

소규모 주물공장 근로자의 폐기능

동아대학교 의과대학 산업의학교실

김세영 · 김정일 · 정지현 · 최석환 · 정갑열

— Abstract —

Lung Function in Workers at Small Foundries

Se-Yeong Kim, Jung-Il Kim, Ji-Hyeon Jung, Suk-Hwan Choi, Kap-Yeol Jung

Department of Occupational & Environmental Medicine, College of Medicine, Dong-A University

Objectives: This study investigated lung function in workers exposed to dusts, fumes and noxious gases at small foundries.

Methods: Lung function was measured in 148 male workers from 12 small foundries and 202 unexposed male workers. Pulmonary function tests performed included: forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV1), percent of FEV1/FVC (FEV1/FVC%), maximum mid-expiratory flow (MMEF), peak expiratory flow (PEF), and forced expiratory flow at 25, 50, and 75% of expired FVC (FEF25, 50, 75)

Results: Mean values of all ventilatory indices except FEF25 of foundry workers were significantly lower than those of controls. Specifically, following stratification by smoking habits, all ventilatory indices except FEF25 of foundry workers were significantly lower than those of controls who smoked; however, there were no significant differences observed in any ventilatory indices between nonsmoking exposed workers and controls. The results of multiple linear regression analysis indicated work duration as a significant predictor of a decrease in FVC%.

Conclusions: This research indicates that combined occupational exposure to dust, fumes, and gases in small foundries is associated with a reduction in lung function. Smoking may also contribute to respiratory abnormalities. These results suggested that foundry workers should be required to undergo periodic lung function tests and-in addition to not smoking, efficient use of personal protection equipment while at work is recommended.

Key words: Lung function, Foundry workers, Smoking

서 론

분진, 흙, 가스 등의 직업적 노출은 근로자에게 각종 호흡기 증상을 유발하고 폐기능 장애를 일으킬 수 있다¹⁻³⁾. 주물작업에 종사하는 근로자는 광물성 분진, 실리카, 금속

흡, 산화철, 연소시 발생하는 여러 가지 산물 및 수지결합체와 관련된 화학물질 등 다양한 호흡기 유해인자에 노출되며⁴⁻⁶⁾, 따라서 주물작업자에서 호흡기 증상호소^{7,8)} 및 폐쇄성 또는 제한성 환기장애가 발생할 수 있다⁹⁾. 또한 규폐증^{10,11)}, 만성 기관지염¹²⁾, 직업성 천식^{13,14)}, 과민성 폐

〈접수일: 2011년 6월 3일, 1차 수정일: 2011년 7월 15일, 2차 수정일: 2011년 8월 3일, 3차 수정일: 2011년 8월 18일, 채택일: 2011년 8월 18일〉

교신저자: 김 정 일 (Tel: 051-240-2917) E-mail: kimji@dau.ac.kr

*위 논문은 동아대학교 교내 연구비 지원에 의하여 연구되었음

럼¹⁵⁾ 등도 보고되고 있다.

연속 주조공정에서 일하는 철강 근로자에서 기도 폐쇄와 연관되게 의미있는 폐기능 저하가 있었고¹⁶⁾, 철 주조공에서 분진의 노출은 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC), 일초량(forced expiratory volume in one second, FEV₁), 일초율(percent of FEV₁/FVC, FEV₁/FVC%)의 감소와 강한 연관성을 보였다⁶⁾. 가스와 흙의 직업적 노출이 증가할수록 FEV₁, FVC의 의미있는 감소가 있었고 분진, 가스, 흙의 복합적 노출은 최고 호기유속(peak expiratory flow, PEF)의 감소를 나타냈다¹⁷⁾. 81명의 철 주조공에서 분진 노출이 없는 비교군에 비해 최대 호기 중간유량(maximal mid-expiratory flow, MMEF), FEV₁, PEF, FEV₁/FVC%, FEV₁/VC의 의미있는 감소를 보였고, 주물 작업과 분진 노출이 폐기능을 예측하기에 유의하게 나왔다¹⁸⁾. 또한 스웨덴의 주물 작업자를 대상으로 한 연구를 보면 주물 작업 전 후 FEV₁, 폐활량(vital capacity, VC)의 감소정도가 비교군보다 크게 나왔다¹⁹⁾. 국내 주물공장을 대상으로 한 체계적인 연구는 1990년대에 보고된 2편^{5,20)}이 전부이며, FEV₁/FVC%, MMEF, 노력성 호기유량(forced expiratory flow at 25, 50, 75% of expired FVC, FEF_{25, 50, 75})의 측정치의 예측치에 대한 백분율은 유리규산 누적분진 폭로량이 증가함에 따라 감소하는 경향이 있었다고 보고하였다⁵⁾.

