

Fit Test를 이용한 국내산 N95 마스크의 교육 후 밀착도 비교

서혜경 · 권영일 · 명준표¹ · 강병갑^{2*}

신한대학교 바이오생태보건대학, ¹가톨릭대학교 서울성모병원, ²한국한의학연구원

Fit comparison of Domestic N95 Medical Masks in a Fit test

Hyekyung Seo · Young-il Kwon · Jun-Pyo Myong¹ · Byoung-kab Kang^{2*}

College of Biomedical Laboratory Science, Shinhan University

¹*Department of Occupational and Environmental Medicine,
Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea*

²*Korea Institute of Oriental Medicine*

ABSTRACT

Objectives: A number of medical institutions have been conducting fit tests to perform seal checks on masks. This study aimed to compare the differences fit factor before and after domestic N95 mask-wearing training through a fit-test.

Methods: A survey of 59 healthcare workers was conducted regarding whether they had undergone a fit test or received training on mask-wearing. Further, the fit of two types of domestic N95 masks was measured before and after the training using a QNFT(Quantitative Fit test). The average fit factors before and after training were compared using a paired t-test. Additionally the differences in the fit test pass rate were analyzed using a McNemar test.

Results: A statistically significant difference was seen between the fit factors in the fit tests conducted before and after the training ($p=0.0015$), as well as in the fit of the two types of masks tested ($p<0.01$). Thus, an improvement in mask fitting was seen after the training, even with differently fitted masks.

Conclusions: Upon using a QNFT, a significant increase in the fit factors for N95 masks was observed after training compared with masks that were fitted as usual. This highlights the importance of training in mask-wearing, with the conclusion that training healthcare providers will improve the fit of masks.

Key words: Domestic N95, HCWs (healthcare workers), Quantitative Fit Test (QNFT), seal check, training


I. 서 론


의료기관 종사자(Health Care Workers)에게 노출되는 유해인자로는 주로 병원성 미생물을 들 수 있다(Kim, 2010; Kang, 2011). 이들 감염 경로는 혈액매개 및 호흡기를 통한 공기매개성으로 나눌 수 있는데, 호흡기 전파를 통한 신종코로나 바이러스는 보건의료종사자 안전을 더 많이 위협하고 있다. 신종 코로나 바이


러스가 유행하기 시작할 당시 의료용 마스크 대부분은 수입에 의존하고 있었는데 세계적 감염병(pandemic) 상황으로 인하여 마스크 수급에 어려움을 겪었다.


우리나라에서는 이러한 상황에 대응하여 의료기관용 마스크 사용 범위를 N95 또는 KF94 이상 착용으로 권고하였고(MOH, 2020), 식품의약품안전처에서는 '의료용 호흡기보호구' 품목을 신설하고 코로나 19 방역 의료현장에 신속히 도입할 수 있도록 관련고시 등을 준

*Corresponding author: Byoung-kab Kang, Tel: 010-9873-8089, E-mail: bkkang@kiom.re.kr
Korea Institute of Oriental Medicine, 1672 Yuseog-daero, Yuseog-gu, Daejeon-city, 34054
Received: January 18, 2021, Revised: February 16, 2021, Accepted: March 2, 2021

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

 Jun-Pyo Myong <https://orcid.org/0000-0001-8674-1034>

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

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

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.

비하였다. 이 고시에서는 미국 의료용 N95 호흡구(surgical N95 respirator)와 동등한 시험항목을 적용하였고, 사용자가 착용 전 밀착도 검사를 통해 밀착 상태를 확인하도록 안내하고 있다. 또한 질병관리청에서는 일부 제조사에서 생산한 국내산 N95 마스크를 의료기관에 배포하고 수입산 마스크 부족으로 인한 수급문제를 해결하고자 하였다.

하지만 국내 의료기관에 배부한 이들 제품에 대하여 밀착도를 확인한 바가 없었다. 의료인들이 착용한 마스크는 밀착정도에 따라 병원체 감염 위험이 달라질 수 있으며(Mukerji et al., 2017), 밀착도 검사를 완료한 호흡보호구를 통해 착용자 안전이 지켜질 수 있다고 알려져 있다(Charney, 2011; NIOSH, 2015). 이에 Seo et al.,(2020)은 국내산 N95 마스크 일부 제품에 대하여 밀착도 검사(fit test)를 진행하여 기초자료를 수집하였지만, 해당 마스크 착용법 훈련을 병행하지 못하였다. 마스크 착용법 훈련없이 밀착도 검사만 실시했던 연구 결과는 Kim 등(2015) 및 Han et al.,(2017)과 비슷하였다. 그러나 처음 접한 해당 마스크 밀착에 어려움을 느끼고 있다는 것을 확인하였고 마스크 착용법 훈련이 필요하다고 하였다.

Kang(2020)은 이전 감염병 유행 당시보다 의료인의 마스크 착용 훈련효과로 인해 감염율이 감소되었다고 보고하면서 의료 인력 보호를 위해 양질의 의료용 마스크 생산 및 지급은 물론, 적절한 사용 방법에 대한 교육 훈련이 있어야 한다고 제언하였다. Han et al.,(2017)은 의료기관 종사자가 밀착도 검사를 하지 않고 착용한 마스크로부터 2,000명 중 63명이 100% 오염물질에 노출될 수 있다고 하였으며 결핵에 감염되었을 경우와의 편익산출은 약 33억 6천만 원으로 밀착도 검사 및 교육 훈련이 시급하다고 하였다. 또한 밀착도 검사 없이 착용한 N95 마스크는 착용자에게 유해환경 고노출 가능성이 있으므로 다양한 종류를 구비하여야 한다고 하였다(Lee & Yang, 2002 ; Park et al., 2009). 본 연구에 선행한 Seo et al.,(2020)에서는 다양한 N95 제품에 대한 밀착도 검사를 진행하지 못하였다. 또한 평소 착용해온 수입산 제품과 달리 처음 착용해 본 국내산 N95 마스크에 대하여 착용 훈련없이 진행했던 밀착도 검사는 제한점을 지니고 있었다. 그러므로 밀착도 검사를 착용 훈련에 이용(Lee, 2016; Myong et al., 2016)하였을 경우 해당 마스크에서도 밀착도 증가가 있는지 추가 연구를 진행해 볼 필요가 있었다.

