

연구보고서
조선소 용접작업자 건강영향 추적연구
(코호트 구축 3차년도)

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요 약 문

1. 연구제목 : 조선소 용접작업자 건강영향 추적연구 (코호트 구축 3차년도)

2. 연구 필요성 및 목적

만성폐쇄성폐질환은 한국인 45세 이상 성인 남성에서 유병률이 25.8%이며, 45세 이상 여성에서는 9.6% 로서 매우 흔한 질병이며, 만성폐쇄성폐질환을 포함한 만성 하기도 질환은 한국인 사망원인 중 10번째에 해당한다. 일반 성인에서 발생하는 만성폐쇄성폐질환의 원인 중 작업장에서의 분진, 흡 등 노출이 발병 원인의 15%를 차지한다고 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지 만성폐쇄성폐질환의 직업적 요인에 대해서는 간과되어 왔다. 최근 만성폐쇄성폐질환과 직업적 노출과의 연관성에 대한 인식이 개선되면서, 추후 주요 직업성질환 중 하나가 될 것으로 예상되며, 분진에 대한 특수건강진단에서 폐활량 검사가 1차 검사로 채택되어 폐기능 이상자가 많이 발생하고 따라서 만성폐쇄성폐질환 역시 증가할 것으로 예상된다. 기존에 특수건강진단의 폐활량 검사는 정도관리가 잘 되지 않았고 검증이 되지 않아 학술적 이용에 제한이 있어 직업적 노출과 작업과의 관련성을 추적관찰하며 향후 제도개선에 토대가 될 수 있는 연구체계의 마련이 시급하다. 현재 용접흡 노출이 발생하는 사업장 중 근로자 규모가 가장 큰 것은 조선업종으로 이들에 대한 장기적인 추적 관찰은 타 업종에 비하여 비교적 접근이 쉬울 것으로 보인다. 조선소의 용접 업종은 용접흡 노출량이 높은 만큼 질병발생의 개연성이 높아 COPD와 용접흡과의 관계 파악

에 더 유용할 수 있으며, 따라서 조선소를 대상으로 하여 용접흡과 COPD와의 관계를 연구하고자 한다.

3. 연구내용 및 방법

본 연구는 전향적 코호트를 기본으로 하되 이전의 검사결과 중 정도관리에 부합하는 폐활량 검사결과가 있을 경우 후향적인 자료도 이용하기로 하였다. 코호트의 입적은 순수 용접원 2,000명 이상, 비용접원 근로자 2,000명 이상으로 목표를 둔다. 코호트의 수는 많을수록 결과 도출이 용이하므로 향후 수년간 충분한 수가 확보될 때까지 지속적으로 수행하기로 하였다. 등록된 코호트에 대해서는 매년 폐활량 검사 여부를 확인한 후 결과를 등록하고 최대 2년간 검사 기록이 없을 경우 전화를 걸어 내원하게 하여 검사하도록 한다.

4. 연구결과

2015년 10월까지 2,139명의 동의서를 취득하였으며, 이 중 자료가 완비된 조선소에 근무하는 용접원 669명, 부분용접원 491명과 대조군 570명 등 총 1,730명 및 폐활량 검사자료 총 4,276건을 확보하였다. 용접원과 부분용접원, 대조군 사이의 호흡기계 증상 유병률의 차이는 없었다. 노력성 폐활량은 연령별 분석에서 세 군간에 유의한 차이가 없었고, 두 군 모두 대조군보다 높았다. 일초율은 용접원과 부분용접원 사이에는 차이가 없었고, 두 군 모두 대조군보다 낮았다. 선형분석에서 일초율은 용접원, 부분용접원 모두 유의한 음의 선형관계를 보였으며, 흡연군에서는 용접원, 부분용접원 모두 유의한 음의 선형관계를 보였으나 비흡연군에서는 선형관계를 보이지 않았다. 용접원과 부분용접원, 그리고 대조군의 제한성 환기장애 유병률은 3% 미만으로 낮았고 군간 차이는 없었다. 용접원의 폐쇄성 환기장애 유병률은 10.2%, 부분용접원은 14.3%로, 대조군의

2.7%보다 유의하게 높았다. 다중 로지스틱 회귀분석에서 연령, 체질량지수, 흡연을 보정한 후 제한성환기장애는 용접원, 부분용접원, 대조군 사이에 차이가 없었으며, 이는 연령별, 흡연여부별로도 동일하였다. 폐쇄성환기장애의 교차비는 부분용접원이 유의하였으며, 추가분석에서 보호구 착용률의 교차비가 유의하였다. 40대 이상에서는 부분용접원의 교차비가 유의하였고, 역시 보호구 착용률의 교차비가 유의하였다. 흡연군에서 부분용접원의 교차비가 유의하였고, 보호구 착용률의 교차비 역시 유의하였다. 본 연구에서 폐활량의 예측식은 $FVC = -0.013 \times \text{Age} + 0.141 \times \text{Height(inches)} - 4.396$, $FEV1 = -0.024 \times \text{Age} + 0.098 \times \text{Height(inches)} - 2.025$ 이었다. 혼합모형 분석에서 용접원과 부분용접원의 % 노력성 폐활량은 대조군에 대비하여 유의하게 높았다. 혼합모형 분석에서 용접원과 부분용접원의 일초율은 대조군에 대비하여 유의하게 낮았다. 연령별로는 40대 미만이 유의하게 낮았으며, 흡연군과 비흡연군 모두 유의하게 낮았다.

5. 활용방안 및 기대성과

지금까지 용접원에 대한 국내의 단면조사연구는 있었으나 코호트를 구축한 연구는 거의 없었다. 이러한 코호트를 가지는 것 자체가 가장 큰 수확이며, 이 인구집단을 대상으로 한 가치 있는 연구가 행해질 것이다. 장기적인 추적관찰을 통하여 우리나라의 용접흡에 의한 폐활량 감소 및 만성폐쇄성 폐질환의 발생에 대한 기여분율을 확인할 수 있을 것이며, 현재 직업환경의학과에서 행해지고 있는 용접흡 노출 근로자에서 발생하는 만성폐쇄성 폐질환의 업무관련성 판단 및 산재 보상에서 주요한 기초자료가 될 것이다. 코호트의 추적조사는 등록된 환자를 여러 의료기관에서 동시에 조사하여 탈락 비율을 줄일 수 있을 것이며, 70-80% 이상 지속적으로 추적할 수 있을 것으로 보인다. 이 연구를 통해 우리나라 폐활량 검사 결과의 보다 정확한 정상 예측식을 구할 수 있을 것이

다. 용접원 코호트의 다른 영향(안질환, 심장질환, 신장질환, 근골격계질환 등)에 대한 체계적인 조사가 가능할 것이다. 용접원 코호트의 폐질환에 대한 보다 깊은 연구(유전자 등)가 수행될 수 있는 계기를 마련할 것이다.

6. 증심어

용접원, 코호트, 폐활량, 조선소

7. 참고문헌 및 연락처

- 김건형. 조선소 용접근로자 폐활량 코호트 구축. 산업안전보건연구원;2010
- 김정일, 고동희, 예병진 등. 용접근로자 코호트. 산업안전보건연구원;2013
- 김정일, 채창호, 심창선 등. 용접작업자 건강영향 추적연구. 산업안전보건연구원;2014
- 정춘화, 임현우, 구정완 등. 조선업 용접원의 용접흡의 생애누적노출량을 이용한 환기기능평가. 대한산업의학회지 2002;14(4):364-376
- Seixas NS, Robins TG, Attfield MD, et al. Longitudinal and cross sectional analyses of exposure to coal mine dust and pulmonary function in new miners. Br J Ind Med. 1993;50(10):929-37
- Trupin L, Earnest G, San Pedro M, et al. The occupational burden of chronic obstructive pulmonary disease. Eur Respir J. 2003;22(3):462-9

연구책임자 : 동아대학교 의과대학 직업환경의학교실 김 정 일

연락처 : T) 051-240-2917, F) 051-242-8428, E) kimji@dau.ac.kr

차례

I. 서론	1
1. 연구배경	1
1) 선행연구 분석	1
2) 연구자의 선행연구	4
2. 연구의 필요성 및 목적	7
3. 용접 근로자 노출평가	9
1) 배경	9
2) 노출평가의 방법	10
3) 본 코호트 연구의 노출 평가	17
4) 목적	17
II. 연구방법	18
1. 코호트 구축 방법	18
1) 코호트의 기본 구성 및 모집기간	18
2) 연구대상 - 코호트 입적 기준	18
3) 코호트 구축의 로드맵	19
2. 설문조사	22
3. 전화설문	25

4. 신체검사	25
5. 폐활량 검사	25
1) 예측식과 검사항목	25
2) 폐활량 검사자의 자격	25
3) 폐활량 검사 정도관리	26
6. 영상검사	27
7. 자료의 보관	27
8. 통계분석	28
9. 노출 평가	28
1) 용접흡 노출 데이터	28
2) 노출 그룹 분류에 관한 전문가 평가	28
3) 혼합모형을 통한 elasticity 와 precision의 계산	29
4) 용량-반응 관계의 감쇄에 대한 평가	30
5) 최종 노출 그룹 분류에 따른 노출량 계산	31
III. 연구결과	32
1. 연구대상자의 특성	34
2. 호흡기계 증상 유병률	38
3. 폐활량 검사	43
4. 폐활량 검사치에 영향을 주는 요인	49
5. 환기장애 유병률	62
6. 환기장애에 영향을 주는 요인	67

7. 폐활량의 예측식	76
8. 혼합모형 분석	78
9. 노출평가	94
1) 용접흡 노출량의 일반적인 특성	94
2) 전문가 분류에 따른 노출군별 노출량	96
3) Elasticity, precision, attenuation	99
IV. 고찰	101
1. 연구방법에 대한 고찰	101
2. 연구결과에 대한 고찰	102
3. 용접 근로자 노출평가에 대한 고찰	106
V. 요약	107
VI. 성과보고	108
1. 2013년	108
2. 2014년	114
3. 2015년	120
VII. 향후전략	122
1. 코호트 모집 로드맵	122
1) 코호트 인년을 고려한 추적관찰	122

2) Spirometry Longitudinal Data Analysis (SPIROLA) Software를 활용한 폐기능 평가를 고려한 추적관찰	122
2. 코호트 모집 전략	122
3. 코호트 유지 전략	124
4. 노출평가 전략	124
5. 통계 전략	124
VIII. 활용방안	126
참고문헌	127
Abstract	131
부록	133

표 차례

<표 1> 용접원의 노출 매트릭스	13
<표 2> 석면노출에 관한 직무관련설문	14
<표 3> 직무노출 매트릭스 코드	15
<표 4> 조선소의 주요 공정, 작업 및 유해요인	23
<표 5> 폐활량 검사 문진표	24
<표 6> 연구대상자의 일반적 특성	34
<표 7> 연구대상자의 병력	35
<표 8> 연구대상자의 흡연력	36
<표 9> 용접의 종류 및 보호구 착용률	37
<표 10> 호흡기계 증상 유병률	38
<표 11> 30대의 호흡기계 증상 유병률	39
<표 12> 40대 이상의 호흡기계 증상 유병률	40
<표 13> 흡연자의 호흡기계 증상 유병률	41
<표 14> 비흡연자의 호흡기계 증상 유병률	42
<표 15> 폐활량 검사치 기술통계량	43
<표 16> 폐활량 검사치	44
<표 17> 30대의 폐활량 검사치	45
<표 18> 40대 이상의 폐활량 검사치	46
<표 19> 흡연군의 폐활량 검사치	47

<표 20> 비흡연군의 폐활량 검사치	48
<표 21> 연령별 근무기간별 % 노력형 폐활량	49
<표 22> 노력성 폐활량에 영향을 주는 요인	50
<표 23> 30대의 노력성 폐활량에 영향을 주는 요인	51
<표 24> 40대 이상의 노력성 폐활량에 영향을 주는 요인	52
<표 25> 흡연군의 노력성 폐활량에 영향을 주는 요인	53
<표 26> 비흡연군의 노력성 폐활량에 영향을 주는 요인	54
<표 27> 연령별 근무기간별 일초율	55
<표 28> 일초율에 영향을 주는 요인	56
<표 29> 30대의 일초율에 영향을 주는 요인	57
<표 30> 40대 이상의 일초율에 영향을 주는 요인	58
<표 31> 40대 이상에서 보호구 착용 및 용접의 종류를 고려한 일초율에 영향을 주는 요인	59
<표 32> 흡연군의 일초율에 영향을 주는 요인	60
<표 33> 비흡연군의 일초율에 영향을 주는 요인	61
<표 34> 환기장애 유병률	62
<표 35> 30대의 환기장애 유병률	63
<표 36> 40대 이상의 환기장애 유병률	64
<표 37> 흡연군의 환기장애 유병률	65
<표 38> 비흡연군의 환기장애 유병률	66
<표 39> 제한성 환기장애에 영향을 주는 요인	67
<표 40> 연령별 제한성 환기장애에 영향을 주는 요인	68
<표 41> 흡연여부별 제한성 환기장애에 영향을 주는 요인	69

<표 42> 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인	70
<표 43> 보호구 착용 및 용접의 종류를 고려한 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인	71
<표 44> 연령별 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인	72
<표 45> 40대 이상에서 보호구 착용 및 용접의 종류를 고려한 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인	73
<표 46> 흡연여부별 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인	74
<표 47> 흡연군에서 보호구 착용 및 용접의 종류를 고려한 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인	75
<표 48> 폐활량의 예측식	76
<표 49> 본 연구에서의 폐활량의 예측식	77
<표 50> 노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석	80
<표 51> 연령별 노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석	81
<표 52> 흡연여부별 노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석	82
<표 53> %노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석	83
<표 54> 연령별 %노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석	84
<표 55> 흡연여부별 %노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석	85
<표 56> 일초량 영향인자 혼합모형 분석	87
<표 57> 연령별 일초량 영향인자 혼합모형 분석	88
<표 58> 흡연여부별 일초량 영향인자 혼합모형 분석	89
<표 59> 일초율 영향인자 혼합모형 분석	91
<표 60> 연령별 일초율 영향인자 혼합모형 분석	92
<표 61> 흡연여부별 일초율 영향인자 혼합모형 분석	93

<표 62> 용접흡의 연도별 농도	94
<표 63> 공정 9분류에 의한 용접흡의 농도	96
<표 64> 공정 6분류에 의한 용접흡의 농도	97
<표 65> 공정 5분류에 의한 용접흡의 농도	97
<표 66> 직무 4분류에 의한 용접흡의 농도	98
<표 67> 직무 3분류에 의한 용접흡의 농도	98
<표 68> 직무 및 직무*공정분류에 의한 elasticity, precision, attenuation ...	100
<표 69> 관찰인년	104

그림 차례

[그림 1] 직무-노출 매트릭스 개발 연구(유사노출군)	16
[그림 2] 연구추진체계	20
[그림 3] 코호트 구축의 로드맵	21
[그림 4] 코호트의 구성	33
[그림 5] FVC의 변화	79
[그림 6] FVC _p (%)의 변화	79
[그림 7] FEV ₁ 변화	86
[그림 8] FEV _{1p} (%)의 변화	86
[그림 9] 일초율의 변화	90
[그림 10] FEV ₁ /FVC _p (%)의 변화	90
[그림 11] 용접흡의 분포	95

I. 서 론

1. 연구배경

1) 선행연구 분석

(1) 만성폐쇄성폐질환 발생에 있어서 직업적 요인

근로자는 작업 중 수많은 물질에 노출되게 된다. 그 중 만성폐쇄성폐질환의 직업적 유해요인은 크게 광물성 분진, 금속류, 유기분진, 가스, 연기 등으로 분류할 수 있다. 광물성 분진에는 석탄분진, 유리섬유(MMVF), 오일 미스트, 시멘트, 실리카, 실리케이트 등, 금속류에는 오스뮴, 바나듐, 용접 흠 등, 유기분진에는 먼분진, 곡물분진, 목분진 등, 가스류에는 이소시아네이트(isocyanate), 설퍼 연소물(sulfur exhaust) 등, 연기에는 엔진의 연소물, 담배연기 노출, 화재 연기 노출 등이 직업적 원인으로 보고되고 있다. 이러한 물질의 흡입은 기도폐쇄 없이 지속적인 객담이 발생하는 만성 단순 기관지염을 일으킬 수 있다. 이러한 일시적인 기관지염을 가진 근로자가 영구적인 기도폐쇄로 발전하여 만성 기관지염이 되는지에 대해서는 논란이 있다.

