

유리섬유 제조업체 근로자의 건강장해

이세휘 · 김규상 · 최정근 · 김양호 · 강성규 · 최경숙 · 문영한

한국산업안전공단 산업보건연구원

= Abstract =

Medical Surveillance of Glass Fiber Workers in Korea

Se Wi Lee · Kyoo Sang Kim · Jung keun Choi · Yang Ho Kim · Seong Kyu Kang
Kyuong Suk Choi · Young Hahn Moon

Industrial Health Research Institute, KISCO

The industrial use of MMMF(man-made mineral fibers), has been increasing, particularly since the banning of most asbestos products. Fibrous minerals can cause health abnormalities currently associated with occupational exposure to glass fiber. This study was conducted to evaluate health risks of glass fiber manufactory workers within the country. We examined questionaries, physical examination including auscultation, chest x-ray, pulmonary function test for 488 male workers, to go through their dermal itching symptoms and respiratory evaluation. we had the results as follows.

1. In 45% of the workers itching had been expressed at their entrance. At that time we was investigating, 18.5% had itching, and most of them complained it when they fall asleep and night. The frequent itching site is waist and groin, upper and lower extremity in order, and it had been expressed mainly during summer and winter.

2. As the results of ventilatory functions test, 6.0% were obstructive type, 1.0% were restrictive type. So, glass fiber exposures should be controlled or elimination by protective devices in the workplace.

3. The means of FVC, FEV₁, FEV₁% were in normal range. As the comparison of ventilatory functions by age groups, MMF was decreased significantly for the group, 50 years old and more than other groups. And the comparison by the serving periods at glass fiber producing factory, MMF was decreased for the workers had worked for 11~15 years. Therefore, MMF be more sensitive index in the evaluation of ventilatory impairments caused by glass fiber workers.

Key Words : man-made mineral fibers, dermal itching, ventilatory impairments

I. 서 론

인조유리섬유(Man Made Mineral Fiber, MMMF)는 외국에서 약 60년 동안 상업적으로 사용되었지만 (Rom, 1992), 우리나라의 경우는 1950년대부터 40년 이상 사용되고 있으며 석면의 대체물질로 각광받고 있다. 유리섬유는 건축의 내장재뿐만 아니라 조선 및 화학설비 등의 보온재와 방화용 자재로 여러 분야에서 다양하게 사용되고 있으며 유리섬유 취급 사업장 근로자뿐만 아니라 일반 주민에 이르기까지 쉽게 폭로될 수 있는 물질이 되었다. 최근에는 석면에 대한 정부의 규제가 강화되면서 유리섬유가 이의 대체물질로서 사용이 증가하고 있다. 인조유리섬유의 사용 초기부터 문제가 되었던 질환은 피부병이었으며 이의 사용이 다양해지면서 피부질환뿐만 아니라 눈에 대한 질환, 만성기침과 호흡곤란을 일으키는 호흡기 질환을 일으키는 것으로 보고되고(Enterline, 1975), 최근 호흡기 암을 유발한다는 논란이 계속되고 있다(Rom, 1992. Lippman, 1990. Dunnigan, 1985. Adachi, 1991). 유리섬유에 의한 피부질환은 화학적인 자극이 아닌 기계적인 자극으로 코와 인후 부위의 점막손상과 결막을 손상시켜 발생하는 것으로 보고된 바도 있으며(Milby 등, 1969. Trumper 등, 1946. Gougerot 등, 1945. Zenz 등, 1994), 유리섬유로 인한 폐질환인 폐렴으로 인한 사망 (Milby 등, 1969)과 기관지 확장증이 보고되어 왔다 (Murphy 등, 1961). 이러한 많은 보고에도 불구하고 유리섬유로 인한 일시적인 피부 또는 점막자극과 호흡기 질환을 발생시키는 것으로 알려져 왔다(Paul Gross, 1984). 국내에서는 승용차 내장재로 사용된 유리섬유에 의해 피부, 눈, 상기도에 건강장해를 발생하였다는 보고와(임현술 등, 1994), 인천 남동공단 주변 고잔동에 위치하는 유리섬유를 15년간 제조하였던 한 회사 인근의 주민들이 지하에 매립된 폐 유리섬유에 오염된 지하수를 장기간 음용하여 피하종양 및 호흡기질환의 발생을 보고한 역학조사 등(임현술 등, 1995)의 보고 이외에는 이렇다할 연구가 국내에는 없는 실정이며 이러한 보고에 대하여도 논란이 계속 있는 상태이다.

따라서 본 연구는 유리섬유를 생산하는 근로자들에 서 발생 가능한 건강장해의 종류와 그 장해 정도가 얼마나 되는지 근로자들 건강상태의 수준을 파악해 보고자 하였다. 건강상태의 파악으로 피부질환 및 호흡기질환의 유병 상태를 조사함으로써 유리섬유가 건강장해를 얼마나 일으키고 있는지와 예방대책이 필요한지에 대하여 살펴보고, 향후 유리섬유 사업장 관리를 위한 방향제시와 예방에 대한 정책의 기본자료로 삼고자 하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 1995년 2월부터 5월까지 우선 전국적으로 유리섬유를 제조하는 모든 사업장에 대하여 조사하였다. 유리섬유 제조업체는 대부분 대형 사업장으로 총 7개이며 근로자 수는 대부분이 남자로 유리섬유에 직접 또는 간접으로 폭로되는 488명이 조사대상으로 선정되었다. 대형 사업장의 위치는 인천과 수원, 군산, 양산, 화성 및 이천으로 전국적으로 분포하고 있었다. 연구대상 근로자들의 작업부서는 유리섬유를 직접 제조하거나 유리섬유를 성형하는 부서, 용광로 부서, 유리섬유를 배합 및 투입 부서, 섬유화하는 원료 취급부서, 가공 부서, 정비 및 공무부서, 재단 부서, 창고, 적하 작업 부서, 포장 및 출하 부서 근로자들을 대상으로 하였다. 본 조사의 목적이 유리섬유에 의한 건강장해 수준을 파악하고자 하였으므로 유리섬유가 비교적 적게 폭로되는 사무직이나 수송부서는 제외하였다.

