가 있음을 나타냈으며 (T-value=3.74, P-value=0.001)(Table 3), 낮은 작업 강도보다 높은 작업 강도에서 밀착도가 약 36% 낮게 도출되었다(Figure 5).

Table 3. Paired t-tset result by work intensity on dustproof mask fit factor

Source		N	Mean	Std Dev	SE Mean	Paired t-test	
						t-value	p-value
Fit Factor	6km/h	30	70.7	64.9	11.8	3.74	0.001**
	11km/h	30	45.0	51.6	9.4		
Difference		30	25.6	37.5	6.9		

*p<.05, **p<.01

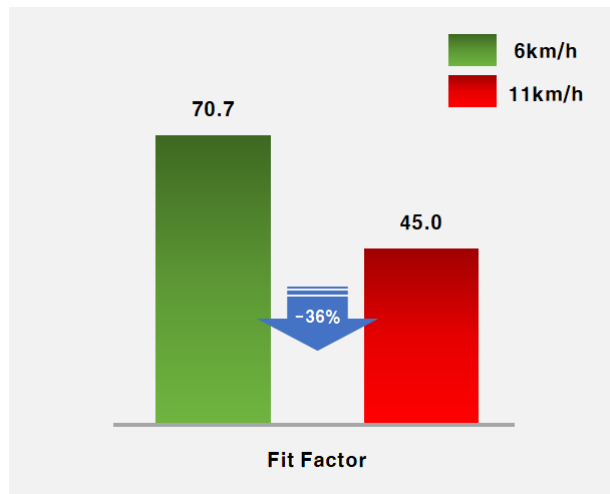


Figure 5. Average fit factor 작업 강도별 방진 마스크의 평균 밀착도

3.2 감성품질 만족도

방진 마스크의 사용 편의성은 유의수준 0.05에서 작업 강도에 따라 유의한 차이가 존재하지 않았지만(T-value=-0.21, P-value= 0.831), 호흡 편의성과 착용 편의성은 유의수준 0.05에서 작업 강도에 따라 유의한 차이가 있음을 나타냈다(호흡 편의성: T-value= 3.89, P-value= 0.001**, 착용 편의성: T-value= 3.20, P-value= 0.003**)(Table 4). 또한, 작업 강도가 높을 때 낮을 때보다 사용, 호흡, 착용 편의성이 모두 낮았다(Figure 6).

Table 4. Paired t-test result by work intensity on dustproof mask affective quality

Source		N	Mean	Std Dev	SE Mean	Paired t-test	
						t-value	p-value
Ease of Use	6km/h	30	3.47	1.074	0.196	-0.21	0.831
	11km/h	30	3.50	1.075	0.196		
Difference		30	-0.033	0.850	0.155		
Ease of breathing	6km/h	30	3.50	0.900	0.164	3.89	0.001**
	11km/h	30	2.70	1.022	0.187		
Difference		30	0.800	1.126	0.206		
Wearing Convenience	6km/h	30	3.30	1.055	0.193	3.20	0.003**
	11km/h	30	2.73	0.868	0.159		
Difference		30	0.567	0.971	0.177		