따라서 우리 연구는 밀착도 검사를 이용한 마스크 착용 교육 전 후 밀착계수 값을 비교하기 위해 두 가지 국내산 N95 마스크에 대하여 밀착도 검사를 진행하였다. 형태별 마스크 밀착도 차이를 확인하고 이들 마스크에 대하여 교육 후 밀착도 차이를 평가하고자 하였다. 설문조사를 통해 수집한 밀착 정도에 관한 개인 인식과 실제 밀착도를 비교하고, 착용 훈련을 받아 본 참가자의 밀착도 차이를 확인하고자 한다. 그러므로 개인이 느끼고 있는 밀착 정도와 실제 밀착 정도가 일치하는지 분석하고, 착용 교육 후 밀착도에 변화가 있었는지 알아보기로 한다. 이러한 결과는 밀착도 검사를 통한 N95 마스크 착용 교육 효과가 있을지 확인하는 자료가 될 것이다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

국내 소재 5개 의료기관에 근무하는 의료기관 종사자를 대상으로 자발적 참여에 동의한 59명의 밀착도 검사를 시행하였다. 참가자들에게 시험 마스크를 무작위 순으로 착용하게 하여 밀착도 검사 결과에 대한 선택적 편향(selection bias)을 피하고자 하였다.

이 연구는 기관생명윤리위원회 심의(SHIRB-2020006-HR-112-02)를 통해 연구대상자의 개인 정보가 보호되도록 익명화 처리하였다.

2. 연구 방법

1) 시험 마스크에 대한 착용 교육

시험 마스크는 미국 국립 직업안전보건연구원(The National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)의 마스크 기준 규격 N95 등급을 만족한 인증 제품으로 국내에서 생산된 두 가지 제품이었다. 이들은 가로 길이 100 mm, 세로 길이 155 mm 인 이단 접이형 모델(A), 가로 길이 140 mm, 세로 길이 120 mm인 컵형 모델(B)이었다(Figure 1). 이단 접이형 모델은 코 지지대가 있었으며, 컵형 모델은 코 지지대 및 내부 스펀지가 장착된 특징이 있었다. 마스크 끈은 헤드밴드형으로써 착용자의 머리 위와 목 뒤에 고정시키도록 되어 있다.

두 가지 N95 마스크는 무작위 순으로 선택하여 밀착도 검사를 진행하였는데 첫 번째 두 번째 마스크는 평상시 개인의 습관대로 착용하여 교육 전 밀착계수를 측



Figure 1. Domestic N95 masks

정하였고 교육을 실시 한 후 동일 마스크에 대하여 밀착도 검사를 시행하였다. 이때 교육자는 참가자에게 질병관리청 자료를 이용하여 컵형 및 접이형 제품의 올바른 마스크 착용법(KDCA, 2020)을 알려준 뒤 밀착도 검사 결과에 대한 설명을 포함한 일대일 교육을 실시하였다. 마스크 밀착 의미를 설명하기 위해 N95 마스크 외 의료용 안면 마스크를 추가로 사용하였는데, 이 마스크에 대한 밀착도 검사는 교육에 앞서 선행하고 그 자료를 이용하여 N95 마스크가 밀착되어야 하는 이유를 설명하였다. 마스크 착용 교육에 관한 참여자 정보를 파악하기 위하여 착용 교육 및 밀착도 검사 전 설문조사를 하였으며, 참여자가 자기기입식으로 응답하도록 하였다.

2) 교육 전후 밀착도 검사

국내산 N95 2개 사 제품으로 밀착도 검사를 진행하였다. 밀착도 검사기(Portacount PRO+ 8038, TSI, USA)를 사용한 정량적 밀착도(quantitative fit test)시험은 미국 직업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)의 새로운 동작 4단계를 수행하고 총 밀착계수(overall fit factor) 값을 수집하여 분석에 사용하였다. (1) 허리 굽히기(bending over) (2) 말하기(talking) (3) 머리 좌우로 움직임(turning head side to side) (4) 머리상하 움직임(moving head up and down) 동작은 29 CFR 1910. 134. Appendix A에 명시된 것으로 하였다. 1개 마스크에 대한 밀착도 검사 시간은 총 2분 29초이며, 밀착계수 통과기준은 미국 OSHA의 밀착도 검사 요구사항 100 이상을 적용하였다. 우선 어떠한 착용 교육 없이 밀착도 검사를 시행하고 시험 마스크 착용법 교육과 더불어 밀착계수가 측정되는 간단한 원리 및 마스크 밀착과 밀착계수와의 관계 등을 Figure 2를 이용하여 설명한 후 교육 후 밀착도 검사를 측정하였다. 이때 응급 상황 발생으로 밀착도



Figure 2. Portacount PRO+ 8038(TSI, USA)

검사가 중지된 경우 발생한 결측치는 자료 수집에서 제외하였다.

