대한직업환경의학회지 제 23 권 제 3 호 (2011년 9월)
Korean J Occup Environ Med, 2011;23(3):324-332

조선소 근로자들의 폐기능 관련 요인

인제대학교 의과대학 산업의학교실 및 환경·산업의학연구소

박미희 · 서춘희 · 이채관 · 손병철 · 김대환 · 김정호 · 이종태

— **Abstract** —

Pulmonary Functions and Related Factors in Shipyard Workers

Mi-Hee Park, Chun-Hui Suh, Chae-Gwan Lee, Byung-Chul Son
Dae-Hwan Kim, Jeong-Ho Kim, Jong-Tae Lee

Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine &
Institute of Environmental and Occupational Medicine, Inje University

Objectives: The purpose of this study was to evaluate the factors which affect pulmonary function in shipyard workers in order to build a body of basic information that can be used to prevent and manage pulmonary disorders in the future.

Methods: We studied the respiratory symptoms, smoking history, chest radiographies, and pulmonary functions of 793 workers associated with two shipyards from April 2009 to July 2009. The workers were subdivided into 3 groups by job type: welders, grinders, and machinist-managers. The data was analyzed according to job type and other possible impact factors.

Results: Significant differences among job type were seen with dyspnea and coughing during working hours and in the morning. In pulmonary functions, there were significant differences in forced expiratory volume in 1 second (FEV1), forced vital capacity (FVC), peak expiratory flow (PEF), and maximal mid-expiratory flow (MMEF) (except FEV1/FVC%) among job types. Grinders especially showed significantly lower figures in the indices of FEV1, FVC, and MMEF.

Conclusions: Pulmonary function was significantly lower in grinders. Grinders seem to be affected by exposure to a combination of dust particles (silica, lead, and manganese) and irritant gases in the workplace. These results suggested that workers and health officials should work together to adopt technical preventive measures, such as having well- ventilated work areas and appropriate respiratory protective devices.

Key words: Grinding, Welding, Pulmonary function test

서 론

조선소 근로자들은 다양한 유해요인에 복합적으로 노출되고 있으며, 많은 작업들이 밀폐되고 한정된 공간에서 이루어지므로 다른 산업들에 비해 유해요인의 노출 위험성이 더 크다[1]. 선박 건조 과정에서 발생하는 산화철 분진, 각종 중금속(납, 망간, 6가 크롬, 니켈, 카드뮴 등) 및 유해가스 등에 노출되어 나타나는 건강장해 중 호흡기

〈접수일: 2010년 12월 29일, 1차 수정일: 2011년 5월 4일, 2차 수정일: 2011년 6월 20일, 3차 수정일: 2011년 7월 20일,
4차 수정일: 2011년 8월 22일, 채택일: 2011년 8월 22일〉
교신저자: 김 대 환 (Tel: 051-797-0370) E-mail: dhjw92@naver.com
*본 논문은 2010년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.

장해가 중요하다[2,3]. 특히 용접흄, 분진 등의 장기간 노출은 호흡기에 염증을 초래하여 진폐증, 기관지염, 화학적 폐렴 등을 일으키고 폐기능을 감소시킨다[3].

조선소에서 발생하는 진폐증은 주로 용접흄에 의한 용접공폐증(welder's lung)으로 이는 주요 직업병 중의 하나이다. 조선업 용접공폐증의 유병률은 대체로 7.9-8.9% 정도를 보이고 있으며, 작업환경, 용접작업 기간과 시작시점에 의해 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다[4,5].

또한 조선소의 대표적인 분진발생 작업으로 연마작업을 들 수 있으며, 분사연마와 분쇄연마로 구분된다. 조선소 분쇄연마 작업의 분진노출농도는 5.3±8.0 mg/m^{3}으로 23.8%에서 노출기준을 초과하고 있는 것으로 보고되었다[1]. 분사연마의 경우에는 건설업 분사연마 작업자에서 호흡기 분진과 실리카에 많이 노출이 되며[6] 또한 터널공사 근로자에서 폐기능 저하가 보고되어 있다[7].

폐기능 검사는 직업성 호흡기 건강 감시 프로그램에서 중요한 역할을 한다. 폐기능 검사는 호흡기질환을 진단하고, 질병의 경과에서 조기에 호흡기질환을 진단하는데 유용하며, 진찰이나 흉부방사선 검사 전에 문제를 확인할 수 있다[8]. 특정 근로자 집단에서의 폐기능 결과는 잠재적인 직업성 유해인자와 관련하여 평가할 수 있다[9]. 폐기능 검사는 근로자들에서의 폐질환 유무, 환기장애의 유형, 폐기능의 호전과 악화, 어떻게 장애가 발생했는지 등을 결정하는데 유용한 방법이다. 미국에서는 분진, 금속흄, 화학적 증기나 가스에 노출되는 근로자들에게 호흡기 장해를 평가하기 위해 폐기능 검사를 주기적으로 시행하고 있으며[8], 우리나라에서도 2009년부터 특수건강진단에 폐기능 검사가 호흡기 유해인자에 대한 필수 1차 검사항목으로 포함되었다. 본 연구에서는 경남 지역의 조선소에 근무하는 근로자들을 대상으로 폐기능에 영향을 미치는 요인들을 파악하고, 구체적으로는 지금까지 연구가 드물었던 분쇄연마작업자의 폐기능을 평가해 보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2009년 4월부터 2009년 7월까지 경남 지역 2개 조선소와 그 협력업체에서 근무하는 남성 근로자 793명을 대상으로 하였다. 이들 중 한국산업안전보건공단 진폐정도관리지침에 따라 폐기능 검사 결과를 분석하여 적합성과 재현성을 만족하는 결과를 가진 근로자들을 선별하였다[10]. 특수건강진단 문진표의 현재 직업력과 과거력을 참고하여 근로자들을 작업공정에 따라 분류하였다. 그 결과 용접작업자 468명(이하, 용접군)과 분쇄연마작업자 104명(이하, 연마군), 기계장비, 전기 및 전자 장비들을 설치하고 관리하는 103명(이하, 기계-관리군)을 포함한 총 675명을 선정하였다.