(2) 만성폐쇄성폐질환에서 직업적 요인의 기여 분율

2003년 미국흉부학회(ATS, American Thoracic Society)는 일반 인구를 대상으로 한 8개의 연구들을 종합하여 만성폐쇄성폐질환의 원인에서 직업적 노출이 차지하는 Population Attributable Risk (PAR)를 15%로 계산하는 합의적 결론

(consensus documents)을 제시하였다. 이 연구에서의 PAR 15%란, 일반 인구집단의 만성폐쇄성폐질환 중 직업적 노출에 의해 발생한 만성폐쇄성폐질환의 비율이 15%란 뜻이다. 하지만 계산을 할 때 분모(denominator)를 직업적 노출이 있는 집단으로 한정한다면 직업적 노출이 만성폐쇄성폐질환 발생에 미치는 기여분율(Attributable Fraction, AF)은 더 커지게 될 것이다.

1994년 제3차 미국건강영양평가(US population-based Third National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES III)자료를 바탕으로 한 Hnizdo의 연구에서는 9,823명을 대상으로 나이, 흡연상태, 흡연갑년, 비만지수, 교육, 사회경제상태를 보정한 뒤 만성폐쇄성폐질환에 대한 비차비(Odds ratio, OR)를 구하였다. 업무에 기인한 만성폐쇄성폐질환의 AF(attributable fraction)은 전체적으로 19.2% (95%CI: 7-28)이었으며, 비흡연자의 경우는 31.1% (95%CI: 1-47)이었다.

Trupin의 연구에서 무작위로 추출된 2,061 명의 55-75세의 미국인을 대상으로 직업에 따른 만성폐쇄성폐질환의 비율을 산출하였다. 직업적 노출은 분진, 가스, 증기, 흙에 대해서 자기기입식 질문을 이용하여 측정하였다. 흡연과 인구학적인 보정을 거친 후 직업적 노출의 비차비는 $OR = 2.0$ (95%CI: 1.6-2.5)이었고, 보정된 PAR은 20% (95%CI: 13-27)이었다. 만성기관지염을 제외한 만성폐쇄성폐질환의 경우에는 직업적 노출에 대한 PAR이 31%였다(95%CI: 19-41).

Bergdahl은 317,629 명의 스웨덴의 건설노동자 코호트를 1971년부터 1999년까지 추적관찰 하였으며, 무기분진(석면, 유리섬유, 시멘트, 콘크리트, 석영), 가스와 자극제(에폭시 수지, 이소시아네이트, 유기용제), 흙(아스팔트 흙, 디젤 연소물, 금속 흙), 목분진 노출과 만성폐쇄성폐질환에 의한 사망의 연관성에 대하여 연구를 시행하였다. 나이와 흡연을 보정한 비노출 내부 대조군과의 비교에서 호흡성 노출이 있는 경우 만성폐쇄성폐질환에 의한 사망위험이 상대위험도(Rate Ratio, RR) 1.12 (95%CI: 1.03-1.22)로 증가하였다. 무기분진 노출군에서는 $RR = 1.10$ (95%CI: 1.06-1.14)로 만성폐쇄성폐질환에 의한 사망이 증가하였고, 특히 비흡연자에서는 $RR = 2.30$ (95%CI: 1.07-4.96)으로 더욱 위험이 증가하였다. 호

흡성 노출에 의한 만성폐쇄성폐질환 사망의 기여분율은 전체인구집단에서 10.7%였으며, 비흡연자들에서는 52.6%였다.

(3) 호흡성 노출과 만성폐쇄성폐질환의 연관성 연구

Lisa 등이 수행한 뉴질랜드의 62명의 용접원과 75명의 비용접원에 대한 단면 조사연구에서 만성 기관지염 증상은 용접원에서 11.3 %, 비용접원에서 5.0 % 이었다. 10년 이상 근무한 근로자는 16.7 %, 4년 미만의 근로자는 4.7 %가 증상을 호소하였다. 폐기능 검사에서도 용접원에서 FEV1과 FVC에 유의한 감소가 있었다.

개발도상국 제철 공장의 근로자 81명과 대조군 131명에 대한 단면연구에서는 노출군의 FEF25-75%, FEV1, PEF, FEV1/FVC, FEV1/VC가 대조군에 비해 유의하게 낮았으며, 제철, 주물업에서의 노출이 만성폐쇄성폐질환의 위험인자라고 보고하였다. 코호트 연구들에서는 가스, 분진, 흡에 노출된 경우 나이와 흡연을 보정하고도 FEV1이 매년 7-8 mL씩 감소하는 것으로 보고되었다.

노출 용량-반응 (dose-response) 관계에 대해서는, Soyseth 등이 630명의 알루미늄 potroom 근로자들을 1986년부터 1996년까지 추적관찰 하였는데, 5 mg/m³ 이상/미만의 노출군을 나누어 분석하였을 때 고노출군에서 폐기능 감소가 더 많았다고 보고하였다.

Hu 등이 712명의 coke oven 근로자와 211명의 대조군을 대상으로 시행한 연구에서는 고노출군에서 폐기능 감소가 뚜렷이 감소하는 용량-반응관계를 보였다. 또한 흡연자에서 석면에 의한 폐암 발생이 상승작용(multiplicative interaction)을 일으키는 것처럼, 흡연자에서도 COE(coke oven emission)에 의한 만성폐쇄성폐질환 발생의 위험이 상승작용 하는 것으로 보고하였다. 노출이 없는 비흡연자를 기준 1로 놓았을 때, 비흡연-고노출자는 비차비(OR) 5.92, 고흡연자-비노출자는 OR=7.51인데 반하여 고노출-고흡연자는 OR=58.12 로 나타났다.

이는 흡연과 직업적 노출이 독립적인 위험요인으로 작용을 하지만, 둘이 같이 동반되었을 때는 직업적 노출에 의해 발병하는 것 이상의 효과(혹은 결과)를 낼 수 있음을 시사하는 것이다. 추후 이러한 상승작용에 대한 연구가 보장될 필요가 있으며, 업무관련성 판단에도 고려되어야 될 부분으로 생각된다.

2005년도에 동일한 폐기능 검사기를 사용하는 7개 진폐정밀건강진단 기관에서 검사를 받은 5,619명의 근로자를 대상으로 폐기능검사 결과를 분석한 최병순 등의 연구에서는 만성폐쇄성폐질환 유병률이 45-64세 40.2%, 65-74세 57.5%로 높았고, 진폐 소견이 없을 때(0/0형) 보다 1형 이상 진폐 소견이 있을 경우 위험도가 1.9-5.4배 높았다고 보고되었다.

2) 연구자의 선행 연구

(1) 소규모 주물공장 근로자의 폐기능(대한산업의학회지, 2011년)

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

방법 : 연구대상자는 상시 5인 이상 50인 미만의 부산지역 12개 소규모 주물작업장에 근무하고 있는 남자 근로자 148명을 노출군으로, 분진 및 유해가스 등에 직업적으로 노출되지 않은 사무직 근로자 202명을 대조군으로 하였다. 폐기능 지표로 FVC, FEV1, FEV1/FVC %, PEF, MMEF와 호기 FVC의 25%, 50% 및 75%시점에서의 최대호기기류인 FEF25, FEF50 및 FEF75를 측정하여 주물작업 노출군과 대조군을 비교분석하였다.

결과 : 주물작업 노출군이 대조군에 비해 FEF25를 제외한 모든 폐기능 측정치가 유의하게 감소하였다. 대상자를 흡연유무로 나누었을 때 흡연군에서 FEF25, FVC%를 제외한 모든 측정치가 폭로군이 대조군에 비해 유의하게 낮았지만 비흡연군에서는 모든 폐기능 지표의 유의한 차이가 없었다. 노출군에서 FVC, FEV1, MMEF 모두 근무년수가 증가함에 따라 측정치가 감소하였다.

FVC, FEV1, MMEF를 종속변수로 다중회귀분석을 시행하였을 때 FVC, FEV1, MMEF 모두 주물작업 노출유무와 관련성이 있었다.

결론 : 소규모 주물공장 근로자는 작업 중 발생하는 분진, 흙, 가스 등의 복합 노출로 폐기능이 저하되며, 이는 주물작업 노출 외에 흡연의 부가적 효과가 영향을 미친다고 생각한다. 따라서 폐기능이 저하된 주물공장 근로자에서 주기적인 폐기능 검사가 실시되어야 하며 금연과 효과적인 호흡기 보호구의 착용이 권장되어야 하겠다.

(2) 조선소 용접근로자 코호트 구축(산업안전보건연구원, 2010)

총 1,170명의 조선소 근로자가 코호트로 구축되었다. 코호트 입적자의 평균 나이는 47.6세이었다. 비흡연군의 만성폐쇄성폐질환 유병률은 10.2%, 10갑년 미만군은 4.9%, 10갑년 이상 20갑년 미만군은 15.6%, 20갑년 이상인 군에서는 14.5%였으며, 용접흙에 노출되는 군에서는 15.9%, 분진 노출군에서는 13.4%를 나타내었다. 전제 코호트 입적자에서는 14.4%의 만성폐쇄성폐질환 유병률을 보였다.

연령과 근무기간을 보정 후 분석한 결과 흡연량이 10갑년 이상 20갑년 미만인 경우 비흡연자보다 만성폐쇄성폐질환의 유병이 2.37배 (95% CI 1.127-4.924), 20갑년 이상인 경우 2.44배(95% CI 1.1.237-4.815)로 유의한 결과를 보였다.

유해물질별로 살펴보았을 때, 용접흙 노출의 경우 만성폐쇄성폐질환이 발생 교차비가 기타 물질에 노출되었을 때보다 1.25배(95% CI 0.126-12.432)이었고 분진에 노출된 경우 0.96배(95% CI 0.096-9.504)이었다.

(3) 조선소 용접 근로자의 폐기능과 혈중 망간 및 크롬간의 관련성(박사지도 논문, 2013)

목적 : 용접흙에 노출된 조선소 용접원의 폐기능을 평가하였다. 또한 용접흙에 포함된 망간, 크롬 노출의 생물학적 노출 지표로 혈중 망간, 크롬을 분석하여 폐기능과의 상관관계를 알아보고자 하는 목적으로 수행하였다.

방법 : 조선소 용접원 82명과 용접 작업을 하지 않는 비교군 100명의 폐기능 검사를 비교분석하였다. 용접원의 혈중 망간과 크롬은 graphite furnace atomizer가 부착된 원자흡광광도계(Spectra AA-240, Varian, USA)를 사용하여 분석하였다.

결과 : 용접원은 비교군에 비해 The ratio of forced expiratory volume in 1 second (FEV1) to forced vital capacity (FVC) (FEV1/FVC), maximal mid-expiratory flow (MMEF) and forced expiratory flow rate at 50% of expired FVC (FEF50)의 평균이 유의하게 낮았다. 폐기능 결과를 흡연여부에 따라 나눈 후 비교분석한 결과, 흡연군에서 FEV1/FVC, peak expiratory flow (PEF), MMEF, FEF50의 평균이 용접원에서 비교군에 비해 유의하게 낮았다. 비흡연군에서는 FEV1/FVC, MMEF의 평균이 유의하게 낮았다. 혈중 크롬 농도와 폐기능 저하의 상관성은 보이지 않았지만, 혈중 망간 농도와 폐기능간 유의한 역 상관관계가 있었고 용접원에서 percent of FVC (FVC%), percent of FEV1 (FEV1%), MMEF, FEF50을 종속변수로 다중회귀분석을 시행하였을 때 혈중 망간농도가 증가함에 따라 FEV1%가 감소하였다.

결론 : 본 연구를 통해 조선소 용접 근로자들의 폐기능 저하를 확인했으며, 폐기능 검사와 함께 혈중 망간 농도를 모니터링 하는 것이 용접 근로자의 호흡기계 영향을 예측하는데 도움이 될 수 있다고 생각된다.