통계청 자료에 의하면 2009년 기준으로 국내 금속 주조업에 근무하는 5인 이상의 사업체수와 근로자수는 각각 724개소와 17,833명으로 전체 제조업 사업체와 제조업 인구의 0.22%와 0.55%를 차지하고 있다²¹⁾. 그러나 제 1차 비철금속산업, 기타 조립금속제품 및 금속 처리업에서도 주물작업이 포함되리라 생각되어 주물작업 근로자는 보다 많을 것으로 추측된다. 특히 소규모의 주물공장은 대규모의 철강 주조 사업장보다 공정상 철재 재활용 및 열악한 작업환경, 분진 마스크 등의 보호구 미착용 등으로 인해 건강 장애가 더 클 것으로 사료된다.

또한 폐기능 검사가 근로자 특수건강진단의 필수검사로 선정되어 미국 흉부학회(ATS, American Thoracic Society, 1994)²²⁾ 및 한국산업안전보건공단(2010)에서 권고하는 방법²³⁾에 따라 엄격하게 실시한 폐기능 검사가 필요한 시점이다. 그러나 지금까지 국내에서는 정도관리를 거친 정확한 폐기능 검사를 통한 연구가 드물었다. 따라서 본 연구는 분진과 흙, 각종 유해가스에 동시에 노출되는 일부지역 50인 미만의 소규모 주물공장 근로자들의 폐기능을 엄격한 기준에 따라 평가하고, 폐기능과 관련된 직업적 요인을 알아보려고 하는 목적으로 수행되었다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상

2009년 3월부터 2010년 2월까지 1년간 부산지역 일개 대학병원에서 건강진단을 수행한 5인 이상 50인 미만의 12개 소규모 주물공장 남자 근로자 전수인 168명을 대상으로 조사하였다. 12개 주물공장의 주조법은 주로 주강주물이었다고 선박 및 산업기계의 기어나 벨브, 자동차 크랭크샤프트 등을 생산하였다. 근로자 중 주물작업 이전에 발생하였다고 판단되는 만성폐쇄성 폐질환 등에 대한 기왕력이 있는 자와 현재 폐결핵 환자는 본 연구대상에서 제외하였다. 또한 동일 기간에 동일한 대학병원에 내원한 근로자 중 폐기능에 영향을 주는 분진 및 유해가스 등에 직업적으로 노출되지 않은 남자 근로자 240명을 비교군으로 선정하였다. 비주물 집단은 몇 개의 특정 사업장이 아니라 사무직, 조선소 및 각종 산업체 배치 전 검사를 위해 내원한 근로자들이다. 비주물근로자 집단에서도 역시 폐질환을 앓거나 과거력이 있는 근로자, 정보가 부족한 근로자를 제외하였다. 또한 검사결과에서 적합성 및 재현성이 없는 근로자를 모두 제외하여 최종 연구대상으로 노출군 148명, 비교군 202명이 선정되었다.

2. 연구 방법

1) 문진 및 단순흉부방사선 검사

미리 준비된 설문지를 이용하여 근로자의 연령, 직업력, 흡연력, 과거 병력에 대하여 연구자가 직접 면담을 하였으며, 단순흉부 방사선 후전면 촬영을 실시하였다.

2) 폐기능 검사

폐기능 검사기 FlowScreen (VIASYS Healthcare GmbH, Germany)을 이용하여 미국 흉부학회(ATS, American Thoracic Society, 1994)²²⁾ 및 한국산업안전보건공단(2010)에서 권고하는 방법²³⁾에 따라 폐기능 검사를 실시하였다. 정확한 검사치를 얻기 위해 검사 시행 전에 3l 실린지로 보정하여 2.91~3.09l 이내의 범위로 들 경우에만 검사에 이용하였다. 검사 당일 근로자 수가 많을 경우 최소한 4시간에 1회씩 보정을 시행하였다. 검사자간의 오차를 최소화하기 위해 폐활량 검사자는 특수건강진단 정도관리 교육을 받은 3명이 참여하였다. 폐활량 검사자가 근로자에게 폐기능 검사의 목적을 충분히 설명하였으며, 검사자가 폐기능검사의 시범을 보여준 후에 근로자에게 선 자세로 코집계를 사용하게 한 상태에서 검사를 시행하였다. 외삽용적이 노력성 폐활량의 5% 혹은 0.15l 보다 작고, 불어내는 방법 및 호기 시간의 오류

가 없는 것을 적합성 있는 검사로 하여, 최소 3회 이상 적합성 있는 검사를 수행하였으며, 검사치마다 차이가 200 ml 미만인 재현성 있는 결과 중에 가장 높은 검사치를 선택하였다²²⁾. 폐기능 지표로 FVC, FEV₁₁, FEV₁/FVC%, PEF, MMEF와 호기 FVC의 25%, 50% 및 75%시점에서의 최대호기류인 FEF₂₅, FEF₅₀ 및 FEF₇₅를 측정하여 주물작업 노출군과 비교군을 비교 분석하였다. 모든 폐용량과 호기류는 BTPS (body temperature and pressure, saturated with water) 로 환산하여 표시하였고 또한 예측치에 대한 백분율(% pred.)로도 표시하였다. 예측치는 Knudson (1976)²⁴⁾의 식을 이용하였다.

