

## 용접흡 폭로 근로자들의 폐기능에 관한 연구

홍영습 · 김병권 · 김성률 · 담도은 · 김정만 · 정갑열 · 김준연

동아대학교 의과대학 예방의학교실 및 산업의학연구소, 동아의료원 건강관리과

- Abstract -

### Study on the Pulmonary Function in Welding Fume Exposed Workers

Young Seoub Hong · Byoung Gwon Kim · Sung Ryul Kim · Do Won Dam  
Jung Man Kim · Kap Yull Jung · Joon Youn Kim

Department of Preventive Medicine and Industrial Medicine Research Institute,  
College of Medicine, Dong-A University  
Department of Health Care, Dong-A Medical Center

In order to study the effect of welding fume exposure upon the pulmonary function test, we examined 131 shielded arc welding workers, and 152 CO<sub>2</sub> arc welding workers as cases and 177 control workers for their general characteristics, and forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV<sub>1.0</sub>), forced expiratory volume in one second as a percent of FVC (FEV<sub>1.0</sub>%), and maximal mid-expiratory flow (MMF) were obtained from the spirogram. In shielded arc welding group and CO<sub>2</sub> arc welding group, FVC, FEV<sub>1.0</sub>, FEV<sub>1.0</sub>%, and MMF were significantly decreased than control group, especially marked in the MMF finding. The distribution of workers below normal range was as follows: in the

shielded arc welding group, 2 workers(1.5%) for FVC, 17 workers(13.0%) for FEV<sub>1.0</sub>, 5 workers(3.8%) for FEV<sub>1.0</sub>%, 28 workers(21.4%) for MMF, and in the CO<sub>2</sub> arc welding group, 3 workers(2.0%) for FVC, 25 workers(16.4%) for FEV<sub>1.0</sub>, 8 workers(5.3%) for FEV<sub>1.0</sub>%, and 37 workers(24.3%) for MMF, and significant increase by exposure duration was found in MMF. The distribution of workers who had ventilation impairment was as follows: 5 workers(3.8%) for obstructive type, 2 workers(1.5%) for restrictive type in the shielded arc welding group, and 7 workers(4.6%) for obstructive type, 2 workers(1.3%) for restrictive type, and 1 worker(0.6%) was combined type of the CO<sub>2</sub> arc welding group. In the respect of these results, the significant pulmonary function and ventilatory impairment were observed in welding fume exposed workers who had not abnormal finding in chest X-ray, and MMF considered as the most sensitive pulmonary function index by welding fume exposure. Therefore even if it is hard to doing pulmonary function test in the first health examination of workers according to the Industrial Safety Health Act in the welding fume exposure workers, it is desirable to consider doing PFT. Also evaluating the ventilation impairment, it is necessary, to observe the change of MMF that marker of effort-independent portion.

*Key words : welding fume exposed workers, pulmonary function test, pulmonary function and ventilatory impairment*

---

\* 본 연구는 1992년도 동아대학교 학술연구조성비의 일부보조로 이루어 졌음

## 서 론

산업의 발달에 따라 금속공작의 필수도구인 용접 작업은 기술의 진일보를 거듭하여 많은 분야의 산업, 특히 선박, 자동차, 항공기, 철도, 건축, 화학, 전기 등의 공업에서 널리 이용되고 있으며 이와 더불어 용접공의 숫적 증가도 동반되어 산업사회의 중요한 직종이 되고 있다. 용접작업은 크게 용융용접(fusion welding)과 비용융용접(nonfusion welding)으로 구분되며, 열원의 종류 및 용접방식에 따라 용융용접에는 아크용접, Electro Slag용접, 전자흡용접, 레이저용접, 가스용접 등이 있고 비용융용접에는 저항용접, 압력용접, 납땀 등이 있

으나 일반적으로 널리 사용되고 있는 것은 피복재를 도포한 용접봉을 전극으로 모재료와의 전기아크열로 용융시키는 피복아크용접과 가스를 아크주위에 흐르게 하여 용착금속을 보호하게 하는 가스아크용접이다(William, 1981; 윤두근, 1991).

작업형태에 따른 용접봉, 용제, 보호가스의 종류에 따라 발생하는 용접흡과 가스 및 물리적 인자의 조성은 다양하나 용접흡은 대개 산화철이 주종을 이루고 있으며, 이외에도 납, 망간, 니켈, 구리, 아연, 알루미늄, 규산염, 티타늄 등이 함유되어 있고 가스상 물질에는 일산화탄소, 질소산화물, 오존 등이 있으며, 물리적 인자로는 전자파, 진동, 온열, 자외선, 적외선, 가시광선 등을 들 수 있다(American

Welding Society, 1973; Stern, 1983). 이러한 유해인자의 폭로에 의한 산업보건 관리상 문제가 되는 인체 장애로는 용접공폐증, 금속열, 폐기종, 천식, 만성기관지염 등과 피용접물에 피막된 도료의 성분 등에 따라 연, 크롬, 카드뮴, 망간 등의 중금속 중독 등이 있으며(Zenz, 1988; Rom, 1992; Stern, 1983), 최근에는 암 발생의 위험도 높은 것으로 보고되고 있다(Stern, 1983; Danielsen 등, 1993).

이 중에서도 용접공폐증은 과거에는 양성진폐증으로 보고(Doig 와 McLaughlin, 1948)되었으나, 용접시 발생하는 흠에는 많은 유해가스 및 유해중금속들이 복합적으로 함유되어 있기 때문에 이로 인하여 폐조직의 섬유화를 초래할 수 있다는 여러 보고들이 있어 단순히 양성진폐증으로 분류할 수 없는 실정이다(Zenz, 1988; Rom, 1992; Charr, 1955; Angervall 등, 1960; Meyer 등, 1967; Guidotti 등, 1978; Oxhoj 등, 1979).

용접흠에 의한 인체영향에 대한 연구로는 외국의 경우 용접흠 폭로에 따른 폐조직의 생화학적 반응, 용접흠과 폐암과의 관련성, 각종 용접흠의 성분이 폐기능에 미치는 영향 및 각종 중금속에 의한 인체 각 장기의 영향 등 여러 부문에 걸쳐 종합적으로 이루어지고 있다(Guidotti 등, 1978; Mlynarczyk 등, 1992; Baba 등, 1992; Wiethge 등, 1992). 우리나라에서도 용접흠에 의한 인체영향에 대한 연구(윤임중, 1982; 이채언 등, 1989; 손혜숙, 1991)가 이루어지고 있으나 외국의 경우에 비해서는 상대적으로 미흡한 실정인 듯하다. 이는 수십만 명의 용접공이 각종 산업에 종사하고 있는 우리나라의 현실(노동과학연구소, 1984; 대한산업보건협회, 1993)을 감안한다면 향후 이 분야에 관하여 더 많은 연구와 그들 근로자들의 건강관리에 관심을 기울여야 할 것으로 생각된다.

