

반면형 방진마스크의 누출부위 분포조사

가톨릭대학교 산업보건대학원 산업위생학과

허지연 · 김현욱

— Abstract —

Identification and Distribution of Leak Sites of Half Mask Respirators

Ji Yeun Hur and Hyunwook Kim

*Department of Occupational Hygiene, Graduate School of Occupational Health,
Catholic University, Seoul, Korea*

This study was designed to investigate qualitatively whether respirators now being used in workplaces fit workers; if faces well or not. Leak sites were determined after exposing the subjects to fluorescent aerosol and were analyzed by gender, brand and manufacturing nation.

The results were as follows ;

1. Among those leak sites which were classified into four areas(nose, cheek, lip and chin), test aerosol was mostly deposited on the nose and the cheek areas.

2. The mean number of leak sites observed from the female subjects were 2.3 while the number were 2.2 from the male subjects. The most frequently observed leak site was nose and followed by chin, lip and cheek in descending order of frequency.

3. Among different brands of respirators, different leak sites were observed. Test subjects wearing the S and N brands were more heavily exposed than those of wearing the D and M brands.

4. No significant difference of the number of leak sites were found between Korean-made and American-made masks. However, the most frequent leak site observed for the Korean-made ones was the nose area while it was the chin area for the American-made ones.

5. Analyses of 97 leak sites by shape showed that 27(27.8%) were point types, 54(55.7%) diffuse types and 16(16.5%) streamline types.

6. Test subjects indicated that the facepieces of Korean-made respirators were harder and smaller in size than those of American-made one. The most comfortable respirator selected was the respirator by the N Co. and the most uncomfortable one was the respirator by the D Co.

This study suggests that many half-mask respirators now being used in the workplaces may not fit to workers well. Therefore, when selecting respirators, employers are advised to test res-

pirators if they fit to workers well. And manufacturers are recommended to produce effective and comfortable respirators tested qualitatively and quantitatively not only in the laboratory but also in the field.

Key Words : Respirator, Fluorescent aerosol, Leak sites, Streamline type

머 리 말

산업장의 많은 공정에서 근로자가 작업을 할 때 유해물질이 발생하게 되는데 이러한 유해물질은 분진, 미스트, 흙, 가스, 증기 등의 형태로써 작업장 내에 확산되어 작업환경을 오염시키고 있다.

이러한 부유성 유해물질중 호흡성 분진이 인체내에 침입하여, 호흡기계통 질환을 일으키게 되는데 노동부에서는 근로자의 건강장해를 예방하기 위하여 개인 보호구로써 방진 마스크를 착용토록 규정하고 있다(노동부, 1992 ; 산업안전연구원, 1993).

현재 우리나라 산업현장에서 착용되고 있는 방진 마스크는 외국에서 수입되는 것이 20%, 국내에서 자체 생산되는 것이 80% 정도가 된다. 외국에서 수입하여 사용되고 있는 방진마스크는 물론, 국내에서 자체 생산하여 사용하는 방진 마스크들도 형태부터 외국에서 제작된 방진 마스크를 기초로 하여 제작, 생산하고 있는 실정이다(민연식 등, 1988).

방진 마스크와 같은 보호구는 그 자체의 성능이 우수해야 할 뿐만 아니라 실제 그것을 사용했을 때 사용효율이 높아야 한다. 그것은 우수한 성능을 가진 장비라도 사용자에게 알맞게 제작되지 않았거나 사용자가 잘못 사용할 때에는 그 사용효율이 현저히 저하될 수 있기 때문이다. 사용효율을 증가시키기 위한 방법중의 하나는 그것을 사용자의 신체적 특성에 부합되도록 설계, 제작되는 것이다(국방과학연구소, 1973).

한국산업안전공단에서는 산업안전보건법 제35조에 의하여 수입, 제조하는 방진마스크에 대한 성능검정 시험을 실시하고 있는데 얼굴안면과 면체의 밀착도에 관한 시험은 실시하지 않고 있으며, 방독면은 밀착도 시험을 실시하고 있으나 84년 방진 마스크 성능 실험을 시작할 당시 제작한 표준머리모형을 지금도 그대로 사용하고 있다(한국산업안전연구원, 1992).

또한 방진 마스크 제작에 앞서 반드시 선행되어야

할 한국인 안면치수에 관한 기초 조사나 사용효율을 증진시키기 위한 인간공학적인 연구가 이루어지지 않아 외부 오염물질로부터 호흡기를 보호하고자 하는 방진 마스크의 본래 목적에 어긋나고 있다(민연식 등, 1988).