3) 통계분석

주물공장 노출군과 비교군의 일반적 특성 및 폐기능 평균치의 비교는 카이제곱 검정과 독립표본 t-test를, 노출

군의 부서별 폐기능 평균치의 비교는 Kruscal Wallis test를 이용하였다. 다중 회귀분석을 통해 근무년수, 작업부서 등 직업과 관련된 변수가 폐활량에 미치는 영향에 관하여 분석하였다. 모든 통계 분석은 SPSS 17.0을 이용하였으며 유의수준은 0.05로 하였다.

결 과

1. 대상자들의 일반적 특성

주물작업 노출군과 비교군의 연령은 50대가 각각 43.6%, 36.5%로 가장 많았고, 두 집단간 연령 구간별로 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 신장, 체중 및 흡연상태 역시 유의한 차이는 없었다(Table 1).

노출군의 부서별 연령, 근무년수, 흡연상태를 보면 용해, 조형, 후처리 부서의 흡연상태는 유의한 차이가 없으나 연령, 근무년수의 유의한 차이가 있었다. 용해부서 근로자의 연령이 50세 이상이 68.8%로 조형 41.7%, 후처리 부서 26.5%에 비해 대다수를 차지했다. 또한 근무년수도 용해부서가 10년 이상 근무자가 가장 많은 비율이었다(Table 2).

2. 주물작업 유무에 따른 폐기능검사 지표 평균 비교

노출군은 비교군에 비해 FEF₂₅를 제외한 폐기능검사 지표(FVC, FEV₁, FEV₁/FVC%, PEF, MMEF, FEF₅₀, FEF₇₅)의 평균이 유의하게 낮았다(Table 3). 폐기능 결과를 흡연여부에 따라 나눈 후 비교분석한 결과, 흡연군에서 FEF₂₅를 제외한 모든 측정치의 평균에서 노출군이 비교군에 비해 유의하게 낮았다(p<0.05). 그러나 비흡연군에서는 모든 폐기능 지표의 유의한 차이가 없었다(Table 3).

Table 1. General characteristics of study subject

unit: Number(%)			
Character	Non-foundry (N=202)	Foundry (N=148)	p-value
Age (years)			
20~29	18 (8.9)	16 (10.8)	0.179*
30~39	36 (17.8)	26 (17.6)	
40~49	44 (21.8)	46 (31.1)	
50~59	88 (43.6)	54 (36.5)	
60≤	16 (7.9)	6 (4.1)	
Height (cm)†	168.4±6.1	168.3±5.0	0.906†
Weight (kg)†	67.5±10.9	67.5±7.4	0.963†
Smoking status			
Never	66 (32.7)	36 (24.3)	0.092*
Ex-smoker	10 (5.0)	14 (9.5)	
Smoker	126 (62.4)	98 (66.2)	

*calculated by chi-square test, † values expressed as mean± S.D, ‡ calculated by independent t-test.

Table 2. General characteristics of foundry workers based on job category

unit: Number(%)				
Character	Furnace (N=32)	Molding (N=48)	After processing (N=68)	p-value*
Age (years)				
20~39	5 (15.6)	15 (31.3)	22 (32.4)	0.002
40~49	5 (15.6)	13 (27.1)	28 (41.2)	
50≤	22 (68.8)	20 (41.7)	18 (26.5)	
Work duration (years)				
<10	10 (31.3)	32 (66.7)	50 (73.5)	0.000
10≤	22 (68.8)	16 (33.3)	18 (26.5)	
Smoking status				
Non smoker	12 (37.5)	16 (33.3)	22 (32.4)	0.876
Smoker	20 (62.5)	32 (66.7)	46 (67.6)	

*calculated by Chi-square test.