(4) 용접근로자 코호트(코호트 구축 1, 2차년도)

2014년 9월까지 1,442명의 코호트를 구축하였으며 이 중 자료가 완비된 조선소에 근무하는 용접원 584명, 부분용접원 391명과 대조군 282명 등 총 1,257명 및 폐활량 검사자료 총 1,684건을 확보하였다. 용접원과 부분용접원 사이의 호흡기계 증상 유병률의 차이는 없었고, 대조군이 용접원과 부분용접원보다 비염증상 유병률이 높았다. 노력성 폐활량은 용접원과 부분용접원 사이에는 차이가 없

었고, 두 군 모두 대조군보다 높았다. 일초율은 부분용접원, 용접원, 대조군 순으로 유의하게 낮았으며, 이러한 경향은 흡연군, 비흡연군 모두 동일하였고, 40세 미만이나 40대 이상군에서도 동일한 경향을 보였다. 선형분석에서 흡연, 연령, 체질량지수를 보정한 후 %FVC는 용접원, 부분용접원 모두 유의한 양의 선형관계를 보였다. 흡연, 연령, 체질량지수를 보정한 후 일초율은 용접원, 부분용접원 모두 음의 관계를 보였으며, 부분용접원 군에서 유의하였다. 용접원과 부분용접원, 대조군의 제한성 환기장애 유병률은 3% 이하로 낮았고 군간 차이는 없었다. 용접원의 폐쇄성 환기장애 유병률은 9.2%, 부분용접원은 13.3%로, 대조군의 1.4%보다 유의하게 높았다. 다중 로지스틱 회귀분석에서 연령, 체질량지수, 흡연을 보정한 후 제한성환기장애는 용접원, 부분용접원, 대조군 사이에 차이가 없었다. 다중 로지스틱 회귀분석에서 연령, 체질량지수, 흡연을 보정한 후 폐쇄성환기장애의 교차비는 용접원이 3.15, 부분용접원 4.21로 유의하였으며, 이는 연령별, 흡연여부별로 동일하였다. 본 연구에서 폐활량의 예측식은 $FVC = -0.014 * \text{Age} + 0.143 * \text{Height(inches)} - 4.580$, $FEV1 = -0.022 * \text{Age} + 0.101 * \text{Height(inches)} - 2.313$ 이었다. 혼합모형 분석에서 일초율의 감소 정도는 용접원과 부분용접원간의 유의한 차이가 없었다. 일개 조선소 용접원 및 취부원의 용접흡, 망간, 철, 니켈, 크롬의 연도별, 공정별 노출농도를 분석하였다. 최근의 노출농도가 낮은 경향을 보였다.

2. 연구의 필요성 및 목적

만성폐쇄성폐질환은 한국인 45세 이상 성인 남성에서 유병률이 25.8%, 45세 이상 여성에서는 9.6% 로서 매우 흔한 질병이며, 만성폐쇄성폐질환을 포함한 만성 하기도 질환은 한국인 사망원인 중 10번째에 해당한다. 일반 성인에서 발생하는 만성폐쇄성폐질환의 원인 중 작업장에서의 분진, 흙 등 노출이 발병 원인의 15%를 차지한다고 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지 만성폐쇄성폐

질환의 직업적 요인에 대해서는 간과되어 왔다. 최근 만성폐쇄성폐질환과 직업적 노출과의 연관성에 대한 인식이 개선되면서, 추후 주요 직업성질환 중 하나가 될 것으로 예상되며, 분진에 대한 특수건강진단에서 폐활량 검사가 1차 검사로 채택되어 폐기능 이상자가 많이 발생하고 따라서 만성폐쇄성폐질환 역시 증가할 것으로 예상된다.

기존에 특수건강진단의 폐활량 검사는 정도관리가 잘 되지 않았고 검증이 되지 않아 학술적 이용에 제한이 있어 직업적 노출과 작업과의 관련성을 추적관찰하며 향후 제도개선에 토대가 될 수 있는 연구체계의 마련이 시급하다. 현재 용접흡 노출이 발생하는 사업장 중 근로자 규모가 가장 큰 것은 조선업종으로 이들에 대한 장기적인 추적 관찰은 타 업종에 비하여 비교적 접근이 쉬울 것으로 보인다. 조선소의 용접 업종은 용접흡 노출량이 높은 만큼 질병발생의 개연성이 높아 COPD와 용접흡과의 관계 파악에 더 유용할 수 있으며, 따라서 조선소를 대상으로 하여 용접흡과 COPD와의 관계를 연구하고자 한다.

본 연구의 궁극적인 목적은 조선소에서 용접흡 노출과 폐기능(폐활량) 및 만성 폐쇄성 폐질환의 관련성을 파악하는 것으로 구체적인 내용은 다음과 같다.

1. 조선소 용접원 폐활량 코호트를 구축함.
2. 부분용접원 폐활량 코호트 또는 유해인자 비노출 근로자 코호트 구축
3. 용접과 폐활량과의 관련성 규명
 - 용접흡 분진 노출과 만성폐쇄성폐질환 발생의 연관성
 - 추적 관찰을 통해 용접흡 분진 노출이 만성폐쇄성폐질환 발생에 미치는 기여 분을 계산

삼차년도에는 단기적으로 다음과 같은 연구성과를 목표로 한다.

1. 용접원 코호트 2013-2015년의 분석으로 3년간의 운영을 평가하고 용접원 및 부분용접원 근로자의 단기간의 폐기능 변화의 경향 보고(단면분석 및 시계열

적 분석)

2. 조선소 용접원의 만성 폐쇄성 폐질환 및 호흡기계 질환의 증상 유병률
3. 부분용접원 근로자의 만성 폐쇄성 폐질환 및 호흡기계 질환의 증상 유병률
4. 대조군의 만성 폐쇄성 폐질환 및 호흡기계 질환의 증상 유병률
5. 폐활량 검사 표준화 및 정도관리 매뉴얼 적용 결과 제시
6. 구축된 코호트의 과거 폐활량 검사 기록의 확인 및 결과 입력.
7. 폐활량 추적검사 실시
8. 개인적 노출 특성을 적용한 결과 제시
9. 분석된 결과를 바탕으로 하여 중장기 운영 상세계획

3. 용접 근로자 노출평가

1) 배경

산업 역학 연구에서 가장 중요한 요소들은 노출을 정확히 측정하는 것과 건강 영향을 정확히 측정하는 것이다. 이 중 노출평가는 정성적 또는 정량적으로 이루어질 수 있는데, 인과관계 규명에 필요한 노출-반응 관계를 알아보기 위해서는 정량적 평가가 이루어져야 한다. 이러한 정량적 노출평가는 노출기준을 선정하는데 있어서도 필요하다.

노출 수준을 평가하는 데에는 여러 가지 오차가 발생할 수 있다. 만약 측정이 부정확하여 체계적 오차(systematic error)가 발생한다면 노출군과 비노출군이 오분류가 일어나 노출-반응 관계의 왜곡이 발생하여 저평가 또는 고평가되는 결과를 가져올 것이다. 반면 측정시에 랜덤한 오차(random error)가 많이 발생한다면 노출-반응 관계가 왜곡되어 감쇄되어 나타날 것이다. 따라서 노출 수준을 평가할 때는 타당하고 재현성 있는 측정이 선행되어야 할 것이다.

노출되는 개인에 대해 각각 측정하여 노출량을 개인별로 부여하는 경우 위와 같이 체계적 오차와 랜덤 오차가 발생할 수 있다. 하지만 본 연구의 용접 흠 노출은 개개인별로 측정한 것이 아니라 유사노출군(similar exposure group)에서 일하는 근로자 들 중 5명 중 1명꼴로 샘플링 되어 측정되었다. 본 연구와 같이 그룹의 노출량 평균을 구하여 그 그룹에 속하는 근로자에게 노출 수준을 부여하는 경우 벅슨 바이어스(Berkson's bias)가 발생하지만, 벅슨 바이어스는 노출-반응관계에 미치는 영향이 미비하다고 알려져 있다. 반면 그룹의 평균을 그 그룹에 속한 근로자의 노출 수준으로 부여할 경우, 개별 근로자들을 측정해서 노출 수준을 각각 개인별로 부여하는 것보다 랜덤 오차의 감소로 인해 노출-반응 관계의 감쇄(attenuation)가 도리어 줄어든다고 알려져 있다.

즉, 용접흠 노출과 폐활량 감소와의 연관성을 보기 위해서는 유사노출군의 노출량 평균을 여기 속한 근로자들에게 노출량으로 부여하는 경우가 각 근로자들을 측정해서 각각 노출량을 부여하는 것보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있다는 것이다. 이러한 결과를 얻기 위한 전제 조건으로는 노출 그룹을 얼마나 타당하게 잘 분류하느냐가 중요하다.

본 분석에서는 최선의 노출-반응 관계를 얻기 위한 노출 그룹 설정 방법을 작업환경측정자료를 이용하여 평가해 보고자 하였다.

2) 노출평가의 방법

과거 조선소 근로자의 노출 평가는 크게 두 가지 방향으로 진행되어 왔다. 첫 번째로, 노출평가의 목적이 노출과 질환과의 관련성을 검사하는 역학연구에 노출 자료로 쓰기 위한 경우이다. 문헌상의 대부분의 연구들이 건강영향 평가를 목적으로 노출 평가를 하였으며, 이러한 경우 직무를 중심으로 노출군을 구분하였다. 두 번째로는 사업장 보건 관리를 목적으로 한 노출평가가 있다. 이러한 목적으로 유사노출군을 구분하여 직무노출매트릭스를 구축하는 경우가 있었다. 관

리의 목적이라 하더라도 필요시에 노출과 질환과의 관련성을 검사하는 연구의 목적으로 활용될 수 있기 때문에, 서로 다른 목적으로 노출 평가가 이루어 졌다고 하더라도 상호 배타적인 성격은 아니다.

(1) 직무를 중심으로 한 노출 평가

기존 문헌의 대부분은 노출과 건강영향을 평가하는 역학연구를 목적으로 하였고, 직무를 중심으로 노출군을 구분하였으며 아래의 예들이 있다.

Tola 등(1988)의 석면 노출 연구에서는 조선소 근로자의 직무를 welder, plater, machinist, pipe fitter로 분류하였다. 여기서 plaster, machinist는 대조군 집단으로 사용되었다. Newhouse 등(1985)의 연구에서는 작업 근로자를 welder, caulker, plater, electrician으로 분류하였다. Melkild 등(1989)은 조선소 근로자의 직업을 다음과 같이 분류하였다: welder, metal worker occasionally welding, metal worker seldom/never welding, machine shop worker, carpenter, dock worker, sandblaster and painter, assistant and apprentice, office and administrative workers, others. Danielsen 등(1993)은 조선소 근로자의 직업을 다음과 같이 분류하였다: welder, burner, metal worker, machine shop worker, carpenter, transportation and production support worker, watchman, office worker and foreman, electrician, riggers and dockers, coppersmith and plumber, apprentice and temporary worker before 1957, special support function before 1957, rustpicker, others. 박미희 등(2011)은 조선소 근로자에서 흡노출과 폐기능과의 관련성을 알아보는 연구에서 welder, grinder, machinist-manager로 직무를 분류하였다.

(2) 작업 환경을 중심으로 한 노출 평가

용접작업 중에 흡 등의 노출을 중심으로 평가한 연구들에서는 밀폐된 곳에서의 작업여부, 환기시설 사용 여부가 주로 조사되었다. 이 작업환경관련 요인은 과거 노출 수준을 추정하는데 중요한 요소(determinant)로 활용될 수 있다.

Newhouse 등 (1985)의 연구에서는 직무를 중심으로 한 분류에 다음의 5가지 환경으로 요인 분류를 추가하여 분석하였다.

-
- A. Total
 - B. Confined and semiconfined space
 - C. Open air and workshop
 - D. Confined and ventilation
 - F. Semiconfined spaces without ventilation
-

박영순과 백남원(1997)의 국내 조선소 연구에서 밀폐된 공간에서의 작업이 개방된 공간에서의 작업에 비해 1.8배 노출 수준이 높았다. 밀폐된 공간에서의 작업의 80% 에서노출기준을 초과하였다.

(3) 용접 방법을 중심으로 한 노출 평가

과거 용접과 암과의 관련성에 대한 역학연구에서 연강용접과 스테인리스 용접에 따른 암 발생위험을 각각 평가하기 위해 용접방법을 조사하였다. 연강용접이 철 흡이 발생하는 반면에 스테인리스 용접은 크롬, 니켈 등 중금속 흡이 함께 발생하며, 금속의 종류에 따라 폐에 미치는 독성이 다를 수 있다.

Gerin 등(1993)의 연구에서는 용접원의 노출 매트릭스를 용접 방법에 따라 다음과 같이 구분하였다.

표1. 용접원의 노출 매트릭스

주 공정

MMA(manual metal arc)-MS(mild steel)
 MMA-SS(stainless steel)
 MIG(metal inert gas)/MAG(metal active gas)-MS
 MIG/MAG-SS
 MIG/MAG-Al(aluminum)
 TIG(tungsten inert gas)-SS
 TIG-Al

부 공정

TIG-MS
 OXY/GAS(oxygen gas welding)-MS
 CUTTING(oxygen gas cutting)-MS
 OXY/GAS-SS
 RESISTANCE(resistance welding)-SS
 PLASMA(plasma cutting)-SS

곽영순과 백남원(1997)의 연구에서 연강 CO2 용접(CO2 Gas W./MS), 연강 반자동 용접(semiauto MMA W./MS), 스테인리스용접(TIG, CO2 gas W./SS)으로 분류하여 노출 수준을 평가하였고, 연강 CO2 용접에서 용접흡 노출 수준이 가장 높았다.

(4) 직무-노출 매트릭스를 중심으로 한 노출 평가

직무-노출 매트릭스를 중심으로 한 평가는 직무를 중심으로 한 평가와 유사한 부분이 많으나, 단순 직무 분류에 비해 분류가 자세하고 체계적이다.

Orlowski 등(1993)은 직무노출매트릭스와 직무특이설문을 비교하였는데, 직무노출매트릭스는 특이도가 떨어졌고, 직무특이설문은 민감도가 떨어지는 문제를 발견하였고, 두 가지를 병행했을 때 역학분석의 결과가 개선되는 것을 알아냈다. Orlowski 등이 사용한 석면 노출에 관한 직무관련설문은 다음과 같다.