3) 통계분석

이 연구에서 수집된 참여자의 마스크 착용 교육 전후 밀착 계수 값은 대수정규분포를 보여, 밀착계수를 기하평균(geometric mean, GM) 및 기하표준편차(geometric standard deviation, GSD)로 표기하고, 그 통계적 유의성을 평가하였다. 이외, 연구대상자의 일반적인 변수에 대해 연속형 변수는 평균(표준편차)로, 범주형 변수는 빈도(백분율)로 표시하였다. 교육 전 후의 평균 차이에 대한 비교는 paired t-test를 이용하여 분석하였고, 교육 전후의 변화량에 대한 두 마스크간 차이는 independent two-samples t-test로 비교하였다. 교육 전후 마스크 밀착도 통과 비율에 대한 차이는 McNemar's test 검정을 수행하였다. 마스크 밀착 인식에 대한 밀착 계수 평균 차이는 분산분석(ANOVA)을 이용하였다. 분석 결과에 대해 유의수준 $\alpha=0.05$ 를 기준으로 통계적 유의성을 평가하였다. 자료의 분석은 SPSS system ver. 20(IBM SPSS Inc.USA)을 이용하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상자 특성

5개 의료기관에서 참가한 59명의 성별 분포는 남자 16명(27.1%), 여자 43명(72.9%)으로 여자가 더 많았다. 근무 기간은 6년 이상 10년 미만이 42.4%(25명)로 가장 많았으며, 5년 이하 37.3%(22명), 10년 이상이 20.3%(12명) 순으로 나타났다. 연령대는 30대가 67.8%(40명)로 가장 많았고, 20대, 40대, 50대 순으로 나타났다. 의료기관 종사자는 간호사 41명으로 전체의 67.8%로 가장 많았고, 의료기사를 포함한 기타 직종, 응급요원, 의사로 분포하였다. 근무부서는 감염관리팀

Table 1. General characteristics of study subjects

	Classification (N=59)	N (%)*
Gender	Male	16 (27.1)
	Female	43 (72.9)
Age	20 <	9 (15.2)
	30 <	40 (67.8)
	40 <	6 (10.2)
	50 <	4 (6.8)
Years of Experience	5 ≥	22 (37.3)
	6-10	25 (42.4)
	10 <	12 (20.3)
Job	Doctor	2 (3.4)
	Nurse	41 (67.8)
	Paramedic	3 (5.1)
	Other (medical technologists etc)	13 (22)
Department	Infection prevention & control	29 (49.2)
	Outpatients	12 (20.3)
	Emergency room	5 (8.5)
	Ward	3 (5.1)
	Other (sanitary etc)	10 (16.9)

*: Number of subjects (%)

49.2%(29명)로 가장 많았고 외래부서 20.3%(12명), 기타 16.9%(10명), 응급실 8.5%(5명) 그리고 병동근무자 5.1%(3명) 순이었다(Table 1).

2. 설문지 분석 결과

설문조사 결과는 다음과 같다(Table 2). 마스크 지급은 소속 부서에서 지급받는 형태가 44명(78.6%)으로 가장 많았고, 개인 구매 8명(14.3%), 비치된 마스크를 자유롭게 사용 4명(7.1%) 순으로 나타났다. 마스크 착용 교육을 받은 경험이 있다고 46명(82.1%)이 응답하였고, 교육은 주로 의료기관에서 받은 것(95.7%)으로 조사되어 대부분 실무현장에서 이루어진 것으로 확인되었다. 또한, 마스크 착용 교육을 받아본 46명 중 대부분이 밀착도 검사를 받아본 것으로 조사되었다. 마스크 착용 교육을 받아본 46명 및 그렇지 않은 참여자의 밀착계수 값은 윌콕슨 순위합 검정(Wilcoxon rank sum test)에서 차이가 없는 것으로 분석되었다($p=0.431$).

교육에 대한 필요성은 94.6%(53명)이 필요하다고 응

답하였고, 그 중 33명(62.3%)은 '나에게 도움이 된다'고 하였으며, '착용효과 증대에 필요하다'는 19명(35.8%) 순으로 있었다. 밀착도 검사경험은 42명(75.0%)이 예라고 응답하였으며, 이 중 35명(83.4%)이 의료기관을 통해 이 검사법을 알게 되었다고 응답하였고, 동료나 학술지를 통해 6명(14.2%) 순이었다.

현재 착용하고 있는 마스크가 효과적일 것이라고 응답한 참여자는 92.9%(52명)였으나 마스크가 얼굴에 제대로 밀착되었다고 느끼는 것은 50.0%(28명)로 나타났다.

3. 교육전후 밀착도 검사

1) 평균 밀착도 비교

시험 마스크로 사용한 국내산 N95 마스크는 이단 접이형 및 컵형 모델 두가지였다. 이들의 밀착도 평균은 Table 3 과 같았다. 이단 접이형에 비하여 컵형 마스크 밀착도는 유의하게 높았으며, 또한 두 마스크 간 교육 전후 밀착도 변화량에서 의미있는 차이를 확인할 수 있었다($p=0.001$).

Table 2. Results of questionnaire

Classification(N=56)*		N (%)	Total
1. Mask placement	Department	44 (78.6)	56(100)
	Openly placed	4 (7.1)	
	Individual purchase	8 (14.3)	
2. Mask wearing training	Yes	46 (82.1)	56(100)
	No	10 (17.9)	
2-1. Training institution	University	2 (4.3)	46(100)
	Hospital	44 (95.7)	
3. Need for training	Yes	53 (94.6)	56(100)
	No	2 (3.6)	
	Others	1 (1.8)	
3-1. Reason for training	Helpful	33 (62.3)	53(100)
	Enhance the effect	19 (35.8)	
	Others	1 (1.9)	
4. Fit test experience	Yes	42 (75.0)	56(100)
	No	14 (25.0)	
4-1. Fit test information	Hospital	35 (83.4)	42(100)
	Video	1 (2.4)	
	Colleague	3 (7.1)	
	Academic journal	3 (7.1)	
5. Effect on donning	Yes	52 (92.9)	56(100)
	No	4 (7.1)	
6. Mask fitting	Good	28 (50.0)	56(100)
	Unsuitable	23 (41.1)	
	Bad	5 (8.9)	