우리나라의 현행 산업안전보건법상 용접흠 폭로 근로자의 건강관리(노동부, 1992)는 주로 흉부 X-

선 사진에 의해서만 이루어지고 있고 폐기능 검사나 폭로물질에 따른 생체감시기능 등은 소홀히 취급되고 있는 경향이다. 이는 용접공에서 흉부 X-선 소견이 정상임에도 불구하고 폐기능의 제한적 장애뿐만 아니라 폐쇄적 장애까지 관찰된다는 보고(Zenz, 1988; Rom, 1992)들과 용접공폐증의 비가역성에 대한 보고 등을 고려한다면 용접공에 대한 건강관리는 폐기능 검사를 포함한 보다 적극적인 대책이 이루어져야 함을 시사하고 있다.

이에 연구자들은 흉부 X-선상 이상 소견이 관찰되지 않은 용접흠 폭로 근로자들과 용접흠에 폭로되지 않은 일반 사무직 근로자들을 대상으로 폐기능 검사를 시행하여 용접흠에 민감한 영향을 받는 소기도 기류의 변화 및 환기기능 장애를 관찰함과 동시에 용접흠 폭로에 따른 민감한 폐기능지수의 유용성을 검토함으로써 용접흠 폭로근로자의 효율적인 건강관리 대책의 수립에 일조하고자 본 연구를 실시하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

모 공장의 컨테이너 제조부서에서 1일 8시간 용접 작업을 하는 피복아크용접 근로자 131명, CO<sub>2</sub>아크 용접 근로자 152명 총 283명의 폭로군과, 용접흠에 직업적으로 폭로된 경험이 없는 동일 사업장의 일반 사무직 근로자들 중 폐기능에 영향을 줄 수 있는 연령, 신장 및 흡연력 등에 대하여 빈도 짝짓기를 실시하여 선택한 177명의 대조군을 연구대상으로 하였다. 한편 폭로군과 대조군 모두 흉부X-선 소견상 이상 소견이 있는 근로자와 폐기능에 영향을 초래할 가능성이 있는 질환자와 기왕력이 있는 자는 본 연구 대상에서 제외하였다.

## 2. 연구방법

### 1) 이학적 검사 및 문진

대상자 전원에게 이학적 검사를 시행함과 동시에 사전에 준비한 설문지를 이용하여 연구자가 직접 연령, 직업력, 흡연력, 과거 병력에 대한 개별면담을 시행하였다.

### 2) 폐기능 검사

폐기능 검사는 폐활량계(Spirometer, Hukuda Sanyo ST-90)를 이용하여 1993년 5월 1일부터 1993년 6월 30일까지 연구대상 사업장을 직접 방문하여 연구대상자가 충분히 휴식을 취하게 한 후 근무하는 장소에서 멀리 떨어진 곳에 위치한 사무실에서 실시하였다. 폐기능 검사는 피검자에게 사전에 충분한 교육을 시키고, 기립자세에서 최대한으로 흡기한 후에 최대한의 호출노력으로 최소 3초 이상 호출하게 하였고, 검사 횟수는 3회 이상 실시하여 측정된 검사값에 차이가 5% 이내의 것들 중에서 가장 호출이 양호한 노력성 폐활량곡선(forced vital capacity curve)을 선택하였다.

본 연구에 이용된 폐기능지수들은 노력성 폐활량곡선으로부터 산출한 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC), 일초량(forced expiratory volume in one second, FEV<sub>1.0</sub>), 일초율(FEV<sub>1.0</sub>%) 및 최대중간호기속도(maximal midexpiratory flow, MMF)의 4종이었고, 이 지수들은 모두 BTPS(body temperature and pressure, saturated with water)로 보정하여 산출하였다. 또한 이들 지수들의 예측정상치에 대한 백분율은 노력성폐활량의 경우 고재철과 이광목(1977), 일초량과 일초율은 방찬호와 정치경(1983) 및 최대중간호기속도는 정치경 등(1979)의 예측식을 각각 인용하여 산출하였다.

### 3) 용접흡과 중금속의 측정

개인 공기포집기(DUPONT ALPHA-1, GILIAN HFS 513A, GILIAN GIL-AIR)에 직경 37mm, pore size 0.8 $\mu$ m의 여과지를 내장한 카세트 홀더를 연결하여 연구대상자들의 호흡기 부위에 부착하여 유속 1.5~2 l/min로 4~5시간 정도 시료를 포집하여 balance로 칭량하여 용접흡의 폭로량을 구하였다. 중금속의 농도는 포집한 시료(필터)를 전처리한 후 후연료를 갖춘 원자흡광광도기(Shimadzu, Model 670-G)를 이용하여 측정하였다.

### 4) 통계분석

SAS/STAT 6.08 Edition을 이용하여 용접흡폭로군과 대조군간의 폐기능지수의 비교는 t-test, 피복아크용접군과 CO<sub>2</sub>아크용접군 및 대조군간의 폐기능지수의 비교는 ANOVA와 Tukey method에 의한 다중비교분산분석, 폐기능지수의 정상치 미만 근로자의 빈도에 대한 분석은 Chi-square test를 시행하여 비교 분석하였다.

## 성 적

### 1. 대상자들의 일반적 특성

연구 대상자들의 평균연령은 피복아크용접군 35.0 $\pm$ 5.2세, CO<sub>2</sub>아크용접군 34.2 $\pm$ 4.4세로서 대조군의 34.1 $\pm$ 5.2세와 유사하였으며, 연령군별 분포에서도 폭로군과 대조군간에 유의한 차이는 없었다(p > 0.05). 신장은 피복아크용접군 169.1 $\pm$ 4.7cm, CO<sub>2</sub>아크용접군 169.4 $\pm$ 4.8cm로서 대조군의 170.2 $\pm$ 4.8cm와 유사하였으며, 연령군별 신장의 크기 역시 양군간에 유의한 차이는 없었다(p > 0.05). 흡연력은 피복아크용접군 9.5 $\pm$ 5.6 pack years, CO<sub>2</sub>아크용접군 9.1 $\pm$ 5.1 pack years로서 대조군의 9.7 $\pm$ 5.1 pack years와 유사하였으며, 연령군