2. 연구방법

1) 피부질환의 평가

유리섬유에 폭로됨으로써 발생할 수 있는 건강장해로는 피부질환과 호흡기질환이 주로 발생하는 것으로 보고되고 있어 전반적인 건강상태를 알아보기 위하여 설문 조사를 시행하였다. 설문지는 자체적으로 개발한 후 실험조사를 통하여 수정 보완하여 개인면접방식으로

실시하였다. 유리섬유에 의한 피부질환은 주로 가려움과 피부발진 등이 발생하므로 가려움이 입사하기 전과 입사 직후, 현재의 증상을 조사하였고 아울러 가려운 부위 및 계절, 가려운 정도, 피부묘기증, 육안 관찰상 피부종양 및 습진 등을 조사하였다. 눈 주위는 다른 피부보다 예민한 부위로 유리섬유에 의한 피부질환의 좋은 지표로 판단되어 눈 주위의 가려움증이나 분비물, 충혈 등이 있는지 육안조사를 아울러 실시하였다.

2) 호흡기의 평가

유리섬유에 의한 호흡기질환은 주로 만성적 폭로를 통하여 기침과 호흡곤란이 발생하는 것으로 보고되어 (Longley, 1966) 설문지와 이학적 검사를 하였다. 흉부에 이상이 있는 병변이 유리섬유에 의한 것인지를 구별하기 위하여 흉부방사선 직접 촬영과 호흡곤란에 대한 평가를 위해 폐기능검사를 실시하였다. 이학적 검사는 전문가 1인이 전담하였으며, 흉부방사선은 방사선판독의 정확성을 높이고자 전문가 2인이 교차 판독을 실시하였다. 폐기능검사는 오차를 줄이고 검사방법을 표준화하기 위하여 전문가 2인으로 국한하여 실시하였다. 폐기능 검사는 비교적 측정이 간편하고 현장에서 즉시 사용하기 용이한 운반용 Spirometer인 FLOWSCREEN(ERICH JAEGER, Germany, 1994)을 사용하였다. 검사방법을 피검자에게 충분히 설명하고 연습을 한 다음에 기립자세에서 최대한 흡입 후 6초 이상 호출하도록 하여 3회 이상 실시한 값이 5% 이내의 오차를 갖는 것만 선택한 다음 그 중 가장 좋은 값을 폐기능치로 선택하였다. 본 연구에서 가장 호출이 잘 된 노력성 폐활량곡선(forced vital capacity curve)을 선택하여 예측치를 BTBS(body temperature and pressure, saturated with water)로 보정된 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC), 일초량(forced expiratory volume in one second, FEV₁), 일초율(FVC₁/FVC, FVC₁%) 및 최대중간호기속도(maximal mid-expiratory flow, MMF)를 산출하였다. 예측정상치를 산출함에 있어서 예측치 공식은 ECSC(European coal and steel community)의 공식(Quanjer, 1983)을 사용하

였다. 또한, 유리섬유에 의한 신체 자각증상과 석면에 의한 증상이 비슷한 것으로 보고되고 있어 과거 직업력 중 석면의 취급유무를 철저히 조사하였다.

3. 분석방법

SAS를 이용하여 분석하였고 분석치의 적합도 검사는 Kolmogorov-Smirnov검정으로 정규분포 여부를 확인하였으며, 이의 비교는 χ^2 -검정 및 Mantel-Haenszel test, 연속변수인 경우 분산분석(ANOVA test)을 이용하였다.

III. 연구결과

유리섬유에 종사하는 근로자 488명의 평균연령은 35.4세로서 20대 23.2%(113명), 30대 45.9%(224명), 40대 24.0%(117명), 50대 이후가 6.9%(34명)였으며, 30대 근로자가 가장 많았다. 조사 대상 근로자들 일생의 전체 직업력은 11.2년이지만 유리섬유 생산에 관련된 직종에 종사한 기간은 5.9년 정도로 5년 이하의 근로자가 49.2%(240명)이지만 6년에서 10년 정도 종사한 장기근속자도 상당수인 39.5%(193명)가 되었다(표 1).

유리섬유 제조업에 처음 입사하여 초기에 피부 가려운 증상을 호소한 근로자가 45.0%(219명)이었는데 이중 15.6%(76명)는 자주, 29.4%(143명)는 가끔 가려움을 호소하였다. 가려움의 시기에 대한 과거의 경험들을 기억하지 못하는 근로자가 상당히 많았지만 입사 1개월까지 가려움을 느낀 사람이 4.1%(20명), 입사 후 2~6개월 지속적으로 가려움을 느낀 사람이 5.3%(26명), 7~12개월이 7.6%(37명)이었고, 일부는 1년 이상 8년(98개월)까지 가려움증을 호소하는 근로자도 3.2%(16명) 있었다(표 2).

유리섬유에 폭로되는 근로자 488명 중 18.5%(90명)가 조사당시 가려움을 호소하고 있었다. 가려움증이 있는 근로자들에 대한 피부상태를 육안으로 살펴본 바 피부묘기증이나 가려움으로 인한 피부에 붉은 자국이 관찰되었지만 피부종양은 발견되지 않았다. 입사초기

와 현재의 가려운 증상에 대하여 조사하였으나 대부분의 근로자들이 과거의 가려움에 대한 기억에 의존하므로 정확한 파악을 하는데 상당히 어려움이 많았다. 가

려운 증상이 있는 근로자 90명 중 하루중에 가장 가려운 시기는 주로 저녁 때와 잠들 때가 40.0%(36명)를 차지하고 있었다. 주로 가려움을 느끼는 부위에 대해서는 허리 및 서혜부 51.1%(46명), 상지부의 순이었는데 일부의 근로자들은 여러 부위에 걸쳐서 가려움을 호소하였다. 그러나, 예상 외로 눈주위의 가려움이나 충혈 및 분비물로 인한 안증상은 5.6%(5명)에 지나지 않았다. 계절별로는 주로 여름에 가려움이 심하여 가려운 근로자의 23.3%(21명)에 해당되었으며 다음으로 는 겨울에 발생하였다(표 3).