2. 연구 방법

1) 기초 자료 수집

건강검진을 통한 설문조사와 신체계측, 흉부방사선 촬영, 폐기능 검사를 실시하였다. 설문조사는 대한산업의학회에서 2000년 개발한 특수건강진단 문진표와 특수건강진단실무지침에 명시된 필수항목을 포함한 구조화된 설문지를 이용하였다[11,12]. 설문은 폐기능 검사를 실시하기 전 본인이 직접 작성하는 것을 원칙으로 하였다. 이 설문조사를 통해 근로자의 직종, 근무기간 등의 직업력, 흡연력, 호흡기계 증상과 병력을 확인하였고, 신체계측을 통해서 신장, 체중에 관한 정보를 얻었다.

2) 폐기능 검사와 자료 선별

폐기능 검사는 대상자를 안정시킨 상태에서 검사자가 검사목적과 검사자세를 설명한 뒤 대상자를 1회 연습시킨 후 앉은 자세에서 측정하였다. 대상자마다 폐기능 검사를 2회 이상 측정하여 가장 적합한 검사치를 선택하였으며 2회 모두 적합하지 않은 경우에는 추가로 2회를 실시하였다. 검사기기는 FlowScreen(Cardinal Health, Germany)을 사용하였다. 폐기능지표로 노력성 폐활량(forced vital capacity; FVC), 1초간 노력성 폐활량(forced expiratory volume in 1 second; FEV1), 최대호기중간유량(maximal mid-expiratory flow; MMEF), 최고호기유속(peak expiratory flow; PEFR) 등을 사용하였다. 폐기능 예측치는 Knudson의 예측식[13]으로 계산하였고 한국산업안전보건공단 진폐정도관리지침에 따라 외삽용적이 FVC의 5% 혹은 0.15L를 초과하는 경우, 최대 호기 유속이 낮은 경우, 첫 1초 내에 기침을 한 경우, 호기 시 유량이 다양하고 측정도중 숨을 들이마신 경우, 고평부에 도달하지 못한 경우, 공기 누출이 있는 경우, 가장 큰 수치의 노력성 폐활량과 다음으로 큰 수치의 노력성 폐활량 값과의 차이가 5% 또는 0.15L를 초과하는 경우 등을 배제하여 적합성과 재현성을 만족하는 폐기능 검사 결과를 가진 사람들을 선별하였다[10].

3) 흉부방사선 소견

영상의학과 전문의 2인이 먼저 독립적으로 1차 판독하였다. 건강검진 흉부방사선필름 판독분류에 따라 A~G까지 분류하고 세부소견을 기술하였다[14]. 그 후 합의과정을 거쳐 최종 판독하였다. 판독소견 상 정상을 보이는 군을 정상군으로, 간질성 폐질환, 폐기종 및 폐실질 음영이 있는 군을 비정상군으로 나누어 분석하였다.

3. 분석 방법

본 연구에서 폐기능 측정치와 호흡기 증상은 관련 인자들을 고려하여 단변량분석과 다중회귀분석을 실시하였다. 연구 대상자들에 대한 일반적 특성은 분산분석(Analysis of variance)과 카이제곱검정(Chi-square test)을 하였고, 작업공정에 따른 호흡기 증상 호소율은 카이제곱검정을 하였다. 연령, 흡연량, 작업공정과 폐기능 측정치와의 관계는 분산분석을 하였고 또한 폐기능 결과를 근무기간으로 층화한 후 작업공정에 따라서 비교분석하였다. 사후분석은 Bonferroni test를 사용하였다. 호흡기 증상 유무, 근무기간, 흉부방사선 이상소견 유무와 폐기능 측정치와의 관계는 t-검정(t-test)을 하였다. 폐기능과 관련된 인자를 파악하기 위해 FEV1, FVC, FEV1/FVC%, PEF, MMEF를 종속변수로 하고 연령, 작업공정, 근무기간, 호흡기 증상 유무, 흉부방사선 소견 등의 변수와 일반적으로 알려진 신장, 체중, 흡연량 등의 변수들을 독립변수로 하여 다중회귀분석(Multiple regression)을 시행하였다. 흡연량을 갑-년(pack-year)으로 계산하였으며 비흡연자인 경우는 0으로 하였다. 연령, 키, 몸무게를 연속변수로 포함시키고 작업 공정은 더미변수 처리를 하였다. 통계분석에는 SPSS for windows 17.0을 이용하였다.

결 과

1. 연구 대상자들의 일반적 특성

연구 대상자는 총 675명으로 용접군이 468명, 연마군이 104명, 기계-관리군이 103명이었다. 연령은 18세부터 76세에 걸쳐 분포하였으며 용접군의 평균 연령은 42.4세로 연마군(44.9세)과 기계-관리군(44.7세)보다 적었다(p=0.048). 평균 신장은 용접군에서 170.0 cm, 연마군에서 169.0 cm, 기계-관리군에서 169.8 cm였고, 평균 체중은 용접군에서 67.3 kg, 연마군에서 66.0 kg, 기계-관리군에서 67.8 kg이었다. 평균 근무기간은 연마군이 7.5년으로 가장 적었고 용접군이 10.9년, 기계-관리군이 10.7년으로 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.015). 흡연습관은 비흡연자가 165명, 과거흡연자가 52명, 현재흡연자가 431명으로 세 군간 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p=0.247). 흉부방사선 이상소견 유무는 세 군간 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p=0.672) (Table 1).

