

일개 국내산 의료용 N95 마스크의 밀착도 분석

서혜경* · 강병갑¹ · 권영일

신한대학교 바이오생태보건대학, ¹한국한의학연구원

Fit Testing for Domestic N95 Medical Masks

Hyekyung Seo* · Byoung-kab Kang¹ · Young-il Kwon

College of Biomedical Laboratory Science, Shinhan University

¹Korea Institute of Oriental Medicine

ABSTRACT

Objectives: Mask fit is a crucial factor in preventing respiratory infections among healthcare workers. The current coronavirus(COVID-19) pandemic calls for the replacement of imported N95 medical masks with domestic N95 versions. In this study, we aimed to determine whether these masks provide proper protection.

Methods: Thirty-five participants from three healthcare institutions donned four types of masks and Quantitative Fit Tests(Portacount, USA) were performed. The order of fit test for the four types of masks was randomized, and a three-minute washout period was applied between test times(2 min 29 sec) to reduce potential error stemming from physical exhaustion.

Results: There were no significant differences in the Fit Factor for the four types of masks, and there were no gender differences. However, the Fit Factor significantly differed across the three healthcare institutions ($p=0.007$). With eight of the 35 participants passing, the pass rate with the criteria of 100 or higher was 21%.

Conclusions: The mask used in this study was a new domestic N95 medical mask, and the participants were unfamiliar with how to wear it. They reported difficulties with mask fitting. In light of a previous finding that mask fit improved with frequently used masks, wearer preferred masks, or when masks that are regularly worn are used during fit training, the fact that participants were unfamiliar with the mask used in this study is a limitation that should not be overlooked.

Key words: COVID-19, fit factor, hcws(healthcare workers), N95, Quantitative Fit Test(QNFT)

I. 서 론

보건의료종사자들은 호흡기 감염에 대한 예방책으로 호흡보호구를 착용하고 있다. 국내 보건의료업 전체 근로자의 모수(HIRA, 2016)는 약 2,047,476명으로 의사, 간호사, 물리치료사, 작업치료사, 임상병리사 그리고 방사선사가 포함되어 있다(Han et al., 2017). 이들은 병원 내 의료관련감염 표준지침(KCDC, 2019)에 따라 표준주의, 비말주의, 공기주의에서 수술용 및 N95 마스크


를 착용하도록 권고받고 있다. 하지만 이들이 착용한 호흡보호구가 밀착되지 않았다면 언제든지 환자가 갖고 있는 병원체에 감염될 위험에 처해질 수 있다(Han, 2015).


Kim et al.(2014)에 의하면 병원균의 체내 유입을 감소시키는 정도는 아무리 고효율의 제거율을 가진 마스크를 착용한다고 하더라도 마스크가 안면부에 밀착되는 정도에 따라 크게 달라지므로 적합하게 밀착되지 않으면 착용자를 충분하게 보호하지 못한다고 하였다. 이 보다 앞선 선행연구에서도 착용자가 유해한 환경에 들


*Corresponding author: Hyekyung Seo, Tel: ***-****-**** E-mail: seohk65@hanmail.net

College of Biomedical Laboratory Science, Shinhan University, 95, Hoam-ro, Uijeongbu-city, Gyeonggi-do, 11644

Received: June 3, 2020, Revised: June 17, 2020, Accepted: June 24, 2020

 Hyekyung Seo <https://orcid.org/0000-0002-5615-8523>

 Byoung-kab Kang <https://orcid.org/0000-0002-3016-2428>

 Young-il Kwon <https://orcid.org/0000-0002-8658-710X>

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.

여가기 전 최소의 밀착 정도가 유지되는지에 대한 사전 점검이 필요하다고 하며 밀착의 중요성을 강조하였다 (Colton et al., 1991).

중증급성호흡증후군(Acute Respiratory Syndrome, SARS)유행이 있기 전에는 호흡보호구에 대한 예방훈련의 가치와 편익(benefit)을 특별히 감지하지 않았지만, 이러한 급성감염 상황 이후 개인보호장구(Personal Protective Equipment, PPE)는 보건의료종사자(Health Care Workers, HCWs)의 감염을 예방할 수 있는 효과적인 방법이라고 인식되었다. 또한 감염병 유행에 대하여 호흡보호구 착용 훈련이 강조되어 밀착도 검사(fit test)를 완료한 호흡보호구를 통해 의료인의 호흡기 안전을 지킬 수 있다고 하였다(Charney, 2009). 최근에는 MERS-CoV 및 COVID-19 노출로 인한 의료인 감염 문제가 꾸준히 제기되고 있으며 Kang(2020)은 의료인의 마스크 착용에 대한 훈련효과로 인해 이전 감염병 유행 당시보다 감염율이 다소 감소되었다고 보고하였다.

미국 질병통제예방센터(Center for Disease Control and Prevention, CDC)가 권고한 HCWs의 fit test 프로그램과 병원 내 감염병 예방에 드는 비용을 분석한 Kellerman et al.(2015)의 연구에서는 N95 마스크 사용에 대한 연간 예상 비용이 62,023 달러로 상당한 투자가 필요하다 하였으며, 밀착도 검사 프로그램에 사용될 비용은 병원성 결핵 예방에 사용하는 비용보다 더 합리적이라는 결론을 제시하였다. 이와같이 HCWs에게 밀착이 잘되는 마스크를 사용하도록 돕는 것은 병원감염에 효과적인 도구가 될 것이지만 현재로서는 그에 못지않게 마스크의 수급에 대한 문제가 중요하게 대두되고 있다.

2020년 3월 초 미국 stockpile 마스크는 약 4천 2백만 개에 달하지만 이와 같은 물량은 세계적 감염병(pandemic) 상황에 필요한 연간물자의 1%에 불과하다고 하였다(Mackenzie, 2020). 마스크 수급이 부족한 상황을 극복하기 위해 N95 마스크를 소독하여 재사용할 수 있는지에 관한 연구(Mackenzie, 2020; Fischer et al., 2020)가 진행되었고 CDC 권고(2020)로 나온 마스크 소독법을 이용하여 N95 마스크를 재사용한 적이 있다는 의료기관도 있었다. Fischer et al.(2020)은 소독 및 재사용 N95 마스크의 밀착도가 유의한 차이를 보이지 않으므로 소독한 마스크를 재사용해도 무방할 것이라고 보고하였다. 이와 같이 의료용

마스크 수급이 문제되고 있는 이 시점에 우리나라 경우도 의료용 마스크 비축에 대한 대책이 필요할 것이며 현재 유행하고 있는 COVID-19 상황에서는 더욱 중요한 사안일 것이다.