*: Number of subjects : response missing for 3 subject

Table 3. Fit Factors for two type of masks

	GM(GSD) [†]	Difference	P-value [‡]
A. Folder type mask	22.65(4.18)	15.64(3.83)	0.001
B. Cup type mask	62.18(3.22)	48.07(1.92)	

[†]: GM: Geometric Mean, GSD: Geometric Standard Deviation[‡]: P-value was calculated by Independent two-samples t-test

2) 교육 후 밀착도 비교

두 가지 모델 N95 마스크의 교육 전 후 밀착도 평균을 비교하였다(Table 4). 이단 접이형 및 컵형 N95 마스크 밀착도 평균은 교육 전에 비해 약 1.9 배 및 1.64 배 상승한 것으로 나타났다. 마스크 유형을 구분하지 않은 경우의 교육 전 후 밀착계수 평균도 증가하였는데 26.58 에서 50.40 으로 약 1.89배 상승하였다. 모든 마스크에서 교육 후 밀착도는 교육 전보다 통계적으로 유

의하게 증가하였다($p=0.015$).

마스크별 교육 전 후 통과 및 미통과에 대한 분포가 동일한지 확인하기 위하여 McNemar test 로 비교 검정하였다(Table 5). 이단 접이형 마스크 경우 교육 전 밀착도 검사 통과율이 20.4%에서 교육 후 22.4%로 증가하였다($p=0.763$). 컵형 마스크 경우 교육 전 통과율은 42.6%에서 64.8% 로 증가하였고, 교육 전에 비해 약 1.5배 의미있는 증가를 보였다($p=0.004$). 마스크 유

Table 4. Geomeans for mask types

	GM(GSD) [†]		Total ⁺⁺	P-value ^{††}
	Before	After		
A. Folder type mask	16.12(4.71)	31.19(3.63)	49	0.000
B. Cup type mask	48.42(3.06)	79.84(3.25)	54	0.001
All mask	26.58(4.31)	50.40(3.74)	103	0.015

[†]: GM: Geometric Mean, GSD: Geometric Standard Deviation

^{††}: P-value was calculated by paired t-test

⁺⁺: Number of Fit Factor – test missing case excluded

Table 5. Comparison of pass rates before & after training

		Before	After	P-value [§]
A. Folder type mask	Pass	10(20.4)	11(22.4)	0.763
	Fail	39(79.6)	38(77.6)	
	N(%) ⁺⁺	49(100)		
B. Cup type mask	Pass	23(42.6)	35(64.8)	0.004
	Fail	31(57.4)	19(35.2)	
	N(%) ⁺⁺	54(100)		
All mask	Pass	33(32.0)	46(44.7)	0.015
	Fail	70(68.0)	57(55.3)	
	N(%) ⁺⁺	103(100)		

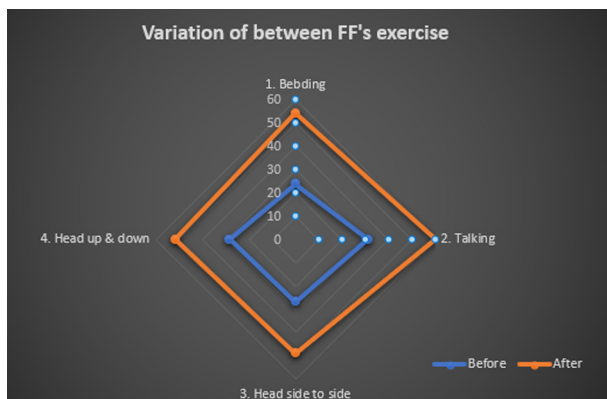
[§]: p-value was calculated by McNemar test

⁺⁺: Number of Fit Factor – test missing case excluded

형을 구분 하지 않은 모든 마스크 밀착도 검사 통과율은 교육 전 32.0%에서 교육 후 44.7%로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.015).

3) 동작별 밀착도 비교

(1) 허리 굽히기 (2) 말하기 (3) 머리 좌우 움직임 (4) 머리 상하 움직임으로 구분하여 밀착계수 변화를 분석

**Figure 3.** Variation of fit factor to exercises

하였다(Table 6). 4가지 동작 중 말하기에서 다소 높은 밀착계수가 측정된 후 머리좌우 움직임 동작에서 그 값이 떨어졌다. 하지만 4가지 동작간 변화 추이는 모든 동작에서 비슷한 트렌드(Figure 3)를 보였으며 의미있는 차이는 아니었다. 또한 4가지 동작의 교육 전 후 밀착계수에서 유의한 차이를 보였다(p=0.000).

4) 개인 인식과 실제 밀착도 비교

설문조사를 통해 본인이 착용하는 마스크 밀착에 대하여 3가지 척도 즉, “잘 밀착되고 있다”, “적절하게 되지 않는다”, “밀착되지 않는다”로 응답한 참여자의 실제 밀착도를 비교하였다(Table 7). “잘 밀착되고 있다”고 응답한 참여자의 밀착도 평균은 “밀착되지 않는다”라고 응답한 참여자의 것보다 낮게 나타났다. 평소 밀착이 잘 된다고 인식한 참여자와 그렇지 않다는 참여자 밀착도에는 차이가 없었다(p>0.05). 그러므로 주관적으로 인지하고 있는 밀착정도는 착용한 마스크의 실제 밀착 정도와 같지 않음이 확인되었다.