2. 작업공정에 따른 호흡기 증상 호소율과 폐기능의 차이

본 연구에서 작업 중 호흡기 증상은 용접군과 연마군에서 비슷한 빈도로 호소하였으며 기계-관리군보다 많았고 통계적으로 유의하였다(p=0.042). 기상시 호흡기 증상은 용접군에서 가장 많이 호소하였으며 통계적으로 유의하였다(p=0.022). 휴일 다음날 호흡기 증상은 용접군에서 가장 많이 호소하였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.081). 세 가지 질문 중 하나 이상 존재한다고 응답한 근로자는 용접군에서 가장 높은 빈도를 보였다(p=0.005)(Table 2).

폐기능 검사상 FEV1이 용접군에서 3.6 L, 연마군에서 FEV1이 3.4 L, 기계-관리군에서 3.6 L였고 FVC은 용접군에서 4.6 L, 연마군에서 4.5 L, 기계-관리군에서 4.7 L로 연마군에서 가장 낮은 수치를 보였다. $FEV_1/FVC\%$은 용접군에서 78.5%, 연마군에서 75.3%, 기계-관리군에서 76.5%였고 MMEF는 용접군에서 3.3 L/sec, 연마군에서 2.9 L/sec, 기계-관리군에서 3.2 L/sec로 연마군에서 가장 낮은 수치를 보였다.

Table 1. General characteristics of study subjects

Mean±S.D. or n(%)

Variables	Welder (n=468)	Grinder (n=104)	Machinist-manager (n=103)	Total (n=675)	p-value
Age (years)	42.4±10.9	44.9±13.1	44.7±11.9	43.2±11.4	0.048*
Height (cm)	17.0± 5.5	169.0± 6.5	169.8± 6.1	169.8± 5.8	0.343*
Body weight (kg)	67.3± 8.1	66.0± 9.6	67.8± 9.2	67.2± 8.5	0.277*
Work duration (years)	10.9±10.6[b]	7.5± 9.0[a]	10.7±12.1[ab]	10.3±10.7	0.015*
Smoking statu					
Non-smokers	112 (24.9)	32 (32.7)	21 (21.0)	165	0.247†
Ex-smokers	39 (8.7)	4 (4.1)	9 (9.0)	52	
Current smokers	299 (66.4)	62 (63.3)	70 (70.0)	431	
Chest radiograph					
Normal	427 (91.2)	92 (88.5)	93 (90.3)	612	0.672†
Abnormal	41 (8.8)	12 (11.5)	10 (9.7)	63	

* by ANOVA, the same letters mean same group by Bonferroni grouping, post hoc test, † by Chi-square test, n: Number, S.D.: Standard deviation.

Table 2. Frequency of respiratory symptoms by working process n(%)

Variables	Welder (n=458)	Grinder (n=98)	Machinist-manager (n=100)	p-value*
Question 1	36(7.9)	8(8.2)	1(1.0)	0.042
Question 2	71(15.5)	7(7.1)	8(8.0)	0.022
Question 3	35(7.6)	3(3.1)	3(3.0)	0.081
Question T	96(21.0)	12(12.2)	9(9.0)	0.005

Question 1 : I am short of breath while working.
Question 2 : When I wake up, I have sputum or I cough frequently.
Question 3 : I cough frequently on the job after day off.
Question T : Question 1 or Question 2 or Question 3.
* by Chi-square test.
n: Number.

Table 3. Pulmonary function by working process Mean±S.D

Variables	Welder (n=468)	Grinder (n=104)	Machinist-manager (n=103)	p-value*
FEV1 (l)	3.6± 0.6[b]	3.4± 0.6[a]	3.6± 0.7[b]	0.002
FEV1 (%)	101.9±14.8[ab]	99.6±16.1[a]	105.6±13.1[b]	0.012
FVC (l)	4.6± 0.7[ab]	4.5± 0.7[a]	4.7± 0.7[b]	0.021
FVC (%)	108.9±15.1[a]	109.6±18.0[ab]	113.7±15.3[b]	0.021
FEV1/FVC (%)	78.5±23.8	75.3± 9.0	76.5± 8.0	0.268
PEF (l /sec)	9.0± 1.6[b]	8.5± 1.7[a]	8.9± 1.5[ab]	0.008
MMEF (l /sec)	3.3± 1.1[b]	2.9± 1.2[a]	3.2± 1.3[ab]	0.015
MMEF (%)	86.4±27.5[b]	78.6±29.2[a]	85.6±25.2[ab]	0.032

* by ANOVA, the same letters mean same group by Bonferroni grouping, post hoc test, n: Number, S.D.: Standard deviation.

분석 결과 FEV1/FVC%을 제외한 FEV1, FVC, PEF, MMEF와 각각의 예측치는 작업공정에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 사후 분석 결과 FEV1, FEV1%, FVC 항목에서 연마군이 기계-관리군보다 유의하게 낮은 수치를 보였고 PEF, MMEF, MMEF% 항목에서 연마군이 용접군보다 통계적으로 유의하게 낮은 수치를 보였다(Table 3).

3. 근무기간에 따른 폐기능의 차이

근무기간에 따른 폐기능의 차이를 비교했을 때 근무기간이 5년 이하인 군에 비해 5년 이상 근무한 군에서 FEV1, FVC, FEV1/FVC%, PEF, MMEF가 낮은 수치를 보였다. 5년 이상 근무한 군에서 폐기능 예측치인 FEV1%와 FVC%는 높게 나타났고 MMEF%는 낮게 나타났다($p<0.05$)(Table 4).