Table 3. Results of pulmonary function test by smoking habits between foundry and non-foundry workers

	Non-foundry (N=202)	Foundry (N=148)	p-value*
Total			
FVC (L)	4.4±0.6	4.3±0.6	0.027
FEV ₁ (L)	3.5±0.5	3.3±0.5	0.004
FEV ₁ /FVC (%)	79.6±4.6	77.5±6.6	0.001
PEF (L/sec)	9.1±1.5	8.7±1.6	0.019
FEF ₂₅ (L)	7.6±1.4	7.4±1.6	0.368
FEF ₅₀ (L)	4.2±1.0	3.7±1.1	0.000
FEF ₇₅ (L)	1.3±0.5	1.1±0.5	0.001
MMEF (L/sec)	3.3±0.9	3.0±1.0	0.000
Smoker group			
FVC (L)	4.5±0.7	4.3±0.5	0.005
FEV ₁ (L)	3.6±0.6	3.3±0.5	0.001
FEV ₁ /FVC (%)	79.3±4.7	76.4±7.2	0.001
PEF (L/sec)	9.3±1.5	8.9±1.7	0.037
FEF ₂₅ (L)	7.7±1.5	7.5±1.8	0.569
FEF ₅₀ (L)	4.2±1.1	3.6±1.2	0.000
FEF ₇₅ (L)	1.3±0.5	1.1±0.5	0.000
MMEF (L/sec)	3.4±0.9	2.9±1.0	0.000
Non-smoker group			
FVC (L)	4.2±0.6	4.1±0.6	0.859
FEV ₁ (L)	3.4±0.5	3.3±0.5	0.820
FEV ₁ /FVC (%)	80.2±4.5	79.7±4.7	0.555
PEF (L/sec)	8.7±1.4	8.3±1.2	0.162
FEF ₂₅ (L)	7.4±1.3	7.2±1.2	0.335
FEF ₅₀ (L)	4.0±0.9	3.9±1.0	0.611
FEF ₇₅ (L)	1.3±0.6	1.3±0.5	0.835
MMEF (L/sec)	3.3±0.9	3.2±0.8	0.403

FVC: forced vital capacity, FEV₁: forced expiratory volume in one second, FEV₁/FVC%: percent of FEV₁/FVC, PEF: peak expiratory flow, FEF_{25, 50, 75}: forced expiratory flow at 25, 50, 75% of expired FVC, MMEF: maximum mid-expiratory flow.
*calculated by independent t-test.

3. 주물작업 부서별 폐기능검사 지표 평균 비교

주물작업자에서 흡연군 비흡연군 모두 용해, 조형, 후처리 부서별 폐기능검사 지표의 유의한 차이가 없었다. 비흡연군에서 용해 부서의 폐기능검사 지표의 평균이 조형, 후처리 부서에 비해 약간 낮았으나 통계적 유의성은 없었다(Table 4).

4. 폐기능 관련인자에 대한 다중회귀분석

폐기능과 관련된 직업적 요인을 알고자, FVC%, FEV₁%를 종속변수로 단변량 회귀분석을 통해 F-통계량이 1보다 크게 나온 근무년수, 작업부서를 독립변수로 하고 신장과 흡연유무를 보정하여 다중 회귀분석을 실시

하였다. 작업부서는 용해를 기준으로 하여 가변수처리하였다. 통계분석 결과 FVC%에 영향을 주는 변수는 근무년수이었다(p<0.05)(Table 5).

고 찰

주물공장 근로자의 폐기능 저하의 요인으로 알려진 것은 유리규산을 포함한 분진과 가스, 흡 등이 있다. 용해, 조형 부서와 같이 고농도의 분진에 노출되는 부서의 근로자에게서 기침, 가래 등의 호흡기 증상이 빈번하고 폐기능이 유의하게 감소하였다¹⁸⁾. 583명의 중국 주물공장 근로자를 대상으로 한 연구에서 연령, 신장, 흡연량을 보정할 때 후처리 부서나 사무직 근로자에 비해 고농도의 분진 노출이 있는 용해, 조형 부서 근로자에서 근무년수가 증가함에 따라 FVC, FEV₁의 유의한 감소를 보였다²⁵⁾. 또한 벽돌 공장 근로자²⁶⁾와 유리규산에 노출되는 근로자에게서도 비슷한 연구결과가 있다²⁷⁻²⁹⁾. 최근 연구에서 64명의 주물공장 근로자는 비교군에 비해 작업 전과 후 FEV₁, VC가 비교군에 비해 유의하게 감소하였는데 이는 monoisocyanate나 formaldehyde의 노출과 연관성을 보이지 않아 분진, 흡, 가스등의 다른 유해요인이 주물 작업자의 폐기능 감소에 영향을 미칠 것이라고 보고하였다⁸⁾. 국내 연구에서는 유리규산보다 용해로에서 발생하거나 resin이 타면서 발생하는 가스가 FEV₁, FEV₁/FVC%의 감소와 유의한 연관성을 보였다³⁰⁾. 따라서 유리규산을 포함한 호흡성 분진 및 가스의 직업적 노출은 주물 작업자의 폐기능을 유의하게 저하시키고 만성 기도 폐쇄의 위험을 증가시키는 것으로 볼 수 있다. 본 연구에서도 주물작업 근로자는 비교군에 비해 FEF₂₅를 제외한 모든 폐기능 지표가 유의하게 낮았다. 이것은 노출군과 비교군 사이에 연령, 신장, 체중 및 흡연상태에 유의한 차이가 없는 점을 고려할 때, 주물작업 노출에 의한 것으로 생각된다.