우리나라는 의료용 마스크 대부분을 수입산 N95 제품에 의존하고 있다. 이런 점을 감안하면 국내산 N95 마스크 제품이 절실히 필요하지만 아직 유통되고 있는 국내산 N95 마스크는 몇 개 제품에 불과하며 이들 마스크가 국내 의료인의 안면부에 밀착이 잘되는지 확인한 바가 없어 안전한 사용을 보장할 근거 자료가 부족하였다. 고효율 마스크라고 하더라도 착용자의 얼굴 틈새로 오염 물질이 새어 들어온다면 적절한 보호를 받기 어려울 뿐만 아니라(Kim et al., 2014) 병원성 노출인자에 의한 의료인 감염 위험성이 커질 수 있으므로 자료가 부족한 국내산 N95 마스크에 대하여 착용법 교육 및 밀착도 검사 등을 통해 올바른 사용을 유도할 필요가 있었다.

따라서 이 연구에서는 국내산 N95 마스크 4종 제품이 국내 일부 의료인 안면부에 밀착이 잘되는지 확인하기 위하여 밀착도 검사를 시행하였다. 이를 통해 성별에 따른 밀착계수 차이가 있었는지 확인하고 마스크 크기 및 코 패드 유무에 따른 밀착계수 차이가 있었는지 분석하고자 하였다. 또한 기관별 밀착도 검사 결과를 비교하여 차이가 있는지 확인하기로 하였다. 이 자료를 통해 이미 의료기관에 보급된 일부 국내산 N95 마스크가 국내 의료인의 안면부에 밀착이 잘 되고 있었는지 근거를 구축하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

이 연구는 3개 의료기관에 근무하는 간호사, 의사 및 보안요원을 자발적 참여로 모집하였으며 모집된 35명이 밀착도 검사에 참여하였다. 대상자 수는 관찰변수의 적정 검정력을 달성할 수 있는 최소 참여자 수로 산출하였으나, 남녀 성비는 대표성을 나타낼 수 있도록 모집하지 않았다. 참가자들은 N95 마스크 4종을 무작위 순으로 각각 착용하여 마스크 종류별 각 4번씩 밀착도 검사를 시행하여 밀착계수를 측정하였고, 135개 마스크에 대한 총 밀착계수(overall fit factor)를 분석 자료로 수집하였다.

개인정보를 최대한 보호하기 위해서 연령대 조사 및 안면부 크기 측정은 이루어지지 않았다. 또한 신종 감염

병 유행 상황이라 설문조사 등이 이루어지지 않았을 뿐만 아니라 일체의 착용 교육이나 중재 없이 밀착 계수를 측정하였다. 이 연구는 질병관리본부의 밀착도 점검 요청에 의해 3개 의료기관 의료인이 참여하였으며 일체의 개인정보는 수집하지 않았다.

2. 연구 방법

1) 시험 마스크 선정

질병관리본부가 의료기관에 배포한 국내산 N95 제품 중 1개 사 제품을 선정하여 밀착도 검사에 사용하였다(Figure 1). 시험 마스크의 크기는 두 종류로 대형 가로 길이는 100 mm, 세로 길이는 155 mm이며, 중형 가로 길이는 90 mm, 세로 길이 140 mm였다. 두 종류 크기 마스크에 각각 코 패드를 부착시킨 두 가지 타입을 합해 총 4종류 마스크에 대한 밀착도 검사를 시행하였다. 대형 마스크의 경우 미국 국립 직업안전보건연구원(The National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)의 마스크 기준 규격 N95 등급 기준을 만족한 의료용 N95 인증 제품이다. 밀착도 검사에 참가한 35명에게 4종 마스크를 무작위 순으로 착용하게 하였고, 밀착도 검사 사이 3분 정도를 wash out 기간으로 하여 밀착도 검사가 진행됨에 따라 소진되는 체력적 손실로 인한 오차를 줄이고자 하였다.

2) 밀착도 검사

밀착계수(fit factor)는 정량적 밀착도 검사기(TSI Portacount PRO+ 8048, USA)를 사용하여 측정하였다. 이는 공기 중 농도와 마스크 내부농도를 동시에 측정할 수 있는 정량적 밀착도 검사 기기로 마스크 내부 농도(Cinside)와 공기 중 농도(Coutside) 비를 산출한다.

밀착도 검사는 미국 직업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)의 New protocol(QNFT; Quantitative Fit Test)에 따라 4단계를 수행하였다. 29 CFR 1910. 134. Appendix A 에 명시된 4 단계는 (1) 허리 굽히기(Bending over) (2) 말하기(Talking) (3) 머리를 좌우로 움직임(Turning head side to side) (4) 머리상하로 움직임(Moving head up and down)이다. 1개 마스크에 대한 밀착도 검사 소요 시간은 총 2분 29초(Table1)이며, 밀착계수의 통과기준은 100 이상을 적용하였는데 이는 미국 OSHA의 밀착도 검사 요구사항에 따른 기준을 적용한 것이다.

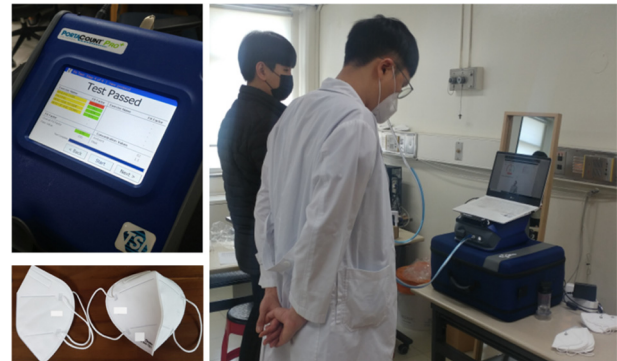


Figure 1. Performance of fit test

Table 1. Exercise for fit test

Exercise procedure	Measurement procedure	Total
1. Bending over	50 sec	
2. Talking	30 sec	2 min
3. Turning head side to side	30 sec	29 sec
4. Moving head up and down	39 sec	

3) 분석방법

자료의 분석은 SPSS system ver. 20(IBM spss Inc. USA)을 이용하였다. 연속형 변수는 평균(표준편차)로 나타내었고, 범주형 변수는 빈도(백분율)로 표시하였다. 이 연구에서는 Shapiro-wilk test로 정규성 검정을 수행하였고, 밀착 계수가 정규성을 만족하지 않아 로그 변환하였다. 마스크 종류별, 성별, 기관별 밀착계수 차이는 t-test 및 분산분석(analysis of variation, ANOVA)으로 비교하였으며, 사후 검정은 Duncan 방법으로 하였다. 통계적 유의성은 유의수준 $\alpha=0.05$ 를 기준으로 평가하였다.