폐기능 결과를 근무기간으로 층화한 후 작업공정에 따라서 비교분석한 결과 근무기간이 5년 이하일 때 FEV1%가 세 군간 유의한 차이를 보였다($p=0.048$). 근무기간이 5년 초과일 때는 FVC%, FEV1/FVC%, MMEF%에서 세 군간 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 사후분석 시 FVC%에서는 용접군이 기계-관리군보다 유의하게 낮았으며 FEV1/FVC%, MMEF%에서는 연마군이 용접군보다 유의하게 낮았다(Table 5).

Table 4. Pulmonary function by work durations

Mean±S.D.

Variables	Work duration (years)		p-value*
	≤5 (n=321)	>5 (n=348)	
FEV1 (l)	3.7±0.6	3.4±0.7	<0.001
FEV1 (%)	100.3±13.5	103.5±15.9	0.005
FVC (l)	4.7±0.7	4.5±0.7	0.001
FVC (%)	106±13.8	113.1±16.6	<0.001
FEV1/FVC (%)	80.3±28.2	75.2±8.0	0.001
PEF (l /sec)	9.1±1.6	8.7±1.6	0.006
MMEF (l /sec)	3.5±1.1	2.9±1.1	<0.001
MMEF (%)	88.3±25.5	81.6±28.9	0.002

* by t-test, n: Number, S.D.: Standard deviation.

4. 연령, 흡연량, 호흡기 증상, 흉부방사선 소견과 폐기능과의 관계

폐기능은 작업공정 이외에도 연령, 흡연 등의 변수에도 영향을 받을 수 있기 때문에 이런 변수의 영향을 조사하였다. 각 집단의 폐기능은 연령에 따라 감소하는 양상을

Table 5. Pulmonary function by work durations in three working process Mean±S.D

Variables	Work duration ≤5 years (n=321)			p-value*	Work duration >5 years (n=348)			p-value*
	Welder	Grinder	Machinist-manager		Welder	Grinder	Machinist-manager	
FEV1 (%)	99.6±13.2	99.1±14.1	104.4±13.4	0.048	103.6±15.8	99.8±18.4	106.6±12.8	0.116
FVC (%)	105.7±13.2	104.3±15.4	109.0±14.0	0.170	111.5±16.1[a]	116.4±18.9[ab]	118.5±15.2[b]	0.008
FEV1/FVC (%)	80.9±34.4	79.2±6.4	79.6±6.7	0.902	76.7±7.3[b]	70.0± 9.0[a]	73.1± 8.0[a]	<0.001
MMEF (%)	86.8±25.7	88.4±25.4	94.1±24.7	0.176	85.9±29.1[b]	64.3±26.5[a]	75.9±22.7[a]	<0.001

* by ANOVA, the same letters mean same group by Bonferroni grouping, post hoc test.
n: Number, S.D.: Standard deviation.

Table 6. Pulmonary function by existed respiratory symptoms Mean±S.D.

Variables	Symptom		p-value*
	Existed (n=117)	Non-existed (n=539)	
FEV1 (%)	98.3±13.0	102.7±15.1	0.001
FVC (%)	104.8±13.0	110.6±16.0	<0.001
FEV1/FVC (%)	78.1±7.9	77.7±22.5	0.834
MMEF (%)	85.5±26.4	84.7±27.6	0.778

* by t-test.
n: Number, S.D.: Standard deviation.

Table 7. Pulmonary function by existed abnormal finding in chest radiographs Mean±S.D.

Variables	Chest radiograph		p-value*
	Normal (n=612)	Abnormal (n=63)	
FEV1 (%)	102.7±14.3	95.8±18.6	0.005
FVC (%)	109.6±15.6	111.6±16.1	0.324
FEV1/FVC (%)	78.5±20.9	69.7±11.6	0.001
MMEF (%)	87.1±26.4	65.2±30.6	<0.001

* by t-test.
n: Number, S.D.: Standard deviation.

보였으며 모든 지표에서 통계적으로 유의하였다. 각 집단의 폐기능과 흡연량은 통계적으로 유의한 관련성이 있었고 10갑년 미만의 흡연력을 가진 사람에서 폐기능이 가장 높은 양상을 보였다.

FEV_1%, FVC%에서 호흡기 증상이 있는 군이 없는 군보다 유의하게 낮았다. FEV_1/FVC%, MMEF%는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 6). 흉부방사선 상 이상소견으로 비활동성 폐결핵 43명, 폐기종 12명, 무기폐 3명, 간질성 폐질환 3명, 그 외 폐음영 증가가 관찰되었다. 흉부방사선 상 이상소견이 있는 군에서 없는 군보다 폐기능이 감소하는 양상 보였으며 통계적으로도 유의하였다(Table 7).

5. 폐기능 관련인자에 대한 다중회귀분석

FEV_1와 FVC에서 유의한 독립변수로 연령, 신장, 호흡기 증상 유무, 흉부방사선 소견, 작업 공정(Grinder vs Machinist-manager)이 선정되었다. MMEF에서는 연령, 흉부방사선 소견, 작업공정(Grinder vs Machinist-manager)이 유의한 변수였다. FEV_1/FVC%에서 연령을 제외한 다른 변수는 유의하지 않았다. 작업공정(Grinder vs Machinist-manager)은 FEV_1, FVC, MMEF에서 유의한 독립변수였다(Table 8).