이런 점을 감안하여 본 연구는 산업현장에서 사용하고 있는 국내 생산품과 미국 수입품 방진 마스크를 대상으로 실험용액의 침착여부에 따른 안면누출 부위를 조사하고 성별, 제품별, 누출부위를 비교, 분석하여 방진 마스크 제작시 고려할 사항을 제시하는데 목적을 두었다.

대상및 방법

1. 대 상

사업장에서 많이 사용되고 있는 직결식 방진 마스크중 성능검정시험에 합격한 정품으로 국산 제품 2종과 미국산 수입제품 2종을 대상으로 하였다.

실험에 참여한 대상자들은 아래의 내용을 고려하여 선정하였다.

① 20세 이상의 성인으로 ② 보호구 착용시 유해물질이 새들어 올 수 있는 기형적인 안면형이나 상처, 수염을 가진 사람이나(Hytt 등, 1973; Skretvedt와 Loschiavo, 1984; Rose 등, 1990) ③ 실험을 하였을 때 특이한 건강장애를 일으킬 수 있는 사람은 제외하였다(Rose 등, 1990).

위의 내용을 고려하여 21세에서 29세까지의 학생과 직장인 11명을 대상으로 본 실험을 실시하였다.

2. 측정방법

측정은 nebulizer를 통하여 분사되는 에어로졸을 사용하여 방진 마스크를 착용한 대상자가 호흡시 방진 마스크 주위의 노출부위에 따라 안면에 침착하였을 때 에어로졸의 안면침착부위를 조사하였다.

1) 테스트 시료 선정

실험시료를 선택할 때 고려할 사항은 인체에 무해해야 하고 피부표면에서 적은 양으로도 잘 보여야 하며 각각의 테스트에 따라 적절한 농도와 분자입자를 발생시킬 수 있어야 하며 저렴한 가격으로 쉽게 구할 수 있어야 한다(Rose 등, 1990).

본 연구에서는 위의 내용을 충분히 고려하여 형광물질 Benzenesulfonic Acid (Tinopal CBS-X)를 선택하였다. Tinopal CBS-X(Ciba Guigy사, Swiss)는 분자량 562.58이고, 분자구조가 C28-H20-O6-S2.2Na인 형광물질로써 인체에 무해하며 물에 잘 용해되고 형광성이 뛰어나다.

2) 실험장치설치

에어로졸의 발생, 조절, 분사장치는 Oestenstad 등(1990)의 시스템에서 착안하여 제작하였다. 시스템의 도해도를 그림 1에 나타내었다.

Nebulizer는 3M사에서 qualitative fit test를 위하여 개발한 fit test kit를 수정하여 사용하였다.

본 실험을 위하여 몸체에 부착되어 있는 수동식 공기압축기 대신 전동식 공기압축기를 연결하였으며 에어로졸 저장조를 따로 설치하여 nebulizer에 지속적으로 실험시료가 공급될 수 있도록 수정하였다. 이 장치는 Tinopal CBS-X 수용액을 약 2mm 입자의 에어로졸로 발생시키며 2mm보다 큰 입자는 분사되지 못하고 다시 저장조로 되돌아가서 다시 에어로졸을 발생시키도록 고안하였다.

Compressor(Hitachi, Japan)와 nebulizer는 tube로 연결하여 compressor를 작동시키면 nebu-

lizer 안으로 4-6 kg/cm² 압축공기가 들어 가도록 하였다.

Tinopal CBS-X 수용액은 저장조에서 nebulizer에 일정한 양이 공급될 수 있도록 유량 조절기를 사용하여 공급속도를 조정하고 nebulizer에 연결한 다음 외부에서 공기가 들어 가지 못하도록 밀봉하였다.

Exposure chamber는 아크릴과 비닐로 만들었다. chamber의 천정은 아크릴을 직경 60 cm의 둥근 원으로 만들고, chamber 벽은 길이 70 cm 비닐을 둘러가며 붙여 원통형으로 만들었다. 이를 2 m 높이에 고정시키고 chamber 안에 대상자가 들어 갔을 때 얼굴 위치에 직경 1.5 cm의 구멍을 내어 nebulizer 출구가 들어 갈 수 있도록 하였다 (Frank 와 Bowes, 1990).

3) 실험방법

11명의 대상자에 대한 보호구의 안면 누출 부위를 조사하기 위하여 Tinopal CBS-X 수용액을 시료로 하여 에어로졸 발생 분사장치를 설치하였다.

실험은 다음 순서로 진행되었다.