하지만, 모든 그룹에서 교육 후 밀착도는 교육 전 대

Table 6. Before & after fit factor to exercise

	GM(GSD) [†]		t	P-value [‡]
	Before	After		
1. Bending	23.87(4.59)	54.16(3.92)	-5.40	0.000
2. Talking	31.20(4.33)	60.28(3.81)	-4.93	0.000
3. Head side to side	26.78(4.84)	48.91(4.52)	-4.06	0.000
4. Head up & down	28.27(4.82)	51.52(4.40)	-4.18	0.000

[†]: GM: Geometric Mean, GSD: Geometric Standard Deviation

[‡]: P-value was calculated by paired t-test

Table 7. Actual fit factors by self-rated questionnaire for fitness of respirator

Questionnaire	GM(GSD) [†]		t	P-value [‡]
	Before	After		
1. Good	22.31(4.58)	39.25(4.40)	2.075	0.043
2. Unsuitable	27.41(3.88)	50.90(3.81)	2.283	0.028
3. Bad	30.44(5.62)	46.99(1.97)	1.105	0.301
P-value	0.694	0.676		

^{||}: P-value was calculated by ANOVA

[‡]: P-value was calculated by paired t-test

비 약 1.5~1.8배 상승하였는데, 밀착이 안 된다고 느낀 그룹을 제외하고 유의한 증가를 보였다.

IV. 고 찰

이 연구는 COVID-19 대응으로 의료기관에 배포된 국내산 N95 마스크 제품의 밀착을 확인한 선행연구(Seo et al., 2020) 후속으로 진행되었다. 우리 연구는 선행연구에서 제한점으로 파악된 마스크 착용교육 효과 비교를 위해 확장한 연구이다. 생소한 마스크를 밀착시키는 데 어려움이 있다는 착용자 의견을 반영하여 교육 후 밀착도 변화가 있는지 확인하기로 하였다.

1. 밀착 정도에 대한 주관적 인식과 실제 밀착도

참여자 5개 의료기관 여자 43명(72.9%) 남자 16명(27.1%)으로 의사, 간호사, 응급구조사 등 감염예방을 위해 평소 N95 마스크를 착용하는 직군이였다. 설문조사를 통해 참여자들 간 교육 경험이 다르며, 일부 참가자는 교육을 받아보지 못하였다는 것을 확인하였다. 그러므로 이단 접이형 및 겹형 마스크 착용법을 일대일 교육하였다. 또한 의료용 안면 마스크를 이용하여 마스크 밀착 개념을 설명하는 과정에서 의료현장에 따라 다른 마스크를 사용해야 한다는 정보도 주었다. 이들

은 N95 마스크와 의료용 안면 마스크가 사용처 및 인증시험법(CDC 2020; FDA, 2020)이 다르며 감염상황이나 업무환경에 따라 달리 착용해야 한다는 사실을 인지하게 되었다. Oberg & Brosseau(2008)는 의료용 안면 마스크 밀착계수가 3.0(95% CI:1.8-4.2) 정도로 N95 마스크에 비해 현저히 낮다고 하였다. 그러므로 공기감염 유해인자에 노출되는 근로자의 위험성을 감소시킬 수 없다고 하였는데, 우리 연구에서 교육용으로 사용한 이 마스크 밀착도 결과(Fig. 4)도 크게 다르지 않았다. 착용감이 불편한 N95 마스크보다 의료용 안면 마스크 사용을 더 선호하고 있었다던 참가자는 이 교육을 통해 밀착의 중요성을 이해하였다고 하였다.

선행연구(Seo et al., 2020)에서 개인 특성과 밀착도 검사 연관성을 분석할 수 없었지만 우리는 설문조사를 통해 인식하고 있는 주관적 밀착정도와 실제 밀착도를 비교할 수 있었다. 착용한 마스크가 잘 밀착 된다고 응답한 50.0%(28명), 그저 그렇다 41.1%(23명), 밀착 되지 않는다 8.9%(5명)로 응답한 밀착 정도와 실제 밀착도를 분석한 결과는 각 그룹간 차이가 없었다(Table 7). 이 결과를 통해 마스크 밀착정도에 대한 개인 인식은 실제 밀착도를 반영하지 않는다는 것이 확인되었다(Figure 5). 하지만 개인 인식과 상관없이 교육 후 밀착도는 증가한 것으로 나타났으며, 밀착되지 않는다고 응답한 참

여자를 제외한 나머지 그룹의 교육 후 밀착도는 유의한 증가를 보였다. 이와 같은 결과는 마스크 크기가 자신에게 맞다고 응답한 근로자의 밀착계수가 그렇지 않은 것에 비해 현저히 낮았던 Lee(2016)의 결과와 같이 밀착도에 대한 주관적 인식과 실제 밀착도는 같지 않았던 것으로 사료되었다.

2. 밀착도 검사를 적용한 교육 후 밀착도

마스크 착용 효과를 높이기 위해 Lawrence et al., (2006)은 호흡기보호 프로그램 운용시 밀착도 검사를 적용해야 한다고 하였다. 다수 국가에서 밀착도 검사는 의무적 성격(CSA, 2011; Canada OHSR, 2014; OSHA, 2015)을 띠고 있다. 이와 달리 우리나라는 밀착도 검사가 호흡기보호 프로그램으로 자주 이용되지 않고 있지만, 우리 연구에서는 밀착도 검사를 받아 본 참가자가 75.0%(42명)로 높게 조사되었다. 최근 개정된 의료용 호흡기보호구 가이드라인(MFDS, 2020년)은 밀착도 검사를 통해 올바른 마스크 착용을 유도하고 있으므로 의료기관을 중심으로 밀착도 검사 교육이 이루어질 것으로 기대되었다.