Table 1. General characteristics of subjects by age group

Variables	Shielded arc	CO <sub>2</sub> arc	Control group
No. of subjects			
20~29yrs	34(26.0%)	41(27.0%)	43(24.3%)
30~39yrs	82(62.5%)	94(61.8%)	115(65.0%)
over 40yrs	15(11.4%)	17(11.2%)	19(10.7%)
Total	131	152	176
Mean age(yrs)	35.0±5.2	34.2±4.4	34.1±5.2
Height(cm)			
20~29yrs	170.1±4.6	170.4±4.2	171.2±4.8
30~39yrs	168.5±4.9	169.1±4.6	167.0±4.6
over 40yrs	169.1±3.9	168.5±6.4	169.5±5.7
Total	169.1±4.7	169.4±4.8	170.2±4.8
Cigarettes(pack yrs)			
20~29yrs	5.8±3.0	6.1±3.4	6.8±3.3
30~39yrs	10.7±5.6	9.0±3.9	10.0±4.5
over 40yrs	13.8±5.4	16.5±6.8	14.5±6.5
Total	9.5±5.6	9.1±5.1	9.7±5.1
Exposure duration(yrs)			
20~29yrs	4.8±2.4	6.0±3.3	-
30~39yrs	8.9±3.6	9.6±3.8	-
over 40yrs	12.3±4.4	13.1±3.9	-
Total	8.0±4.1	9.0±4.3	-

Table 2. Welding fume and metal concentration of subjects by type of welding

Fume & metal	Shielded arc		CO <sub>2</sub> arc	
	GM	(Range)	GM	(Range)
Fume	6.48	(0.27~364.91)	5.83	(0.48~138.46)
Fe	2.14	(0.08~ 76.25)	1.81	(0.13~ 47.98)
Mn	0.16	(0.01~ 16.02)	0.18	(0.01~ 8.66)
Zn	0.01	(0.01~ 0.28)	0.01	(0.01~ 0.14)

\* GM: Geometric mean(mg/m<sup>3</sup>)

별에서도 폭로군과 대조군간에 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). 한편, 폭로군의 용접작업 근무경력은 피복아크용접군  $8.0 \pm 4.1$ 년,  $CO_2$ 아크용접군  $9.0 \pm 4.3$ 으로  $CO_2$ 아크용접군에서 약간 많았으나 유의하지는 않았으며 연령군별 비교에서도 동일하였다(표 1).

## 2. 용접흡 폭로 농도

연구대상자들의 용접흡 폭로 농도의 평균치는 표 2에서와 같이 피복아크용접군  $6.48 mg/m^3$ ,  $CO_2$ 아크용접군  $5.83 mg/m^3$ 로서 피복아크용접군에서 다소 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었으며, 개인별 용접흡 폭로 농도의 범위는 피복아크용접군  $0.27 \sim 364.91 mg/m^3$ ,  $CO_2$ 아크용접군  $0.48 \sim 138.46 mg/m^3$ 로서 양군 공히 개인간에 상당한 차이를 나타내었다. 용접흡에 함유된 각종 중금속 성분의 평균 농도는, 피복아크용접군의 경우 철  $2.14 mg/m^3$ , 망간  $0.16 mg/m^3$ , 아연  $0.01 mg/m^3$ 이었고,  $CO_2$ 아크용접군에서는 철  $1.81 mg/m^3$ , 망간  $0.18 mg/m^3$ , 아연  $0.01 mg/m^3$ 로 철은 피복아크용접군에서, 망간은  $CO_2$ 아크용접군에서 각각 높은치를 나타내었으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 개인별 중금속

폭로량 역시 용접흡에서와 같이 개인간에 큰 차이를 나타내었다.

## 3. 폐기능 지수별 검사성적

### 1) 노력성 폐활량

노력성 폐활량의 실측치 평균은 표 3에서와 같이 피복아크용접군  $4.2 \pm 0.6l$ ,  $CO_2$ 아크용접군  $4.2 \pm 0.6l$ 로서 대조군의  $4.5 \pm 0.5l$ 에 비해 통계적으로 유의한 저하를 나타내었으며, 각 연령군별 노력성 폐활량의 실측치도 폭로군과 대조군간에 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 예측정상치에 대한 실측치의 백분율은 피복아크용접군  $101.0 \pm 12.4\%$ ,  $CO_2$ 아크용접군  $100.2 \pm 12.4\%$ 로서 대조군의  $107.7 \pm 10.1\%$ 에 비하여 유의한 저하를 나타내었으나 모두 정상범위 이내였다. 예측정상치에 대한 실측치의 각 연령군별 백분율은 20~29세군의 경우 피복아크용접군은  $102.4 \pm 13.4\%$ ,  $CO_2$ 아크용접군은  $101.0 \pm 10.0\%$ 로서 대조군의  $107.6 \pm 9.9\%$ 에 비하여 유의한 차이가 있었으며 30~39세군 역시 피복아크용접군  $100.7 \pm 10.0\%$ ,  $CO_2$ 아크용접군  $100.5 \pm 12.7\%$ 로서 대조군의  $107.4 \pm 10.4\%$ 에 비하여 유의한 차이를 보였다. 40세 이상군에서도 피복아크용접군

Table 3. Forced vital capacity by age group

Age(yrs)	FVC	Shielded arc	$CO_2$ arc	Control group
		Mean $\pm$ S.D.	Mean $\pm$ S.D.	Mean $\pm$ S.D.
20~29	l	$4.3 \pm 0.7$	$4.3 \pm 0.4$	$4.6 \pm 0.5$
	% pred.	$102.4 \pm 13.4^a$	$101.0 \pm 10.0^b$	$107.6 \pm 9.9$
30~39	l	$4.1 \pm 0.5$	$4.2 \pm 0.6$	$4.5 \pm 0.4$
	% pred.	$100.7 \pm 10.0^a$	$100.5 \pm 12.7^b$	$107.4 \pm 10.4$
over 40	l	$4.1 \pm 0.8$	$4.0 \pm 0.8$	$4.5 \pm 0.3$
	% pred.	$99.0 \pm 19.5^a$	$96.7 \pm 15.5^b$	$108.0 \pm 8.5$
Total	l	$4.2 \pm 0.6$	$4.2 \pm 0.6$	$4.5 \pm 0.5$
	% pred.	$101.0 \pm 12.4^a$	$100.2 \pm 12.4^b$	$107.7 \pm 10.1$

<sup>a</sup> $p < 0.05$ : Shielded arc vs. control group, <sup>b</sup> $p < 0.05$ :  $CO_2$  arc vs. control group