Table 1. General Characteristics of the subjects

Content	Parameters	Total (%)
Age(years)	< 30	113(23.2)
	30 ~ 39	224(45.9)
	40 ~ 49	117(24.0)
	≥50	34(6.9)
	Total	35.4 ± 8.2
Pack year	Smoker	333(68.2)
	Nonsmoker	155(31.8)
	Total	9.7 ± 9.2
Employed period(years)	Total	11.2 ± 7.1
Glass fiber(years)	≤05	240(49.2)
	06 ~ 10	193(39.5)
	11 ~ 15	37(7.6)
	≥16	18(3.7)
	Total	5.9 ± 4.3
Glass fiber	Glass wool	297(60.9)
	Continuous glass filament	191(39.1)

N=488 cases(100.0%), Mean ± SD

Table 2. The Characteristics of itching among workers complaining dermal itching at the initial employment

Content	Parameters	Frequency (%)
Itching frequency	Occasionally	143(29.4)
	Frequently	76(15.6)
Itching period(months)	≤1	20(4.1)
	2 ~ 6	26(5.3)
	7 ~ 12	37(7.6)
	≥ 13	16(3.6)
	Unknown	119(24.4)

Table 3. The characteristics of itching among workers complaining dermal itching at the investigation(N= 90 cases)

Content	Parameters	Frequency(%)
Itching times	Morning	4(4.4)
	Mid-day	8(8.8)
	Evening	22(24.4)
	Bedtime	14(15.6)
	All day	1(1.1)
	Unknown	41(45.7)
Location of lesion	Neck	1(1.1)
	Upper extremity	30(33.3)
	Trunk	11(12.2)
	Lower extremity	13(14.5)
	Waist & Inguinal	46(51.1)
	Face	10(11.1)
	Eye	5(5.6)
Season	Summer	21(4.3)
	Fall	2(0.4)
	Winter	15(3.1)
	All the year	6(1.2)
	Unknown	46(9.4)

설문지 조사에서 가래나 기침, 숨참과 같은 가슴답답함을 호소하는 호흡기 증상이 한 문항이라도 있다고 답한 근로자는 전체 근로자의 20.4%(100명)이었으며 이 중에서 기침 13.5%(66명)와 가래 5.3%(26명)만 호소하

였다. 흉부방사선상 이상이 있는 근로자는 10.3%이었는데 유리섬유와 관련된 흉부방사선에 이상이 있을 수 있는(Hillerdal, 1984) 기관지 확장증 0.6%(3명), 폐기종 0.2%(1명), 늑막비후 1.8%(9명), 국소적 폐렴과 폐실질의 이상 0.4%(2명), 육아종 0.6%(3명)로 폐에 이상이 있는 근로자는 모두 3.7%(18명)로 조사되었다. 폐기능 검사의 결과는 유리섬유로 인하여 발생한 것으로 볼 수 없는 결핵이나 석회화, 결절을 제외하고 분석하였으며 실측폐활량치를 예측정상치에 대한 비율(폐활량비) 80%와 일초율 70%를 정상한계로 판정하였다. 환기능 장애의 분류는 현재 노동부에서 시행하는 방법에 따라 정상형(폐활량비 80%이상, 일초율 70%이상), 폐쇄형(폐활량비 80%이하, 일초율 70%이하), 혼합형(폐활량비 80%이하, 일초율 70%이상)의 군으로 분류하였다. 유리섬유 취급자들에게서 폐기능장애는 폐쇄형 6.0%(29명), 제한형 1.0%(5명), 혼합형 0.4%(2명)이었다(표 4).

호흡기 증상이 있다고 답한 근로자 20.4%(100명) 중에서 호흡기 증상 유병률을 유리섬유에 종사한 기간별

로 살펴보면 10년 이하 경력자에서 기침 11.9%(58명), 가래 4.3%(21명)이며, 11년 이상 20년 이하의 경력자가 각각 1.6%(8명), 1.0%(5명)을 호소하였고, 21년 이상의 근로자는 기침과 가래의 증상 호소는 없었으나 호흡곤란을 0.2%(1명)가 호소하였다. 호흡기능의 장애는 제한성이 10년 이하의 근무경력자에서 1.0%(5명)이며, 혼합성 0.2%(1명), 폐쇄성 기능장애 3.1%(15명)이며 10년 이상 20년 이하의 근무자들은 혼합성이 0.2%(1명), 폐쇄성이 2.7%(13명)으로 나타났다. 유리섬유 직경이 작고 연속유리필라멘트는 크며, 유리섬유 길이가 짧고 연속유리필라멘트는 더욱 길어 이들간에 환기능 차이가 있는지를 검토하였으나 유의한 차이는 없었다(표 5).

유리섬유에 폭로되는 모든 근로자의 노력성 폐활량 곡선으로부터 산출한 평균적인 환기능은 실측치와 실측치의 예상치에 대한 백분율의 평균과 표준편차 노력성 폐활량과 일초량, 일초율은 정상인의 환기능과 비슷하였지만 최대중간호기속도의 검사치는 86.1%의 값을 보여 다소 감소된 경향을 보였으나 정상치의 범주

Table 4. The number of respiratory characteristics and chest radiological finding by glass fiber workers

Content	Parameters	Frequency(%)
Respiratory symptom	Sputum	26(5.3)
	Cough	66(13.5)
	Dyspnea	8(1.6)
Ventilatory impairment	Combined	2(0.4)
	Restrictive	5(1.0)
	Obstructive	29(6.0)
X-ray finding	Bronchiectasis	3(0.6)
	Emphysema	1(0.2)
	Granuloma	3(0.6)
	Pleura adhesion and hypertrophy	9(1.8)
	Localized pneumonia	1(0.2)
	Increased interstitial lung	1(0.2)
	Hilar pulmonary nodule	2(0.4)
	Calcification	26(5.3)
	Active tuberculosis	5(1.0)