의료용 안면 마스크 및 N95 마스크에 대한 체계적 문헌 고찰(Bradford et al., 2020)에서는 사용자가 마스크 착용 효능을 충족하기 위해 안면밀착에 대한 훈련이 필수적이라고 하였다. 또한 중동호흡기증후군(Middle East Respiratory Syndrom)을 거치면서 국내 의료인들은 개인보호 장비 훈련이 필요하다고 하였다(Lee et al., 2017). 실제 Kim(2018)은 응급센터 의료인을 대상으로 MERS 발생 당시 사용했던 세 종류 마스크의 착용 훈련 효과를 비교하였다. 그는 마스크 종류와 상관없이 착용 교육을 통해 그 성능이 개선될 수 있으므로 성능 좋은 마스크 착용에 대한 기대보다 교육이 더 중요하다고 하였다. 또한 밀착도 검사에서 적합했던 마스크 입에도 불구하고 의료인 스스로 밀착시키는데 어려움을 겪는 경우가 있으므로 정기적인 훈련도 필요하다고 하였다.

착용자 자신이 선호하는 마스크를 제공하는 것도 중요하다(Kim, 2018)고 하였는데, 주관적 불편감이 있을 경우 착용 순응도가 떨어지므로 마스크 밀착에 좋지 않은 영향이 있다고 하였다. 선행연구에서 익숙하지 않은 국내산 제품을 밀착시키는데 어려움을 보였던 경우는 이에 해당하며, 착용감이 불편한 N95 마스크를 기피하는 의료인의 착용 순응도가 떨어질 것으로 사료되었다.

많은 연구에서는 안면부 밀착을 높이기 위해 교육을 시행하여야 한다고 하였으며, 밀착도 검사를 이용한 교육은 효과가 있었다고 보고하였다(Wilkinson et al., 2010 ; Kim et al., 2015; Kim, 2018). 우리 연구에서 마스크 착용 교육 후 밀착도 검사 통과율은 교육 전보다 약 1.4배 증가하였는데, 모든 시험마스크에서 의미있는 차이를 보였다. 이는 앞선 연구들(Or et al., 2012; Kim, 2015; Lee, 2016; Kim, 2018)처럼 착용 교육 효과를 보인 것으로 나타났다.

그러나 밀착도 검사 100 이상 통과기준을 초과한 성공률은 접이형 마스크 경우 교육 전에 비해 증가하였지만 의미있는 차이는 아니었다. 국내 의료인이 자주 사용해온 외국산 컵형 마스크에 비해 익숙하지 않은 이단 접이형 마스크를 밀착시키는데 생소함이 있었을 것으로 사료되었다. 그럼에도 불구하고 교육 후 밀착도는 유의한 증가를 보였으므로 처음 접하였거나 형태가 다른 마스크 일지라도 교육 효과가 있었다는 것이 확인되었다.

우리 연구에서 이용한 교육방법은 마스크에 대한 형태별 착용 훈련 및 밀착도 검사를 이용한 일대일 대화형 방법이었다(Beckerl & Morawetz, 2004). 평상시 방법대로 마스크를 착용한 경우 마스크 끈을 잘못 위치시키는 경우를 종종 볼 수 있었다. 이때 올바른 착용이 필요한 이유를 설명해 주었는데, 개인 별 착용 습관에 따른 밀착 정도를 숫자로 확인할 수 있는 밀착도 검사는 밀착 의미를 빠르게 인식할 수 있는 장점이 있었다. 또한 이전에 마스크 착용 교육을 받았던 참가자가 밀착계수 차이를 보이지 않았던 것과 달리 우리의 일대일 교육은 밀착도 증가를 보였다. 이러한 우리의 교육방법은 성공사례 기법을 다룬 Lee et al.,(2013)의 연구에서 언급한 직무관련성 방법으로 밀착도 검사가 올바른 마스크 착용을 유도할 수 있으므로 교육 후 밀착도 증가에 효과적이었다고 사료되었다.

3. 제한점

국내산 N95 마스크 두 종류를 시험마스크로 사용한 우리 연구 결과는 몇 가지 제한점을 지니고 있다. 접이형 및 컵형으로 마스크 유형이 달랐다. 평상시 자주 접하던 컵형 마스크와는 달리 이단 접이형 마스크는 중국산 KN95 마스크 외 매우 드문 N95 유형이었다. 익숙한 컵형 제품과 상대적으로 익숙하지 않은 이단 접이형 두 가지 제품만으로 밀착도 검사를 하였으므로, 더 많

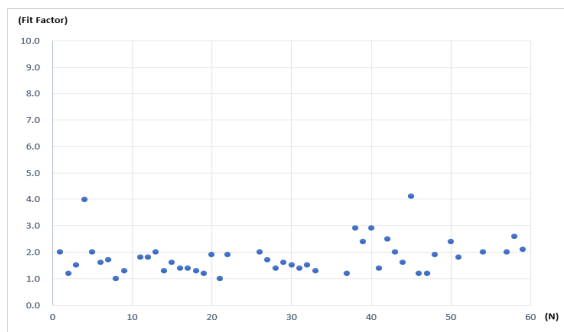


Figure 4. Fit factors for surgical masks

은 마스크 종류를 사용한 착용 교육 효과와는 다를 수 있다. 여러 종류 N95 마스크를 갖추어 교육하는 것이 의료인 보호를 위해 적절한 방법(CDC, 2015)이라고 시사한 점을 우리 연구에 반영할 필요가 있었다고 사료된다.