- ① 마스크 사용법을 익힌다.
- ② 안면치수를 잴다(입너비).
- ③ 사진을 찍는다.
- ④ 팩을 한다.
- ⑤ UV light로 보아 형광물질의 잔존여부를 확인한다.
- ⑥ 마스크를 쓰고 positive and negative fit check를 한다.
- ⑦ 대상자를 chamber 안에 앉히고 aerosol generator를 작동시킨다.
- ⑧ 대상자는 실험중에 약 10분 동안 미국 산업안전보건연구원(NIOSH)에서 추천하는 qualitative fit test exercise를 실시한다(Bollinger 와 Schutz, 1987).

⑨ 실험이 끝나면 UV light를 비추어 에어로졸의 안면분포 상태를 관찰한 후 결과를 data sheet에 기록한다.

본 실험에서 안면치수는 Martin-type anthropometer를 사용하여 측정하였으며, 측정부위의 기준점과 기준선은 공업진흥청이 국민 표준체위 조사 보고서에서 정한 정의를 따랐다(한국표준과학연구

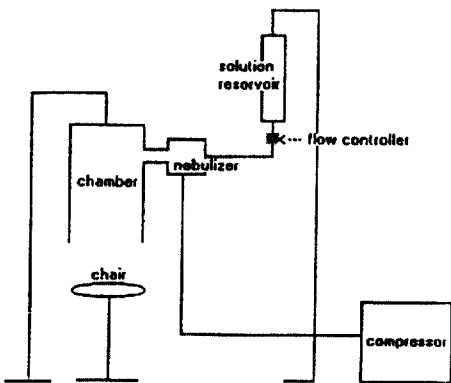


Fig. 1. Aerosol generation, conditioning and exposure system.

원, 1992).

측정부위와 명칭은 그림 2에 나타내었다(Liau 등, 1982 ; Douglas, 1991). 이중 입너비는 Martin-type anthropometer로 재고 다른 부위는 흑백 필름(Tri-X-Pan 400 ISO, U.S.A.)을 넣은 자동카메라(Pentax PC-505, Japan)을 이용하여 안면사진을 찍은 후, 현상한 사진을 사진편집 프로그램인 포토스타일러(Aldus Photostyler 1.1)에서 스캐너(Artiscan, Model 300C, Taiwan)를 이용하여 입력한 다음 복사하였다. 복사한 사진은 디자인 프로그램(Micrografx Designer 4.0)으로 옮겨와서 확대한 프로그램 안에서 재 입너비 값과 anthropometer로 재 입너비 값과의 비를 계산하여 실제 안면치수를 구하였다(신병준, 1994; 안철호, 1994). 실제 자로 측정한 값과 프로그램에서 재 값은 0.1-0.3cm의 오차가 나타났다.

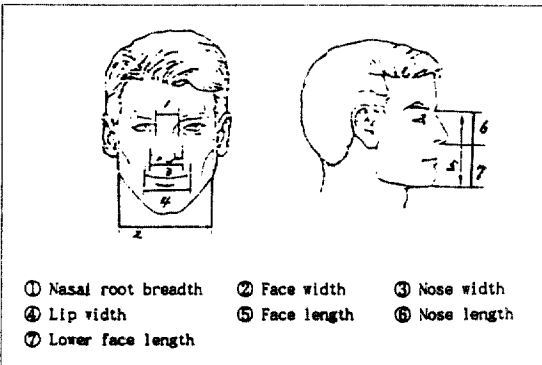


Fig. 2. Facial dimensions measured for the study.

4회 반복되는 실험에서 시료로 사용하는 Tinopal CBS-X 수용액이 실험 후 얼굴에 남는 것을 방지하기 위하여 매 실험마다 팩을 하여 실험이 끝나면 떼어내므로써 형광물질이 얼굴에 남아 누출상태를 판단하는 데 영향을 주지 않도록 하였다. 15-20분후 얼굴이 마르면 UV light로 비추어 형광물질의 잔존여부를 확인하였다.

실험에 사용할 마스크도 UV light로 확인하였다. 형광물질이 관찰되지 않으면 착용하고, 만약 형광물질이 관찰되면, 물로 비누칠한 솔을 이용하여 형광물질을 제거한 후 사용하였다. 마스크 착용 후 NIOSH guide appendix b(1987)에서 제안하는 negative and positive fit check을 실시하였다.

대상자는 실험중 에어로졸이 직접 눈에 닿는 것을 방지하고, 실험후 UV light에 폭로되는 것을 방지하기 위하여 보안경을 착용하였으며 어깨에는 천을 들렀다.