고 찰

본 연구 대상 중 연마군은 분쇄연마작업자로 이들은 주로 용접부위의 돌출된 곳을 갈아내어 표면을 매끄럽게 하기 위해 주로 숫돌과 같은 연마재를 사용한다. 연마작업에서 발생하는 분진은 주로 산화철 분진으로 함유된 유리규산의 함량에 따라 유해정도가 달라지는 특성이 있다. 만약 연마하고자 하는 금속이 합금강이라면 그 합금성분에 따라 크롬, 니켈, 납, 카드뮴, 산화철, 베릴륨, 안티몬, 코발트, 텅스텐, 바나듐과 같은 금속이 발생할 수 있다. 특히 스테인레스강을 연마할 때는 많은 양의 크롬과 니켈이 발생되므로 주의해야 한다. Stridsklev 등은 스테인리스강 연마작업 시 공기 중 크롬과 니켈의 농도와 연마작업자의 체액의 크롬과 니켈의 농도를 1주일간 모니터링하였다. 그 결과 공기 중 크롬은 18.97 $\mu g/m^3$, 니켈은 18.92 $\mu g/m^3$ 수준이었으며, 체액에서 크롬은 용접작업자보다 낮은 수준의 농도를 보였고 니켈은 용접작업자와 유사한 수준의 농도를 보였음을 보고하였다[15]. 용접작업 시에는 산화철, 납, 크롬, 니켈, 알루미늄, 구리, 망간, 산

Table 8. Multiple linear regression by related variables of pulmonary function

Variables	FEV1			FVC			FEV1/FVC (%)			MMEF		
	*β**	SE	p-value	*β**	SE	p-value	*β**	SE	p-value	*β**	SE	p-value
Constant	-4.178	0.748	<0.001	-7.638	0.778	<0.001	126.675	32.975	<0.001	2.579	1.444	0.075
Working proces												
(Welder vs Machinist-manager)	-0.100	0.060	0.099	-0.107	0.082	0.090	1.222	2.663	0.647	-0.143	0.117	0.221
(Grinder vs Machinist-manager)	-0.266	0.078	0.001	-0.163	0.081	0.045	-2.473	3.443	0.473	-0.514	0.151	0.001
Age (years)	-0.015	0.002	<0.001	-0.006	0.003	0.029	-0.393	0.108	<0.001	-0.05	0.005	<0.001
Height (cm)	0.050	0.005	<0.001	0.074	0.005	<0.001	-0.221	0.213	0.299	0.014	0.009	0.139
Body weight (kg)	0.003	0.003	0.424	0.000097	0.003	0.977	0.105	0.14	0.456	0.011	0.006	0.079
Respiratory symptom (yes vs no)	-0.116	0.055	0.035	-0.141	0.057	0.014	-1.497	2.422	0.537	-0.086	0.106	0.416
Tobacco consumption (pack-year)	-0.001	0.002	0.736	0.003	0.002	0.167	-0.071	0.081	0.384	-0.002	0.004	0.513
Chest radiograph (abnormal vs normal)	-0.399	0.079	<0.001	-0.199	0.082	0.016	-6.481	3.494	0.064	-0.619	0.153	<0.001
Work duration (years)	-0.004	0.002	0.127	-0.002	0.003	0.400	-0.034	0.107	0.749	-0.004	0.005	0.435

* Regression coefficient, SE: Standard error, The reference group is the latter.

화아연 등의 금속흄과 이산화질소, 일산화질소, 오존, 일산화탄소, 포스겐 등의 유해가스에 노출될 수 있다.

용접작업자와 연마작업자에서 이러한 유해물질에 대한 노출은 폐기능의 저하를 초래할 수 있다. 니켈에 노출된 근로자에서는 만성 기관지염과 폐기능 감소가 나타났으며 동물 실험에서도 니켈과 그 화합물이 폐의 염증을 유발하는 것으로 나타났다[16]. 크롬에 직업적으로 노출되면 폐기능 감소, 염증 등 호흡기계에 영향을 준다[17]. 크롬 도금 작업자에서 8시간 동안 2 ㎍/m^3 이상에 노출되면 폐기능이 순간적으로 감소하였다[18]. 크롬 광석 분진에 노출되는 광부는 비노출군에 비해 FEV1, FVC, PEF, FEV_1,%가 감소되었다[19]. 조선소 근로자들에서는 FEV_1, FEV_1%, PEF이 평균 흄노출량과 관련성이 있다[20]. 용접작업자와 비용접작업자의 폐기능을 비교한 연구에서 용접공의 FEV_1, FVC, PEF, MMEF가 유의하게 낮았다는 보고가 있고 FEV_1/FVC%와 forced expiratory flow (FEF)가 낮았다는 보고도 있었다[21,22]. 본 연구에서도 유해물질에 노출되는 근로자에서 폐기능에 대한 효과를 확인할 수 있다. 폐기능 검사 결과 폐기능 예측치 중 폐포의 용적과 관련 있는 FVC%는 일반적으로 예측되는 수치에 비해 상대적으로 높거나 비슷하게 유지된 반면, 기도폐쇄 시 낮아지는 FEV^1/FVC%, MMEF%가 현저히 감소되어 유해물질들이 기도폐쇄에 영향을 더 많이 준다고 생각된다. 그리고 FEV^1/FVC%를 제외한 전체 폐기능 지표에서 작업공정에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 특히 연마작업자에서 다른 작업자들보다 폐기능의 저하가 뚜렷하게 나타났다. 폐기능과 관련된 요인을 조사하기 위해 다중회귀분석을 실시한 결과 작업공정은 FEV_1, FVC, MMEF에서 유의한 독립변수였고 그 중 연마군과 기계-관리군을 비교했을 때 뚜렷한 관련성을 볼 수 있었다.