또한 최근 감염병에 대한 Cheung et al.,(2020)의 보고는 같은 등급 다른 제품마다 밀착도 검사 성공률이 달랐으며, 검사방법에 따라서도 다르다고 하였는데 정량적 방법 25%, 정성적 방법 14%라고 하였다. 이러한 부분을 감안하여 밀착도 검사 경험에 대한 설문 항목에 몇 가지 구분이 있어야 했다. 밀착도 검사를 받아 보았다고 응답한 참여자 수(42명, 75%)는 정량적 방법으로 시행한 밀착도 검사 외 다른 장비를 이용한 밀착 점검이 포함되었으므로 아쉬운 점이 있었다. 또한, 마스크 착용 효과가 있을 것이라고 응답한 참여자에게 밀착도 검사 결과를 현장에서 비교해 주었다면 더욱 확실한 교육이 되었을 것이다.

추후 교육 프로그램 개발에 이러한 점을 감안하여 개인 인식 정도와 밀착도 검사 결과를 실시간 비교한다면 효과가 증대될 것으로 사료된다. 더욱이 반복적 및 정기적 교육을 실시하고 밀착도 증가를 재차 확인한다면 반복 교육(Park et al., 2009)에 대한 밀착도 검사 주기(Safety+Health, 2020)를 효율적으로 설정할 수 있을 것이다. 이번 연구에서 밀착도 검사를 통한 의료인 마스크 착용 교육은 밀착 성능을 향상시킨 것으로 나타났으므로 추후 교육 프로그램 개발을 위한 반복적 훈련 등 다각적 확인이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

밀착도 검사를 이용한 국내산 N95 마스크의 교육 전 후 밀착도 비교 연구 결과는 다음과 같다.

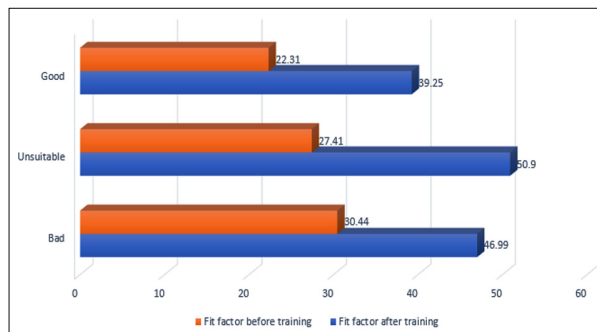


Figure 5. Actual fit factors by self rated questionnaire

1. 마스크 착용 교육을 받은 적 있는 참가자 및 그렇지 않은 경우의 밀착계수는 차이가 없었다.
2. 이단 접이형 및 컵형 N95 마스크 밀착도 평균은 차이를 보였다.
3. 마스크 종류와 관계없이 교육 후 밀착도는 교육 전 대비 유의한 증가를 보였다.
4. 모든 마스크의 밀착도 검사 성공률은 교육 전 33%에서 교육 후 46%로 유의한 증가를 보였으며, 특히 컵형 마스크에서 의미가 있었다.
5. 4가지 동작을 수행하는 동안 마스크 밀착도는 교육 후 유의하게 증가하였다.
6. 마스크 밀착이 잘 된다고 응답한 그룹과 그렇지 않다는 그룹 간 밀착 계수는 차이가 없었다. 그러므로 주관적으로 인지하고 있는 밀착 정도와 실제 밀착 수준은 같지 않았다.
7. 그러나 개인 인식과 상관없이 교육 후 약 1.5~1.8배 상승을 보였는데, 밀착이 안 된다고 느낀 그룹을 제외한 나머지 그룹에서 유의한 증가를 보였다.

우리 연구에서 마스크 착용 훈련 및 밀착도 검사를 이용한 일대일 교육 후 밀착도는 교육 전과 비교하여 유의한 증가를 보였다. 접이형 및 컵형 국내산 N95 마스크 밀착 계수는 차이가 있었지만, 교육 후 밀착도에서 두 가지 종류 마스크 모두 의미있는 증가를 보였다. 특히 컵형 제품의 밀착도 검사 성공률은 교육 전에 비해 유의하게 높았다. 4가지 동작에 대한 교육 전후 비교에서 밀착도는 의미있는 증가를 나타내었다. 개인이 인지하고 있는 밀착 정도와 실제 측정된 밀착수준이 그룹간 차이를 보이지 않았으므로 주관적인 밀착 인식과 실제 밀착도는 다른 것으로 귀결되었다.

착용자가 인지하고 있는 밀착도와 실제 밀착도를 실시간 반영하여 확인할 수 있는 교육 방법을 개발한다

면 밀착도 검사를 이용한 마스크 착용 훈련 효과가 더욱 증대될 것이다. 또한 제한적인 제품으로 시험한 밀착도 검사에도 불구하고 교육 효과가 있었으며, 주관적인 인식과 실제 밀착도 결과를 비교할 수 있었던 점은 이 연구의 강점이라고 할 수 있다. 추후 외국산 N95 제품 등 더 많은 종류를 포함한 밀착도 검사가 요구된다.

감사의 글

이 연구에 협조해 주신 국립중앙의료원 관계자, 서울대학병원 감염관리센터, 서울시립보라매병원 김은진 선생님, 서울성모병원 감염관리팀장, 한양대학병원 박소현 선생님, 그리고 참여 기관 의료인들께 감사드립니다. 질병관리청 자원관리과 장민정 연구원님께도 감사드립니다.

밀착도 측정을 위해 함께 출장하며 노고를 아끼지 않은 신한대학교 장호영, 심예은 학생에게도 감사를 전합니다.

연구 장비를 지원해주신 ㈜에이피엠엔지니어링에 감사드립니다.