Table 5. Percentage of glass fiber workers with respiratory symptoms and ventilatory impairment by working year and two groups

Employed, year	≤10	11~20	>20	* Glass Wool	* Cont. filament	Total(%)
Respiratory symptom						
Sputum	21(4.3)	5(1.0)	0(0.0)	20	6	26(5.7)
Cough	58(11.9)	8(1.6)	0(0.0)	39	27	66(13.5)
Dyspnea	4(0.8)	3(0.6)	1(0.2)	5	3	8(1.6)
Ventilatory impairment						
Combined	1(0.2)	1(0.2)	0(0.0)	2	0	2(0.4)
Restrictive	5(1.0)	0(0.0)	0(0.0)	3	2	5(1.0)
Obstructive	15(3.1)	13(2.7)	1(0.2)	26	3	29(6.0)

* Glass Wool ; 297 cases

* Cont. filament ; 191 cases, Continuous glass filament

에 들었다. 유리섬유 취급자 연령별 비교에서 노력성 폐활량과 일초량은 전체 근로자에 비해 50대 이상의 연령군이 전반적으로 감소되어 있었다. 유리섬유 취급자 최대중간호기속도의 실측치와 실측치의 예상치에 대한 백분율의 평균과 표준편차를 표 6에서 살펴보면, 최대중간호기속도는 전체 평균이 3.86 L/sec인데 반해 50대 이상 연령군에서 2.57 L/sec보다 매우 유의하게 감소($P < 0.001$)하였고, 예측 정상치에서도 69.5%로 감소되었다. 또한 동일한 연령군 비교에서도 다른 연령보다 유의하게 감소($P < 0.001$)하였다. 유리섬유 종사기간에 따른 비교시에는 노력성 폐활량과 일초량은 16년 이상 종사자는 감소되어 있지만 일초율에서는 오히려 11~15년 종사자들이 최대중간호기속도 검사치도 유의하게 감소한 것으로($P < 0.01$)나타나고 있다. 호흡기 증상의 유무나 흡연력 유무에 따른 환기능은 차이는 없었다. 유리섬유에 폭로된 근로자 중 환기능장애의 평가에서 제외하였던 석회화의 소견이나 활동성 결핵이 있는 근로자의 최대중간호기속도의 검사치는 69.6%이었으나, 이러한 흉부방사선상 이상이 없는 근로자들에서는 86.8%를 보이고 있어 유의한 차이를 나타내

었다($P < 0.001$). 따라서 유리섬유에 의한 환기능장애 보다는 결핵과 관련된 질환이 환기능장애를 더 일으키는 것으로 판단된다. 또한, 폐실질의 이상이 있는 경우에는 전반적으로 폐기능이 감소된 것을 볼 수 있었다 (표 6).

IV. 고 찰

인조유리섬유는 세계적으로 60년 이상 사용되고 석면이 건강장해를 일으키는 것으로 알려진 후 석면의 대체물질로 각광을 받아 사용이 날로 증가하고 있다. 특히 미국의 경우 석면을 1990년부터 1997년 사이 세 단계로 사용을 규제하면서 점차 유리섬유의 사용이 증가하고 있으며 우리나라에서도 이러한 현상과 동일하게 유리섬유의 사용이 해마다 증가하고 있다. 인조유리섬유는 무정형의 규산염으로 암석, 슬래그, 유리, 고령토로부터 만들어지며 크게 광물섬(Mineral wool), 유리섬유(Glass fiber), 세라믹섬유(Ceramic fiber)로 분류하고 있다. 세분화하면 인조 유리섬유는 광물섬유로서 암석유(rock wool)와 슬래그섬유(slag wool)이며, 유리섬유는 유리섬(glass wool), 연

Table 6. Mean and standard deviation of ventilatory measures by variable indices

Indices	FVC % pred	FEV ₁ % pred	FEV ₁ % % pred	MMF % pred
Age, year				
< 30	5.18 ± 1.29	4.17 ± 0.53	84.9 ± 6.4	4.48 ± 1.21
	100.9 ± 10.8	101.0 ± 10.8	100.3 ± 7.4	92.7 ± 23.6
30 ~ 39	5.25 ± 1.71	3.87 ± 0.55	82.0 ± 8.6	3.72 ± 1.32
	102.5 ± 11.9	100.6 ± 11.8	98.5 ± 7.6	86.9 ± 22.6
40 ~ 49	5.27 ± 2.03	3.57 ± 0.52	79.5 ± 7.7	3.40 ± 1.07
	105.2 ± 12.4	101.9 ± 12.5	97.2 ± 8.9	82.5 ± 24.8
≥ 50	4.92 ± 1.95	3.17 ± 0.52	73.2 ± 12.8	2.57 ± 1.01
	106.7 ± 12.9	99.0 ± 16.3	92.5 ± 9.0	69.5 ± 27.3*
Glass fiber employed, year				
< 06	5.15 ± 1.65	3.92 ± 0.60	82.9 ± 8.8	4.10 ± 1.25
	102.1 ± 11.7	101.4 ± 12.1	99.6 ± 7.6	89.3 ± 24.3
06 ~ 10	5.24 ± 1.73	3.79 ± 0.56	80.5 ± 8.2	3.68 ± 1.08
	103.9 ± 12.2	100.7 ± 11.8	97.2 ± 7.8	82.9 ± 22.5
11 ~ 15	5.41 ± 2.14	3.53 ± 0.71	77.7 ± 9.9	3.31 ± 1.45
	105.0 ± 12.0	98.7 ± 15.2	94.1 ± 10.5	76.7 ± 30.4*
≥ 16	5.06 ± 1.94	3.54 ± 0.54	81.1 ± 8.2	3.61 ± 0.98
	103.0 ± 13.5	100.9 ± 13.5	98.4 ± 9.1	85.6 ± 22.4
Smoking				
Smoker	5.19 ± 1.63	3.86 ± 0.60	81.4 ± 9.3	3.90 ± 1.21
	102.9 ± 11.6	100.6 ± 11.9	98.0 ± 8.0	86.0 ± 24.1
Nonsmoker	5.28 ± 1.92	3.75 ± 0.60	81.8 ± 7.4	3.77 ± 1.21
	103.2 ± 12.7	101.5 ± 12.9	98.7 ± 8.2	86.3 ± 24.9
Respiratory Symptom				
Yes	5.09 ± 1.71	3.72 ± 0.57	81.3 ± 7.9	3.75 ± 1.25
	100.8 ± 11.2	98.0 ± 13.3	97.3 ± 9.1	83.9 ± 27.6
No	5.24 ± 1.73	3.85 ± 0.60	81.6 ± 8.9	3.89 ± 1.20
	103.4 ± 1.21	101.5 ± 11.9	98.4 ± 7.8	86.6 ± 23.6
Lung parenchymal lesion				
Yes	4.72 ± 1.43	3.40 ± 0.53	76.3 ± 7.8	2.91 ± 1.04
	103.0 ± 10.8	96.0 ± 10.7	93.7 ± 10.6	69.6 ± 22.7*
No	5.23 ± 1.74	3.85 ± 0.60	81.7 ± 8.7	3.90 ± 1.20
	103.0 ± 12.0	101.1 ± 12.2	98.4 ± 7.9	86.8 ± 24.2
All study subjects	5.21 ± 1.73	3.83 ± 0.60	83.6 ± 9.8	3.86 ± 1.21
	103.0 ± 11.9	101.0 ± 12.2	98.4 ± 7.7	86.1 ± 24.3