Table 4. Forced expiratory volume in one second by age group

Age(yrs)	FEV <sub>1.0</sub>	Shielded arc	CO <sub>2</sub> arc	Control group
		Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.
20~29	ℓ % pred.	3.6 ± 0.7 93.3 ± 13.9 <sup>a</sup>	3.5 ± 4.5 91.9 ± 11.5 <sup>b</sup>	4.0 ± 0.5 102.4 ± 9.4
30~39	ℓ % pred.	3.4 ± 0.5 93.8 ± 11.9 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.6 93.0 ± 13.4 <sup>b</sup>	3.8 ± 0.4 105.1 ± 9.5
over 40	ℓ % pred.	3.2 ± 0.7 93.7 ± 21.4 <sup>a</sup>	3.2 ± 0.7 94.8 ± 16.1 <sup>b</sup>	3.8 ± 0.3 111.2 ± 8.9
Total	ℓ % pred.	3.4 ± 0.7 93.6 ± 13.8 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.6 92.9 ± 13.2 <sup>b</sup>	3.9 ± 0.4 105.1 ± 9.7

<sup>a</sup>p<0.05: Shielded arc vs. control group, <sup>b</sup>p<0.05: CO<sub>2</sub> arc vs. control group

99.0±19.5%, CO<sub>2</sub>아크용접군 96.7±15.5%로서 대조군의 108.1±8.5%에 비하여 유의한 차이를 나타내었다. 한편 노력성 폐활량의 실측치 및 예측정상치에 대한 실측치 백분율의 연령 증가에 따른 유의한 차이는 세 군에서 모두 관찰되지 않았다(p>0.05).

## 2) 일초량

일초량의 실측치 평균은 표 4에서와 같이 피복아크용접군 3.4±0.7ℓ, CO<sub>2</sub>아크용접군 3.4±0.6ℓ로서 대조군의 3.9±0.4ℓ에 비해 통계적으로 유의한 저하를 나타내었으며, 각 연령군별 일초량의 실측치도 폭로군과 대조군간에 유의한 차이(p<0.05)를 나타내었다. 예측정상치에 대한 실측치의 백분율은 피복아크용접군 93.6±13.8%, CO<sub>2</sub>아크용접군 92.9±13.2%로서 대조군의 105.1±9.7%에 비하여 유의한 저하를 나타내었으나 모두 정상범위 이내였다. 예측정상치에 대한 실측치의 각 연령군별 백분율은 20~29세군의 경우 피복아크용접군 93.3±13.9%, CO<sub>2</sub>아크용접군 91.9±11.5%로서 대조군의 102.4±9.4%에 비하여 유의한 차이가 있었으며

(p<0.05) 30~39세군 역시 피복아크용접군 93.8±11.9%, CO<sub>2</sub>아크용접군 93.0±13.4%로서 대조군의 105.1±9.5%에 비하여 유의한 차이(p<0.05)를 보였고, 40세 이상군에서도 피복아크용접군 93.7±21.4%, CO<sub>2</sub>아크용접군 94.8±16.1%로서 대조군의 111.2±8.9%에 비하여 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 한편 노력성 폐활량의 실측치 및 예측정상치에 대한 실측치 백분율의 연령 증가에 따른 유의한 차이는 양군에서 모두 관찰되지 않았다(p>0.05).

## 3) 일초율

일초율의 실측치 평균은 표 5에서와 같이 피복아크용접군 80.9±4.8%, CO<sub>2</sub>아크용접군 81.1±5.7%로서 대조군의 84.8±1.5%에 비하여 유의한 저하를 나타내었다(p<0.05). 예측정상치에 대한 실측치의 백분율은 피복아크용접군 94.5±5.4%, CO<sub>2</sub>아크용접군 94.7±6.7%로서 대조군의 99.4±1.6%에 비하여 유의한 차이를 보였지만(p<0.05) 모두 정상범위 이내였다. 예측정상치에 대한 실측치의 각 연령군별 백분율은 20~29세군의 경우 피복아

Table 5. Forced expiratory volume in one second as a percent of FVC by age group

Age(yrs)	FEV <sub>1.0</sub> %	Shielded arc	CO <sub>2</sub> arc	Control group
		Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.
20~29	%	82.4 ± 4.9	81.9 ± 4.7	86.0 ± 1.1
	% pred.	94.5 ± 5.5 <sup>a</sup>	94.1 ± 5.5 <sup>b</sup>	98.8 ± 1.3
30~39	%	80.9 ± 4.6	80.7 ± 6.1	84.6 ± 1.4
	% pred.	94.7 ± 5.5 <sup>a</sup>	94.4 ± 7.1 <sup>b</sup>	99.6 ± 1.8
over 40	%	77.5 ± 4.7	81.2 ± 5.9	83.2 ± 0.8
	% pred.	93.3 ± 5.6 <sup>a</sup>	97.3 ± 6.8	100.3 ± 3.9
Total	%	80.9 ± 4.8	81.1 ± 5.7	84.8 ± 1.5
	% pred.	94.5 ± 5.4 <sup>a</sup>	94.7 ± 6.7 <sup>b</sup>	99.4 ± 1.6

<sup>a</sup>p<0.05: Shielded arc vs. control group, <sup>b</sup>p<0.05: CO<sub>2</sub> arc vs. control group

Table 6. Maximal mid-expiratory flow by age group

Age(yrs)	MMF	Shielded arc	CO <sub>2</sub> arc	Control group
		Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.
20~29	l/sec	4.1 ± 0.9	4.1 ± 0.9	4.8 ± 0.6
	% pred.	80.2 ± 18.0 <sup>a</sup>	81.6 ± 16.5 <sup>b</sup>	95.0 ± 10.1
30~39	l/sec	3.7 ± 0.8	3.7 ± 0.9	4.6 ± 0.5
	% pred.	78.8 ± 16.6 <sup>a</sup>	78.4 ± 17.3 <sup>b</sup>	97.1 ± 9.6
over 40	l/sec	3.3 ± 0.9	3.3 ± 0.9	4.5 ± 0.4
	% pred.	73.1 ± 19.0 <sup>a</sup>	74.4 ± 17.8 <sup>b</sup>	100.3 ± 8.1
Total	l/sec	3.8 ± 0.9	3.8 ± 0.9	4.7 ± 0.5
	% pred.	78.5 ± 17.2 <sup>a</sup>	78.5 ± 17.1 <sup>b</sup>	96.9 ± 9.7

<sup>a</sup>p<0.05: Shielded arc vs. control group, <sup>b</sup>p<0.05: CO<sub>2</sub> arc vs. control group

크용접군은 94.5±5.5%, CO<sub>2</sub>아크용접군은 94.1±5.5%로서 대조군의 98.8±1.3%에 비하여 유의한 차이가 있었으며 30~39세군은 역시 피복아크용접군 94.7±5.5%, CO<sub>2</sub>아크용접군 94.4±7.1%로서 대조군의 99.5±1.8%에 비하여 유의한 차이를 나타내었다. 40세 이상군에서는 피복아크용접군 93.3±5.6%, CO<sub>2</sub>아크용접군 97.4±6.8% 대조군 100.3±3.9%로서 폭로군이 대조군보다 저하되었으나 통계적으로는 피복아크용접군과 대조군간에서만 유의하였다(p<0.05). 한편 일초율의 실측치 및 예측정상치에 대한 실측치 백분율의 연령증가에 따

른 유의한 차이는 양군에서 모두 관찰되지 않았다 (p>0.05).