모든 준비가 완료되면 대상자를 chamber 안에 앉히고 에어로졸 분사장치를 작동시켰다. 실험이 진행되는 동안 대상자는 NIOSH guide appendix b(1987)에 있는 qualitative fit test exercise를 약 10분 동안 실시하였다(Rose 등, 1990).

실험이 끝나면 chamber에서 나와 조심스럽게 보안경과 마스크를 제거한 후, UV light로 누출부위의 분포를 관찰하였다.

누출부위는 에어로졸이 안면에 침착된 위치에 따라 코, 볼, 입, 턱부위 4부분으로 분류하였다. 매 실험에서 하나 또는 둘이상 관찰된 누출부위는 위치를 파악하여 속하는 부위를 결정하였다. 이와 같이 정의된 누출부위를 개인실험보고서에 기록하였다. 이것으로 1차 실험이 끝나게 되며 약 30 - 40 분이 소요되었다. 1차 실험이 끝나면 대상자는 팩을 벗겨 내고 깨끗이 얼굴을 씻은 후, 1차에서와 같은 순서로 2차 실험을 실시하였으며 1인당 총 4회의 실험을 실시하였다.

성 적

본 연구의 대상자(n=11)는 학생, 직장인으로 구성되어 있으며 이들 중 남자가 5명이고 여자는 6명이다. 이들의 평균연령은 25세이었으며 연령분포는 21-29세이었다.

대상자들의 얼굴형이 한국인의 표준 얼굴형에 속하는지의 여부를 확인하기 위하여 얼굴길이와 얼굴너비를 기준으로 분포도를 작성하였다(그림 3). 대

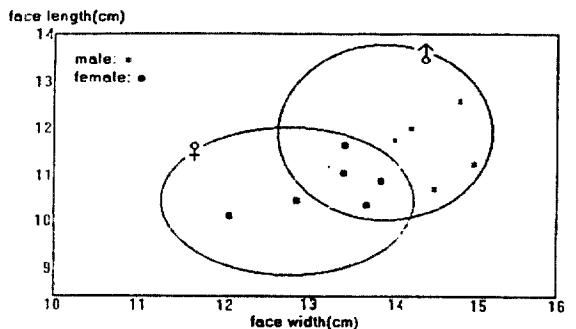


Fig. 3. Subjects distribution based on face length and face width

상자 전원의 얼굴길이와 얼굴너비가 우리나라 국민 표준체위 보고서에 나타난 얼굴길이와 얼굴너비의 95% 범위안에 포함되었다(한국표준과학연구원, 1992).

본 연구에서 나타난 보호구 누출부위별 빈도를 분류하여 표 1에 요약하였다. 분석결과 11명의 대상으로부터 97개의 누출부위가 관찰되었다. 누출부위는 코가 38.1%로 가장 많았고 턱이 35.1%, 입이 20.6%, 볼이 6.2%로 나타났다.

Table 1. Distribution of observed respirator leak sites from 4 brands of half-masks

Leak Site	Number of leaks		Total
	Male(n=5)	Female(n=6)	
Nose	17 (39.5)	20 (37.0)	37 (38.1)
Cheek	3 (7.0)	3 (5.6)	6 (6.2)
Lip	9 (20.9)	11 (20.4)	20 (20.6)
Chin	14 (32.6)	20 (37.0)	34 (35.1)
Total	43	54	97 (100.0)

누출형태는 점형(point)과 분산형(diffuse)로 나누었다. 에어로졸의 침착부위의 면적이 1cm² 미만이며 길게 나타난 것은 점형(point), 면적이 1cm² 이상이고 넓게 퍼져 있는 것은 분산형(diffuse)로 분류하였다.

누출부위를 형태별로 분류한 결과 전체 누출부위 97개중 27개(27.8%)가 점형태로 누출되었고 54개(55.7%)가 분산형으로 누출되었다. 특히 코부위에 침착된 것중 16(16.5%)는 콧등을 따라 길게 유선형(streamline)으로 에어로졸이 침착된 것을 볼수 있었다(표 2).

Table 2. Distribution of leak sites by shape

Variable	Leak shape			Total
	Point	Diffuse	Streamline	
	N (%)	N (%)	N (%)	
All subjects	27(27.8)	54(55.7)	16(16.5)	97(100.0)
Sex				
Male	9(18.6)	28(52.5)	5(11.9)	43(100.0)
Female	18(42.1)	25(34.2)	11(23.7)	54(100.0)
Manufacturer				
S Co.	7(33.3)	12(57.1)	2(9.6)	21(100.0)
D Co.	6(22.2)	14(51.9)	7(25.9)	27(100.0)
M Co.	9(30.0)	16(60.0)	3(10.0)	28(100.0)
N Co.	5(26.3)	12(52.6)	4(21.1)	21(100.0)

N : Number of leak shapes observed

성별로는 여자가 남자보다 분산형의 누출부위가 적었다. 이는 Oestenstad 등(1990)의 연구에서 남자와 여자의 누출부위 총수는 유사했으나 여자가 남자보다 분산형의 누출부위가 유의하게 적었던 결과를 뒷받침하고 있다.