표2. 석면노출에 관한 직무관련설문

-
- 1a) 분무된 석면이나 석면 매트릭스를 이용한 보온
 - 1b) 석면 보온재의 제거
 - 1c) 실링이나 패킹의 세탁 또는 석면으로 박스를 채우는 작업
 - 2a) 석면 시멘트 쉬트, 패널, 파이프를 다루거나 그라인더, 톱, 드릴 등을 이용해 가공하는 경우
 - 2b) 석면 패널이나 쉬트를 제거
 - 3a) 장갑이나 앞치마 등 석면을 함유한 방염 보호구를 착용
 - 3b) 용접된 파이프나 주물된 부품이 천천히 식게하기 위해 석면 매트나 포를 사용하는 경우
 - 4) 석면으로 보온처리된 전선을 설치하거나 제거하는 전기공
 - 5) 베이크라이트(Bakelite)로 만들어진 내열성 플라스틱을 가공하는 전기공
 - 6) 코드, 판, 라미네이트 형태의 석면 실링, 패킹을 다루거나 톱, 드릴 등의 공구를 이용해 작업
 - 7) 브레이크나 클러치 라이닝의 교체
 - 8) 석면 제품의 생산
 - 9) 석면 광산에 근무
 - 10) 창고 근로자, 도크 근로자, 배 청소 업무로 석면에 노출되는 경우
 - 11) 조선소에서 간접적으로 노출되는 경우 (bystander exposure)
-

정춘화 등(2002)의 연구에서 직무-노출매트릭스를 구축하기 위해 직업력, 작업공정, 작업부서 및 직종, 밀폐공간, 환기시설, 측정방법, 보호구 사용실태, 노동력, 단위작업장영향, 선박블록 내외 작업, 환경인자 등에 대한 조사를 하였다. 또한 3년간의 작업환경측정자료를 이용하여 Genrin (1993)의 용접원정 노출매트릭스와 동일한 방법으로 조선소 용접원의 노출을 평가하였다.

노영만 등(2000)의 연구에서 생산 공정에 근거하여 기초 분류를 하였는데, 표 1(p15 참조)과 같이 조선업의 주요공정, 주요 작업내용, 주요 유해요인을 분류하였다. 노영만 등(2000)이 개발한 직무노출매트릭스 코드는 다음과 같다. 공정 대 분류는 강제하역, 전처리가공, 소조립, 대조립, 의장, 선행도장, 선행의장, 탑재, 선체도장, 생산지원의 11 분류였고, 직종은 16분류, 직무는 56분류를 하였다.

표3. 직무노출 매트릭스 코드

code1	공정	code2	직종	code3	직무
1	강제하역	10	하역	1011	강제하역
1	강제하역	42	운반	4309	신호수
2	전처리가공	21	도금	2106	아연도금
2	전처리가공	42	지원	4210	배재
6	의장	47	용접	4781	취부
6	의장	42	지원	4210	배재
7	선행도장	22	도장	2202	분무도장
8	선행의장	42	지원	4210	배재
9	탑재	47	용접	4781	취부
9	탑재	36	검사	3614	성능검사
10	선체도장	22	도장	2202	분무도장
10	선체도장	36	검사	3619	장비수리
11	생산지원	42	지원	4201	공무
11	생산지원	43	운반	4309	신호수

노영만 등(2000, 2001)의 조선업 직무-노출 매트릭스 개발 연구에서는 작업의 유사성, 빈도, 사용물질, 공정, 작업수행방법 등에 근거하여 유사노출군(SEG)을 구분하였다.

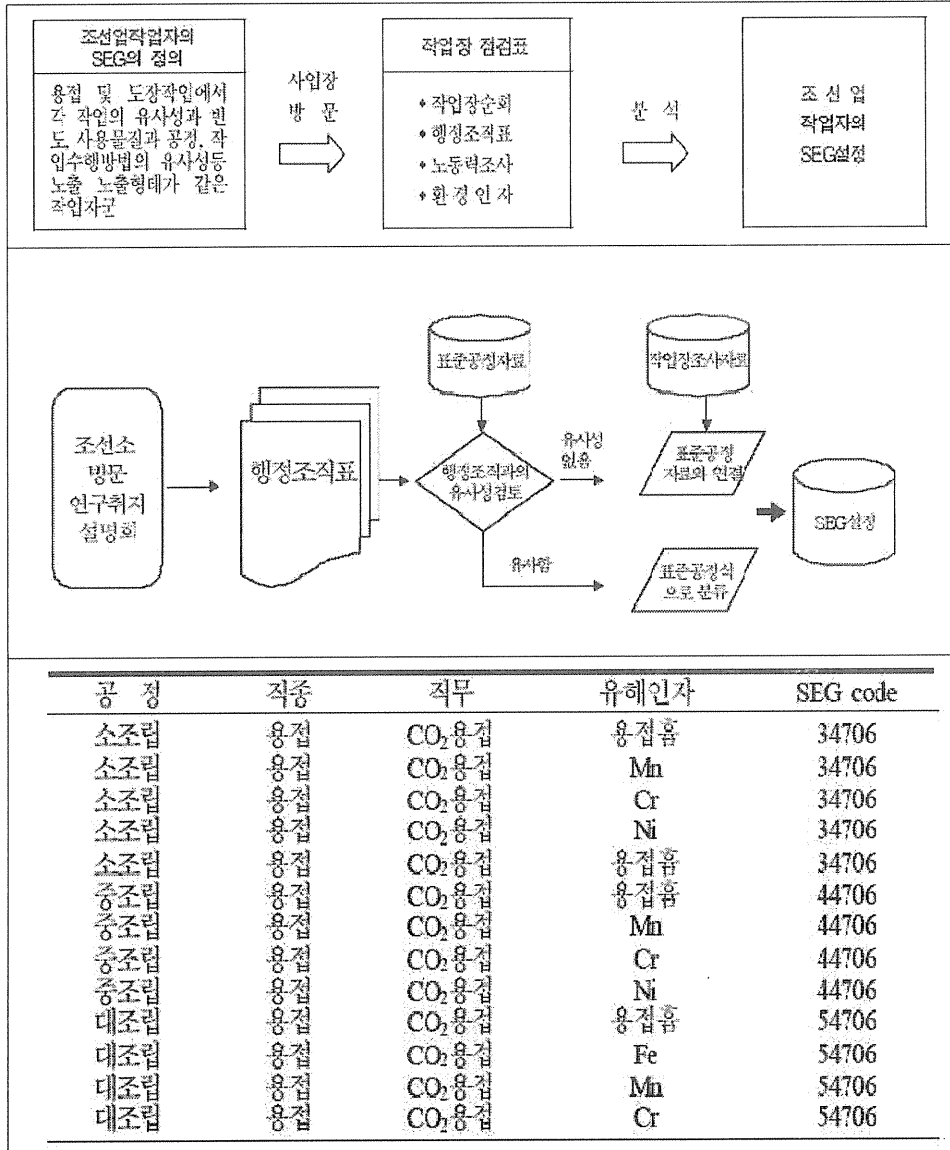


그림1. 직무-노출 매트릭스 개발 연구(유사노출군)

3) 본 코호트 연구의 노출 평가

본 코호트의 2010년 입적자를 대상으로 수행한 연구에서는 용접, 취부, 절단 등 단순한 직무 설문을 시행하였다. 이에 따라 흡노출과 폐활량과의 관계에 대한 횡단 연구(Koh, 2014)에서는 용접원(Arc welding), 취부(Tack welding), 절단(Cutting)의 직무 분류를 사용하였다. 이러한 방식은 가장 단순한 형태의 평가로, 노영만 등(2001)의 조선업 직무노출매트릭스 연구에서도 작업환경측정자료를 이용하여 비슷한 결과를 제시하였다. 하지만 이러한 단순 분류는 직무내의 변이가 매우 커서 노출을 잘 반영하지 못한다는 한계가 있다.

4) 목적

본 노출 평가는 두 가지 목적을 가지고 있다. 첫째는, 향후 용접흡 노출과 만성폐쇄성폐질환과의 연관성 규명에 활용될 노출군 분류 방법을 알아보는 것이며, 둘째는 이러한 노출군 분류에 따라 노출량을 추정하는 것이다.

II. 연구방법

1. 코호트 구축 방법

1) 코호트의 기본 구성 및 모집 기간

본 연구는 전향적 코호트를 기본으로 하되 이전의 검사결과 중 정도관리에 부합하는 폐활량 검사결과가 있을 경우 후향적인 자료도 이용하였다. 코호트에 입적되는 인원은 많을수록 유리하나, 추적 5년 후 일초율(FEV1/FVC) 5% 감소를 결과변수로 하여 용접원 중 5%, 대조군 중 3% 감소한다고 가정할 때 각 군에서 약 1,500명이 필요하며, 탈락률 25%를 고려하여 코호트의 입적은 순수 용접원 2,000명 이상, 주작업이 용접이 아닌 부분용접원 2,000명 이상, 대조군 2,000명 이상으로 목표를 두었다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 적어도 최소 6년의 모집기간이 필요할 것으로 예상된다.

2) 연구대상-코호트 입적기준

일차년도 코호트 입적 기준은 아래와 같았다.

- ① 남자
- ② 조선업종 종사자로 특수건강진단 대상자 혹은 배치전 검진자
- ③ 연구 참여 및 추적관찰에 동의한 자
- ④ 최초 PFT 결과가 적정한자(적합성 및 재현성- ATS 가이드라인을 만족한 자)

이차년도 코호트 입적 기준은 아래와 같이 변경하였다.

- ① 남자
- ② 조선업종 종사 용접원, 부분용접원
- ③ 대조군 - 직업적 호흡기 유해물질 비노출자
- ④ 연구 참여 및 추적관찰에 동의한 자

노출군으로 설정한 조선업종 특수건강진단 대상자 중 용접원과 비용접원으로 구분한 이전의 분류는 비용접원(전문 용접원이 아닌 조선소의 현장근로자)의 범위와 노출물질이 너무 다양하여 동일한 성격의 군으로 규정하기 어려운 면이 있었다. 따라서 전문 용접을 하는 용접원과 취부, 배관 등 일부 용접함에 노출되는 부분용접원으로 분류하는 것이 결과해석에 혼란을 주지 않을 것으로 판단하였다. 또한 기준에 대조군으로 직업적 호흡기 유해물질 비노출자를 추가하였다. ‘최초 PFT 결과가 적정한 자(적합성 및 재현성- ATS 가이드라인을 만족한 자)’라는 항목은 현재 검사기록 외 차후의 검사기록을 이용할 수 있으므로 코호트에 등록할 수 있도록 삭제하였다.

3) 코호트 구축의 로드맵

부산, 울산, 경남지역에 산재한 여러 조선소의 근로자를 연구에 포함시키기 위하여 조선소 용접원 폐기능 연구회를 기반으로 하여 아래와 같은 추진체계를 조직하였다.

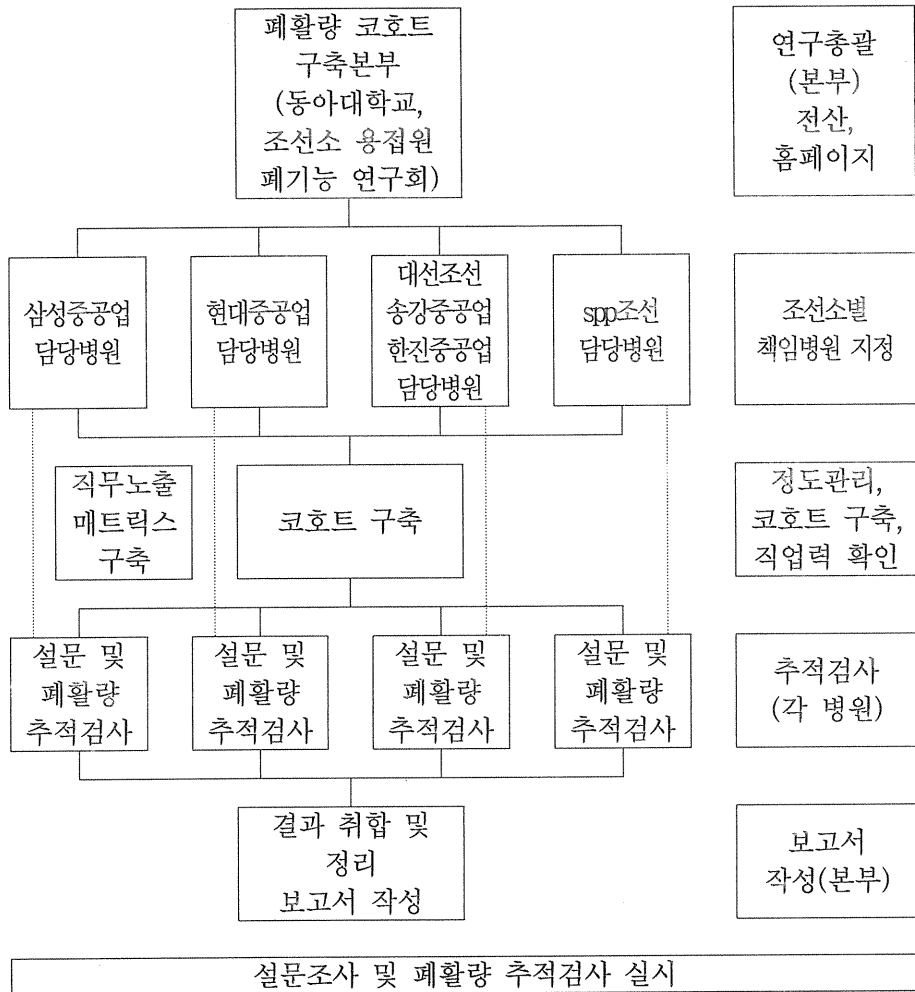


그림2. 연구추진체계

본 연구에서 가장 이상적인 추적방법은 젊은 연령층의 현재 폐활량 검사 결과가 정상인 노출자와 비노출자를 수집하여 추후 일정기간 폐활량의 감소 정도, 이에 따른 COPD 발생의 기여분율을 추정하는 것이다. 용접원과 일부용접원들은 근로자 특수건강진단에서 폐기능 검사를 받아 왔으며, 2010년도부터 3회 적합한 검사결과가 의무화되었으므로 검사 시점으로부터 2010년도까지 과거 결과를 이용할 수 있게 하였다. 용접원과 부분용접원은 매년 특수건강진단을 받으므로 그 결과를 추적할 수 있게 하였고, 그 결과를 찾을 수 없을 경우 마지막 검사로부터 3년 이내에 직접 연락하여 방문할 수 있도록 한다. 대조군의 경우 등록시점으로부터 2, 4, 6년 시점에 재차 검사한다.