III. 결 과

1. 시험마스크 및 밀착도 검사 빈도

3개 기관별 12명씩 모집하여 36명이 밀착도 검사에 참가할 계획이었으나, 기관 A에서 11명이 모집되어 총 35명이 참가하였다. 자발적으로 참여한 35명의 성별 분포는 여자가 21명(60%)으로 남자 14명(40%)보다 많았다. 기관 A와 B는 여자가 각각 9명 및 8명으로 남자보다 많이 모집되었고, 기관 C는 남자 8명으로 여자보다 많이 모집되었다.

이 연구에서는 35명 참가자가 4종류 마스크를 각각

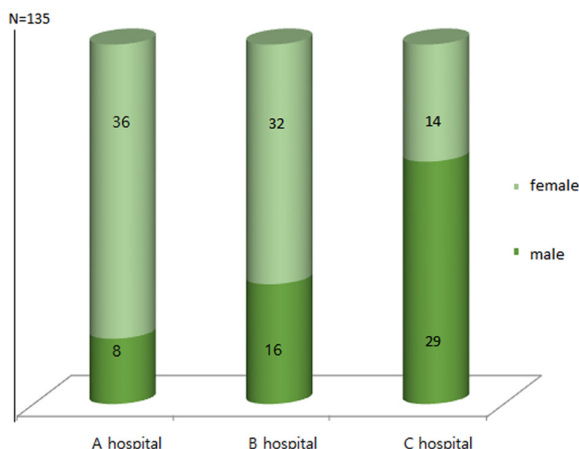


Figure 2. Fit test frequency of the study subjects

착용하고 밀착도 검사를 시행하였는데 135개 마스크에 대한 총 밀착계수를 수집하여 분석에 사용하였다. 남자 14명으로부터 53개(39.3%) 마스크 밀착계수를 측정하였고, 여자 21명으로부터 82개(60.7%) 마스크 밀착계수를 측정하였다.

검사도중 급한 용무가 생긴 남녀 대상자에서 5개 마스크에 대한 밀착도 검사를 시행하지 못하였는데, 여자 1명의 경우 코 패드가 없는 2개 마스크 밀착도 검사를 시행하지 못했으며, 남자 2명의 경우 무작위 순으로 진행하던 3개 마스크 밀착도 검사를 마치지 못하게 되었다. 이와 같이 35명 참가자가 착용한 135개 마스크 밀착계수는 Figure 2와 같은 빈도로 측정되었다.

2. 4종 마스크에 대한 밀착계수 비교

N95 마스크 4종에 대한 총 밀착계수를 분석하기 전 정규분포 여부를 확인하였다. 전체분포를 확인한 결과 왼쪽으로 치우친(left shift) 분포를 보였다(Figure 3).

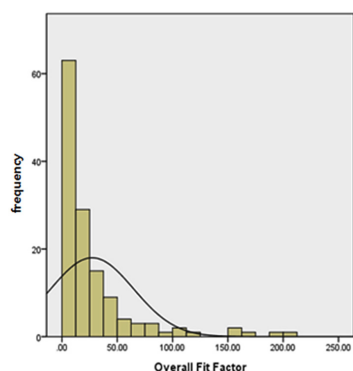


Figure 3. Normality test : left shift

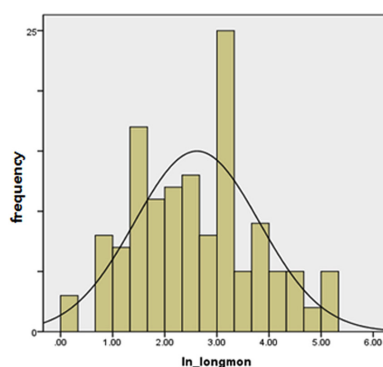


Figure 4. Normal Q-Q Plot by Shapiro-Wilk test

수집된 밀착계수는 정규분포하지 않았으므로 로그변환하여 정규성 검정을 실시하였다. 이 연구에서 수집된 자료의 수가 200개 미만이므로 Shapiro-Wilks test로 정규성을 검정하였는데, 그 결과 Figure 4와 같이 Q-Q Plot에서 정규 분포 분위수와 기울기가 직선상에 놓였고 왜도 및 첨도 -2~2 사이를 기록하여 정규 분포 조건을 만족하였다.

135개 총 밀착계수 값의 평균(표준편차)은 27.3(37.4)이었으며, 로그 변환한 값의 평균(표준편차)은 2.6(1.2)로 나타났다. 이들 data 최소값은 1, 최대값은 200으로 측정되었으며 극단적으로 낮은 밀착계수 값이 다수 분포하여 평균 밀착계수가 낮았던 것으로 분석되었다.

밀착계수 100 이상으로 통과기준을 만족한 대상자는 35명 중 8명으로 전체 대상자의 22.9%가 해당마스크 착용에 적합한 것으로 나타났다. 또한 수집된 총 밀착계수 135개 중 8개(5.9%)는 대상자들이 착용하고 실시하였던 밀착도 검사에서 통과 기준을 넘었으며, 해당 마스크를 착용한 대상자의 얼굴에 밀착이 잘 되었던 것으로 판단되었다(Figure 5).

성별에 따른 밀착계수의 남자 평균(표준편차)은 29.2(38.6)로 여자 26.1(36.8)보다 3.1 높게 측정되었으나 (Table 2), 로그 변환한 값의 평균(표준편차)은 남녀 각각 2.6(1.3) 및 2.6(1.2)으로 Levene 등분산 검정을 통한 t-test 검정 결과에서 남녀 간 밀착계수 값에 차이가 없었다(p=0.9961).