#### 4) 최대중간호기속도

최대중간호기속도의 실측치 평균은 표6에서와 같이 피복아크용접군 3.8±0.9l/sec, CO<sub>2</sub>아크용접군 3.8±0.9l/sec로서 대조군의 4.7±0.5l/sec에 비하여 통계적으로 유의한 저하를 나타내었다(p < 0.05). 예측정상치에 대한 실측치의 백분율은 피복아크용접군 78.5±17.2%, CO<sub>2</sub>아크용접군 78.5±17.1%, 대조군 96.9±9.7%로서 모두 정상범위 이내



에 해당하였으나 다른 폐기능지수들에 비해 큰 폭의 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 예측정상치에 대한 실측치의 각 연령군별 백분율은 20~29세군의 경우 피복아크용접군 80.2±18.0%, CO<sub>2</sub>아크용접군 81.6±16.5%로서 대조군의 95.0±10.1%에 비하여 유의한 차이( $p < 0.05$ )가 있었고 30~39세군 역시 피복아크용접군 78.8±16.6%, CO<sub>2</sub>아크용접군 78.4±17.3%로서 대조군의 97.1±9.6%에 비

하여 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 40세 이상군에서는 피복아크용접군 73.1±19.0%, CO<sub>2</sub>아크용접군 74.4±17.8%, 대조군 100.3±8.1%로서 폭로군과 대조군간의 차이가 타연령군에 비하여 비교적 크게 나타났다( $p < 0.05$ ). 연령군의 증가에 따라 폭로군에서는 예측정상치에 대한 실측치 백분율의 점차적인 저하를 나타내었고 대조군에서는 이와 반대로 증가되는 경향이었으나 통계적인 유의성은 없

Table 7. Number of subjects with the substandard pulmonary function index values

Subjects	No	FVC	FEV <sub>1.0</sub>	FEV <sub>1.0</sub> %	MMF
Shielded arc	131	2(1.5%)	17(13.0%)	5(3.8%)	28(21.4%)
CO <sub>2</sub> arc	152	3(2.0%)	25(16.4%)	8(5.3%)	37(24.3%)
Control group	177	0	0	0	0

Table 8. Distribution of shielded arc welding workers with substandard pulmonary function index by exposure duration

E.D. *(yrs)	< 5	6-10	11 <
Workers	23	70	38
FVC	0	1( 1.4%)	1( 2.6%)
FEV <sub>1.0</sub>	3(13.0%)	10(14.2%)	4(10.5%)
FEV <sub>1.0</sub> %	0	3( 4.3%)	2( 5.3%)
MMF	2( 8.7%)	16(22.9%)	10(26.3%)

\* :Exposure duration

Table 9. Distribution of CO<sub>2</sub> arc welding workers with substandard pulmonary function index by exposure duration

E.D. *(yrs)	< 5	6~10	11 <
Workers	26	78	48
FVC	0	1( 1.3%)	2( 4.2%)
FEV <sub>1.0</sub>	3(11.5%)	15(19.2%)	7(14.6%)
FEV <sub>1.0</sub> %	1( 3.8%)	5( 6.4%)	2( 4.2%)
MMF	4(15.3%)	19(24.4%)	14(29.2%)

\* :Exposure duration

Table 10. Number of subjects by the type of ventilatory impairment

Subjects	No	Obstructive	Restrictive	Combined	Total
Shielded arc	131	5(3.8%)	2(1.5%)	0	7(5.3%)
CO <sub>2</sub> arc	152	7(4.6%)	2(1.3%)	1(0.6%)	10(6.5%)
Control group	177	0	0	0	0

었다(p>0.05).

#### 4. 폐기능지수별 유소견자의 빈도

각 폐기능지수의 정상범위를 노력성 폐활량과 일초량은 각각 예측정상치의 80%(노동부, 1984; Wanger, 1992)로, 일초율은 70% (노동부, 1984; Wanger, 1992), 그리고 최대중간호기속도는 65% (정치경 등, 1979)로 산정한 경우, 피복아크용접군에서는 노력성 폐활량 2명(1.5%), 일초량 17명(13.0%), 일초율 5명(3.8%), 최대중간호기속도 28명(21.4%)의 연구대상자가 정상범위 미만에 해당하였고, CO<sub>2</sub>아크용접군에서는 노력성 폐활량 3명(2.0%), 일초량 25명(16.4%), 일초율 8명(5.3%), 최대중간호기속도 37명(24.3%)이 정상범위 미만에 해당하였으나 대조군의 경우 각 폐기능지수별 정상범위 미만자는 한 명도 없었다(표7). 한편 양군에서 폐기능지수별 정상범위 미만에 해당하는 연구대상자들을 용접작업 기간에 따라 5년 이하, 6~10년, 11년 이상의 3군으로 분류하면 표8 및 표9와 같다. 이 가운데 최대중간호기속도의 경우 피복아크용접군에서 5년 이하군이 8.7%(2명), 6~10년군이 22.9% (16명), 11년 이상군이 26.3%(10명)으로 용접작업 기간의 증가에 따라 유의한 증가가 관찰되었으며(p<0.05.), CO<sub>2</sub>아크용접군에서도 5년 이하군이 15.3%(4명), 6~10년군이 24.4% (19명), 11년 이상군이 29.2%(14명)으로 용접작업 기간의 증가에 따라 유의한 증가가 관찰되었다(p<0.05).