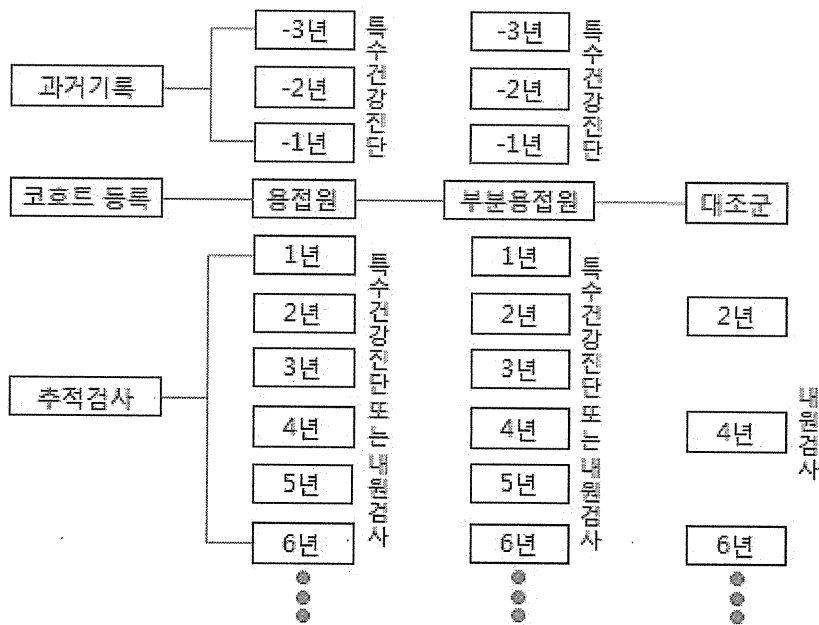


그림3. 코호트 구축의 로드맵

따라서 분석의 결과도 이원화될 수 있을 것이다. 젊은 연령층(30대)만을 별도로 분리하여 폐활량의 감소 및 환기장애의 발생률을 비교하여 비교위험도 및 귀속위험도를 구할 수 있을 것이고, 전 연령층에서의 분석도 시도해 볼 수 있을 것이다. 또한 더 짧은 기간에 용접의 효과를 알기 위해 혼합모형 분석을 통해 군간의 비교를 시도할 것이다.

또한 일초율 5%의 감소를 결과변수로 하여 분석을 시도할 것이다. 일차년도 결과에서 30대의 일초율의 평균이 약 80%이고 60대의 평균이 70% 내외이므로 10% 감소에 30년이 걸리는 것으로 추정할 수 있다. 그러나 추적기간이 끝없이 길어질 수 없으므로, 5% 감소를 질병발생으로 정하고, 용접원과 대조군에서의 발생 비율을 비교하여, 기여분율을 산출하여 용접흡의 영향을 평가하고자 한다.

2. 설문조사

특수건강진단 폐활량 설문지를 활용하여 본 연구의 목적에 부합하도록 일부 수정한 설문지를 사용하였다. 설문조사요원을 배치하여 설문조사 후 의사인 연구원 또는 연구보조원이 재차 확인하였다. 설문 조사 항목에는 흡연력(흡연량, 흡연기간, 흡연상태), 과거 노출력(취급 유해인자, 용접흡 노출기간, 작업종류 선택, 분진 노출기간 및 작업종류), 호흡기 질환 진단력, 약물 복용력, 호흡기 증상 여부(비염, 부비동염, 만성기관지염, 천식, 만성폐쇄성폐질환), 폐활량 검사 결과를 포함하였다. 특히 설문시에는 용접사인지, 취부사인지, 배관공인지 구체적인 직종을 확실하게 기록하였다.

표4. 조선소의 주요 공정, 작업 및 유해요인

주요공정	주요 작업내용	주요 유해요인
재료하역, 입고	지게차, 크레인, 트레일러 등의 운전작업	전신진동, 인간공학적 요인(특히 목, 손/손목), 소음, 산화철분진, 일산화탄소
전처리 및 방청도장	도장작업, 쇼트브라스팅, 연마작업	산화철분진, 소음, 진동, 고열, 유해광선, 유기용제, 인간공학적 요인, 일산화탄소
현도, 마킹	목공작업, 마킹작업	목분진, 진동, 소음, 인간공학적인 위험요인
절단공정	절단작업, 곡직작업, 프레스작업, 연마작업	용접흠, 유해광선, 오존, 포스겐, 일산화탄소, 질소산화물, 소음, 고열, 진동, 석면(선박수리 및 해체), 인간공학적인 위험요인
소조립/대조립공정	용접, 연마, 취부, 배관, 도장작업, 절단작업	용접흠, 유기용제2), 유해광선, 오존, 포스겐, 일산화탄소, 질소산화물, 소음, 고열, 진동, 산소결핍, 인간공학적 위험요인
선행도장	쇼트작업, 그라인딩, 도장작업	유기용제, 소음, 진동, 산화철분진, 중금속, 산소결핍, 인간공학적인 위험요인
의장제작	용접, 연마, 도금, 취부, 절단 등	용접흠, 유해광선, 오존, 포스겐, 일산화탄소, 질소산화물, 소음, 고열, 진동, 인간공학적인 위험요인, 황산, 인산, 크롬산염, Flux
선행의장	용접, 연삭, 절단, 기기가공	용접흠, 목분진, 금속가공유, 인공광물섬유분진(유리섬유, 암면등), 유해광선, 오존, 포스겐, 일산화탄소, 질소산화물, 소음, 고열, 진동, 산소결핍, 인간공학적인 위험요인
탑재공정	취부, 용접, 연마, 비파괴검사	용접흠, 유해광선, 오존, 포스겐, 일산화탄소, 질소산화물, 소음, 고열, 진동, 산소결핍, 인간공학적인 위험요인, 방사선
외부도장	쇼트, 연마, 도장작업	타르, 유기용제, 소음, 산화철분진, 중금속, 산소결핍, 인간공학적인 위험요인
진수		소음, 유기용제
엔진제작	주조작업, 단조작업, 세척, 연마작업	용접흠, 유해광선, 오존, 포스겐, 일산화탄소, 질소산화물, 소음, 고열, 진동, 인간공학적인 위험요인, 각종 경화제 및 유기용제, 분진
의장(목공, 기관, 전기)	목공, 용접, 전기배선작업	소음, 목분진, 진동, 용접흠, 유해광선, 오존, 포스겐, 일산화탄소, 질소산화물, 고열, 산소결핍, 인간공학적인 위험요인, 인공광물섬유분진(유리섬유, 암면등), 에폭시수지, PCB, 염소화나프탈렌 등
마무리도장	도장작업	유기용제, 소음, 진동, 산화철분진, 중금속, 산소결핍, 인간공학적인 위험요인
시운전	각종 테스트 작업	소음, 연소가스

표5. 폐활량 검사 문진표

폐 활 량 검 사 문 진 표					
이름	신장	cm	체중	kg	폐활량검사경험 ☐ 유 ☐ 무
과거또는 현재 알고 있는질환	☐ 무 ☐ 감기 ☐ 진폐증 ☐ 만성 폐쇄성폐질환 ☐ 천식 ☐ 결핵 ☐ 폐렴 ☐ 기관지염 ☐ 귀질환 ☐ 심장질환 ☐ 기타 ()				
수술경험	☐ 무 ☐ 가슴 ☐ 는 ☐ 목 ☐ 복부 ☐ 심장 ☐ 기타 ()				
현재약물복용	☐ 무 ☐ 기관지확장제(천식, 감기약 등) ☐ 기타 ()				
흡연력	☐ 비흡연 ☐ 이전흡연 (년 개월) ☐ 흡연 (년 개월)				
의치착용여부	☐ 무 ☐ 고정식 ☐ 비고정식				
호흡곤란정도	☐ 0 : 증상이 없거나 운동을 하면 숨이 차게 느끼나 정상범위의 같은 연령, 성별의 사람과 비슷한 수준이다.				
	☐ 1 : 평지를 천천히 걸을때나 계단 1~2층을 오를때 같은 연배의 사람보다 더 숨이 차다.				
	☐ 2 : 평지를 걸을때, 같은 연배의 사람보다 더 숨이 차게 느껴져 같이 걷기가 어렵다.				
	☐ 3 : 평상시 걸을때나 집안일을 할 때 숨이 차다.				
☐ 4 : 옷 입는 것, 말하는 것, 다른 방으로 이동하는 것 등의 간단한 행동을 할 때도 숨이 차다.					
지난 1년간 감기를 앓고있지 않는데 재채기, 콧물 또는 코막힘 증상을 보인적이 있었습니까?		☐ 예 ☐ 아니요		▶ 작업시 악화되거나 휴식시 호전됩니까?	
지난 1년간 숨 쉴때 가슴에서 찌꺼거러거나 휘파람 소리가 난 적이 있었습니까?		☐ 예 ☐ 아니요		▶ 작업시 악화되거나 휴식시 호전됩니까?	
지난 1년간 답(가래)이 나오는 기침을 3개월 이상 하셨습니까?		☐ 예 ☐ 아니요		▶ 이러한 증상이 연속적으로 몇년동안 있었습니까?	
				()년	
주요공정	주요 작업내용	주요공정	주요 작업내용	주요공정	주요 작업내용
재처리, 입고	지게차, 크레인, 트레일러의 운전	선별도장	소트, 그라인딩, 도장	진수	
전처리, 방청도장	도장, 스트브라스팅, 연마	의장제작	용접, 연삭, 드릴, 휘부, 절단 등	연진제작	주조, 단조, 세척, 연마
형도 및 마킹	목공, 마킹	선형의장	용접, 연삭, 절단, 기기가공	의장(목공기관전기)	목공, 용접, 전기배선
절단공정	절단, 곡직, 프레스, 연마	합재공정	휘부, 용접, 연마, 비파괴검사	마루리도장	도장
소조립/대조립	용접, 연마, 휘부, 배관, 도장, 절단	외부도장	소트, 연마, 도장	시운전	각종 테스트
위의 공정과 작업내용을 참조하여 아래 예시와 같이 작성하세요.					
* 예시					
공정	작업내용	기 간(부터-까지)		유 해 인 자	
선형의장	용접	2003년 3 월	2012년 1 월	☐ 용접용 ☐ I 분진 ☐ 석면 ☐ TDI, MDI ☐ 기타 ()	
공정	작업내용	기 간(부터-까지)		유 해 인 자	
		년 월	년 월	☐ 용접용 ☐ I 분진 ☐ 석면 ☐ TDI, MDI ☐ 기타 ()	
		년 월	년 월	☐ 용접용 ☐ I 분진 ☐ 석면 ☐ TDI, MDI ☐ 기타 ()	
		년 월	년 월	☐ 용접용 ☐ I 분진 ☐ 석면 ☐ TDI, MDI ☐ 기타 ()	
		년 월	년 월	☐ 용접용 ☐ I 분진 ☐ 석면 ☐ TDI, MDI ☐ 기타 ()	
★ 폐활량 검사 담당자가 작성하는 부분입니다 ★					
검사자세	☐ 선자세 ☐ 앉은자세		검사법	☐ 협조적 ☐ 보통 ☐ 비협조적	
검사일자			검사시간	마지막 흡연 ☐ 1시간 이내 ☐ 1시간 이후	
검사자	검사자 의견				

3. 전화 설문

전년도 검사결과에서 부분용접원의 폐기능이 전체적으로 용접원보다 더 감소되어 있어서 그 원인에 대한 조사를 수행하였다. 우선 보호구 착용정도를 100점 만점 척도로 물어 보았고, 용접의 종류도 함께 조사하였다.

4. 신체검사

모든 연구대상자에 대해서 시진, 청진 등 상세한 신체검사를 실시하였다. 진찰 시 현재 검사에 영향을 미칠 만한 급성 호흡기계 질환이 있는 자, 근무 전부터 천식 등의 폐질환이 있는 자 등 연구에 부적절한 자는 제외하였다.

5. 폐활량검사

1) 예측식과 검사항목

폐활량 검사의 예측식은 Knudson식을 사용하였으며, 검사 항목은 동일하게 하였다. 검사 항목에는 노력성 폐활량(FVC, forced vital capacity), 노력성 폐활량예측율(FVC-predicted), 1초간 노력성 호기량(FEV1, forced expiratory volume in one second), 1초간 노력성호기기량예측률(FEV1-predicted), 일초율(FEV1%, FEV1/FVC) 를 이용하였고 다른 항목도 포함하였다.

2) 폐활량 검사자의 자격

폐활량 검사자는 한국산업안전공단에서 실시하는 교육을 받을 자로서 부록과

같은 매뉴얼로 재차 교육하였다. 연구자가 현장에서 수시로 교육하였다.

3) 폐활량 검사 정도 관리

폐활량 검사 결과에 대한 정확성과 신뢰성을 확보하기 위해 폐활량 검사에 대한 정도관리를 산업안전보건연구원의 정도관리 기준으로 시행하였다. 정도관리는 각 병원의 공동연구원이 적합성을 일차 평가한 후 연구책임자가 재차 평가하여 결과 사용 여부를 결정하였으며 그 내용은 다음과 같다.

(1) 정도관리 평가 기준

가. 검사장비 보정 적정성

- ① 검사시 검사 장소의 온도, 습도, 기압이 적정하게 고려된 상태에서 보정 실시 여부
- ② 적정한 유량(0.5~12 L/Sec)을 고려한 보정 실시 여부
- ③ 보정시 체결하여 사용하는 부속품(소모품)의 적정성 여부

나. 검사관련 설문 및 환류기록 항목 적정성 여부

- ① 피검사자에 대한 검사 전 설문기록 내용 적정한 여부
 - 주요 기록 내용 : 과거의 호흡기계 질환의 여부, 과거력 및 직업력, 흡연력, 검사 직전 흡연여부, 약물 복용 여부, 현재 호흡곤란 증상 정도, 현재 감기, 폐렴, 기관지염 등 호흡기질환의 여부, 최근 수술 및 심장질환 치료 여부, 과거 폐활량 검사 경험 여부
- ② 검사시 피검사자의 검사 자세(앉은 자세, 선 자세) 기록 여부
- ③ 검사시 피검사자의 검사에 대한 노력의 정도(협조, 보통, 비협조) 기록 여부

다. 검사의 적합성 판단 항목

- ① 검사 시작점 및 세고 빠르게 붙어냄 여부

- ② 검사 중 기침 또는 흡기 발생 여부
- ③ 혀에 의한 개구부의 막힘 여부
- ④ 호기 유량곡선 형태의 다양성 발생 여부
- ⑤ 조기중단(6초 이하 호기시간 및 부적정한 유량-용적 곡선을 평가한 조기중단) 여부
- ⑥ 고평부(Plateau) 도달 여부
- ⑦ 최대호기유속 및 발생 시간의 적정성 여부

라. 검사의 재현성 판단 항목

3개의 적합한 검사치중에서 가장 큰 수치의 노력성 폐활량(FVC) 및 일초량(FEV1)이 다음으로 큰 수치의 노력성 폐활량 및 일초량과의 차이가 5% 이내 또는 200 ml 이내 여부

마. 피검사자당 적정한 검사 실시횟수 준수 여부

적합성과 재현성이 있는 3개의 검사 결과 후 검사 종료 실시 여부

6. 영상검사

전 근로자에게 흉부단순촬영을 시행하였다.