흡연은 기관지를 수축시켜 폐쇄성 환기장애를 일으키는 것으로 알려져 있으며^{30,31)}, 유리규산과 흡연이 기도의 폐쇄성 변화를 유발하는 데 부가적으로 또는 상승적으로 작용할 수 있다는 보고가 있다^{29,32,33)}. 작업중 흡연자는 비흡연자에 비해 분진 흡입을 더 많이 하고 흡연으로 인한 기관지 내 상피의 손상으로 분진을 배출시키는 것에 장애가 있을 수 있다²⁵⁾. 반면, 흡연이 분진 폭로의 효과 또는 폐기능의 감소를 증가시키지 않는 보고들도 있다^{18,34)}. 본 연구에서는 주물 작업자를 흡연유무로 나누었을 때 흡연군은 노출군이 비교군에 비해 FEF₂₅를 제외한 모든 폐기능 측정치가 낮았다. 그러나 비흡연군에서는 비교군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 흡연이 주물공의 폐기능 감소에 부가적인 역할을 하는 것으로 보인다.

Table 4. Results of pulmonary function test by smoking habits based on job category in foundry workers unit: Mean ± SD

	Furnace (N=32)	Molding (N=48)	After processing (N=68)	p-value*
Smoker group				
FVC (L)	4.2 ± 0.5	4.4 ± 0.6	4.3 ± 0.5	0.382
FEV ₁ (L)	3.3 ± 0.5	3.4 ± 0.7	3.3 ± 0.5	0.498
FEV ₁ /FVC (%)	76.1 ± 4.5	75.2 ± 9.9	77.4 ± 5.8	0.305
PEFR (L/sec)	9.0 ± 1.4	8.5 ± 1.9	9.0 ± 1.6	0.477
FEF ₂₅ (L)	7.9 ± 1.6	7.1 ± 2.1	7.7 ± 1.6	0.219
FEF ₅₀ (L)	3.6 ± 0.8	3.7 ± 1.5	3.7 ± 1.1	0.952
FEF ₇₅ (L)	0.9 ± 0.4	1.1 ± 0.6	1.1 ± 0.5	0.328
MMEF (L/sec)	2.7 ± 0.7	2.9 ± 1.3	2.9 ± 1.0	0.542
Non-smoker group				
FVC (L)	3.9 ± 0.7	4.4 ± 0.6	4.2 ± 0.5	0.155
FEV ₁ (L)	3.1 ± 0.6	3.5 ± 0.5	3.4 ± 0.5	0.123
FEV ₁ /FVC (%)	78.6 ± 4.9	79.8 ± 3.4	80.3 ± 5.4	0.423
PEFR (L/sec)	8.4 ± 1.1	8.4 ± 1.4	8.2 ± 1.2	0.842
FEF ₂₅ (L)	7.3 ± 1.6	7.3 ± 0.9	7.0 ± 1.2	0.734
FEF ₅₀ (L)	3.6 ± 1.0	4.1 ± 0.8	4.0 ± 1.1	0.147
FEF ₇₅ (L)	1.1 ± 0.5	1.3 ± 0.4	1.4 ± 0.5	0.100
MMEF (L/sec)	2.8 ± 0.9	3.3 ± 0.6	3.3 ± 0.9	0.067

FVC: forced vital capacity, FEV₁: forced expiratory volume in one second, FEV₁/FVC%: percent of FEV₁/FVC, PEF: peak expiratory flow, FEF₂₅, 50, 75: forced expiratory flow at 25, 50, 75% of expired FVC, MMEF: maximum mid-expiratory flow.

*calculated by kruskal wallis test.

Table 5. Multiple linear regression* by related variables of pulmonary function test

DV	IV	β	SE	p	Adj.R ²
FVC (%)	Work duration	-0.251	0.076	0.001	0.292
	Molding	0.086	1.180	0.942	
	After processing	-0.581	0.773	0.454	
FEV ₁ (%)	Work duration	-0.152	0.085	0.076	0.217
	Molding	-0.766	1.331	0.566	
	After processing	-0.755	0.873	0.389	

DV: dependent variable, IV: independent variable, β: regression coefficient, SE: standard error, FVC%: percent of forced vital capacity, FEV₁%: percent of forced expiratory volume in one second.

*adjusted for smoking status.

Reference job category is furnace.