또한 코 패드 부착 유무에 따라 밀착도 차이가 있었는지 분석한 결과는 코 패드가 부착된 마스크가 코 패드 미 부착인 마스크보다 총 밀착계수 평균이 높게 측정되었다. 하지만 Figure 6에서 보는 것 같이 코 패드가 없는 마스크의 경우 코 패드가 있는 마스크보다 최

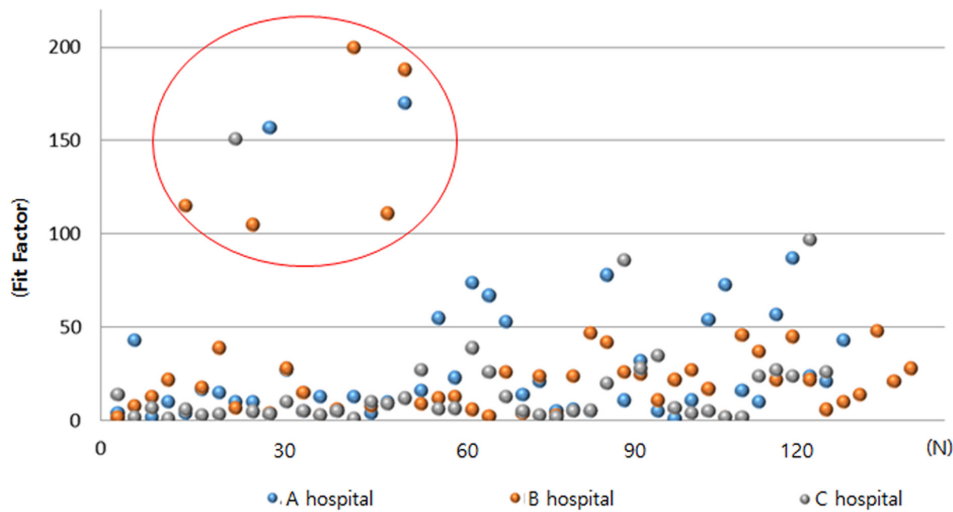


Figure 5. Distribution of fit factor

Table 2. Results of comparison for gender, nose pad and mask type

Classification		N*	Mean±SD [†]	Mean±SD [‡]	P-values
Gender	Male	53	29.2(38.6)	2.6(1.3)	.9961 [§]
	Female	82	26.1(36.8)	2.6(1.2)	
Nose pad	Without nose pad	68	29.1(47.6)	2.5(1.3)	.1551 [§]
	With nose pad	67	25.6(23.1)	2.8(1.1)	
Mask type	Large size without nose pad	34	25.9(41.3)	2.4(1.3)	.4863
	Medium size without nose pad	34	32.2(53.7)	2.6(1.3)	
	Large size with nose pad	34	23.5(21.6)	2.7(1.0)	
	Medium size with nose pad	33	27.8(24.6)	2.8(1.2)	

*: Number of samples, †: mean±Standard Deviation ‡: mean±Standard Deviation for converted log

§ : P-value was Calculated by t-test ||: P-value was Calculated by ANOVA

대값이 높은 반면 최소값은 낮아 밀착도 변동이 커서 이들 마스크의 총 밀착계수 표준편차도 크게 나타났다 (Table 2). 따라서 코 패드 유무에 따른 평균 비교는 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다(p=0.1551).

이 연구에 사용한 4종 마스크는 코 패드가 부착되지 않은 대형 또는 중형 마스크 및 코 패드가 부착된 대형 또는 중형으로 구분되었다. 이들 마스크에 대한 총 밀착계수는 코 패드가 없는 중형 및 코 패드가 있는 중형 마스크에서 총 밀착계수 평균이 높았던 반면 코 패드가 부착되지 않은 대형 및 코 패드 부착 대형 마스크 밀착도는 그것에 비해 다소 낮았다. 이들 마스크는 코 패드 유무와 상관없이 대형보다 중형의 경우 밀착계수가 더 높게 측정된 경향을 나타내 대상자들에게 좀 더 밀착이 잘되는 것으로 보였지만 코 패드가 없는 대형 및 중형 마스크의 표준편차가 크게 나타났으며 이들 4종 마스크

간 총 밀착계수는 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다(p=0.4863).

코 패드가 있는 마스크의 총 밀착계수는 코 패드가 없는 마스크의 밀착계수에 비해 높은 것처럼 경향성을 보이고 있었지만 통계적 유의성이 없었으며 4종 마스크 별 총 밀착도 평균 비교에서도 차이가 없는 것으로 분석되었다.

이 연구에 사용한 마스크에 대하여 남녀 성별은 밀착도 차이를 나타내지 않았지만(p=0.9961) 4종류의 마스크가 성별에 따라 어떠한 경향이 있었는지 Figure 7과 같이 알아보았다. 남자의 경우 코패드가 있거나 없었던 대형 마스크에서 여자보다 밀착계수가 높았으며, 여자의 경우 코 패드 유무에 관계없이 중형 마스크에서 남자보다 밀착도가 높은 것으로 나타났다. 그러나 성별에 따른 밀착도 차이는 유의한 차이가 없었다.