7. 자료의 보관

모든 자료는 서면으로 보고하는 것을 원칙으로 하며, 통계전문가인 연구원이 자료를 저장 관리하여 장기 코호트의 기반을 마련하였다.

8. 통계분석

본 연구는 용접과 폐기능 검사 값 간의 관련성을 알아보기 위해 빈도분석 및 교차분석, 분산분석, 회귀분석, 로지스틱 회귀분석을 수행하였다. 이 때, 용접이 폐기능에 미치는 독립적인 영향을 알아보기 위해 폐기능에 관련이 있거나 영향을 줄 수 있는 요인들인 연령(용접노출년수), 흡연여부 및 흡연량(갑년), 체질량지수(BMI)가 보정변수로 사용되었다. 또, 경시적 자료 분석을 위해 혼합모형 분석을 실시하였으며, 이 때 용접의 영향력을 연령, 흡연, BMI에 대해 보정하여 산출하였다. 그 외에도 검사된 자료를 바탕으로 하여 폐활량의 예측식을 산출하였다.

모든 통계분석은 유의수준 0.05를 기준으로 양측 검정하였으며, SPSS 22.0 버전과 SAS 9.4 버전을 이용해 수행하였다.

9. 노출 평가

1) 용접흡 노출 데이터

용접공의 용접 흡 노출 수준에 대해 평가하기 위해 1개 조선소의 2002-2011년 동안의 작업환경측정자료를 수집하였다. 작업환경측정자료는 1개 작업환경측정기관에서 수행된 자료만 활용하였다. 작업환경측정은 1년에 2회 수행되었다. 용접흡 측정은 MCE 필터를 이용한 샘플러를 이용하여 측정되었고, 중량분석법을 통해 분석되었다. 측정시간은 6시간 이상이었다.

2) 노출 그룹 분류에 관한 전문가 평가

작업환경측정시에 이미 산업위생전문가에 의해 29개 작업 지역/공정(process)

으로 분류되어 있었다. 하지만 이러한 분류는 너무 자세하기 때문에 실제 코호트 분석에서 활용하기는 어렵다고 판단하였다. 따라서, 산업위생전문가가 이를 9그룹, 6그룹, 5그룹으로 그룹을 다시 재분류하였다. 직무(job)도 산업위생전문가가 재분류하였는데 4그룹, 3그룹으로 분류하였다. TIG 등 특수용접의 경우 측정횟수가 적어 분석에서 별도로 고려하지 않았다.

3) 혼합모형을 통한 elasticity 와 precision의 계산

작업환경측정자료의 용접흡 수치에 로그정규분포를 하고 있어 로그 변환하여 분석에 사용하였다. 작업환경측정자료의 분산요인(variance component)은 그룹간의 변이(between-group variance, $BG\sigma^2$), 그룹내 근로자간의 변이(between-worker variance, $BW\sigma^2$), 근로자의 반복 측정값간의 변이(within-worker variance, $WW\sigma^2$)로 분해할 수 있다. 이러한 분산요인은 혼합모형(mixed-effects model)을 이용하여 분석되었다. 본 분석에서 사용된 혼합모형은 다음과 같다.

$$\log(Y_{ijk}) = \text{intercept} + \text{year} + \text{between-group}_i + \text{between-worker}_{ij} + \text{within-worker}_{ijk}$$

여기서 i는 그룹, j는 근로자, k 반복측정을 나타낸다.

Contrast (elasticity)는 그룹간 분산을 최대화하는 값을 찾아 그룹핑이 잘 되었는가를 나타내는 지수 이다. 다음과 같이 그룹핑(grouping)이 잘 될수록 1에 가까우며 0~1 사이 값을 갖는다.

$$\text{Elasticity} = BG\sigma^2 / (BG\sigma^2 + BW\sigma^2)$$

Precision은 반복 측정한 것이 얼마나 재현성이 있는가를 나타내는 지수이다.

$$\text{Precision} = 1/\sqrt{\text{BW}^2/k + \text{BW}^2/kn}$$

여기서 k 는 그룹별 근로자수, n 은 근로자 당 반복 측정횟수를 의미한다.

가장 높은 elasticity와 precision을 보이는 분류를 역학 분석에 사용할 경우 가장 높은 상대위험도를 보인다고 알려져 있다. 즉, 이러한 경우 노출-반응관계의 감쇄 효과가 가장 적게 나타난다고 알려져 있다.

4) 용량-반응 관계의 감쇄에 대한 평가

용량-반응 관계의 감쇄(attenuation) 측정시의 랜덤 오차 때문에 발생한다고 알려져 있다. 이러한 랜덤 오차는 용량-반응 관계를 낮게 감쇄(attenuation)시키는 효과가 있다. 즉, 이러한 오차에 의해 용접흡 노출과 폐활량의 연관성이 낮게 혹은 연관성의 강도가 낮게 왜곡되어 나타날 수 있다.

이러한 감쇄효과는 근로자를 각각 측정하여 노출량을 부여하는 경우(individual-based approach)에 다음의 식으로 추정할 수 있다.

$$E(\hat{\beta}_1) = \left(\frac{\sigma^2_{BW}}{\sigma^2_{BW} + \frac{\sigma^2_{WW}}{n}} \right) \beta_1$$

반면 본 연구와 같이 그룹의 평균을 그 그룹에 속한 개인에게 노출량으로 부여하는 경우(group-based approach)는 다음의 식으로 감쇄효과를 추정할 수 있다.

$$E(\hat{\beta}_i) = \left(\frac{\sigma^2_{BG} + \frac{\sigma^2_{BW}}{k}}{\sigma^2_{BG} + \frac{\sigma^2_{BW}}{k} + \frac{\sigma^2_{WW}}{kn}} \right) \beta_i$$

5) 최종 노출 그룹 분류에 따른 노출량 계산

위의 노출 분류 방법을 이용하여 가장 좋은 그룹핑 방법을 제안하며, 이에 따른 그룹별 노출량치를 제시하였다.

III. 연구결과

본 연구는 2013년 5월부터 시작되었기 때문에 실제로 코호트를 구축한 기간은 보고서 작성 시점인 2015년 10월 30일까지이다. 2년 6월간 진행하고 있으며 현재 지속적으로 연구대상자를 모으고 있다. 2014년 보고서 작성시점까지 등록된 인원은 1,563명의 동의서를 취득하여 용접과 전혀 관련이 없는 근로자 121명을 제외하였고, 정보부족 또는 검사결과 부적합자 185명을 제외하고 정보누락이 없는 1,257명을 최종 분석에 이용하였다. 2015년 보고서 작성시점에는 총 2,139명의 동의서를 취득하였고 이 중 정보부족 또는 검사결과 부적합한 근로자 409명을 제외하고 총 1,730명의 자료를 분석하였다.

또한 이 코호트 중 이용가능한 과거의 폐활량 검사기록을 확인하여 정리하였다. 모든 코호트 구성원의 입적 이전 또는 이후자료에서 적합성과 재현성이 있는 과거 또는 현재 폐활량 자료를 수집하였으며, 따라서 현재 인원으로는 1,730명, 폐활량 검사는 총 4,276건의 자료를 확보하였다. 금번 보고서의 기술통계의 분석은 1,730명의 가장 최근 자료를 이용하였고, 시계열적 분석은 혼합모형으로 용접원과 비용접원, 그리고 대조군을 비교하였다. 추적관찰기간은 코호트 입적일 또는 후향적 자료수집 동의 시 첫 관찰일로부터 사망일 혹은 추적관찰 종료시점까지로 계산하였으며, 총 관찰인년은 2509.58년이었다.

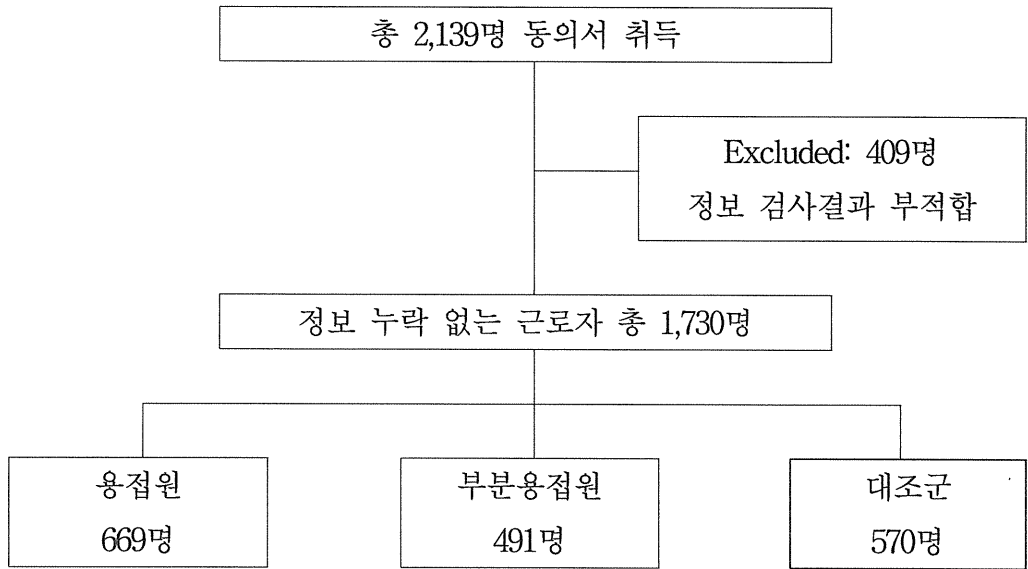


그림4. 코호트의 구성

1. 연구대상자의 특성

총 1,730명의 연구대상자 중 용접원은 669명(38.7%), 부분용접원 491명(28.4%), 사무직 외부대조군은 570명(32.9%)이었다.

연령의 평균±표준편차는 용접 근로자 46.56±9.30세, 부분 용접 근로자 47.48±10.32세, 사무직 외부대조군은 36.73±6.25세로 나타나 군간 연령의 차이가 있었고 이는 통계적으로 유의하였다($p<.001$). 키는 용접원 170.38±6.08cm, 부분 용접원 169.67±6.15cm, 사무직 외부대조군 174.65±5.71cm로 군간 유의한 차이가 있었다($p<.001$).

이 결과를 바탕으로 하여 용접원과 부분용접원의 평균연령과 대조군의 연령에 차이가 있어 이후 모든 분석을 30대와 40대 이상으로 나누어 시행하였다.

표6. 연구대상자의 일반적 특성

Variable	Group			P value
	용접원	부분용접원	대조군	
Number(%)	669(38.7)	491(28.4)	570(32.9)	
Age (years)	46.56±9.30	47.48±10.32	36.73±6.25	<.001
30대 이하	172(25.7)	129(26.3)	466(82.0)	<.001
40대	234(35.0)	133(27.1)	62(10.9)	
50대	227(33.9)	177(36.0)	39(6.9)	
60대 이상	36(5.4)	52(10.6)	1(0.2)	
Height(cm)	170.38±6.08	169.67±6.15	174.65±5.71	<.001
Weight(kg)	68.58±9.66	68.21±9.43	74.91±10.26	<.001
BMI	23.58±2.77	23.68±2.61	24.62±2.82	<.001

과거 또는 현재의 질환 및 투약여부에 대한 근로자의 응답은 아래의 표와 같았다.

표7. 연구대상자의 병력

Variable	Group			P value
	용접원	일부용접원	대조군	
과거 또는 현재 질환력				
없음	523(79.1)	362(76.4)	459(81.5)	.126
있음	138(20.9)	112(23.6)	104(18.5)	
감기	50(36.2)	31(27.7)	48(46.2)	.485
진폐증	1(0.7)	0(0.0)	1(1.0)	.673
만성폐쇄성폐질환	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	-
천식	3(2.2)	2(1.8)	10(9.6)	.022
결핵	14(10.1)	12(10.7)	14(13.5)	.875
폐렴	7(5.1)	6(5.4)	9(8.7)	.706
기관지염	5(3.6)	2(1.8)	5(4.8)	.659
귀질환	11(8.0)	10(8.9)	2(1.9)	.035
심장질환	12(8.7)	6(5.4)	4(3.8)	.234
기타	35(25.4)	27(24.1)	19(18.3)	.157
수술경험				
없음	518(78.5)	364(77.0)	408(72.5)	.042
있음	142(21.5)	109(23.0)	155(27.5)	
가슴	2(1.4)	1(0.9)	3(1.9)	.660
눈	9(6.3)	9(8.3)	28(18.1)	<.001
목	13(9.2)	6(5.5)	9(5.8)	.654
복부	21(14.8)	18(16.5)	42(27.1)	.001
심장	2(1.4)	2(1.8)	0(0.0)	.340
기타	101(71.1)	78(71.6)	93(60.0)	.805
현재약물복용여부				
없음	540(81.7)	383(81.1)	503(89.3)	<.001
있음	121(18.3)	89(18.9)	60(10.7)	
기관지확장제(천식, 감기약 등)	22(18.2)	12(13.5)	7(11.7)	.059
기타	99(81.8)	77(86.5)	54(90.0)	.003

흡연여부는 용접원과 부분용접원 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나($p>.05$), 대조군을 포함한 세 군 간에는 비흡연자의 비율이 통계학적으로 유의한 차이가 나는 것으로 관측되었다($p<.001$).

표8. 연구대상자의 흡연력

Variable	Group			P value
	용접원	부분용접원	대조군	
Never smoker	122(18.2)	95(19.3)	223(43.7)	<.001
Ex-smoker	201(30.0)	150(30.5)	117(22.9)	
총 흡연기간	16.21±8.98	16.20±8.08	10.76±5.92	<.001
흡연량(갑년)	14.32±11.28	14.21±9.95	8.88±7.31	<.001
Current-smoker	346(51.7)	246(50.1)	170(33.3)	
총 흡연기간	18.54±8.13	19.25±9.93	14.27±5.83	<.001
흡연량(갑년)	15.98±9.27	16.79±12.08	10.79±6.16	<.001

용접의 종류와 보호구 착용에 대한 설문에 응답한 근로자는 총 265명이었다. 그 결과는 다음과 같다.