Mean ± SD, *: P < 0.01

FVC : forced vital capacity(Liter)

FEV₁ : forced expiratory volume in one second(Liter)

FEV₁% : FEV₁/FVC

MMF : maximal mid-expiratory flow(L/sec)

% pred : percent of predicted mean

속유리필라멘트(continuous glass filament), 특수유리섬유(special purpose glass filament)로 분류한다. 세라믹섬유는 세라믹 직물섬유(ceramic textile fiber), 세라믹강화섬유(ceramic refractory fiber)로 분류된다(Zens et al. 1994). 이들은 고장력의 강도와 완벽한 탄력성, 보온성, 전도성, 내습성, 내부식성의 성질 때문에 산업장에서 중요성이 점차로 증가되고 있다. 우리나라에서는 유리섬유 중 유리솜과 연속유리필라멘트가 주로 생산되고 있으며 일부 슬래그섬유가 생산되고 있다. 본 조사에서는 유리섬유 중 유리솜과 연속유리필라멘트를 생산하는 사업장이었다. 유리섬유는 국내에서 Owens공정을 변경시킨 것과 불꽃강화공정(flame attenuation)을 사용하고 있었다. 유리솜은 절연, 보온 등으로 많이 사용하나 마지막 생산품은 주거용으로 일차적으로 사용되며 이불솜, 담요, 무대장치 등의 형태로 상업적으로 이용한다(Dement, 1975). 연속유리필라멘트는 필라멘트의 일부를 잘라서 화학적으로 처리하여 절단된 가닥으로 매트(chopped strand mat)를 만들고, 일부는 꼬아서 얀(yarn)으로 만들어 밧줄 제작하거나 타이어를 강화하는데 쓰이며, 섬유우트, 배나 비행기 동체 및 소방재료 등으로 사용한다(Rom, 1992). 본 조사 사업장에서는 유리섬유를 만들어 일부에서는 보온재료, 매트 및 안섬유로서 생산하고 대부분의 사업장에서는 완성품을 만들어 공급하는 형태였다.

본 조사에서 유리솜과 연속유리필라멘트 사업장을 대상으로 하였으며, 유리섬유 완성품을 산업장이나 건설현장에서 사용하는 것은 고려하지 못하였다. 건설현장이나 유리섬유를 사용하는 사업장은 다양하고 작업방법도 사업장마다 차이가 심하므로 유리섬유에 의한 건강장해정도를 파악하기에는 유리섬유를 제조하는 사업장의 조사가 타당하리라 판단되어 제조업체를 중심으로 조사하였다. 작업환경을 일부 사업장에서 조사하였으나 유리섬유와 다른 일반 섬유의 구분이 어려운 점과 과거에 조사된 유리섬유의 농도가 없는 관계로 폭로농도와 건강장해에 대한 상관정도의 분석은 정확성과 신뢰성이 떨어진다고 판단되어 이용하지 못하였다. 그러나 일반적으로 유리솜은 4~15 μm 이며, 연속유리필라멘트는 3~25 μm 의 평균직경으로 석면섬유보다

두꺼운 직경을 갖고 있었다(Timbrell, 1965. Dement, 1972). 또한, 조사대상 사업장들에서 생산하는 유리섬유를 실험실에서 분석한 결과와 사업장 실험실에서 측정된 자료를 인용한 결과 평균적으로 6~7 μm 였다. 따라서 길이는 석면보다 훨씬 긴 형태를 보이고 있어 석면보다는 건강장해가 적을 것으로 추정되었다.