연마작업자에서 나타나는 폐기능의 저하는 연마하는 금속과 연마재에서 발생하는 유리규산과 납, 망간, 니켈 등 각종 금속 입자의 노출과 관련이 있을 것으로 생각된다. 과거에는 연마작업에 의해 마이크로미터 크기의 입자는 발생하지만 초미세 입자는 발생하지 않는다고 생각되었으나 연구를 통해 연마작업 중 발생하는 입자의 크기 분포는 0.0042-20.5 ㎛로 나타났으며 초미세 입자는 연삭기 모터나 가공금속 표면에서의 연소와 휘발에 의해 발생 가능한 것이 밝혀졌다[23]. 초미세 입자가 세포간질을 통과해서 대식세포나 다른 세포들과 접촉하며, 초미세 입자가 축적되어 대식세포가 처리할 수 있는 양을 넘어서면 상피세포와 상호작용하여 염증을 유발하며 산화라디칼이 발생하여 세포에 산화적 손상을 주며 이런 과정에 의해 초미세 입자가 미세 입자보다 더 큰 독성을 나타낼 수 있다[24].

그리고 금속흄에 존재하는 코발트나 니켈이 기침, 호흡

곤란 등의 천식 증상을 유발하는데 국내 조선소 용접작업의 니켈 농도 범위는 0.00~0.55 mg/m^3, 연마작업의 니켈 농도 범위는 0.001~0.004 mg/m^{3}로 용접작업에서 더 높은 경향을 보였다[1]. 그리고 용접흄은 직업성 천식을 유발하는 물질로 알려져 있으며 용접작업자의 직업성 천식 유병률은 22%로 높으며, 용접작업이 호흡기 증상과 직업성 천식을 유발한다는 보고가 있다[25]. 용접작업자와 비용접작업자의 호흡기 증상을 비교했을 때 용접작업자에서 기침, 객담, 호흡곤란 등의 증상이 많이 나타났다는 보고도 있다[26]. 본 연구에서 작업 중 호흡기 증상은 용접군과 연마군에서 비슷한 빈도로 호소하였으며 기계-관리군보다 많았다. 호흡기 증상이 있는 군이 없는 군보다 FEV_1%, FVC%가 유의하게 낮았다. 그러나 호흡기 증상을 기침, 객담, 콧물, 인후통, 흉부 불쾌함 등으로 세분화하여 평가하지는 않았다. 향후 호흡기 증상을 세분화하여 영향을 평가하는 연구가 시도되어야 할 것으로 생각된다.

용접흄 노출기간에 따라 9년 이하군, 10-19년군, 20년 이상군으로 나누었을 때 폭로기간이 길수록 FVC, FEV^1이 유의하게 감소했다는 보고가 있다[27]. 다른 연구에서는 노출기간과 폐기능은 의미 있는 관계를 나타냈으며 10년 이상 근무한 용접작업자가 10년 이하 근무한 군보다 폐기능 이상이 더 높게 나타났다(44.4% vs 13.3%)[28]. 본 연구에서는 근무기간이 5년 이하인 군에 비해 5년 이상인 군에서 폐기능이 감소하는 경향을 보였다. 그러나 5년 이상 근무한 군의 평균 연령은 47.8세로 5년 이하인 군의 평균 연령인 38.1세보다 높았고 평균 흡연량도 유의하게 많았다. 5년 이상 근무한 군의 평균 신장은 169.0 cm, 평균 체중은 66.4 kg으로 5년 이하 근무한 군의 평균 신장 170.7 cm, 평균 체중 68.1 kg 보다 유의하게 적었다. 다중회귀분석으로 보정된 후에는 근무기간에 의한 영향이 관찰되지 않았는데 평균 연령과 신장의 차이 때문에 근무기간이 5년 이상인 군에서 폐기능의 감소가 관찰된 것으로 생각된다.

또한 흉부방사선 상 이상소견이 있는 군에서 없는 군보다 폐기능이 의미 있게 감소하였고, 다중회귀분석 시에도 FEV_1, FVC, PEF, MMEF 항목에서 유의한 독립변수였다. 코크스로 근로자들의 폐기능 연구에서도 흉부방사선상 이상소견이 있는 군에서 없는 군보다 FEV_1, FVC, PEF, MMEF과 그 예측치가 유의하게 낮아 본 연구와 일치하였다[29].

본 연구는 단면연구의 제한점을 가지고 있으며 대상자 직업 분류 과정에서 특수건강진단 문진표의 현재 직업력과 과거력을 고려하였지만 회상 바이어스의 작용 등으로 오분류의 가능성이 있다. 또한 방사선소견에서 이상을 보인 수가 적어 이상유형에 따라 세분화해서 평가하지는 못하였고 호흡보호구 착용, 일일 근무시간 등 폐기능에 영향을 줄 수 있는 다른 요인들을 조사하지 못하였다. 향후 이런 제한점들을 보완한 보다 체계적이고 장기적인 추가 연구가 필요할 것이라 생각된다. 그러나 기존의 용접작업 중심의 폐기능 평가를 벗어나 다른 작업들로 폐기능 평가를 확대하였고 2009년도부터 대규모로 시행된 폐기능 검사에 대한 분석과 관련된 인자들을 파악한 것에서 의의가 있다고 생각된다.

결론적으로 조선소 근로자에서는 작업공정, 근무기간과 연령, 신장, 흉부방사선 이상소견 유무가 폐기능과 관련이 있는 인자였다. 특히 작업공정을 비교했을 때는 연마군에서 다른 군보다 폐기능의 감소가 유의하게 나타났으며 이것은 연마하는 금속과 연마재에서 발생하는 유리규산과 납, 망간, 니켈 등 각종 금속 입자의 노출과 관련이 있을 것으로 생각된다. 따라서 특수건강검진에서 폐기능을 감시하는 한편, 작업공정에 따른 작업 환경 관리와 보호구 착용 및 교육 등의 다각적인 폐기능 관리가 필요할 것이다.