표9. 용접의 종류 및 보호구 착용률

Variable	용접원 (n=141)	부분용접원 (n=124)	P value
용접 노출년수(year)	22.69±10.57	21.80±11.58	0.514
용접 종류			
CO2	112 (79.4)	111 (89.5)	0.025
그 외	29 (20.6)	13 (10.5)	
보호구 착용률(%)	98.94±6.62	98.03±6.97	0.280

2. 호흡기계 증상 유병률

호흡기계 증상에 대해 3가지 문항을 작성하게 하였으며, 비염 증상이 용접근로자에서 27.4%, 부분용접원에서 27.0%, 사무직 외부대조군에서 29.6%를 보였으며, 호흡시 천명음의 증상 유병률은 8% 미만, 그리고 만성기관지염의 증상 유병률은 6% 미만으로 세 군간의 차이는 없었다.

표10. 호흡기계 증상 유병률

증상	N(%)			P value
	용접원 (n=669)	부분용접원 (n=491)	대조군 (n=570)	
지난 1년간 감기를 앓고 있지 않은데 재채기, 콧물 또는 코막힘 증상을 보인 적이 있었습니까?	180 (27.4)	129 (27.0)	166 (29.6)	.592
작업시 악화 또는 휴식시 호전	76 (47.5)	42 (38.5)	60 (40.5)	.278
지난 1년간 숨 쉴 때 가슴에서 쉼쉼거리거나 휘파람 소리가 난 적이 있었습니까?	48 (7.2)	38 (7.8)	35 (6.2)	.585
작업시 악화 또는 휴식시 호전	31 (67.4)	19 (63.3)	21 (67.7)	.918
지난 1년간 담(가래)이 나오는 기침을 3개월 이상 하셨습니까?	34 (5.1)	18 (3.7)	25 (4.4)	.532
이러한 증상이 연속적으로 몇 년동안 있었습니까?	5.34±6.14	2.79±3.07	2.31±1.40	.113

30대에서는 비염 증상이 용접원 29.2%, 부분용접원 22.4%, 대조군에서 28.9% 이었고, .호흡시 천명음 증상 유병률은 7% 이하, 그리고 만성기관지염의 증상 유병률은 5% 이하로 유의한 차이가 없었다.

표11. 30대의 호흡기계 증상 유병률

증상	N(%)			P value
	용접원 (n=172)	부분용접원 (n=129)	대조군 (n=466)	
지난 1년간 감기를 앓고 있지 않은데 재채기, 콧물 또는 코막힘 증상을 보인적이 있었습니까?	49 (29.2)	28 (22.4)	133 (28.9)	.325
작업시 악화 또는 휴식시 호전	18 (45.0)	5 (21.7)	50 (41.7)	.153
지난 1년간 숨 쉴 때 가슴에서 켹켹거리거나 휘파람 소리가 난 적이 있었습니까?	12 (7.0)	7 (5.5)	29 (6.3)	.861
작업시 악화 또는 휴식시 호전	7 (63.6)	1 (25.0)	16 (64.0)	.322
지난 1년간 담(가래)이 나오는 기침을 3개월 이상 하셨습니까?	6 (3.5)	5 (3.9)	20 (4.3)	.888
이러한 증상이 연속적으로 몇 년동안 있었습니까?	8.00±9.06	5.50±6.36	2.43±1.45	.090

30대에서는 비염 증상이 용접원 26.8%, 부분용접원 28.6%, 대조군에서 31.3% 이었고, 호흡기 천명음 증상 유병률은 9% 이하, 그리고 만성기관지염의 증상 유병률은 6% 이하로 유의한 차이가 없었다.

표12. 40대 이상의 호흡기계 증상 유병률

증상	N(%)			P value
	용접원 (n=497)	부분용접원 (n=362)	대조군 (n=102)	
지난 1년간 감기를 앓고 있지 않는데 재채기, 콧물 또는 코막힘 증상을 보인적이 있었습니까?	131 (26.8)	101 (28.6)	31 (31.3)	.629
작업시 악화 또는 휴식시 호전	58 (48.3)	37 (43.0)	10 (37.0)	.505
지난 1년간 숨 쉴 때 가슴에서 켑켑거리거나 휘파람 소리가 난 적이 있었습니까?	36 (7.2)	31 (8.6)	6 (6.0)	.608
작업시 악화 또는 휴식시 호전	24 (68.6)	18 (69.2)	5 (83.3)	.760
지난 1년간 담(가래)이 나오는 기침을 3개월 이상 하셨습니까?	28 (5.6)	13 (3.6)	4 (4.0)	.368
이러한 증상이 연속적으로 몇 년동안 있었습니까?	4.68±5.38	1.89±1.07	2.00±0.00	.442

흡연자에서는 비염 증상이 용접원 27.1%, 부분용접원 27.4%, 대조군에서 29.2% 이었고, 호흡기 천명음 증상 유병률은 8% 이하, 그리고 만성기관지염의 증상 유병률은 6% 이하로 유의한 차이가 없었다.

표13. 흡연자의 호흡기계 증상 유병률

증상	N(%)			P value
	용접원 (n=547)	부분용접원 (n=396)	대조군 (n=287)	
지난 1년간 감기를 앓고 있지 않은데 재채기, 콧물 또는 코막힘 증상을 보인적이 있었습니까?	145 (27.1)	107 (27.4)	83 (29.2)	.803
작업시 악화 또는 휴식시 호전	57 (44.9)	34 (37.8)	29 (38.2)	.489
지난 1년간 숨 쉴 때 가슴에서 쉼쉼거리거나 휘파람 소리가 난 적이 있었습니까?	37 (6.8)	29 (7.4)	17 (6.0)	.776
작업시 악화 또는 휴식시 호전	25 (69.4)	15 (65.2)	11 (68.8)	.942
지난 1년간 담(가래)이 나오는 기침을 3개월 이상 하셨습니까?	28 (5.1)	17 (4.3)	14 (4.9)	.852
이러한 증상이 연속적으로 몇 년동안 있었습니까?	5.71±6.37	2.76±3.31	1.75±0.89	.147

비흡연자에서는 비염 증상이 용접원 28.9%, 부분용접원 25.0%, 대조군에서 26.8% 이었고, 호흡기 천명음 증상 유병률은 10% 이하, 그리고 만성기관지염의 증상 유병률은 5% 이하로 유의한 차이가 없었다.

표14. 비흡연자의 호흡기계 증상 유병률

증상	N(%)			P value
	용접원 (n=122)	부분용접원 (n=95)	대조군 (n=223)	
지난 1년간 감기를 앓고 있지 않은데 재채기, 콧물 또는 코막힘 증상을 보인적이 있었습니까?	35 (28.9)	22 (25.0)	59 (26.8)	.815
작업시 악화 또는 휴식시 호전	19 (57.6)	8 (42.1)	23 (45.1)	.441
지난 1년간 숨 쉴 때 가슴에서 켑켑거리거나 휘파람 소리가 난 적이 있었습니까?	11 (9.0)	9 (9.6)	13 (5.9)	.398
작업시 악화 또는 휴식시 호전	6 (60.0)	4 (57.1)	6 (60.0)	.991
지난 1년간 담(가래)이 나오는 기침을 3개월 이상 하셨습니까?	6 (5.0)	1 (1.1)	9 (4.1)	.296
이러한 증상이 연속적으로 몇 년동안 있었습니까?	2.00±1.41	3.00±0.00	2.57±1.51	.843

3. 폐활량 검사

폐활량 검사 결과는 전체결과는 아래와 같았다. 노력성 폐활량의 평균 4.47ℓ로 102.7%이었으며, 일초율은 평균 78.50%로 예측치의 96.05%이었다.

표15. 폐활량 검사치 기술통계량

Variable	FVC(ℓ)	FVC_p (%)	FEV1(ℓ)	FEV1_p (%)	FEV1/FVC (%)	FEV1/FVC_p (%)
N	1,640	1,640	1,640	1,640	1,640	1,334
기하평균	4.45	100.99	3.50	96.84	78.44	95.73
평균	4.50	101.85	3.55	97.67	78.72	96.05
표준편차	0.67	13.42	0.59	12.67	6.45	7.67
중위수	4.47	100.00	3.53	97.00	79.60	97.00
범위	4.96	85.90	4.24	94.00	52.30	62.00
최소값	2.45	67.10	1.50	49.00	43.70	55.00
최대값	7.41	153.00	5.74	143.00	96.00	117.00

폐활량 검사 결과는 아래와 같았다. 노력성 폐활량은 용접원, 부분용접원, 대조군에서 각각 예측치의 103.4%, 103.9%, 98.1%를 보여 용접원과 부분용접원이 대조군보다 높았고($p<0.001$), 일초율은 각각 77.8%, 76.9%, 81.6%를 보여 부분용접원과 용접원이 대조군보다 낮았다($p<0.001$).

표16. 폐활량 검사치

Variable	용접원 (n=635)	부분용접원 (n=482)	대조군 (n=523)	P	사후검정
	mean±SD	mean±SD	mean±SD		
FVC(ℓ)	4.41±0.68	4.38±0.66	4.73±0.61	<.001	대조군>용접=부분용접
FVC_p(%)	103.43±13.71	103.86±14.60	98.07±10.97	<.001	용접=부분용접>대조군
FEV1(ℓ)	3.43±0.56	3.37±0.58	3.85±0.50	<.001	대조군>용접>부분용접
FEV1_p(%)	98.38±13.41	98.16±13.50	96.34±10.71	0.014	용접>대조군
FEV1/FVC(%)	77.75±6.38	76.91±6.58	81.59±5.40	<.001	대조군>용접=부분용접
FEV1/FVC_p(%)	95.43±7.66	94.98±8.11	98.74±6.33	<.001	대조군>용접=부분용접
FEF25_p(%)	92.85±20.85	91.43±21.99	94.82±21.05	0.378	NA
FEF50_p(%)	89.56±26.89	84.08±25.37	90.15±25.79	0.011	대조군=용접>부분용접
FEF75_p(%)	70.24±25.26	63.31±24.21	74.28±24.85	<.001	대조군=용접>부분용접
FEF2575_p(%)	85.02±26.37	83.16±25.33	91.92±21.34	<.001	대조군>용접=부분용접

30대의 폐활량 검사 결과는 아래와 같았다. 노력성 폐활량은 용접원, 부분용접원, 대조군에서 각각 예측치의 98.7%, 97.4%, 96.8%를 보여 유의한 차이가 없었고, 반면 일초율은 각각 79.5%, 80.1%, 82.3%로 용접원과 부분용접원이 대조군보다 낮았다($p<0.001$).

표17. 30대의 폐활량 검사치

Variable	용접원 (n=163)	부분용접원 (n=126)	대조군 (n=420)	P	사후검정
	mean±SD	mean±SD	mean±SD		
FVC(ℓ)	4.81±0.64	4.81±0.66	4.82±0.57	0.990	NA
FVC_p(%)	98.66±11.39	97.39±10.49	96.83±10.06	0.167	NA
FEV1(ℓ)	3.82±0.52	3.84±0.53	3.95±0.44	0.003	대조군 > 용접
FEV1_p(%)	94.70±11.90	94.41±10.53	95.70±10.08	0.373	NA
FEV1/FVC(%)	79.48±6.11	80.05±5.12	82.27±5.36	<.001	대조군>용접=부분용접
FEV1/FVC_p(%)	95.82±7.66	97.40±6.33	99.31±6.25	<.001	대조군 > 용접
FEF25_p(%)	91.17±20.39	88.84±18.25	90.12±17.43	0.756	NA
FEF50_p(%)	87.99±25.29	83.55±21.00	85.27±18.63	0.475	NA
FEF75_p(%)	74.35±24.80	72.80±22.57	76.25±20.85	0.790	NA
FEF2575_p(%)	86.02±23.41	88.50±21.37	92.88±21.25	0.004	대조군 > 용접

40대 이상의 폐활량 검사 결과는 아래와 같았다. 노력성 폐활량은 용접원, 부분용접원, 대조군에서 각각 예측치의 105.1%, 106.2%, 102.8%를 보여 차이가 없었고, 반면 일초율은 각각 77.2%, 75.8%, 78.8%를 보여 부분용접원과 용접원군이 대조군보다 유의하게 낮았다($p<0.001$).

표18. 40대 이상의 폐활량 검사치

Variable	용접원 (n=472)	부분용접원 (n=356)	대조군 (n=101)	P	사후검정
	mean±SD	mean±SD	mean±SD		
FVC(ℓ)	4.28±0.63	4.23±0.59	4.37±0.64	0.129	NA
FVC_p(%)	105.08±14.06	106.16±15.16	102.84±12.88	0.117	NA
FEV1(ℓ)	3.29±0.51	3.21±0.50	3.44±0.50	<.001	대조군>용접=부분용접
FEV1_p(%)	99.65±13.68	99.49±14.18	98.80±12.66	0.853	NA
FEV1/FVC(%)	77.15±6.37	75.79±6.68	78.84±4.58	<.001	대조군>용접=부분용접
FEV1/FVC_p(%)	95.30±7.66	94.23±8.46	96.42±5.88	0.063	NA
FEF25_p(%)	93.35±20.99	92.04±22.78	97.86±22.73	0.205	NA
FEF50_p(%)	90.04±27.37	84.20±26.33	93.31±29.26	0.012	대조군 > 부분용접
FEF75_p(%)	69.00±25.29	61.07±24.08	73.01±27.24	<.001	대조군 > 부분용접
FEF2575_p(%)	84.52±27.76	81.02±26.49	85.20±20.73	0.264	NA

흡연여부에 폐활량 검사 결과는 아래와 같았다. 흡연군에서 노력성 폐활량은 용접원, 부분용접원, 대조군에서 각각 예측치의 103.2%, 103.3%, 98.7%를 보여 용접원과 부분용접원이 대조군보다 높았고($p<0.001$), 일초율은 각각 77.5%, 76.5%, 81.0%를 보여 용접원과 부분용접원이 대조군보다 낮았다($p<0.001$).