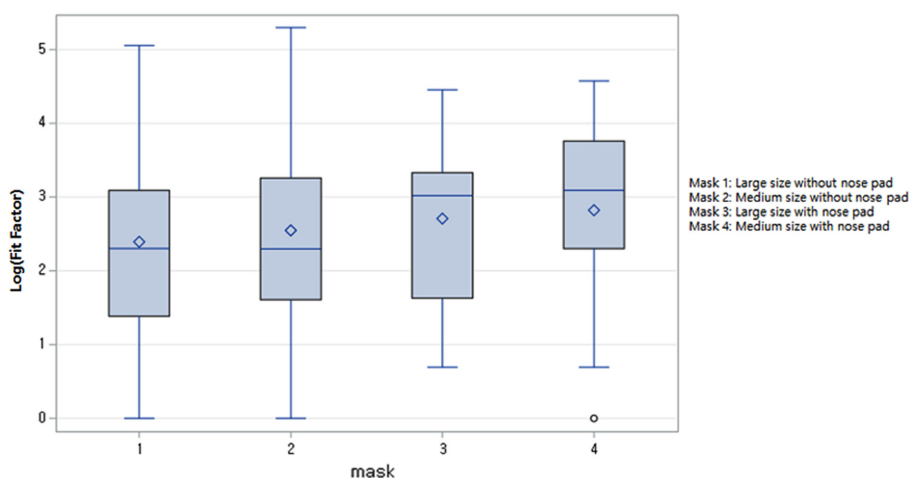


Figure 6. Fit Factor by four type masks

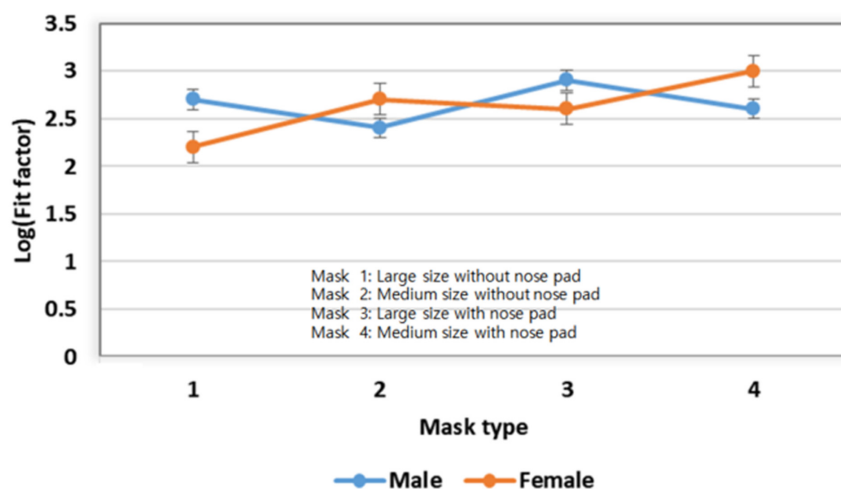


Figure 7. Fit Factor between gender vs mask type

3. 기관별 밀착계수 비교

이 연구 참가자들이 속한 기관을 분류하여 밀착도에 차이가 있었는지 비교하였다(Table 3). 그 결과 3개 기관 사이에서 총 밀착계수는 유의한 차이를 보였다 ($p=0.0066$). A 기관에서 44개 마스크에 대한 밀착도 검사가 진행되었고 밀착계수 평균(표준편차)은 31.4(37.7)

이였으며 B 기관 48개 마스크의 밀착도 검사결과는 31.9(42.8)이었고 43건이 수집된 C 기관의 경우 18.0(28.8)로 가장 낮은 밀착계수를 나타내었다. 이들 집단 간 밀착계수는 Duncan 사후검정에서 유의한 차이로 분석되어 이 연구에 사용된 마스크에 대하여 3개 기관별 밀착도는 차이가 있는 것으로 조사되었다($p=0.0066$).

Table 3. Differences of fit factors for three hospitals

	N*	Mean±SD [†]	Mean±SD [‡]	F	P-value
A	44	31.4(37.7)	2.8(1.2)	5.85	0.0066
B	48	31.9(42.8)	2.9(1.1)		
C	43	18.0(28.8)	2.2(1.2)		

*: Number of samples, [†]: mean±Standard Deviation, [‡]: mean±Standard Deviation for converted log
^{||}: Calculated by ANOVA (Duncan post hoc)

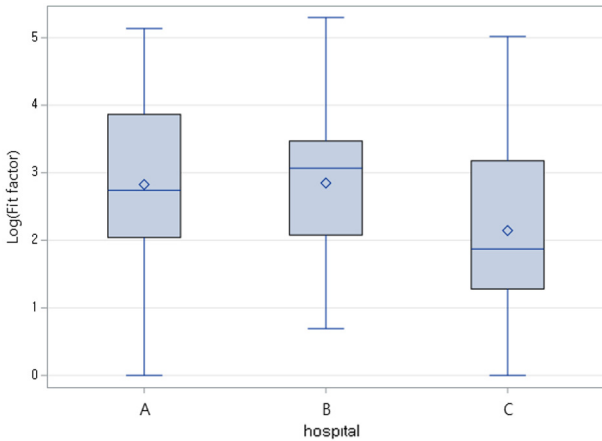


Figure 8. Log means comparison of fit factor at three hospitals

Figure 5에 나타난 밀착계수 값을 살펴보면 밀착도 검사 통과 기준인 100 이상 측정치를 나타낸 참가자는 B 기관에서 5명, A 기관에서 2명, C 기관에서 1명이였다. 대부분의 마스크는 밀착계수가 50 이하로 낮게 나타났는데 특히 C 기관 참가자가 착용한 마스크의 경우 두 기관에 비해 극히 낮은 밀착계수 값 분포를 나타내었다(Figure 8). 3개 기관별 밀착계수의 평균은 유의미한 차이가 있었다.

IV. 고 찰

이 연구에서는 의료종사자가 착용하는 호흡보호구 중 국내산 N95 마스크에 대하여 밀착도 검사를 수행하였다. 신종 전염병이 유행하는 시점에서 수입산 의료용 마스크를 대체할 국내 제품의 안면부 밀착을 확인하고자 하였다.

자발적 참가로 모집한 35명은 남녀 각각 40% 및 60%로 여성이 더 많았다. 이 연구는 개인정보 보호를 위해 참가자의 연령 및 직종 등 자료를 수집하지 않았다. 또한 감염병 유행 상황이라는 특수한 점을 고려하여 설문조사를 진행하지 못하였고 착용 교육에 대한 중재 없이 밀착도 검사만을 수행하였다.

가장 아쉬운 점은 참가자의 얼굴 크기를 측정하지 못하였으므로 국내에서 제작한 이 마스크 크기가 국내 의료인에게 밀착이 잘 될 수 있는 크기였는지 확인하지 못한 것이었다.