유리섬유에 의한 건강장해로는 피부장해가 가장 많으며, 흔하지는 않지만 눈 자극과 상기도 자극을 보고하고 있다(Rom, 1992. Simonato, 1987). 유리섬유 제조업체 근로자들에서 입사 후에 피부자극이나 불편감 때문에 입사 후 2주 이내에 5% 정도가 이직하고, 폭로를 중단하였을 때에는 증상이 호전되는 것으로 보고하고 있으며 만성적으로 폭로시 유리섬유에 대하여 적응하여 가려운 증상이 감소하는 것으로도 보고하고 있다(Possick 등, 1970). 또한, 피부질환은 기계적인 자극 때문에 발생하는 것으로 알려져 왔으며 동물이나 사람에서 알려진 감각반응의 증거는 없으나, 유리섬유 제조공정에서 바인더에서 사용하는 화학물질 때문에 발생한다는 보고는 있다(Kalimo 등, 1980. Kozen, 1988. Lippman, 1990). 본 조사에서도 처음 입사를 하여 유리섬유를 취급할 때와 현재의 가려움증 등에 대한 조사에서 처음으로 폭로되는 조사대상자의 약 절반(45.0%)에 해당되는 근로자가 가려움을 호소하였는데 이중 15.6%(76명)는 자주, 29.4%(143명)는 가끔 가려움을 호소하였다. 또한, 가려움증을 호소하는 근로자 중 1개월까지 가려움을 느낀 사람이 4.1%(20명), 입사 후 2~6개월까지 지속적으로 가려움을 느낀 사람이 5.3%(26명), 7~12개월이 7.6%(37명)이었고, 일부는 1년 이상 8년(98개월)까지 가려움증을 호소하는 근로자도 3.6%(16명)이었다. 조사 대상자 중에서 입사 후에 가장 오랜 기간 피부 증상을 호소하는 근로자가 8년으로 현재도 가려움을 지속적으로 느끼는 사람도 있었지만 유리섬유에 의하여 지속적으로 가려움을 호소하는지는 면밀히 관찰하여야 할 것으로 판단되었다. 아울러 가려움증이 심한 근로자는 이미 퇴직하였을 것이므로 조사당시의 가려움증을 호소하는 근로자를 평가하는 과소 평가할 가능성이 높으므로 이들에 대하여 추적조사를 실시

하여야만 정확한 조사가 가능할 것으로 판단되었다. Hill(1976)에 의하면 설문조사에서 45% 정도에서 가려움증이 발견되었다고 보고하였으며 이들은 입사 직후에 기계적인 자극으로 말미암아 많은 근로자가 가려움을 호소하나 재직하면서 경화(hardening)에 의하여 순응되어 가려움증이 감소되는 것이 아닌가를 제안하였다. 본 조사에서도 조사 당시 가려움을 호소하는 근로자가 18.5%에 지나지 않아 이러한 이유가 아닌가 하는 의심이 있었고 가려움이 심한 근로자는 이직으로 초기의 가려움증이 45%에서 조사당시는 15.9%로 경화에 의하여 감소된 것으로 판단하였다. 또한, 가려움증은 일반적으로, 덥고 습한 날씨에 피부염이 악화되고 직경이 5.3 μ m보다 큰 것이 작은 직경보다 피부염을 잘 일으킨다고 보고하였고(Hill, 1976. Adams, 1990. Gross, 1984) 본 조사에서도 여름에 심하다는 같은 결론에 이르고 있었다. 가려운 피부 부위는 전완부, 얼굴, 목부위가 흔하다고 알려져 있으나(Lucas, 1976) 본 조사에서는 손목과 서혜부, 상지의 순서로 차이가 있었다. 가려움을 호소한 근로자는 저녁 때와 잠들 때 40.0%(36명)가 가장 가려움을 호소하고 있어 이는 하루 중 이 시간대에 고품로가 발생하는 것으로 추정하였으며, 특히 상의와 하의가 연결되는 벨트부분인 허리와 서혜부의 가려움을 51.1%(46명)가 호소하였다.

유리섬유에 의한 피부질환은 주로 노출된 부위와 관절의 주름이 많은 곳에 발생하는 것으로 보아 작업이 끝난 후에는 목욕을 하고 매일 새로운 옷으로 갈아 입고, 작업복 세탁시에도 가족의 의복과 분리해서 세탁하도록 한다. 또한, 유리섬유에 폭로되지 않도록 의복이나 장갑 등의 보호구 착용이 요구되며, 작업복은 긴 소매와 헐렁한 옷을 착용하는 것이 예방방법 중의 하나라고 판단되었다. 눈의 자극 증상은 피부자극보다 적었다고 보고하고 있는데(LeBouffant 등, 1987) 본 조사에서도 봄에 조사하여 알러지에 의한 각결막염이나 이로 인한 질환을 배제하지 못하였지만 눈의 가려움을 호소하는 근로자는 5.6%(5명)로 적어 다른 조사와 일치된 결론은 얻었으나 일반적인 판단과는 다른 소견이었다.

호흡기 증상이 있는 근로자가 전체의 20.4%(100명)인데 유리섬유 종사기간으로 볼 때 기침과 가래를 호소하는 근로자가 10년 이하의 근무경력자 중에서 각각 11.9%(58명), 4.3%(21명)이며, 11~20년 이하의 근속자가 각각 1.6%(8명), 1.0%(5명)이 호소하여 오히려 20년 이상 근속한 근로자들은 기침과 가래의 증상 호소자가 미미하였는데 이는 근로자건강효과(Healthy worker effect)로 호흡기 증상이 있거나 피부질환이 있는 근로자가 퇴직하였거나 작업부서를 옮기는 등으로 추적조사를 못한 단면조사의 단점으로 생각된다.

호흡기능장애는 10년 이하의 근속자에서 제한성 1.0%(5명), 혼합성 0.2%(1명), 폐쇄성 3.1%(15명)였다. 11~20년 이하의 근무자는 혼합성 0.2%(1명), 폐쇄성 2.7%(13명)으로 나타나 유리섬유에 의한 환기능장애는 우리나라의 일반인구에 대한 환기능장애의 조사가 없어 적용할 수는 없었으나 외국의 조사보다는 높아 유리섬유가 폐색성 장애를 주로 일으키지 않는 것인가 의심되었다. 또한 대기 관지의 수축에 의한 천식과 비슷한 과정을 거쳐 발생하는 것이 아닌가도 생각되었다. 1983년 Hill 등은 유리섬유 근로자들의 환기능검사서 강제 호기량과 폐활량이 예측치의 74%와 79%로 모두 아주 낮게 나왔으나 폭로되지 않는 비교군에서도 유사한 결과를 보였다(Hill, 1973. Hillerdal, 1990). 그러나 폭로기간과 폐기능 지표는 유의한 관련은 없는 것으로 보고하였다.