요 약

목적: 본 연구에서는 경남 지역 2개 조선소와 그 협력업체 근로자들을 대상으로 폐기능에 영향을 미치는 요인들을 파악하고, 구체적으로는 용접작업자의 폐기능 저하를 재확인하는 한편, 지금까지 연구가 드물었던 분쇄연마작업자와 다른 작업자의 폐기능을 평가해 보고자 하였다.

방법: 2009년 4월부터 2009년 7월까지 경남 지역 2개 조선소와 그 협력업체에서 근무하는 남성 근로자 793명을 대상으로 건강검진을 통한 설문조사와 신체계측, 흉부방사선 촬영, 폐기능 검사를 수행하였다. 이들 중 한국산업안전보건공단 진폐정도관리지침에 근거하여 적합성과 재현성이 인정되는 675명을 선별한 후 작업에 따라 용접군, 연마군, 기계-관리군으로 세분하였다. 폐기능 측정치와 호흡기 증상은 관련 인자들을 고려하여 단변량분석과 다중회귀분석을 실시하였다.

결과: 호흡기 증상 중 작업 중 기침과 호흡곤란은 연마군에서, 기상시 객담과 기침은 용접군에서 다른 두 군보다 많이 나타났다. 폐기능 검사 결과 FEV_1/FVC%을 제외한 폐기능 지표에서 작업공정에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 사후 분석 결과 FEV_1, FEV_1%, FVC 항목에서 연마군이 기계-관리군보다 유의하게 낮았고 PEF, MMEF, MMEF% 항목에서 연마군이 용접군보다 통계적으로 유의하게 낮았다. 폐기능 결과를 근무기간으로 층화한 후 작업공정에 따라 비교분석한 결과 근무기간이 5년 이하인 경우보다 5년 초과한 경우 작업공정간 폐기능의 차이가 더 잘 나타났다. 폐기능과 관련된 요인

을 조사하기 위해 다중회귀분석을 실시한 결과 작업공정은 FEV_1, FVC, MMEF에서 유의한 독립변수였고 그 중 연마군과 기계-관리군을 비교했을 때 뚜렷한 관련성을 볼 수 있었다.

결론: 조선소 근로자에서는 작업공정, 근무기간과 연령, 신장, 흉부방사선 이상소견 유무가 폐기능과 관련이 있는 인자였다. 특히 작업공정을 비교했을 때는 연마군에서 폐기능의 감소가 유의하게 나타났으며 이것은 연마하는 금속과 연마재에서 발생하는 유리규산과 납, 망간, 니켈 등 각종 금속 입자의 노출과 관련이 있을 것으로 생각된다. 따라서 특수건강검진에서 폐기능을 감시하는 한편, 작업공정에 따른 작업 환경 관리와 보호구 착용 및 보건교육 등의 다각적인 폐기능 관리가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

1) Korea Occupational Safety & Health Agency. Handbook of occupational safety by the types of industry. Occupational Safety & Health Research Institute. Incheon. 1999. pp 657-711. (Korean) (translated by Park MH)
2) Amy JB. Welders and Joiners. In: Occupational, Industrial, and Environmental Toxicology. 2nd ed. Mosby. Philadelphia. 2003. pp 398-405.
3) Puntoni R, Merlo F, Borsa L, Reggiardo G, Garrone E, Ceppi M. A historical cohort study among shipyard workers in Genoa, Italy. Am J Ind Med 2001;40(4): 363-70.
4) Lee CU, Lee JT, Shon HS, Kim SC, Pae KT, Park HJ, Kim YW, Yun IG. The epidemiologial study on the welders' pneumoconiosis among shipyard welders in Pusan area. Korean J Prev Med 1989;22(1):153-61. (Korean)
5) Sohn HS, Choi SY, Yu YJ, Lee CU. Welders' pneumoconiosis of shipyard and related factors. Korean J Occup Environ Med 1994;6(1):143-52. (Korean)
6) Rappaport SM, Goldberg M, Susi P, Herrick RF. Excessive exposure to silica in the US construction industry. Ann Occup Hyg 2003;47(2):111-22.
7) Bakke B, Ulvestad B, Stewart P, Eduard W. Cumulative exposure to dust and gases as determinants of lung function decline in tunnel construction workers. Occup Environ Med 2004;61(3):262-9.
8) California Department of Public Health. Workplace Pulmonary Function Testing. Available: http://www.cdph.ca.gov/programs/hesis/Documents/pft.pdf [cited 3 April 2011].
9) Centers for Disease Control and Prevention. Spirometry. Available: http://www.cdc.gov/niosh/topics/spirometry [cited 3 April 2011].
10) Korea Occupational Safety & Health Agency. Quality control of pneumoconiosis, pulmonary function test. Occupational Safety & Health Research Institute. Incheon. 2001. pp 107-27. (Korean) (translated by Park MH)
11) Korea Occupational Safety & Health Agency. Physical examination health diagnosis practices. vol. 1.: Outline of specific medical examination, 2009. Korea Occupational Safety & Health Agency. Incheon. 2009. pp 39-62. (Korean) (translated by Park MH)
12) Korea Occupational Safety & Health Agency. Annual Report: Development of questionnaire of specific medical examination and its evaluation method. Available: http://oshri.kosha.or.kr/bridge?menuId=901 [cited 9 June 2011]. (Korean) (translated by Park MH)
13) Knudson RJ, Lebowitz MD, Holdberg CJ, Burrows B. Changes in normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. Am Rev Respir Dis 1983;127(6):725-34.
14) National Health Insurance Corporation. Service management of medical examination in 2009. Available: http://www.nhic.or.kr/cms/board/board/Board.jsp?searchType=ALL&searchWord=&list_start_date=&list_end_date=&pageSize=&branch_id=&branch_child_id=&communityKey=B0063&pageNum=1&list_show_answer=N&act=LIST [cited 9 June 2011]. (Korean) (translated by Park MH)
15) Stridsklev IC, Schaller KH, Langård S. Monitoring of chromium and nickel in biological fluids of grinders grinding stainless steel. Int Arch Occup Environ Health 2007;80(5):450-4.
16) Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Toxicological Profile for Nickel. Available: http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=245&tid=44 [cited 9 June 2011].
17) Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Toxicological Profile for Chromium. Available : http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/TP.asp?id=62&tid=17 [cited 9 June 2011].
18) Lindberg E, Hedenstierna G. Chrome plating: symptoms, findings in the upper airways, and effects on lung function. Arch Environ Health 1983;38(6):367-74.
19) Osim EE, Tandayi M, Chinyanga HM, Matarira HT, Mudambo KK, Musabayane CT. Lung function, blood gases, pH and serum electrolytes of small-scale miners exposed to chrome ore dust on the Great Dyke in Zimbabwe. Trop Med Int Health 1999;4(9):621-8.
20) Cotes J, Feinmann E, Male V, Rennie F, Wickham C. Respiratory symptoms and impairment in shipyard welders and caulker/burners. Br J Ind Med 1989; 46(5):292-301.
21) Ozdemir O, Numanoğlu N, Gönüllü U, Savaü I, Alper D, Gürses H. Chronic effects of welding exposure on pulmonary function tests and respiratory symptoms. Occup Environ Med 1995;52(12):800-3.
22) Fidan F, Unlü M, Köken T, Tetik L, Akgün S, Demirel R, Serteser M. Oxidant-antioxidant status and pulmonary function in welding workers. J Occup Health 2005;47(4):286-92.
23) Anthony TZ, Andrew DM. Investigation of the aerosols