#### 5. 환기능장애자의 빈도

폐활량 실측치의 예측정상치에 대한 비율(폐활량비) 80%와 일초율 70%를 환기능의 정상경계로 하여 폐쇄형(폐활량비 80% 이상, 일초율 70% 미만), 제한형(폐활량비 80% 미만, 일초율 70% 이상) 및 혼합형 (폐활량비 80% 미만, 일초율 70% 미만)의 환기장애자 빈도를 조사한 결과 표10에서와 같이 피복아크용접군은 대상자 131명 중 폐쇄형 5명(3.8%), 제한형 2명(1.5%)으로 총 7명(5.3%)이 환기장애에 해당하였고, CO<sub>2</sub>아크용접군에서는 대상자 152명 중 폐쇄형 7명(4.6%), 제한형 2명(1.3%) 및 혼합형 1명(0.6%)으로 총 10명(6.5%)이 환기장애를 나타내었으며 대조군에서는 해당자가 한 명도 없었다.

## 고찰

용접흡이란 일반적으로 용접금속의 기화 또는 유기물의 불완전 연소에 의하여 발생한 가스상 물질의 응축으로 생성된 고체입자로서, 컨테이너제조 용접작업의 경우 전압과 전류 및 토치각도가 크고, 아크 길이와 용접 시간이 길며, 용접 부위가 일정하지 않아 흠발생원의 위치가 다양하여 국소배기장치 설치가 어려워 용접흡 발생량도 많다. 본 연구시작 당시의 개인별 1일 8시간 작업 중의 용접흡 폭로 농도의 평균은 피복아크용접군 6.48mg/m<sup>3</sup>, CO<sub>2</sub>아크용접군 5.83mg/m<sup>3</sup>으로서 모두 우리나라 허용 농도(노동부, 1991)인 5mg/m<sup>3</sup>를 상회하였으며 작업조건, 작업량

및 작업방법에 따른 개인별 폭로량의 범위는 피복아크용접군 0.27~364.91mg/m<sup>3</sup>, CO<sub>2</sub>아크용접군 0.48~138.46mg/m<sup>3</sup>으로서 상당한 차이를 나타내었다. 본 대상사업장의 용접흡에 함유된 성분 중 주성분 중금속의 평균치는 피복아크용접군의 경우 철 2.14mg/m<sup>3</sup>, 망간 0.16mg/m<sup>3</sup>, 아연 0.01mg/m<sup>3</sup>였고, CO<sub>2</sub>아크용접군은 철 1.81mg/m<sup>3</sup>, 망간 0.18mg/m<sup>3</sup>, 아연 0.01mg/m<sup>3</sup>으로서 철이 가장 많았으나 우리나라의 허용기준인 5mg/m<sup>3</sup>보다는 낮았으며 망간, 아연 등의 다른 중금속 성분은 미량 존재하였다. 그러나 이러한 환경상태는 최근 작업환경 개선이 이루어진 상태로서 이전부터 작업을 계속한 용접공들은 훨씬 높은 폭로상태에 있었을 것으로 추측될 뿐만 아니라 개인에 따라 상당한 격차를 보이는 폭로량의 범위를 감안한다면 본 연구의 시작 당시에 측정된 개인별 폭로량을 기준으로 분석하는 것은 큰 의미가 없을 것으로 생각된다.

일반적으로 용접흡에 폭로되고 있는 근로자들의 건강관리의 일환으로 가장 중요한 것으로는 조기진단을 들 수 있으며 이를 위한 방법으로는 흉부 X-선 촬영, 폐기능 검사, 폭로물질에 따른 생체감시 등을 들 수 있다. 그러나 흉부 X-선 소견이 정상임에도 불구하고 폐기능에 장애가 초래된다는 보고(Zenz, 1988; Rom, 1992)나 다수인을 대상으로 폭로물질에 대한 생체감시가 용이하지 않다는 점을 고려한다면 폐기능 검사가 실제 적용면에서 유용성이 높을 것으로 생각된다.

폐기능은 크게 환기기능(ventilatory function), 관류(perfusion) 및 가스교환능력(gas exchange capacity)의 세 가지로 분류되나(Comroe 등, 1962), 일반적으로 소기도의 환기기능장애가 가장 많이 나타나기 때문에 폐기능 장애 평가시 환기기능검사가 널리 이용되고 있다. 기도의 폐쇄를 민감하게 반영하는 폐기능 검사로는 frequency dependent of compliance(Woolcock 등, 1969), volume of isoflow

(Dosman 등, 1975), closing volume(McCarthy 등, 1972) 등의 방법들이 있으나 이 방법들은 고가의 특수한 장비가 필요하고 측정방법이 복잡하며 운반이 어려워 현장조사에 활용하기는 곤란하다. 반면에 비교적 측정방법이 간편하고 측정기구의 운반이 용이한 spirometer가 현장조사(field survey)나 선별검사(screening test)에 널리 이용되고 있다. spirometer에 의한 환기기능의 평가는 노력성 폐활량곡선으로부터 산출된 노력성 폐활량, 일초량, 일초율 및 최대중간호기속도 등이 많이 이용되고 있다. 이중 집단적으로 환기장애를 선별하는 데는 노력성 폐활량과 일초량으로부터 산출한 일초율이 측정방법과 산출방법이 비교적 간편하여 가장 적당하다는 주장도 있으나(Poirer, 1968), 건강인의 경우 노력성 폐활량의 초기 25~30%의 호출기류는 주로 피검자의 호출노력에 의하여 영향을 받고 있는 노력의존성(effort dependent) 부위를 반영하기 때문에 측정기구의 사용방법에 대한 숙련정도나 개인적인 편차에 의해 영향을 많이 받을 가능성이 있다. 그러나 그 이하 부위에서의 호출기류는 피검자의 호출노력보다는 폐의 기계적 성질에 의하여 영향을 더 많이 받고 있는 노력무관성(effort independent) 부위를 반영하기 때문에 최대중간호기속도가 정확성과 재현성이 더 좋은 것으로 알려져 있다(Hyatt 등, 1958; Mead 등, 1967; Lloyd 등, 1963). 따라서 본 연구에서도 노력성 폐활량, 일초량, 일초율 외에 최대중간호기속도를 측정하여 이들의 실측치와 정상예측치에 대한 실측치의 백분율을 산출하여 비교 분석하였다.