주물 공장의 호흡성 분진 및 가스발생은 각 생산 공정 단위마다 다르다. 각 공정마다 발생원이 다르고 환기시설, 연중 대기 온도차이로 항상 같을 수 없다. 특히 건강에 가장 문제가 되는 결정형 유리규산을 포함한 분진은 주물 전 공정에서 발생할 수 있다. 용해공정에서는 일산화탄소, 아황산가스, 페놀류, 포름알데히드, 각종 망간 등 각종 금속흡이 발생하고, 조형에서는 페놀류, 포름알데히드 뿐 아니라 아민가스, 도포작업시 메탄올, 이소프로필 알코올 등 각종 유기용제 증기에 폭로될 수 있다. 후처리 부서는 형체체 작업 등을 통해 산화철 분진 및 주물사 분진에 노출된다. 본 연구에서 용해부서의 근로자 연령이 더 높아서 전반적으로 조형, 후처리 부서보다 폐기능 지표가 낮은 경향을 보였지만 전체적으로 부서별로 폐기능 지표에 유의한 차이가 없었다. 이것은 소규모 주

물 공장의 작업 형태가 용해로를 중심으로 밀집되어 있고 각 부서가 서로 개방되어 있다. 따라서 대부분의 근로자가 분진, 흡, formaldehyde, 가스 등에 비슷하게 복합 노출되기 때문인 것으로 생각된다. 또한 근로자의 수가 적어서 통계적 유의성이 없었을 수 있다. 본 연구는 여러 사업장을 조사하다 보니 부서별 구체적인 작업특성 및 유해물질 노출농도 등을 고려하여 분류하지 못한 한계점이 있다.

본 연구에서 연령과 신장이 보정된 Knudson식에 의한 예측치인 FVC(%)과 FEV₁(%)를 종속변수로 두고 다중회귀분석을 하면 FVC(%)는 근무년수가 유의한 변수였고(p=0.001), FEV₁(%)에서는 근무년수가 경계의 유의성을 보였다(p=0.075). 이는 용해와 조형부서에서 근무년수에 따라 FVC, FEV₁가 유의하게 감소한 선행연구

와 비슷한 결과이다²⁵⁾. 107명의 남아프리카 주물공을 대상으로 한 연구에서 누적분진 폭로량에 따라 FVC, FEV₁가 유의하게 감소하였다³⁵⁾. 또한 2209명의 금광부와 483명의 비광부를 대상으로 폐기능과 누적분진 폭로량을 비교하였을 때 FEV₁%, VC, FEV₁ 및 MMEF에서 모두 누적 분진 폭로량에 따라 감소하는 경향을 보여주었는데 그 중에서도 MMEF의 감소율이 가장 높았다³³⁾. 그러나 앞선 선행연구나 본 연구 모두 단면연구(cross-sectional study)이기 때문에 근무년수에 따른 누적분진 폭로량과 폐기능 감소의 관계를 단정짓기는 어렵다.

기존 국내 연구에서는^{5,20)} 폐기능 검사의 적합성 및 재현성, 검사자의 숙련도 등을 확인할 수 없거나 한국산업안전보건공단(2010)이 권고하는 방법과 다른 부분이 있었다. 반면 본 연구의 폐기능 검사는 미국 흉부학회(ATC, American Thoracic Society, 1994)²²⁾ 및 한국산업안전보건공단(2010)에서 권고하는 방법²³⁾에 따라 엄격하게 실시하였다. 3회 이상의 적합성 있는 검사결과와 이 검사결과가 재현성이 있을 경우에만 대상으로 선정하였고 모든 검사자가 동일한 교육을 이수하여 검사자간의 오차를 줄일 수 있도록 최대한 노력하였으므로 신뢰할 수 있는 검사결과라고 사료된다.

본 연구는 주물공장 근로자와 비노출 근로자를 대상으로 한 단면조사 연구이기 때문에 인과관계를 명확하게 설명할 수 없는 제한점이 있다. 연구대상의 범위를 결정할 때 현재 만성 폐쇄성 폐질환 또는 폐결핵 등 폐기능에 현저히 영향을 줄 수 있는 자는 노출군과 비교군 모두에서 제외하였다. 이 점에 대해서는 여러 논란이 있을 수 있지만 적은 연구대상에서 몇 명의 환자가 연구의 결과를 과소 또는 과대평가할 수 있기 때문이며, 이 연구에서만 놓고 볼 때 주물공장에서의 노출이 만성 폐쇄성 폐질환의 원인이 될 수 있으므로 결과가 과소평가되었을 수 있을 것으로 사료된다. 또한 부산지역에 한정된 고철재생업보다는 유해인자 노출수준이 비교적 덜 열악한 산업기계류를 생산하는 업체들을 대상으로 하여 우리나라 소규모 주물공장 근로자의 폐기능을 대표하기에는 무리가 있다.