유리섬유에 폭로되는 모든 근로자의 노력성 폐활량 곡선으로부터 산출한 평균적인 환기능은 실측치와 실측치의 예상치에 대한 노력성 폐활량과 일초량, 일초율은 정상인의 환기능과 비슷하였지만 최대중간호기속도의 검사치는 86.1%의 값을 보여 다소 감소된 경향을 보였으나 정상치의 범주에 들었다. 유리섬유 취급자들에서 노력성 폐활량과 일초량은 연령별 비교에서 전체 근로자에 비해 50대 이상의 연령군이 전반적으로 감소되어 있었다. 최대중간호기속도는 전체 평균이 3.86L/sec인데 반해 50대 이상의 연령군에서는 2.57L/sec보다 매우 유의하게 감소($P < 0.001$)하였고, 예측 정상치에서도 69.5%로 감소되었다. 또한, 동일한 연령군 비교에서도 다른 연령의 근로자보다 유의하게 감소($P < 0.001$)하

였다. 유리섬유의 종사기간에 따른 비교시에는 노력성 폐활량과 일초량은 16년 이상 종사자는 감소되어 있지만 일초율에서는 오히려 11~15년 종사자들이 최대중간호기속도 검사치도 유의하게 감소한 것으로($P < 0.01$) 나타나고 있다. 호흡기 증상의 유무나 흡연력 유무에 따라서는 환기능에 특별한 차이는 없었다. 유리섬유에 폭로된 근로자 중 환기능장애의 평가에서 제외하였던 석회화의 소견이나 활동성 결핵이 있는 근로자의 최대중간호기속도의 검사치는 69.6%이었으나, 이러한 흉부방사선상 이상이 없는 근로자들에서는 86.8%를 보이고 있어 유의한 차이를 나타내었다($P < 0.001$). 따라서, 유리섬유에 의한 환기능장애보다는 결핵과 관련된 질환이 환기능장애를 더욱 일으키는 것으로 판단된다. 또한, 폐실질의 이상이 있는 경우에는 전반적으로 폐기능의 감소가 관찰되었다. 아마도 이는 유리섬유보다는 연령증가에 의한 영향으로 판단되었다. 이와 같은 차이는 개인차, 유리분진의 폭로량, 보호구 착용의 유무, 작업조건, 작업환경 등에 따른 차이로 사료되며 향후 작업환경을 측정하면서 이에 따른 연구를 더 진행해 나가야 할 것이다. 호흡기의 장애는 진행도에 따라 장애가 올 수 있는데 폐의 기계적 성질에 영향을 더 많이 받는 것은 노력 무관성(Mead 등, 1967)으로 환기능의 평가는 노력성 폐활량곡선에서 나온 여러 지수 중에서 최대중간호기속도가 가장 예민하다고 주장한(Kuperman 등, 1973) 연구가 있었다.

본 연구에서도 노력성 폐활량곡선에서 노력 무관성 부위인 최대중간호기속도가 환기장애가 예민하게 나타났다. 따라서, 유리섬유의 폭로에 따른 환기능의 장애를 노력성 폐활량의 여러 환기지수와 아울러 노력 무관성 부위의 지수인 최대중간호기속도로 평가하는 것이 좋을 것으로 판단되었다(Morgan, 1975. Poirier, 1968). 유리섬유는 석면과 비슷한 모양을 띠고 있어 석면과 비슷한 환기능장애를 보인다는 보고가 있고(Doll 등, 1987) 유리섬유는 직경이 작고 연속유리필라멘트는 크며, 유리섬유는 길이가 짧고 연속유리필라멘트는 더욱 길다(Dunigan, 1985). 그러나, 본 조사에서 유리섬유에 폭로되는 근로자와 연속유리필라멘트에 폭로되는 근로자

군간의 환기능에 대한 호흡기 장애나 설문상의 건강이상의 호소 차이가 없었는데 유리섬유의 직경과 길이에 따른 영향은 없는 것으로 추정되었다.

본 조사에서 가장 큰 제한점으로는 단면조사에 의한 피부질환과 호흡기질환의 연구라는 점이다. 이는 만성적 폭로로 인한 변화와 입사시부터 추적조사가 없이 현재 증상만 가지고 유리섬유에 의한 건강장애를 조사하여 평가하는 것은 의미를 축소할 수 있다고 판단되었다. 또한, 현재와 과거의 폭로자료가 없고 기초자료가 부족하여 폭로농도와 증상과의 관계를 파악하지 못하여 아쉬웠다. 또한, 인조유리섬유 생산 근로자뿐만 아니라 이를 사용하는 건설, 배관, 조선, 단열 등에 종사하는 근로자가 많아 피부질환 및 호흡기질환에 대한 건강장애의 논란이 사회적인 문제로 지속될 것이나 이들 근로자에 대한 조사가 시행되지는 못하였다. 그 동안 우리나라에서 유리섬유 생산직 근로자들을 대상으로 한 건강장애에 대한 조사가 없었으므로 앞으로 유리섬유 생산자들 현황을 파악하여 코호트를 구축하고, 의학적 검사 및 작업환경 측정 등을 통한 인조유리섬유로 인해 발생하는 피부질환, 폐질환 및 기타질환을 밝히고 나아가 양-반응관계를 설정하여 유리섬유로 인한 건강위해에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

V. 결 론

유리섬유 취급자들의 건강장애의 정도가 어느 정도의 수준인가를 평가해 보고자 유리섬유를 생산하는 전국 7개의 모든 사업장에 대하여 조사하였다. 이 중에서 유리섬유에 폭로되는 488명의 남성 근로자들을 대상으로 피부질환 및 호흡기질환을 살펴본 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 유리섬유에 폭로됨으로써 발생하는 가려움증은 유리섬유에 처음 폭로되는 근로자의 45.0%이며 시간이 지난 후에도 18.5%에서 가려움 증상이 지속되어 이에 대한 환경개선과 보호구 착용 등의 예방대책이 필요하였다.