본 연구의 경우 폐기능 검사의 결과치에 영향을 줄 수 있는 연구대상자의 생물학적 요인 외에 일반적 특성도 폭로군과 대조군이 서로 유사함에도 불구하고 피복아크용접군과 CO<sub>2</sub>아크용접군의 폐기능지수별 예측정상치에 대한 백분율의 평균치가 노력성 폐활량은 각각 101.0±12.4%와 100.2±12.4%,

일초량은  $93.6 \pm 13.8\%$ 와  $92.2 \pm 13.2\%$ , 일초율은  $94.5 \pm 5.4\%$ 와  $94.7 \pm 6.7\%$ 로서 대조군의  $107.7 \pm 10.1\%$ ,  $105.1 \pm 9.7\%$  및  $99.4 \pm 1.5\%$ 보다 유의하게 저하되어 있었으며, 특히 최대중간호기속도는 피복아크용접군  $78.5 \pm 17.2\%$  및 CO<sub>2</sub>아크용접군  $78.5 \pm 17.1\%$ , 대조군  $96.9 \pm 9.7\%$ 로서 다른 폐기능지수들에 비해 훨씬 큰 폭으로 폭로군이 저하된 양상을 나타내었다. 이는 Hunnicutt 등(1964)의 100명의 용접공에 대한 연구에서 노력성 폐활량, 일초량 및 최대중간호기속도가 매우 유의한 저하를 보인 것은 본 연구의 경우와 일치하였으나, Keimig 등(1984)의 91명의 용접공을 대상으로 한 연구에서 노력성 폐활량과 일초량의 유의한 저하는 없었고, 최대중간호기속도의 저하는 있었으나 통계적으로 유의한 정도는 아니라고 하여 본 연구와 다소의 차이를 나타내었다. 이러한 차이는 주로 작업환경, 폭로력, 폭로물질의 차이 또는 보호구 착용 유무 등에 기인된 것으로 추측되지만 이러한 연구들에서도 지적인 바와 같이 좀더 명확한 관련성을 파악하기 위해서는 단면적인 연구가 아닌 지속적인 추적관찰에 의한 비교가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 폐기능지수들의 예측정상치에 대한 실측치 백분율의 정상범위 미만자의 빈도는 대조군에서는 해당자가 한 명도 없었으나, 피복아크용접군에서는 노력성 폐활량 2명(1.5%), 일초량 17명(13.0%), 일초율 5명(3.8%), 최대중간호기속도 28명(21.4%)이었으며 CO<sub>2</sub>아크용접군에서는 각각 3명(2.0%), 25명(16.4%), 8명(5.3%) 및 37명(24.3%)으로서 CO<sub>2</sub>아크용접군에서 약간 많았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 이를 폭로력에 따라 분류하면 피복아크용접군 및 CO<sub>2</sub>아크용접군 모두 노력성 폐활량, 일초량 및 일초율의 정상범위 미만인 근로자들과 폭로력간에는 특별한 양상이 관찰되지 않았다. 그러나 두 폭로군 모두 최대중간호기속도치는 폭로력의 증가에 따라 정상범위를 벗어난 근로자 수의 분포도 유의하게 증가되는 양상

을 나타내었다. 이는 최대중간호기속도가 소기도의 폐쇄 정도와 폐기능의 장애도를 평가하는데 있어서 노력성 호기곡선의 분석자료 중 가장 예민하다는 여러 연구들(McFadden 등, 1972; Leuallen과 Fowler, 1955; 정치경 등, 1981)의 성적과 일치되는 것으로 생각된다. 환기장애 형태별 비교에서 피복아크용접군의 경우 131명 중 7명(5.3%)이 환기 기능장애를 보였는데 이중 5명이 폐쇄형, 2명이 제한형 환기장애를 보였고, CO<sub>2</sub>아크용접군에서는 152명 중 10명(6.6%)이 환기 기능장애를 보였는데 이중 7명이 폐쇄형, 2명이 제한형, 1명이 혼합형 환기장애를 나타내었다. 이는 Hunnicutt 등(1964)의 용접공에 대한 연구에서 흉부 방사선 소견이 정상임에도 폐쇄성 환기장애를 주로 하는 폐기능장애가 나타난다는 연구와 Peters 등(1973)의 흉부 X-선 소견이 정상임에도 폐기능의 폐쇄성 장애뿐만 아니라 제한성 장애까지 관찰된다는 보고 등(Zenz, 1988; Rom, 1992)과 일치하였다.

본 연구의 경우 앞서서도 지적한 바와 같이 연구 대상자들에 대한 정확한 폭로력의 산출이 곤란하고 또한 경시적인 추적관찰이 아닌 단면적인 연구라는 제한점 때문에 본 연구에서 얻은 성적만으로 용접흡 폭로 근로자의 폐기능 검사의 의의 및 용접흡 폭로에 민감한 지수의 선정에 대해 보다 명확한 결론을 내리기에 미흡한 감이 없지 않다. 그러나 본 연구에서의 성적을 통하여 유추해 본다면 실제 시행상에 어려움이 뒤따를지라도 용접흡 폭로 근로자들의 건강관리 대책의 일환으로서 폐기능 검사는 보다 적극적으로 고려되어야 할 것이며, 향후 본 연구에서의 제한점에 대한 보완이 이루어진다면 더욱 의의 있는 자료를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

## 결 론

용접흡의 폭로가 폐기능에 미치는 영향을 알아보

기 위하여 피복아크용접군 131명, CO<sub>2</sub>아크용접군 152명 및 대조군 177명을 대상으로 Spirometer를 이용하여 노력성 폐활량, 일초량, 일초율 및 최대중간호기속도를 산출하여 정리한 성적은 다음과 같다.

1. 피복아크용접군과 CO<sub>2</sub>아크용접군의 노력성 폐활량, 일초량, 일초율 및 최대중간호기속도는 대조군보다 유의하게 저하되었으며, 특히 최대중간호기속도에서 더욱 현저하였다.
2. 피복아크용접군 가운데 노력성 폐활량 2명(1.5%), 일초량 17명(13.0%), 일초율 5명(3.8%), 최대중간호기속도 28명(21.4%)이 각 폐기능지수의 정상범위 미만이었고, CO<sub>2</sub>아크용접군 중에서는 노력성 폐활량 3명(2.0%), 일초량 25명(16.4%), 일초율 8명(5.3%), 최대중간호기속도 37명(24.3%)이 각각 정상범위 미만이었으나, 대조군의 경우 정상범위 미만의 근로자는 1명도 없었다.
3. 피복아크용접군의 경우 폐쇄형 5명(3.8%), 제한형 2명(1.5%)으로 총 7명(5.3%)이 환기장애를 나타내었고, CO<sub>2</sub>아크용접군에서는 폐쇄형 7명(4.6%), 제한형 2명(1.3%), 혼합형 1명(0.6%)으로 총 10명(6.5%)이 환기장애를 나타내었다.
4. 폐기능지수 가운데 최대중간호기속도만이 용접작업 기간의 증가에 따라 정상범위 미만인 용접작업 근로자 수의 유의한 증가가 관찰되었다.