본 연구를 통해 소규모 주물공장 근로자들의 폐기능 저하를 확인했으며, 이는 작업 중 발생하는 분진, 흙, 가스 등의 복합노출과 흡연의 부가적인 영향으로 사료된다. 따라서 작업장의 환기시스템 정비 및 근로자들의 금연과 효과적인 호흡기 보호구의 착용이 권장된다.

요 약

목적: 분진과 흙, 각종 유해가스에 동시 폭로되는 50인 미만의 소규모 주물공장 근로자들의 폐기능을 평가하였다.

방법: 연구대상자는 상시 5인 이상 50인 미만의 부산지

역 12개 소규모 주물작업장에 근무하고 있는 남자 근로자 148명을 노출군으로, 분진 및 유해가스 등에 직업적으로 노출되지 않은 비주물근로자 202명을 비교군으로 하였다. 폐기능 지표로 FVC, FEV₁, FEV₁/FVC %, PEF, MMEF와 호기 FVC의 25%, 50% 및 75%시점에서의 최대호기기류인 FEF₂₅, FEF₅₀ 및 FEF₇₅를 측정하여 주물작업 노출군과 비교군을 비교분석하였다.

결과: 주물작업 노출군이 비교군에 비해 FEF₂₅를 제외한 모든 폐기능 측정치가 유의하게 감소하였다. 대상자를 흡연유무로 나누었을 때 흡연군에서 FEF₂₅를 제외한 모든 측정치가 노출군이 비교군에 비해 유의하게 낮았지만 비흡연군에서는 모든 폐기능 지표의 유의한 차이가 없었다. 비교군에서 FVC%, FEV₁%를 종속변수로 다중회귀 분석을 시행하였을 때 근무년수가 증가함에 따라 FVC%가 감소하였다.

결론: 소규모 주물공장 근로자는 작업 중 발생하는 분진, 흙, 가스 등의 복합노출로 폐기능이 저하되며, 흡연의 효과가 부가적으로 영향을 미친다고 생각한다. 따라서 폐기능이 저하된 주물공장 근로자에서 주기적인 폐기능 검사가 실시되어야 하며 금연과 효과적인 호흡기 보호구의 착용이 권장된다.

참 고 문 헌

- 1) Oxman AD, Muir DC, Shannon HS, Stock SR, Hnizdo E, Lange HJ. Occupational exposure and chronic obstructive pulmonary diseases: a systemic overview of the evidence. *Am Rev Respir Dis* 1993;148(1):38-48.
- 2) Cohen RA, Patel A, Green FH. Lung disease caused by exposure to coal mine and silica dust. *Semin Respir Crit Care Med* 2008;29(6):651-61.
- 3) Wilson D, Takahashi K, Pan G, Chan CC, Zhang S, Feng Y, Hoshuyama T, Chuang KJ, Lin RT, Hwang JS. Respiratory symptoms among residents of a heavy-industry province in china: prevalence and risk factors. *Respir Med* 2008;102(11):1536-44.
- 4) Takaro TK. Manufacturing Sector. In: Rosenstock L(eds) *Textbook of Clinical Occupational and Environmental Medicine*. 4th ed. Elsevier Inc. Pub. Philadelphia. 2005. pp 239.
- 5) Koo JW, Kim KA, Chung CK. The effect of silica dust on ventilatory function in foundry workers. *Korean J Occup Med* 1998;10(1):94-104. (Korean)
- 6) Wang ML, McCabe L, Hankison JL, Shamssain MH, Gunel E, Lapp NL, Banks DE. Longitudinal and cross-sectional analyses of lung function in steelworkers. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:1907-13.
- 7) Lofstedt H, Westberg H, Selden AI, Rudblad S, Bryngelsson IL, Ngo Y, Svartengren M. Nasal and ocular effects in foundry workers using the hot box method. *J Occup Environ Med* 2011;53(1):43-8.