마스크 크기는 밀착도에 영향을 끼치는 중요한 인자로서 착용자의 안면부에 적합한 크기를 선정하여야 한

다. 미국 등 일부 국가에서는 밀착도 검사에 fit test panels 을 오래 전부터 사용해오고 있는데 Zhuang & Bradtmiller(2005)는 미국 인구집단의 안면부 형태 변동성에 따라 NIOSH bivariate fit test panel(이변량 밀착도 테스트 패널)이 바뀌어야 한다고 하였다. 안면부 크기를 분류하여 10개 셀로 구성된 테스트 패널은 알맞은 크기 마스크를 선택하는 도구로 이용되므로 착용자의 안면부 크기가 변한다면 마스크 선택도 달라져야 할 것이기 때문이다. Kim et al.(2019)의 연구에서는 국내 의료인에게 NIOSH bivariate panel로 구분된 얼굴 크기 기준에 속한 마스크를 선정하여 외국산 N95 마스크에 대한 밀착도 검사를 수행하였다. 그 결과에서 얼굴 크기에 따라 선택한 3가지 유형의 마스크 밀착도는 교육 전 밀착도 보다 교육 후 밀착도가 유의하게 높았다고 하였다. 이는 착용 교육에 대한 효과를 반영한 연구이지만 마스크 크기와 안면부 크기를 적당하게 선택하였다는 점을 주의 깊게 살펴보아야 할 것이다.

우리 연구에서는 얼굴 크기와 마스크 크기를 조합하여 분석할 수 없었지만 Figure 6의 경향성을 반영해보면 얼굴 크기가 여자보다 큰 남자의 경우 대형 마스크에서 밀착계수가 더 높았으며, 중형 마스크의 경우 남자보다 얼굴이 작은 여자의 밀착계수 평균이 더 높았다. Zhuang(2008)의 연구에서는 얼굴 크기 대, 중, 소형인 착용자에게 대형, 중형, 소형 마스크를 매칭시키고 수행한 밀착도 검사에서 밀착계수 기하평균은 상당히 높은 결과를 달성하였다고 보고하였다. 반면 Han(2000)에 따르면 한국인 안면부에 밀착이 잘되는 마스크를 선택할 유용한 도구로 테스트 패널이 필요하다고 하면서도, 적절한 크기 마스크 선택만으로는 좋은 밀착을 예측하기에 충분하지 않으므로 주의를 기울여야 한다는 결론을 내리고 있었다. 이는 마스크 크기가 중요하지만 안면부에 틈새가 발생하지 않도록 밀착(fitting)시키는 일은 더욱 중요한 일이라는 점을 시사해 주고 있었다.

비록 이 연구에서 안면부 크기를 실제로 측정하지 못하였고 마스크 착용 교육도 진행하지 않은 채 밀착도 검사를 시행하였을 뿐만 아니라 밀착도 검사 경험이 없는 참가자가 대부분이었다는 특성이 감안해 볼 때 100 이상 pass value를 기록한 참가자가 35명 중 8명(22.9%)이라는 것은 나쁘지 않은 결과였다. 마스크 밀착에 성공한 이들은 해당 마스크가 적절한 보호를 제공할 것으로 나타났다.

Or et al.(2012) 연구에 의하면 마스크 자가 점검

(user seal check)에 대해 교육받은 간호대 학생 그룹은 교육 받지 않고 밀착도 검사를 수행한 그룹보다 유의하게 높은 overall fit factor 값을 나타냈다고 보고하였다. 그러므로 마스크 fitting에 대한 인식을 가지고 밀착도 점검을 해야 한다고 하였다. 우리 연구에서 가장 낮은 평균값을 보인 기관 참가자의 경우 N95 마스크를 처음 착용해 보았다는 신입 의료인이 다수 포함되어 있었다. 이들은 주로 surgical mask라고 불리는 외과용 마스크를 착용한다고 하였는데 이들의 경우 마스크를 자신의 얼굴에 밀착시키는 것에 대한 인식이 부족하였다. 따라서 그들은 해당 마스크를 밀착시키는데 어려움을 느끼고 있었다. 하지만 이 연구에서 설문조사가 이루어지지 않았으므로 개인적인 교육 경험이나 마스크 착용 경험 등 밀착도 결과와 연관할 근거는 부족하였다.

Kim et al.(2014)의 선행 연구에서는 N95 마스크 착용법에 대한 교육을 받기 전 밀착도 검사에서는 그 통과율이 4.1%였으며, 우리 연구에서 교육을 시행하지 않고 측정한 밀착도 검사 통과율이 5.9%로 나타나 그들의 결과에 비해 오히려 약간 높았다. 하지만 크게 다르지는 않았다. Or et al.(2012) 및 Kim et al.(2014)의 결과와 같이 교육 후 밀착도가 증가한다는 점을 감안하면 이 연구 참가자들이 처음 착용해 본 국내산 N95 마스크의 경우 추후 착용 교육을 진행하고 그 뒤 다시 밀착도 검사를 수행하여 결과가 다르게 나타나는지 확인해 볼 필요가 있다고 판단된다.

이러한 밀착도 검사는 마스크 착용자에게 충분한 보호를 제공하게 하는 수단으로 사용될 수 있다. 마스크 착용자의 얼굴 틈새로 생길 수 있는 누설현상(faceseal leakage)을 확인하는 방법으로 밀착도 검사(fit test)가 유용한 방법이지만 아직 우리나라는 법적 강제성이 없고 권고 수준(Han, 2015)에 머물러 있다. 하지만 미국, 호주, 영국에서는 법적인 mandatory 성격을 가지며 (Standards Australia, 2009; CSA, 2011; COSHH, 2013; Canada OHSR, 2014; Australian OSHAct, 2015; OSHAct, 2015) 마스크 착용자가 주기적인 밀착도 검사를 통해 적절한 보호를 받을 수 있도록 하고 있다.

CDC(2005)에서는 공기 중 존재하는 생물학적 인자에 감염되었다고 알려지거나 의심되는 환자의 방에 출입할 경우에는 최소한 N95 마스크 이상으로 밀착이 잘 되는 마스크를 착용하도록 권장하고 있다. 반면 우리나라의 경우 KCDC(2019)에서는 표준예방지침을 의료기

관에 배포하여 전파경로별 격리지침에 따라 적절한 마스크를 착용하도록 권고하고 있지만 마스크 밀착 등에 대한 언급은 없었다.