누출형태를 제품별로 보면 4개회사 제품중 D사 제품에서 streamline형이 가장 많이 관찰되었다. 누출부위를 성별로 비교해 본 결과 마스크 1개당 남녀 평균 각각 2.2개, 2.3개의 누출부위가 관찰되었다. 부위별 빈도는 남녀 모두 코, 턱, 입, 볼 순이었다(그림 4). 본 실험에서는 정량적으로 누출된 양을 조사하지 않았으나 남녀간에 정성적으로 에어로졸의 침착 상태를 비교했을 때 여자가 남자보다 넓은 범위에 더 많은 양의 에어로졸이 침착된 것을 볼 수 있었다.

보호구 제품별 누출부위에 따른 빈도를 비교하여 그림 5에 요약하였다. 실험결과 S, D, M, N, 4개 회사 제품 모두에서 누출부위가 관찰되었다. 그중 S사, N사제품이 M사나 D사 제품에 비하여 6-7% 정도 누출빈도가 낮았다. 특히 N사의 경우 대상자

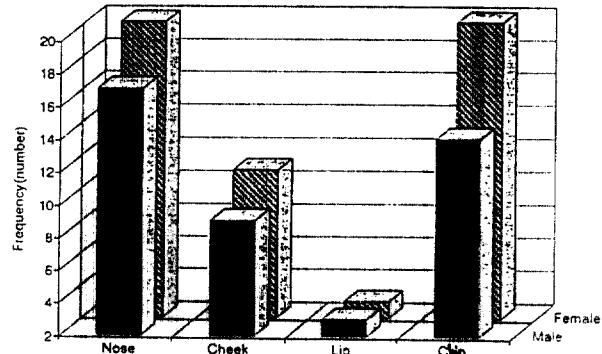


Fig. 4. Distribution of observed leak sites by gender

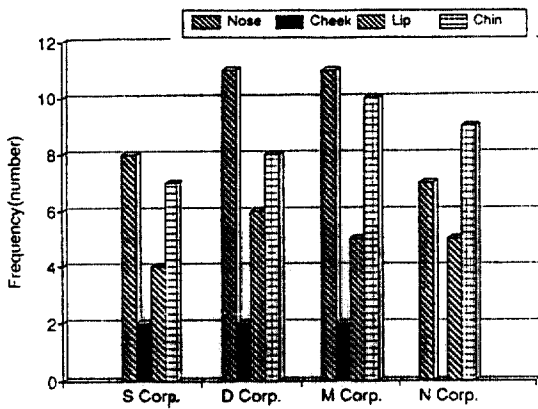


Fig. 5. Distribution of observed leak sites by brand.

11명 중 3명에게서는 누출부위를 전혀 발견하지 못했다. 또한 같은 부위가 누출되었어도 타사 제품에 비하여 누출부위의 크기도 작았고, 에어로졸이 침착된 농도도 낮았다.

마스크를 국가별로 구분하여 누출부위와 누출정도를 비교하였다(그림 6). 한국에서 제작된 마스크(S사, D사제품)은 22회의 실험에서 매회 누출되었고, 미국에서 제작된 마스크(M사, N사제품)은 22회의 실험중 N사 제품에서 3회를 제외한 19회의 실험에서 누출되었다. 한국산 방진 마스크를 착용했을 경우에는 주로 코부위(39.6%)에서 에어로졸의 침착상태를 관찰할 수 있었고, 미국산 방진 마스크의 경우에는 턱부위(38.8%)에서 누출빈도가 가장 높았다.