produced by a high-speed, hand-held grinder using various substrates. Ann Occup Hyg 2002;46(8):663-72.
24) Donaldson K, Li XY, MacNee W. Ultrafine (nanometer) particle mediated lung injury. J Aerosol Sci 1998; 29:553-60.
25) Temel O, Sakar Coskun A, Yaman N, Sarioglu N, Alkac C, Konyar I, Ozgen Alpaydin A, Celik P. Cengiz Ozyurt B, Keskin E, Yorgancioglu A. Occupational asthma in welders and painters. Tuberkuloz ve toraks 2010;58(1):64-70.
26) Bradshaw LM, Fishwick D, Slater T, Pearce N. Chronic bronchitis, work related respiratory symptoms, and pulmonary functions in welders in New Zealand. Occup Environ Med 1998;55(3):150-4.
27) Sohn HS, Kim SJ, Kim JH, Lee CU, Jeong KW, Cho GI, Jun JH, Bae KT. Radiographic findings by the state of exposure to welding fumes and pulmonary function test in pneumoconiosis of shipyard welders. Korean J Occup Environ Med 1991;3(2):200-8. (Korean)
28) Rastogi SK, Gupta BN, Husain T, Mathur N, Srivastava S. Spirometric abnormalities among welders. Environ Res 1991;56(1):15-24.
29) Chau N, Bertrand JP, Guenzi M, Mayer L, Téculescu D, Mur JM, Patris A, Moulin JJ, Pham QT. Lung function in retired coke oven plant workers. Br J Ind Med 1992;49(5):316-25.
30) Munoz X, Cruz MJ, Freixa A, Guardino X, Morell F. Occupational asthma caused by metal arc welding of iron. Respiration 2009;78(4):455-9.
31) Han SG, Kim YH, Kashon ML, Pack DL, Castranova V, Vallyathan V. Correlates of oxidative stress and free-radical activity in serum from asymptomatic shipyard welders. Am J Respir Crit Care Med 2005; 172(12):1541-8.
32) Antonini JM, Stone S, Roberts JR, Chen B, Schwegler-Berry D, Afshari AA, Frazer DG. Effect of short-term stainless steel welding fume inhalation exposure on lung inflammation, injury, and defenses in rats. Toxicol Appl Pharmacol 2007;223(3):234-45.
33) Beach JR, Dennis JH, Avery AJ, Bromly CL, Ward RJ, Walters EH, Stenton SC, Hendrick DJ. An epidemiologic investigation of asthma in welders. Am J Respir Crit Care Med 1996;154(5):1394-400.
34) Li GJ, Zhang LL, Lu L, Wu P, Zheng W. Occupational exposure to welding fume among welders: alterations of manganese, iron, zinc, copper, and lead in body fluids and the oxidative stress status. J Occup Environ Med 2004;46(3):241-8.
35) Ozdemir O, Numanoglu N, Gonullu U, Savas I, Alper D, Gurses H. Chronic effects of welding exposure on pulmonary function tests and respiratory symptoms. Occup Environ Med 1995;52(12):800-3.
36) Aaron SD, Dales RE, Cardinal P. How accurate is spirometry at predicting restrictive pulmonary impairment? Chest 1999;115(3):869-73.
37) Canals-Borrajo G, Martínez-Andión B, Cigüenza-Fuster ML, Esteva M, San Martín MA, Roman M, Góngora M. Spirometry for detection of undiagnosed chronic obstructive pulmonary disease in primary care. Eur J Gen Pract 2010;16(4):215-21.