이상의 결과를 요약하면 흉부X-선상 이상 소견이 없는 용접흡 폭로 근로자들에서 폐기능지수의 유의한 저하 및 부분적인 환기장애가 관찰되었으며, 용접흡 폭로와 가장 관련이 많은 폐기능지수는 최대중간호기속도이었다. 따라서 현행 산업안전보건법상 용접흡 폭로 근로자들의 특수건강진단 1차검진시 폐기능 검사의 시행은 다소 어려움이 있더라도 고려되

어야 할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 고재철, 이광목. 건강한 성인 남자의 폐활량 예측식. 카톨릭대학 의학부 논문집 1977; 30(3): 357-363
- 노동과학연구소. 용접, 용단 작업장의 환경실태조사. 노동부, 1984, 쪽3-25
- 노동부. 근로자특수건강진단방법 및 직업병관리기준. 1992, 쪽 153-159
- 노동부. 유해물질의 허용농도. 1991, 노동부고시 제 88-70호
- 대한산업보건협회. 특수건강진단종합연보. 1983-1992
- 방찬호, 정치경. 건강한 성인 남자의 시한폐활량의 예측정상치. 카톨릭대학 의학부 논문집 1983; 36(1): 309-318
- 손혜숙, 김성준, 김정호. 조선업 용접공진폐증에서 용접 흡 폭로력에 따른 방사선소견과 폐기능 검사소견의 비교연구. 대한산업의학회지 1991; 3(2) : 200-208
- 윤두근. 자동 특수 용접공학. 성안당, 1991, 205-213
- 윤임중, 유재인. 용접공폐증의 검사소견. 한국의 산업의학 1982; 21(3): 64-72
- 이채언, 이종대, 윤임중. 부산지역 조선업 용접공들의 진폐증에 관한 역학적 조사연구. 예방의학회지 1989; 22(1) : 153-161
- 정치경, 김정만, 이원철, 조규상. 방직공장 근로자들의 면폐증에 대한 조사. 한국의 산업의학 1981; 20(2):23-31
- 정치경, 이세훈, 조규상. Forced end-expiratory flow의 평가. 한국의 산업의학 1979; 18(2): 33-41

- American Welding Society. *The welding environment*. Miami, American Welding Society, 1973, pp 35–42
- Angervall L, Hansson G, Rockert, H. *Pulmonary siderosis in electrical welder*. *Acta. Patho. Micro. Scand* 1960; 49(5): 373–386
- Charr R. *Respiratory disorders among welders*. *Am Rev Tuberc and Pul Dis* 1955; 71(3): 877–886
- Comroe JH, Forster RE, DuBois, AB, Briscoe, WA. *The Lung, 2nd ed., Year Book Medical Publisher Inc., 1962, pp.122–134*
- Danielsen TE, Langard S, Andersen A. *Incidence of cancer among welders of mild steel and other shipyard workers*. *Br J Ind Med* 1993; 50(3): 1097–1103
- Doig AT, McLaughlin AIG. *X-ray appearances of the lungs of electric arc welders*. *Lancet* 1936; 34(7): 771–782
- Dosman J, Bode F, Urbanetti J. *The use of helium-oxygen mixture during maximum expiratory flow to demonstrate obstruction in small airways in smoker*. *J. Clin. Invest* 1975; 55(4): 1090–1103
- Guidotti TL, Denee PB, Abraham JL. *Arc welders pneumoconiosis : Application of advanced scanning electron microscopy*. *Arch. Environ. Health* 1978; 33(3): 117–126
- Hunnicuttt TN, Cracovaner DJ. *Spirometric measurements in welders*. *Arch. Environ. health* 1964; 8(5); 661–669
- Hyatt RE, Shilder DP, Fry DL. *Relationship between maximal expiratory flow and the degree of lung inflation*. *J. Appl. Physiol* 1958; 13(6): 331–340
- Keimig DG, Pomrehn PR, Burmeister LF. *Respiratory symptoms and pulmonary function in welders of mild steel:a cross-sectional study*. *Am. J. Ind. Med* 1983; 4(4): 489–499
- Leuallen EC, Fowler WS. *Maximal midexpiratory flow*. *Am Rev Tuberc*. 1955; 72(8): 783–794
- Lloyd TC, Wright GW. *Evaluation of methods used in detecting change of airway resistance in man*. *Am Rev Resp Dis* 1963; 87(7): 529–538.
- McCarthy DS, Spencer R, Greene R. *Measurement of closing volume as a simple and sensitive test for early detection of small airway disease*. *Am J Med*.1972; 52(5): 747–753
- McFadden ER, Linden DA. *A reduction in maximal mid expiratory flow rate, A spirographic manifestation of small airway disease*. *Am J Ind Med*. 1972; 18(8): 725–733
- Mead J, Turner JM, Macklem PT. *Significance of the relationship between lung recoil and maximum expiratory flow*. *J Appl Physiol*. 1967; 22(3): 95–103
- Meyer EC; Dratzinger SF, Miller WH. *Pulmonary fibrosis in an arc welders*. *Arch Environ Health* 1967; 15(2) :462–469
- Mlynarczyk W, senczuk W. *Study of the relationship between pulmonary changes and blood plasma composition under the effects of industrial dust*. *Med Pr* 1980; 31(1): 27–33
- Oxhoj H, Bake B, Wedel H, Wilhelmsen L. *Effects of electric arc welding on ventilatory lung funtion*. *Arch Environ Health* 1979; 34(4): 211–217
- Peters JM, Murphy RLH, Ferris BG. *Pulmonary function in shipyard welders*. *Arch. Environ. Health* 1973; 26(1): 28–31
- Poirer KP. *A quantitative definition of obstructive lung disease*. *Am J Med* 1968; 45(2): 329–335

- Rom WN. *Environmental and Occupational Medicine, 2nd ed. Boston, Little Brown and Company, 1983, pp. 831–841*
- Stern RM. *Assessment of risk of lung cancer for welders, Arch Environ Health. 1983; 38(3):148–54*
- Wanger J. *Pulmonary function testing, London, Williams & Wilkins, 1992, pp. 41–55*
- Wiethage T. *Expression of TNF-alpha in alveolar macrophages after stimulation with quartz dust, welding fume dust and asbestos fibers. Pneumonologie 1992; 46(3): 621–629*
- William AB. *Recognition of health hazards in industry, Canada, John Wiley & Sone Inc., 1981, pp.117–136*
- Woolcock AJ, Vincent NJ, Macklem PT. *Frequency dependent of compliances a test for obstruction in the small airway. J Clin Inv 1969; 48(5): 1097–1103*
- Zenz C. *Occupational Medicine principles and practical applications, 2nd ed. Chicago, Year Book Medical Publishers Inc., 1988, pp.1053–1059*