국내 연구에서는 주기적으로 밀착도 검사가 이루어져야 한다고 주장(Kim et al., 2014; Han, 2015)하고 있으며 국내 많은 연구에서 누설현상으로 인한 문제점을 꾸준히 지적하고 있다. 또한 밀착도 교육 및 검사를 법제화할 것을 강조(Han et al., 1998; Han, 2000; Han & Choi, 2003; Kim et al., 2014)하고 있다. 산업장에 근무하는 근로자와는 달리 보건의료현장에 종사하는 의료인의 경우 감염병에 노출되었을 경우 본인은 물론 환자 및 보호자 등에 미칠 영향이 크고 병원집단 감염으로 이어질 위험이 크므로 마스크 밀착에 대한 우려는 더욱 현실적인 문제가 될 수 있다.

이번 연구 결과는 교육 전 N95 마스크 밀착도 선행 연구(Kim, 2015) 및 산업안전보건연구원 보고서(Han et al., 2017)의 보건의료인 fail rate 82.0%와 비슷하게 나타나 77.1%는 보호를 받을 수 없는 것으로 조사되었다. 이 마스크를 착용하는데 문제가 없었던 22.9%의 밀착도 검사에서 실패한 나머지 의료인에게는 추후 착용 교육을 제공하고 마스크 fitting에 대한 인식도 변화를 유도하기 위하여 밀착도 검사를 교육에 이용하여야 할 것이다. Eoh et al.(2016)에 의하면 연령 및 성별에 따라 교육 전 및 후의 밀착계수는 차이가 있었으며, Han et al.(2017)의 연구에서는 보건의료업 종사자의 연령 및 성별 밀착도가 유의한 차이를 보였다고 하였다. 또 보건의료업 안면부여과식 마스크의 경우 20대가 30대 보다 적합 비율이 높았는데 이를 밀착도 교육 효과라고 판단하고 있었다. 우리의 연구에서는 성별에 따른 밀착도 결과가 통계적 차이를 보이지 않았지만 연령이나 교육 정도를 알 수 없어 밀착계수와 관계 파악하기 어려운 한계가 있었다.

또 Kang(2020)의 연구에서는 최근 메르스 사태에서 의료인의 호흡보호구 장비에 대한 적절한 사용과 훈련의 부족은 의료인 감염과 연결되었다고 하였으며 최근의 COVID 감염 예방을 위한 마스크 착용 보호조치는 효과가 있었다고 보고하고 있어 의료인의 마스크 착용 훈련의 중요성이 언급되었다. 의과대학생에 대한 밀착도 검사 교육 프로그램을 통해 효과적인 밀착계수 증가를 나타낸 Myung et al.(2013)의 결과를 통해 마스크 착용에 대한 밀착도 검사는 병원성 유해 감염원에 대한 Risk를 줄일 수 있는 중요한 감염 예방책이라는 것을

알 수 있다.

이 연구에 참가한 의료인 대다수는 밀착도 검사를 받아보지 못하였으며, 일부에서는 Surgical 마스크를 착용하였을 뿐 N95 마스크를 처음 착용해 본 것으로 조사되었다. 이들은 마스크 착용 교육을 받아보지 못하여 밀착시키는데 어려움을 호소하고 있었으며, 밀착계수 값이 매우 낮게 산출되었다. 하지만 이들 참가자의 근무 연수 및 마스크 착용과 교육 경험 등 참가자 특성을 분석하지 않았으므로 이들의 밀착계수 평균이 교육 후에는 얼마나 달라질지 알 수 없었다.

우리 연구는 몇 가지 제한점을 지니고 있었다. 우선, 신종전염병 유행으로 긴 시간 접촉이 허용되지 않는 점을 고려하여 안면부 크기 측정이나 개인 설문을 진행할 수 없었다. 그리고 의료인의 직종이나 업무 기간 및 마스크 착용에 관한 교육 정도 혹은 착용 경험 등도 조사하지 못하였다. 그러므로 얼굴 및 마스크 크기를 정확하게 조합할 근거가 부족하였고 개인 특성이 밀착도 검사 결과에 어떤 영향을 주었는지 파악할 자료도 부족하였다.

이 연구에서 사용한 마스크는 국내산 N95 제품으로 마스크 유형 별 혹은 코 패드 유무가 밀착도 검사 결과에서 차이를 보이지 않았으나, 국내 의료인을 대상으로 한 교육 전 밀착도 검사에 대한 선행연구(Kim, 2015; Han et al., 2017)의 밀착도 통과율과 크게 다르지 않았다. 따라서 적합한 결과를 보인 의료인들이 이 마스크를 착용하기에 합당하다는 근거를 제시할 수 있었지만 추후 더 구체적인 기초 자료를 마련하기 위하여 마스크 fitting 및 착용 교육을 실시한 후 밀착도 검사를 시행하여야 하며 참가자 얼굴 크기를 측정하고 마스크 크기가 착용자에게 적합하였는지 분석하여야 할 것이다. 그리하여 현재의 연구 결과와 비교하고 많은 국내 의료인에게 국내산 N95 제품이 그들을 보호할 수 있는지 확인해 보아야 할 것이다.

V. 결 론

국내산 N95 마스크 4종에 대한 의료인 안면부 밀착을 확인하기 위하여 수행된 이 연구 결과는 다음과 같다.

1. 성별에 따른 밀착계수 평균은 남자가 여자보다 다소 높았지만 유의미한 차이는 아니었다. 하지만

남자의 경우 대형 마스크에서 여자보다 높은 밀착계수를 나타내었고, 여자의 경우 중형 마스크에서 그 값이 높은 경향을 보였다.

2. 코 패드 유무에 대한 밀착계수 평균은 코 패드가 없는 마스크보다 코 패드 있는 마스크에서 더 높았다. 그러나 코 패드 없는 마스크 밀착도는 편차가 컸으며 통계적 유의성은 없었다.
3. 4가지 유형에 대한 마스크 밀착계수는 코 패드 있는 중형 마스크, 코 패드 있는 대형 마스크, 코 패드 없는 중형 마스크, 코 패드 없는 대형 마스크 순으로 나타났으며, 코 패드 유무와 상관없이 중형 마스크의 밀착도가 대형 마스크보다 더 높았지만 통계적 차이는 아니었다.
4. 3개 기관의 밀착계수 평균은 각 기관별로 유의한 차이가 있었다.