References

- Becker IP, Morawetz J. Impacts of health and safety education: Comparison of worker activities before and after training. *Am J Ind Med* 2004;46(1):63-70
- Bradford S, Agostini G, Mitchell JC. A scoping review of surgical masks and N95 filtering facepiece respirators: Learning from the past to guide the future of dentistry. *Safety Sci* 2020;131:104920;1-9
- 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
- Center for Disease Control and Prevention. NIOSH Research II Study: Understanding and selecting respiratory protection devices (2011-2012) 2011. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/npptl/hospresptoolkit/fittesting.html>
- Charney W. Handbook of modern hospital safety. 2nd ed. New York: CRC Press: 2011 p.18-1
- Cheung I, Low C, Nou S. N95, elastomers, fit-testing and COVID-19: respiratory protection for frontline healthcare workers in Australia. *Mag of the Australian Soc of Anaesthetists* 2020;8:1-32
- 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. 2017-969 Available from: <http://oshri.kosha.or.kr>
- Kang JO. Occupational infections of health care personnel in Korea. *Hanyang Medical Rew* 2011; 31(3):200-210
- Kang SK. COVID-19 and MERS Infections in Healthcare Workers in Korea. *SH@W*.2020;11(-):125-126
- Kim EA. Occupational diseases of Health Care Workers. *Hanyang Medical Rew* 2010;30(4):265-273
- Kim HW, Baek JE, Seo HK, Lee JE, Myong JP, Lee SJ, Lee JH. Assessing real-time performances of N95 respirators for health care workers by simulated workplace protection factors. *Ind Health* 2015;(53): 553-561
- Kim HW. Is a respiratory mask for HCWs effective against covid-19? *i-Health with KIHA* 2020; 386(6):6-10 Available from:<http://e-books.kr/e-book/ecatalog5.php?Dir=33&catimage=&callmode=admin>
- Kim HJ. The effect of the training for improvement of protection performance with N95 or higher filter mask for Healthcare providers in emergency medical centre. *Hanyang Unver*. 2018;1-31
- Korea Disease Control and Prevention Agency(KDCA). Correct methods of wearing a mask. 2020. Available from: http://www.cdc.go.kr/gallery.es?mid=a20503020000&bid=0003&act=view&list_no=144655
- Lawrence R, Duling M, Calvert C, Coffey C. Comparison of performance of three different types of respiratory protection devices. *J Occup Environ Hyg* 2006;3(9): 465-474 doi:10.1080/15459620600829211
- Lee KY, Yang WH. Quantitative Fit Test of NIOSH-certified N95 Respirators. *J Korean Soc Occup Hyg* 2002;12(30):1-5
- Lee AR(2016). An evaluation of SWPF based on working movement of workers wearing particulate filtering facepiece respirators. Yonsei University, Seoul, master's thesis
- Lee C, Choi YJ, Park HS. A study on facilitating factors and barrier factors influencing on training transfer: by success case method, training transfer, success case method. *Korean J human Re Develop Quar* 2013;15(3):55-84 Available from: https://www.kci.go.kr/kciportal/landing/article.kci?arti_id=ART001795469
- Lee S, Kim H, Lim T, Oh J, Kang H, Ahn C. Simulated workplace protection factors for respirators with N95 or higher filters for healthcare providers in an emergency medical center: A randomized crossover

- study. Hong Kong J Emerg Me 2017;24:282-9
- Ministry of Food and Drug Safety. Guideline on mask-requirements and test methods for surgical respirators. 2020;1-56
- Ministry of Health and Welfare. Infection prevention and management in medical institutions: COVID-19. 2020;1-24. http://ncov.mohw.go.kr/upload/ncov/file/202005/1588296089693_20200501102129.pdf
- 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
- Mukerji S, MacIntyre CR, Seale H, Wang Q, Yang P, Wang X, Newall AT. Cost-effectiveness analysis of N95 Respirators and medical masks to protect healthcare workers in China from respiratory infections. BMC Infect Dis 2017;17(464):2-11 doi: 10.1186/s12879-017-2564-9
- National Institute of Food and Drug Safety Evaluation. Guideline for certification of medical respirator. 2020. Available from: http://www.nifds.go.kr/brd/m_15/view.do?seq=12906
- Oberg T, Brosseau LM. Surgical mask filter and fit performance. AJIC 2008;36(4):276-282
- Or P, Chung J, Wong T. Does training in performing a fit check enhance N95 respirator efficacy. Workplace Health Saf. 2012;60(12):511-515 <https://doi.org/10.1177/216507991206001202>
- Park HJ, Jung JS, Choi SH, Woo JH. Qualitative fit testing of high-efficiency particulate respirators for healthcare personnel. Korean J Nosocomial Infect Control 2009;14(2):79-87
- Safety+Health nsc publication. OSHA allowing all employers to suspend annual respirator fit testing. 2020. Available from: <https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/19685-osha-allowing-all-employers-to-suspend-annual-respirator-fit-testing>
- Seo HK, Kang BK, Kwon YI. Fit testing for Domestic N95 Medical Masks. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2020;30(2):124-133
- The National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). 2015 Hospital respiratory protection program toolkit. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2015-117/pdfs/2015-117.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB2015117>
- U.S DoL. Occupational Health and Safety Act(OSHAct). 29CFR 1910.134. Respiratory protection. Available from: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.134>
- U.S. Food and Drug Administration. N95 respirators, surgical masks, and face masks. 2020 Available from: <https://www.fda.gov/medicaldevices/personal-protective-equipment-infection-control/n95-respirators-surgical-masks-and-face-masks>
- Wilkinson IJ, Pisaniello D, Ahmad J, Edward S. Evaluation of a large-scale quantitative respirator-fit testing program for healthcare workers : survey results. Infect Contr and Hosp Epid 2010;31(9):918-925

<저자정보>

서혜경(연구교수), 권영일(부교수), 명준표(부교수), 강병갑(책임연구원)