실험을 마치고 본 실험에서 사용한 S사, D사, M사, N사 제품의 착용감과 개선이 필요하다고 생각하는 부분에 관한 질문을 실시하였다. 질문내용과 결과는 아래와 같다(표 3). S사 마스크는 약 40분간의 실험시간동안 머리카락이 점차 목으로 내려와 목을 조였고, 끈이 내려오면서 느슨해져 면체와 안면

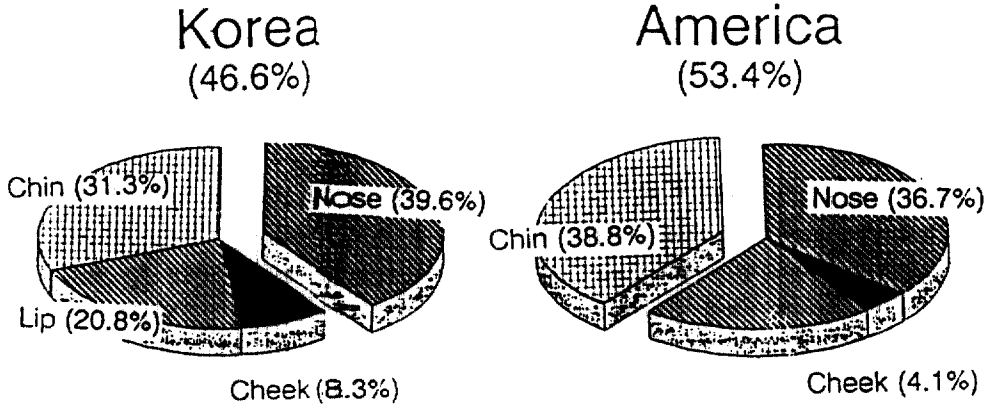


Fig. 6. Distribution of observed leak sites by nation

Table 3. Subjective feelings on masks by brand(n=11)

Responses	Masks by brand			
	S Co.	D Co.	M Co.	N Co.
Headband too tight to use comfortably		2(18.2)		
Loose headband strangled neck	4(36.4)			
Headband loosened with time				3(27.3)
The plastic strap pressed back ear			7(63.6)	
Facepiece too small to cover face	3(27.2)	3(27.3)		
Hard facepiece produced dent marks on nose and pain	4(36.4)	6(54.5)		
Not large enough to cover chin			2(18.2)	
comfortable to use			2(18.2)	8(72.7)

() : %

사이에 틈이 생길 우려가 있었다. D사 제품은 54.5%가 면체의 재질이 딱딱하여 안면에 압박감을 느꼈다고 하였고, 심한 경우 코부위에 붉게 자국이 남았다. M사 마스크는 면체를 안정되게 고정시키기 위하여 머리 뒷편과 위에 부착시킨 폴라스틱 지지대가 머리를 조이면 귀뒤로 와서 귓등을 압박하여 통증을 느끼게 하였다. 그리고 대상자 중 2명은 턱이 얇아 실험 중 머리를 좌우로 돌릴 때 턱부위가 들린다고 하였다. N사 마스크는 착용감에 있어서 72.7%의 대상자가 만족하였다. 대상자들은 한국산 마스크인 S사, D사 마스크가 미국산 마스크 N사, M사 제품보다 재질이 딱딱하고 면체가 작다고 하였다. 또한 응답자들은 본 실험에 사용된 마스크 모두 혼자 착용하기 힘들었다고 하였다. 가장 편안한 마스크로는 N사 제품을, 가장 불편한 마스크로는 D사 제품을 지적하였다.

고 찰

직결식 방진 마스크 4종(S사, D사, M사, N사제품)에 대하여 누출부위 및 분포를 조사한 본 연구에서 실험 결과 코와 턱부위가 전체누출부위의 73.2%를 차지하므로써 가장 높은 누출빈도를 보였다. 이는 Oestenstad 등(1990)의 연구에서 코와 턱부위가 전체누출부위의 89%이며, 코와 턱의 fit factor가 다른 부위에 비하여 유의하게 낮게 나타난 결론을 뒷받침하고 있다. 이로써 작업장내의 오염물질이 주로 턱과 코를 통하여 마스크 안으로 들어갈 수 있음을 짐작할 수 있다.

성별 누출빈도 비교에서는 마스크 1개당 남녀 각각 2.2개, 2.3개의 누출부위가 관찰되었다. Oestenstad 등(1990)의 연구에서도 남녀가 유사한 비로 에어로졸에 누출되었다. 그러나 이들은 누출부위와 안면치수 사이에 유의한 차가 있으며 이는 남녀차에 기인한다고 보고하였다. 미국의 NIOSH에서는 여자의 안면과 머리치수에 대한 인체측정 결과 크기 및 형태에 있어 남자보다 더 많은 변동이 있음을 보고하였다(Bollinger와 Schutz, 1987). 그럼에도 불구하고 Douglas(1991)에 의하면 보호구의 크기가 한정된 사람에게만 유효하며 대부분 건강한 젊은 남자에게 맞도록 제작되어 안면이 작은 남자들이나 여성 근로자들이 자신에게 맞는 보호구를 선택

하는 데 많은 어려움이 있다고 하였다. 이는 여성 근로자가 계속적으로 증가하고 있는 산업현장의 현실정을 고려해 볼 때(통계청, 1992) 개선되어야 할 점으로 생각된다.