- 8) Lofstedt H, Westberg H, Selden AI, Lundholm C, Svartengren M. Respiratory symptoms and lung function in foundry workers exposed to low molecular weight isocyanates. *Am J Ind Med* 2009;52(6):455-63.
- 9) Jalloul AS, Banks DE. The Health Effects of Silica Exposure. In: Rom WN(eds) *Environmental and Occupational Medicine*. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins Philadelphia. 2007. pp 365-87.
- 10) Karava R, Hernberg S, Koskela RS, Luoma K. Prevalence of pneumoconiosis in chronic bronchitis in foundry workers. *Scand J Work Environ Health* 1976;2 suppl 1:64-72.
- 11) Zhang M, Zheng YD, Du XY, Lu Y, Li WJ, Qi C, Wu ZL. Silicosis in automobile foundry workers: a 29-year cohort study. *Biomed Environ Sci* 2010;23(2):121-9.
- 12) Low I, Mitchell C. Respiratory disease in foundry workers. *Br J Ind Med* 1985;42(2): 101-5.
- 13) Cockcroft DW, Cartier A, Jones G, Tarlo SM, Dolovich J, Hargreave FE. Asthma caused by occupational exposure to a furan-based binder system. *J Allergy Clin Immunol* 1980;66(6)458-63.
- 14) Zammit-Tabona M, Sherkin M, Kijek K, Chan H, Chan-Yeung M. Asthma caused by diphenylmethane diisocyanate in foundry workers. Clinical, bronchial provocation, and immunologic studies. *Am Rev Respir Dis* 1983;128(2):226-30.
- 15) Malo JL, Zeiss CR. Occupational hypersensitivity pneumonitis after exposure to diphenylmethane diisocyanate. *Am Rev Respir Dis* 1982;125(1):113-6.
- 16) Nemery B, Van Leemputten R, Goemaere E, Veriter C, Bousse L. Lung function measurements over 21 days shiftwork in steelworkers from a strandcasting department. *Br J Ind Med* 1985;42(9):601-11.
- 17) Xu X, Christiani DC, Dockery DW, Wang L. Exposure-response relationship between occupational exposures and chronic respiratory illness: a community based study. *Am Rev Respir Dis* 1992;146(2):413-18.
- 18) Gomes J, Lloyd OL, Norman NJ, Pahwa P. Dust exposure and impairment of lung function at a small iron foundry in a rapidly developing country. *Occup Environ Med* 2001;58(10):656-62.
- 19) Lofstedt H, Westberg H, Selden AI, Lundholm C, Svartengren M. Respiratory symptoms and lung function in foundry workers exposed to low molecular weight isocyanates. *Am J Ind Med* 2009;52(6):455-63.
- 20) Choi JK, Rhee CO, Paek DM, Choi BS, Shin YC, Chung HK. Respiratory health of foundry workers exposed to binding resin. *Korean J Prev Med* 1994; 27(2):274-85. (Korean)
- 21) YI IS. Report of The Census on Establishments (2009). Statistics Korea. Daejeon. 2010. pp 38-81. (Korean)
- 22) Standardization of spirometry, 1994 update. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152(3):1107-36.
- 23) Occupational Safety & Health Research Institute. *Pneumoconiosis Quality Control : Pulmonary Function Test* (Translated by Kim SY). Korean Occupational Safety Health Agency, Occupational Safety & Health Research Institute. Incheon. 2010. pp 119-33. (Korean)
- 24) Knudson RJ, Slatin RC, Lebowitz MD, Burrows B. The maximal expiratory flow-volume curve. normal standards, variability, and effects of age. *Am Rev Respir Dis* 1976;113(5):587-600.
- 25) Kuo HW, Chang CL, Liang WM, Chung BC. Respiratory abnormalities among male foundry workers in central Taiwan. *Occup Med* 1999;49(8):499-505.
- 26) Zuskin E, Mustajbegovic J, Schachter EN, Kern J, Doko-Jelinic J, Godnic-Cvar J. Respiratory findings in workers employed in the brick-manufacturing industry. *J Occup Environ Med* 1998;40(9):814-20.
- 27) Neghab M, Choobineh A. Work-related respiratory symptoms and ventilatory disorders among employees of a cement industry in Shiraz, Iran. *J Occup Health* 2007;49(4):273-8.
- 28) Mwaiselage J, Bratveit M, Moen B, Mashalla Y. Cement dust exposure and ventilatory function impairment: an exposure-response study. *J Occup Environ Med* 2004;46(7):658-67.
- 29) Hnizdo E, Vallyathan V. Chronic obstructive pulmonary disease due to occupational exposure to silica dust: a review of epidemiological and pathological evidence. *Occup Environ Med* 2003;60(4):237-43.
- 30) Lee PN, Fry JS. Systematic review of evidence relating FEV₁ decline to giving up smoking. *BMC Med* 2010; 8:84.
- 31) Tager IB, Segal MR, Speizer FE, Weiss ST. The natural history of forced expiratory volumes. Effect of cigarette smoking and respiratory symptoms. *Am Rev Respir Dis* 1988;138(4):837-49.
- 32) Ross MH, Murray J. Occupational respiratory disease in mining. *Occup Med* 2004;54(5):304-10.
- 33) Hnizdo E, Baskind E, Sluis-Cremer GK. Combined effect of silica dust exposure and tobacco smoking on the prevalence of respiratory impairments among gold miners. *Scand J Work Environ Health* 1990;16(6):411-22.
- 34) Marine WM, Gurr D, Jacobsen M. Clinically important respiratory effects of dust exposure and smoking in British coal miners. *Am Rev Respir Dis* 1988; 137(1): 106-12.
- 35) Myers JE, Garisch D, Myers HS, Cornell JE. A respiratory epidemiological survey of workers in a small South African foundry. *Am J Ind Med* 1987;12(1):1-9.