2. 환기능장해는 주로 폐색형이 6.0%로 제한성장해의 1.0%보다 많았고 폭로기간과 일치하지 않은 경향을 보여 폭로 초기부터 분진마스크의 착용이 필요하였다.

3. 노력성 폐활량, 일초량, 일초율의 평균은 정상치에 해당되지만 최대중간호기속도의 경우에는 연령이 증가하고 고용기간이 증가함에 따라 환기능이 감소하는 경향이 보이므로 유리섬유 취급 근로자 환기능 평가시에는 이를 우선적으로 고려해야 한다. 그러나, 보다 정확한 비교군 설정이 없고 추적조사를 시행하지 않아 정확한 평가에는 제약이 따르므로 추후 추적조사에 의한 연구가 필요하였다.

참고문헌

- 임현술, 정해관, 김지용, 정희경, 성열오, 백남원. 승용차 내장재에 의해 발생한 유리섬유에 의한 건강장해 1례. *대한산업의학회지* 1994;6(2): 439-446.
- 임현술, 정해관, 정희경, 김정란, 홍윤철, 임종한, 백남원. 유리섬유에 장기간 폭로된 지역주민의 건강장해에 관한 역학조사. *대한산업의학회* 1995년도 제14차 학술대회 초록집 36-37. 1981;20, 23-31.
- Adachi S. *Tumorigenicity of fine MMMF after intratracheal administrations to hamsters. Env Research* 1991;54(1):52-73.
- Adams RM. *Occupational Skin Disease, Dermatitis due to fibrous glass. 2nd ed. Philadelphia WD.Saunders Company, 1990,p.16.*
- Dement JM. *Fibrous glass dust and ind hygiene survey at . Pittsburgh, NIOSH.1972,P.54.Dement JM. Enviromental aspects of fibrous glass production and utilization, Environ Res* 1975;9:295-312.
- Doll R. *Symposium on MMMF, copenhagen, October 1986: Overview and conclusions. Annals of Occupational Hygiene* 1987;31(4B):805-819.
- Dunnigan J. *Biological effects of fibrous materials: Review of recent data on asbestos substitutes, Asbestosis-its health risks, analysis, regulation and control, APCA, 1985, pp.198-215.*
- Enterline PE, Henderson V. *The Health of Retired Fibrous Glass Workers. Arch Environ Health* 1975; 30:113-116.
- Gougerot, H., B. Duperrat and J.-L. Danel: *Dermatoses induced by work with glass wool.1945,13/14:67-70.*
- Gross P, Braun DC. *Toxic and Biomedical Effects of Fibers. Park Ridge, NJ: Noyes; 1984.*
- Hill JW. *The epidemiology of glass fiber exposure and a critique of its significance, Occupational exposure to fibrous glass proceedings of a symposium,1976:76-151,pp. 243-247.*
- Hill JW. *Glass fiber; Absence of pulmonary hazard in production workers. British J of Ind Med* 1973;30: 174-179.
- Hillerdal G. *Pulmonary fibrosis caused by synthetic textile fibers. NIOSH proceedings of the 7th international pneumoconioses conference. 1990,pp. 1405-1407.*
- Hillerdal G. *Pleural changed and exposure to fibrous minerals. Scan J of work, Env and health* 1984; 10(6):473-479.
- Konzen, J. L. *Observations on fiberglass in relation to health, occupational medicine* 1988;1067-1071.
- Lippman M. *Man-made mineral fibers: human exposures and health risk assessment. Toxicology and industrial health* 1990;6(2),pp.225-246.
- LeBouffant L, Daniel H, Henin JP, et al: *Experimental study on long-term effects of inhaled MMMF on the lung of rats, Ann Occup Hyg* 1987;31:765.
- Lockey JE. *Nonasbestos fibrous minerals, Clinics in Chest Medicine.1981;2(2), pp203-218.*
- Longley EO, Jones RC. *Fiber glass conjunctivitis and keratitis. Arch Environ Health* 1966;13:790-793.
- Lucas J. *The cutaneous and ocular effects resulting from worker exposure to fibrous glass. In: LeVee WN, ed. Occupational Exposure to fibrous glass, a Symposium. DHEW; 1976;211-215. NIOSH publication 76-151.*
- Mead, J., Turner, J.M., Macklem, P.T. & Little, J.B.: *Sinificance of the relationship between lung recoil and maximum expiratoruy flow. J. Appl. Physiol.* 1967;22:95-108.
- Milby TH, Wolf CR: *Respiratory tract irritant from fibrous glass inhalation, J Occup Med* 1969;11:409-410.

- Morgan, W.K.C. & Seaton, A.: *Occupational Lung Disease*, London, W.B.Saunders Company.1975.
- Murphy, G.B.: *Fiber Glass Pneumoconiosis*. *Arch. Environ. Health* 1960;3:704-710.
- Poirier, K,P.: *A quantitative definition of obstructive lung disease*. *Am. J. Med.* 1968;45:329-339.
- Possick PA, Gellian GA, Key MM: *Fibrous glass dermatitis*, *Am Ind Hyg Assoc J.* 1970;31:12-15.
- Rom WN. *Environmental and Occupational Medicine*. 2nd ed. Boston : Little, Brown and Company, 1992.
- Simonato L. *The IARC historical cohort study of MMMF production workers in seven European countries; Extension of the follow-up*, *Annals of occupational hygiene* 1987;31(4b):603-623.
- Timbrell V. *The inhalation of fibrous dusts*. *Ann NY Acad Sci* 1965;132:255-273.
- Trumper, M. and A. Honigsburg: *Localization by Fluorescein of Fiberglass in Throat*. *J. Am. Med. Assoc.* 131:1275-1278.
- Zenz C. *Occupational Medicine*, 3rd ed. Chicago, Mosby-Year Book Inc., 1994, pp.731-734.