누출부위의 제조회사별 비교에서 보면 S사, D사, M사, N사 제품 모두 에어로졸에 누출되었다. 제조회사를 나라별로 분류하여 비교한 결과에서는 두 나라 제품이 유사한 빈도로 에어로졸에 누출되었다. 이는 우리나라 제품이나 수입품이나 근로자를 오염된 공기로부터 효율적으로 보호하지 못하고 있음을 볼 수 있다. Gross 등(1990)의 연구에서는 머리와 얼굴의 크기에 있어서 인종별, 민족별로 차이가 있으며 그 차이는 각 그룹 안에서 넓게 나타나다고 보고하였다. 한국인과 미국인은 문화적, 경제적, 지리적 배경이 다르고 생활습관, 신체, 생리, 심리적 특성 또한 매우 다르다. 그러므로 사용할 방진 마스크를 개발 생산할 때에는 규격이나 형태까지 그대로 모방할 것이 아니라 한국인의 안면치수를 고려하여 근로자들에게 적합한 방진 마스크를 제작하여야 할 것이다. 만일 수입한 마스크를 사용해야 한다면 한국인에게 맞는지를 조사하여 공급하도록 하여야 할 것이다.

누출부위를 에어로졸의 침착 형태별로 분류한 결과 총 누출부위 97개중 27개 (27.7%)가 점형이었고 54개(55.7%)가 분산형, 16개(16.5%)가 유선형이었다. 성별로는 여자는 25개로 남자보다 4개 적게 분산형 누출부위가 관찰되었다. 제품별로는 점형과 분산형의 경우 4개회사 제품이 비슷한 빈도를 보였으나 유선형은 D사 제품이 7개로 4개회사 제품중 가장 많았고, S사 제품이 2개로 가장 적었다. 이는 착용감에 관한 질문에서 D사 제품이 착용시 코부위를 압박하여 붉은 자국이 남는다는 대답과 연관지어 생각해 볼 때 D사 제품이 타회사 제품에 비하여 코부위가 작고, 재질이 딱딱하여 시간이 경과하면 안면에 자국이 남거나 통증을 느끼게 되고, 면체의 크기도 작아서 답답함을 느꼈으며 말을 할 때 입이 면체에 닿는 경우도 있었다. 반면에 미국산 방진 마스크는 면체 소재가 부드러워 착용시 밀착감이 있으며 크기도 얼굴을 충분히 감쌀 수 있을 만큼 커서 마스크 착용에 부담감을 덜 느꼈다. 착용상 편의성에 대해서는 한국산, 미국산 제품 모두 착용시 불편함을 지적하였다. 따라서 한국의 보호구 제조회사들은 면

체 소재 개발에 대한 연구가 필요하다고 생각되며 면체를 고정시키는 지지대와 밴드는 보다 간단하게 설계하여 혼자서도 쉽게 착용할 수 있도록 하는 것이 바람직하리라 생각된다.

앞으로는 방진 마스크의 누출부위 조사에 대한 정성적인 연구뿐만 아니라 정량적인 연구도 함께 이루어져야 할 것이며, 이같은 연구를 통해 근로자들에게 보다 효율적이고 착용감이 좋은 방진 마스크를 제공하기 위한 노력이 계속되어야 할 것이다.

맺 음 말

본 실험은 우리나라에서 사용되고 있는 방진 마스크의 면체와 착용자 안면간의 밀착여부를 정성적으로 확인하기 위하여 실시되었다. 이를 위하여 한국산 방진 마스크 2종(S사, D사)과 미국산 방진 마스크 2종(M사, N사제품)에 대한 안면 누출부위와 누출정도를 성별, 제조회사별, 국가별로 분류하여 비교, 관찰한 바 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 본 실험에서 사용된 방진 마스크에서는 코와 턱부위가 전체누출부위의 73.2%로 가장 많이 누출된 것으로 나타났다.

2. 성별 누출부위 비교에서 마스크 1개당 남녀 평균 각각 2.2개, 2.3개가 관찰되었고 부위별 빈도는 남녀 모두 코, 턱, 입, 볼 순이었다. 누출부위를 정성적으로 비교한 결과 여자의 에어로졸 침착부위가 남자보다 크고 길게 관찰되었다.