이 연구는 국내산 N95 마스크에 대한 밀착도 기초 자료를 구축하고자 하였으며, 교육 후 밀착도 검사가 이루어지지 못하여 마스크 밀착에 대한 인식이 부족한 상태로 측정된 단편적인 결과이다.

하지만 국내산 N95 마스크를 국내 의료인이 착용하고 시험한 최초의 밀착도 검사라는 점에 의미가 있겠다. 다만 이 자료를 기초로 의료인 감염을 예방하기 위한 밀착도 교육을 진행하고 얼굴 크기 측정 등이 함께 이루어질 수 있는 추후 연구가 진행된다면 보다 체계적인 국내산 의료용 N95 마스크 자료가 구축될 수 있을 것으로 판단되었다.

감사의 글

질병관리본부 자원관리과 장민정 선임연구원님과 (주) APM엔지니어링 윤관훈 대표님의 협조로 이 논문을 작성할 수 있었습니다. 의료인의 마스크 밀착도 측정을 위해 애써주신 의료기관 참가자들에게도 감사드립니다.

References

- Australian Occupational Safety and Health Act 1984.
Occupational Safety and Health Regulations 1996.
2015
- Canadian Standards Association(CSA). Standard Z94.4-02.
Selection, use, and care of respirators. Toronto,
Canada: CSA Group. 2011

- Canada Occupational Health and Safety Regulations (Canada OHSR) SOR/86-304. Canadian Minister of Justice. Last amended on October 31. 2014
- Charney W. Handbook of modern hospital safety. 2nd ed. New York: CRC Press: 2011 p.18-1 ISBN-13:987-1420047851
- Colton CE, Brikne LR and Brosseau LM. Respiratory protection : A manual, guideline, 2nd ed. VA: American Ind Hyg Assoc:1991
- Control of Substances Hazardous to Health Regulations (COSHH) 2002(as amended). Approved Code of Practice(ACOP) and guidance, 6th ed. HSE books 2013. ISBN 978 0 7176 658-22
- Eoh WS, Choi Y, Shin CS. Comparison of Effects of Mask Style and Donning Training on Fit Factors of Particulate Filtering Facepiece Respirators. J. Korean Soc. Saf 2016;31(5)35-41 <http://dx.doi.org/10.14346/JKOSOS.2016.31.5.35>
- Fischer RJ, Morris DH, Doremalen NV, Sarchette S, Matson MJ et al. Assessment of N95 respirator decontamination 1 and re-use for SARS-CoV-2. US Government work. 2020 In press doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.11.20062018>
- Han DH. Correlation of fit factor for respirators and anthropometric dimension. Korean J Preven Med 1998;31(3)440-448
- Han DH. Fit Factors for Quarter Masks and Facial Size Categories Ann. occup. Hyg 2000;44- (3)227-234 PII: S0003-4878(99)00087-3
- Han DH, Choi KR. Facial dimensions and predictors of fit for half-mask respirators in Koreans. Am Ind Hyg Assoc J 2003;64(6)815-822 doi: 10.1202/501.1
- Han DH. Usage of Filtering-facepiece Masks for Healthcare Workers and Importance of Fit Testing. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2015;25(3): 245-253 <http://dx.doi.org/10.15269/JKSOEH.2015.25.3.245>
- Han DH, Kim HW, Jang YJ, Myong JP, Yang HS et al. A study on the actual results and draftings regulations of Fit testing(I) OSHRI. 2017-969 Available from: <http://oshri.kosha.or.kr>
- Health Insurance Review and Assessment Service, 2016 Medical Resource, Medical recorded information. Available from: <http://opendata.hira.or.kr/op/opc/olapMdclRcStatsInfo.do>
- Kang SK. COVID-19 and MERS Infections in Healthcare Workers in Korea. Saf Health Work 2020;11(2); 125-126 <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.04.007>
- Kellerman SE, Tokars JI, Jarvis WR. The Costs of Healthcare Worker Respiratory Protection and Fit Testing Programs. Infect Control Hosp Epidemiol. 2015. <https://doi.org/10.2307/301451524>
- Kim HW, Beak JE, Seo HK, Lee JE, Myong JP et al. Comparison of Fit Factor for Healthcare Workers Before and After Training with the N95 Mask. 2014;24(4):528-535 <https://doi.org/10.15269/JKSOEH.2014.24.4.528>
- Kim H, Lee J, Lee S, Oh J, Kang B et al. Comparison of fit factors among healthcare providers working in the Emergency Department Center before and after training with three types of N95 and higher filter respirators. Medicine 2019;98(6)1-9 <http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000014250>
- Korea Center for Disease Control & Prevention. Guideline for prevention and control of Healthcare associated infections, 2017 ISBN 979-11-86089-69-9
- Mackenzie D. Reuse of N95 masks. 2020 Engineering in press. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.04.003>
- Myong JP, Byun JS, Cho YM, Seo HK, Baek JE et al. The education and practice program for medical students with quantitative and qualitative fit test for respiratory protective equipment Industrial Health 2016. 54:177-182 doi: 10.2486/indhealth.2015-0072
- Occupational Health and Safety Act(OSHAct). 29CFR 1910.134. Respiratory protection [serialonline] 2011 [cited 2015 July 20] https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadis.show_document?p_table=standards&p_id=12716
- Or P, Chung J, Wong T. Does Training in Performing a Fit Check Enhance N95 Respirator Efficiency. WORKPLACE HEALTH & SAFETY 2012. 60:12; 511-515 <https://doi.org/10.1177/216507991206001202>
- Standards Australia. AS/NZS1715:2009. Selection use and maintenance of respiratory protective equipment. Sydney, Australia: Standards Australia. 2009
- Zhuang Z, Bradtmiller B. Head-and-Face Anthropometric Survey of U.S. Respirator Users. JOEH 2005. 2: 567-576 DOI: 10.1080/15459620500324727
- Zhuang Z, Groce D, Ahlers HW, Iskander W, Landsittel D et al. Correlation between respirator fit and respirator fit test panel cells by respirator size. J Occup Environ Hyg 2008 5:10;61 7-628 doi: 10.1080/15459620802293810

<저자정보>

서혜경(연구교수), 강병갑(책임연구원), 권영일(부교수)