*p<.05, **p<.01

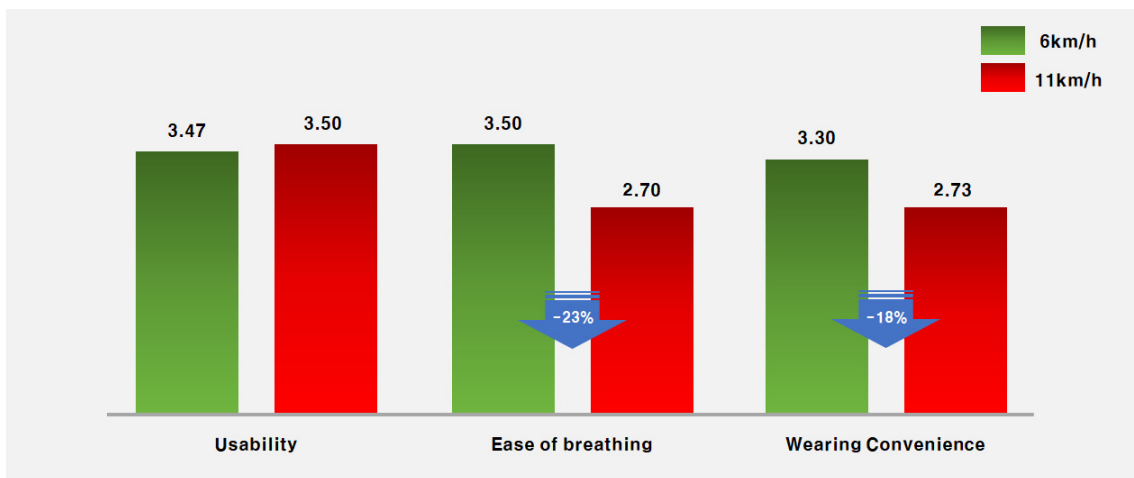


Figure 6. 작업 강도별 방진 마스크의 평균 사용 편의성, 호흡 편의성, 착용 편의성 점수

4. Conclusion

산업현장 내 환경, 작업의 특성, 다루는 물질의 특성에 따라 가스, 증기 또는 입자상 유해물질이 발생할 수 있으며, 근로자가 이를 흡입 시 심각한 진폐 관련 재해를 입을 수 있다. 따라서 근로자는 작업 중 호흡 보호구를 착용하여 유해물질로부터 호흡기를 보호해야 하며, 이때 유해물질은 여과재, 배기밸브, 파손된 부분, 빈틈을 통해 누설되지 않아야 한다. 여과재, 배기밸브, 파손된 부분을 통한 누설은 원천기술의 개발 및 개선 또는 마스크의 교체를 통해 해결할 수 있지만, 마스크와 얼굴이 닿는 부분을 통한 누설은 마스크 착용 시 형태, 스트랩의 조절 등을 통해 얼굴에 밀착시키더라도 높은 수준의 작업 강도와 덥고 습한 환경으로 인해 발생할 수 있다. 선행연구에서 높은 작업 강도를 고려하거나 대화나 작업으로 인해 발생하는 얼굴의 움직임은 고려하였으나, 이를 동시에 고려하여 실제 사용 환경과 최대한 유사하게 구현하지 못하는데 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 작업 강도와 활동성이 방진 마스크의 밀착도와 감성품질 만족도에 영향을 끼치는지 살펴보았다.

실험결과 작업 강도에 따라 사용 편의성을 제외한 밀착도, 호흡 편의성, 착용 편의성에서 유의수준 0.01에서 차이가 있었으며, 작업 강도가 낮을 때 보다 높을 때 밀착도, 호흡 편의성, 착용 편의성이 모두 낮았다. 미국은 마스크와 얼굴이 접촉하는 부분을 통한 누설을 예방하기 위해 30년 전부터 밀착도를 1년에 1회 검사하도록 하며, 영국은 호흡 보호구에 대한 판매허가를 받기 위해 총 누설율 시험(Total Inward Leakage Test)을 통과하도록 규제하였다. 작업 강도가 높을 때 밀착도, 호흡 편의성, 착용 편의성이 통계적으로 유의하게 낮기 때문에 1) 국내에서도 호흡 보호구의 안전인증을 위한 안면부 누설률 시험 시 작업 강도를 고려하는 것에 대한 검토가 필요한 것으로 보인다. 또한, 2) 보호구의 설계 시 착용자의 활동성, 높은 작업 강도, 고온의 환경에서도 높은 밀착도를 유지할 수 있도록 소재의 선정, 착용 방식의 개선, 조절 가능 범위 확장 등 노력해야 한다.

본 연구는 방독마스크, 송기마스크 등 다양한 호흡 보호구에 대한 평가를 진행하지 못하고, 착용자의 얼굴 형태를 통제하여 실험을 수행하였으며, 실제 산업현장에서 평가하지 못하여 한계가 있다. 하지만, 작업 강도가 높아짐에 따라 정량적 밀착도와 정성적 호흡 편의성, 착용 편의성이 낮아짐을 밝혀 방진 마스크 개발, 시험 시 작업 강도를 고려해야 함을 강조할 수 있어서 의미가 있다. 추후 연구에서는 작업 강도가 높아짐에 따라 밀착도가 낮아지는 이유를 객관적으로 밝힐 수 있다면, 밀착도를 높일 방안을 마련하는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

Acknowledgements

This study has been provided with assistance and support of the MOTIE (Ministry of Trade, Industry and Energy, Grant NO. 10079284); KITECH (Korea Institute of Industrial Technology).