3. 제품별로는 S사, N사 제품이 D사나 N사 제품보다 6 - 7% 적게 누출되었으며 누출부위는 4개 회사 모두 코와 턱에서 주로 누출되었다.

4. 방진 마스크의 제조국가별 누출부위와 누출정도의 비교에서는 한국제품과 미국제품이 비슷한 비율로 누출되었으며 한국제품(S사, D사)의 경우 주로 코에서 누출되었고 미국 제품(M사, N사)은 턱에서 가장 많이 누출되었다.

5. 누출부위의 형태별 비교 결과 전체 누출부위 97개중 27개(27.8%)는 점형태로, 54개(55.7%)는 분산형으로, 16개(16.5%)는 유선형으로 에어로졸이 침착되었다.

6. 보호구의 착용감에 관한 질문에서 한국산 마스크(S사, D사제품)가 미국산 마스크(M사, N사제품)에 비하여 면체 소재가 딱딱하고 크기가 작다고

대답하였으며, 가장 편안한 마스크로 N사 제품을 지적하였고, 가장 불편한 마스크로 D사 제품을 지적하였다.

이상의 결과에서 산업장에서 사용되고 있는 방진 마스크가 근로자의 안면에 잘 맞지 않는 것으로 나타났다. 그러므로 방진 마스크를 선택할 때 특히 코와 턱 부분이 잘 맞는 마스크를 선택하도록 하며, 방진 마스크를 제작할 경우 근로자들의 안면치수와 형태를 고려하여 효율적이고 착용감이 좋은 마스크를 만들어야 하며 앞으로는 밀착정도에 관한 정량적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

안철호 : 윈도우즈그래픽입문, 서울, 정보문화사, 1994, 259-269

Douglas DD : *Respiratory protective devices in Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, ed. Clayton GD & Clayton FE, 4th Ed, Vol.1 Part A, New York, A Wiley-Interscience Publication, 1991, 675-678.

Frank R, Bowes SM : *The head dome : A simplified method for human exposure to inhaled air pollutants*. *Am Ind Hyg Assoc J* 1990 ; 51(5):257-260

Gross SF, Horstman SW : *Half-mask respirator selection for a mixed worker group*. *Appl Occup Environ Hyg J* 1990 ; 5(4):229-235

한국표준과학연구원 : 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민 표준체위조사 보고서, 서울, 공업진흥청, 1992, 76-77

Hyatt EC, Pitchard JA, Richards CP, Geoffrion LA : *Effect of facial hair on respirator performance*. *Am Ind Hyg Assoc J* 1973 ; 34(4):135-142

국방과학연구소(1973). 방독면의 인간공학적 연구.

Liau Y H, Bhattacharya A, Ayer H, Miller C : *Determination of critical anthropometric parameters for design of respirators*. *Am Ind Hyg Assoc J* 1982 ; 43(12):897-899

민연식, 조원호, 이종철, 황영남, 김인기, 노세환, 김준수, 양해룡, 김정환, 조영민, 심보섭, 김연수, 이양호 : 한국형 방진마스크 개발연구 1, 서울, 한국동력자원연구소, 1987, 19-21

민연식, 조원호, 이종철, 황영남, 김인기, 노세환,

김준수, 양해룡, 김정환, 조영민, 심보섭, 김연수, 이양호 : 한국형 방진마스크 개발연구 2. 서울, 한국동력자원연구소, 1988, 375-376

Bollinger NJ, Schutz RH : *NIOSH Guide to Industrial Respiratory Protection, Washington, Washington DHHS(NIOSH) publication No. 87-116, 1987, 147-155*

노동부 : 산업안전보건법, 1992

Oestenstad RK, Dillion HK, Perkins LL : *Distribution of faceal leak sites on a half-mask respirator and their association with facial dimensions. Am Ind Hyg Assoc J 1990 ; 51(5):285-289*

Rose VE, Oestenstad RK, Perkins JL : *Identifica-*

tion of faceal leak sites on a half-mask respirator. Am Ind Hyg Assoc J 1990 ; 51(5):280-284

산업안전연구원 : 보호구의 규격 및 해설, 서울, 한국산업안전연구원, 1992,

산업안전연구원 : 보호구 성능 검정 현황, 서울, 한국산업안전연구원, 1992,

Skretvedt OT, Loschiavo JG : *Effect of facial hair on the face seal of negative-pressure respirators. Am Ind Hyg Assoc J 1984 ; 45(1):63-66*

신병준 : 포토스타일러, 서울, 예스컴, 1994, 44-46

통계청 : 경제활동연구조사, 서울, 대한통계협회, 1992