REFERENCES

- Arthur T. Johnson, Cathryn R. Dooly, David M. Caretti, Michal Green, William H. Scott, Karen M. Coyne, Manjit S. Sahota & Benhur Benjamin. 1997. "Individual Work Performance During a 10-Hour Period of Respirator Wear." *American Industrial Hygiene Association Journal* 58(5):345-353
- Bergman, M. S., Zhuang, Z., Hanson, D., Heimbuch, B. K., McDonald, M. J., Palmiero, A. J., ... Wander, J. D.. 2014. "Development of an Advanced Respirator Fit-Test Headform." *Journal of Occupational and Environmental*

- Hygiene 11(2):117–125. <http://doi.org/10.1080/15459624.2013.816434>.
- Canadian Standards Association. 1993. “Z94.4–93: Selection, use and care of respirators.”
- Caretti DM and Gardner PD. 1999. “Respirator fit factor performance while sweating.” *American Industrial Hygiene Association Journal* 60(1):84–8.
- David Claudio, Maria A. Velázquez, Wilfredo Bravo-Llerena, Gül E. Okudan & Andris Freivalds. 2015. “Perceived Usefulness and Ease of Use of Wearable Sensor-Based Systems in Emergency Departments.” *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors* 3(3–4):177–187.
- Don-Hee Han, Sang Sik Woo and Hoi-Myung Jung. 2004. “Evaluation of Particulate Respirators by Total Inward Leakage(TIL) and Validity of the Certification Regulation for TIL.” *Journal of Korean Society of Occupational Environmental Hygiene* 14(3):213–220.
- Don-Hee Han. 1999. “Fit Testing for Respirators and Development of Anthropometric Test Panels.” *Journal of Korean Society of Occupational Environmental Hygiene* 9(1):1–13.
- Jessica Hauge, Marc Roe, Lisa M. Brosseau and Craig Colton. 2012. “Real-time fit of a respirator during simulated health care tasks.” *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 9(10):563–71.
- Jeong-Hee Lee, Sang-Seok Nam, Hun-Young Park, Jeong-Won Kim, Woo-Sub Sun. 2014. “A comparison of the energy and blood lactate concentration during exercise on magnetic treadmill and general treadmill.” *The Korea Journal of Sports Science* 23(2):969–982.
- Jung-Hyun Kim PhD, Tianzhou Wu MS, Jeffrey B. Powell MS, Raymond J. Roberge MD, MPH. 2016. “Physiologic and fit factor profiles of N95 and P100 filtering facepiece respirators for use in hot, humid environments.” *American Journal of Infection Control* 44(2):194–8.
- Kolesar ES Jr, Cosgrove DJ, de la Barre CM and Theis CF. 1982. “Comparison of respirator protection factors measured by two quantitative fit test methods.” *Aviation, Space and Environmental Medicine* 53(11):1116–22.
- Korea Occupational Safety & Health Agency. 2018. 2017 Survey of occupational accidents and diseases.
- Min Cheol Kim, Hyun Tae Kim and Kyoo Won Lee. 1998. “Development and Performance Evaluation of Air-Supplied Mask.” *Clean Technology* 4(1):60–67.
- Ministry of Employment and Labor. 2017. Notification of the Safety Certification about Protective Equipment
- National Institute for Occupational Safety and Health. 1987. “Guide to industrial respiratory protection.” DHHS/NIOSH Pub. No. 87–116.
- Roberge RJ, Kim JH and Coca A.. 2012. “Protective facemask impact on human thermoregulation: an overview.” *The Annals of Occupational Hygiene* 56(1):102–112.
- Young-ki Hong. 2013. “Functional Finishing of Nonwoven Filter for Dust-proof/Medical Masks by Corona Discharging Treatment.” *Textile Coloration and Finishing* 25(3):232–239.