표19. 흡연군의 폐활량 검사치

Variable	용접원 (n=521)	부분용접원 (n=389)	대조군 (n=272)	P	사후검정
	mean±SD	mean±SD	mean±SD		
FVC(ℓ)	4.43±0.68	4.38±0.68	4.72±0.60	<.001	대조군>용접=부분용접
FVC_p(%)	103.17±13.48	103.27±14.25	98.68±10.81	<.001	용접=부분용접>대조군
FEV1(ℓ)	3.43±0.56	3.36±0.60	3.82±0.51	<.001	대조군>용접>부분용접
FEV1_p(%)	97.72±13.36	97.29±13.63	96.41±10.88	0.396	NA
FEV1/FVC(%)	77.45±6.55	76.53±6.64	80.98±5.22	<.001	대조군>용접=부분용접
FEV1/FVC_p(%)	95.10±7.94	94.66±8.23	97.94±5.96	<.001	대조군>용접=부분용접
FEF25_p(%)	92.08±21.12	90.20±22.31	95.83±22.51	0.169	NA
FEF50_p(%)	88.23±27.39	82.64±25.47	90.66±27.78	0.017	대조군 > 부분용접
FEF75_p(%)	68.76±25.08	61.38±23.40	73.31±23.38	<.001	대조군=용접>부분용접
FEF2575_p(%)	83.88±26.29	82.05±25.63	91.59±22.16	<.001	대조군>용접=부분용접

비흡연군에서 노력성 폐활량은 용접원, 부분용접원, 대조군에서 각각 예측치의 104.6%, 106.4%, 98.4%로 용접원과 부분용접원이 대조군보다 유의하게 높았고 ($p<0.001$), 일초율은 각각 79.1%, 78.5%, 81.5%를 보여 용접원과 부분용접원이 대조군보다 유의하게 낮았다($p<0.001$).

표20. 비흡연군의 폐활량 검사치

Variable	용접원 (n=114)	부분용접원 (n=93)	대조군 (n=204)	P	사후검정
	mean±SD	mean±SD	mean±SD		
FVC(ℓ)	4.32±0.66	4.38±0.59	4.74±0.64	<.001	대조군>용접=부분용접
FVC_p(%)	104.63±14.69	106.35±15.81	98.40±11.13	<.001	용접=부분용접>대조군
FEV1(ℓ)	3.41±0.55	3.44±0.51	3.85±0.48	<.001	대조군>용접=부분용접
FEV1_p(%)	101.40±13.30	101.81±12.37	96.33±10.78	<.001	용접=부분용접>대조군
FEV1/FVC(%)	79.11±5.37	78.46±6.10	81.46±5.18	<.001	대조군>용접=부분용접
FEV1/FVC_p(%)	96.98±5.95	96.35±7.48	98.03±5.83	0.179	NA
FEF25_p(%)	96.37±19.27	96.23±20.16	92.37±17.15	0.630	NA
FEF50_p(%)	95.68±23.63	89.69±24.38	88.91±20.64	0.216	NA
FEF75_p(%)	77.04±25.07	70.85±25.98	76.64±28.46	0.332	NA
FEF2575_p(%)	92.36±25.98	88.37±23.38	90.55±20.14	0.616	NA

4. 폐활량 검사치에 영향을 주는 요인

연령별 근무기간별 노력성 폐활량을 보기 위하여 아래와 같은 표를 작성하였다. % 노력성 폐활량은 연령이 높을수록, 근무기간이 길수록 오히려 증가하는 양상을 나타내었으며 용접원과 부분용접원 사이에는 차이가 없었다.

표21. 연령별 근무기간별 % 노력성 폐활량

근무기간	작업구분	연령			
		30대 이하	40대	50대	60대 이상
0년 이상 10년 미만	용접	97.49±10.89	104.31±12.14	110.19±12.96	121.33±24.34
	부분용접	96.71±10.72	104.26±15.36	109.07±15.81	119.50±16.84
	P value	.624	.985	.790	.910
10년 이상 20년 미만	용접	100.53±11.55	99.93±12.39	108.26±14.21	111.50±28.34
	부분용접	98.27±9.37	100.29±12.40	107.36±15.81	110.52±18.25
	P value	.324	.850	.792	.939
20년 이상	용접	102.25±17.07	103.24±13.07	106.13±13.64	117.52±16.42
	부분용접	99.33±17.62	104.40±11.42	105.40±15.13	116.34±14.74
	P value	.818	.702	.688	.771

용접원, 부분용접원의 FVC_p(%) 검사치에 영향을 주는 요인을 보정한 후 군간의 차이를 알아보기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 연령이 증가함에 따라 FVC는 감소하였으나 FVC_p(%)는 오히려 증가하는 양상을 보였으며, 흡연, 연령, BMI를 보정한 후 FVC_p(%)는 군과 유의한 관계를 보이지 않았다.

표22. 노력성 폐활량에 영향을 주는 요인

변수	FVC			FVC_p(%)		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-0.067	(-0.154, 0.019)	.128	-0.130	(-1.957, 1.696)	.889
부분용접원	-0.068	(-0.159, 0.023)	.145	0.019	(-1.903, 1.942)	.984
대조군						
흡연(갑년)	0.001	(-0.002, 0.004)	.401	-0.060	(-0.125, 0.005)	.071
Age (yrs)	-0.030	(-0.033, -0.026)	<.001	0.472	(0.396, 0.548)	<.001
BMI (kg/m ²)	-0.003	(-0.015, 0.008)	.587	-0.248	(-0.495, -0.002)	.049

30대의 용접원, 부분용접원의 FVC_p(%) 검사치에 영향을 주는 요인을 보정하기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 흡연, 연령, BMI를 보정한 후 FVC_p(%)의 β 값은 유의한 선형관계를 보이지 않았다.

표23. 30대의 노력성 폐활량에 영향을 주는 요인

변수	FVC			FVC_p(%)		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-0.056	(-0.194, 0.081)	.422	-0.510	(-2.862, 1.841)	.670
부분용접원	-0.065	(-0.210, 0.080)	.378	-1.403	(-3.879, 1.072)	.266
대조군						
흡연(갑년)	0.004	(-0.004, 0.013)	.327	0.059	(-0.093, 0.211)	.445
Age (yrs)	-0.020	(-0.036, -0.003)	.019	0.158	(-0.123, 0.439)	.270
BMI (kg/m ²)	0.007	(-0.011, 0.024)	.463	-0.124	(-0.422, 0.174)	.413

40대 이상의 용접원, 부분용접원의 FVC_p(%) 검사치에 영향을 주는 요인을 보정하기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 흡연, 연령, BMI를 보정한 후 FVC_p(%)의 β 값은 유의한 선형관계를 보이지 않았다.

표24. 40대 이상의 노력성 폐활량에 영향을 주는 요인

변수	FVC			FVC_p(%)		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-0.048	(-0.182, 0.085)	.479	0.410	(-2.706, 3.526)	.796
부분용접원	-0.053	(-0.191, 0.085)	.450	0.770	(-2.447, 3.987)	.639
대조군						
흡연(갑년)	0.001	(-0.002, 0.004)	.487	-0.072	(-0.148, 0.005)	.065
Age (yrs)	-0.024	(-0.030, -0.019)	<.001	0.534	(0.400, 0.667)	<.001
BMI (kg/m ²)	-0.012	(-0.029, 0.004)	.127	-0.369	(-0.743, 0.005)	.053

흡연군에서 용접원, 부분용접원의 FVC_p(%) 검사치에 영향을 주는 요인을 보정하기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 연령, BMI를 보정한 후 FVC_p(%)의 β 값은 유의하지 않았다.

표25. 흡연군의 노력성 폐활량에 영향을 주는 요인

변수	FVC			FVC_p(%)		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-0.100	(-0.211, 0.011)	.078	-0.918	(-3.264, 1.427)	.443
부분용접원	-0.115	(-0.230, 0.001)	.051	-1.124	(-3.559, 1.311)	.365
대조군						
흡연(갑년)	0.001	(-0.003, 0.005)	.567	-0.046	(-0.127, 0.035)	.270
Age (yrs)	-0.031	(-0.036, -0.027)	<.001	0.447	(0.356, 0.537)	<.001
BMI (kg/m ²)	-0.006	(-0.020, 0.008)	.371	-0.307	(-0.599, -0.015)	.039

비흡연군에서 용접원, 부분용접원의 FVC_p(%) 검사치에 영향을 주는 요인을 보정하기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 연령, BMI를 보정한 후 FVC_p(%)의 β 값은 유의하지 않았다.

표26. 비흡연군의 노력성 폐활량에 영향을 주는 요인

변수	FVC			FVC_p(%)		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-0.111	(-0.276, 0.055)	.190	0.131	(-3.344, 3.605)	.941
부분용접원	-0.043	(-0.218, 0.133)	.632	1.879	(-1.799, 5.557)	.316
대조군						
Age (yrs)	-0.025	(-0.032, -0.018)	<.001	0.503	(0.352, 0.655)	<.001
BMI (kg/m ²)	0.001	(-0.022, 0.023)	.960	-0.146	(-0.621, 0.329)	.546

연령별 근무기간별 일초율을 보기 위하여 아래와 같은 표를 작성하였다. 용접원, 부분용접원 두 군에서 연령이 높을수록, 근무기간이 길수록 일초율은 감소하는 양상을 나타내었다.

표27. 연령별 근무기간별 일초율

		(%)			
근무기간	작업구분	연령			
		30대 이하	40대	50대	60대 이상
0년 이상 10년 미만	용접	79.43±6.68	78.37±5.22	74.24±6.54	57.93±12.33
	부분용접	80.18±5.22	79.07±5.33	73.40±5.26	72.40±7.55
	P value	.401	.542	.611	.110
10년 이상 20년 미만	용접	79.87±4.66	78.54±5.83	75.94±5.85	70.83±6.40
	부분용접	79.64±5.11	79.01±5.12	75.07±6.32	71.33±5.48
	P value	.825	.582	.531	.883
20년 이상	용접	76.95±7.54	78.60±5.62	77.21±6.01	72.06±7.63
	부분용접	81.57±2.34	76.21±4.95	75.99±6.55	70.11±8.53
	P value	.348	.070	.127	.362

용접원, 부분용접원의 일초율에 영향을 주는 요인을 보정하기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 연령과 일초율은 음의 선형관계를 보였으며, 흡연, 연령, BMI를 보정한 후 FEV1/FVC의 β 값은 용접원이 $-0.141(p=0.007)$, 부분용접원이 $-1.752(p<0.001)$ 로서 유의한 음의 선형관계를 보였다.

표28. 일초율에 영향을 주는 요인

변수	FEV1/FVC			FEV1/FVC _p (%)		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-1.141	(-1.975, -0.307)	.007	-0.905	(-2.277, 0.467)	.196
부분용접원	-1.752	(-2.630, -0.874)	<.001	-1.156	(-2.584, 0.272)	.112
대조군						
흡연(갑년)	-0.017	(-0.047, 0.012)	.250	-0.004	(-0.044, 0.036)	.853
Age (yrs)	-0.224	(-0.259, -0.190)	<.001	-0.140	(-0.188, -0.092)	<.001
BMI (kg/m ²)	-0.042	(-0.155, 0.070)	.461	0.012	(-0.154, 0.178)	.887

30대의 용접원, 부분용접원의 일초율에 영향을 주는 요인을 보정하기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 연령과 일초율은 음의 선형관계를 보였으며, 흡연, 연령, BMI를 보정한 후 FEV1/FVC의 β 값은 용접원이 -2.253($p < 0.001$), 부분용접원이 -1.639($p = 0.012$)로서 유의한 음의 선형관계를 보였다.

표29. 30대의 일초율에 영향을 주는 요인

변수	FEV1/FVC			FEV1/FVC_p(%)		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-2.253	(-3.472, -1.034)	<.001	-2.468	(-4.417, -0.520)	.013
부분용접원	-1.639	(-2.923, -0.356)	.012	-0.770	(-2.805, 1.265)	.457
대조군						
흡연(갑년)	-0.002	(-0.081, 0.076)	.959	0.026	(-0.093, 0.144)	.672
Age (yrs)	-0.181	(-0.327, -0.036)	.015	-0.029	(-0.237, 0.179)	.786
BMI (kg/m ²)	-0.135	(-0.290, 0.019)	.085	-0.156	(-0.394, 0.082)	.197

40대 이상의 용접원, 부분용접원의 일초율에 영향을 주는 요인을 보정하기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 연령이 강한 음의 선형관계를 보였으며, 흡연, 연령, BMI를 보정한 후 FEV1/FVC의 β 값은 부분용접원에서 -1.818로 유의하였다($p=0.01$).

표30. 40대 이상의 일초율에 영향을 주는 요인

변수	FEV1/FVC			FEV1/FVC _p (%)		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-0.926	(-2.269, 0.417)	.176	-0.814	(-3.044, 1.416)	.474
부분용접원	-1.818	(-3.204, -0.432)	.010	-1.508	(-3.781, 0.766)	.193
대조군						
흡연(갑년)	-0.024	(-0.057, 0.009)	.150	-0.012	(-0.056, 0.032)	.588
Age (yrs)	-0.293	(-0.351, -0.235)	<.001	-0.219	(-0.299, -0.140)	<.001
BMI (kg/m ²)	0.034	(-0.127, 0.195)	.677	0.113	(-0.109, 0.335)	.318

40대 이상에서 보호구 착용 정도 및 용접종류에 대한 정보가 있는 용접원 및 부분용접원을 대상으로 하여 회귀분석을 실시하였다. 그 결과, 용접 종류, 보호구 착용률의 통계적 유의성은 입증되지 않았다.

표31. 40대 이상에서 보호구 착용 및 용접의 종류를 고려한 일초율에 영향을 주는 요인

변수	FEV1/FVC		
	β	95% CI	P value
작업구분			
용접원	1.212	(-0.600, 3.025)	.189
부분용접원			
용접종류			
그 외	0.214	(-2.332, 2.760)	.869
CO2			
보호구 착용률	0.130	(-0.010, 0.271)	.068
흡연(갑년)	-0.010	(-0.079, 0.060)	.788
Age (yrs)	-0.288	(-0.433, -0.144)	<.001
BMI (kg/m ²)	0.103	(-0.275, 0.481)	.592

흡연군에서 용접원, 부분용접원의 일초율에 영향을 주는 요인을 보정하기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 연령과 일초율은 음의 선형관계를 보였으며, 흡연, 연령, BMI를 보정한 후 FEV1/FVC의 β 값은 용접원이 -1.570($p=0.005$), 부분용접원이 -2.173($p<0.001$)로서 유의한 음의 선형관계를 보였다.

표32. 흡연군의 일초율에 영향을 주는 요인

변수	FEV1/FVC			FEV1/FVC_p(%)		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-1.570	(-2.675, -0.466)	.005	-1.322	(-3.422, 0.779)	.217
부분용접원	-2.173	(-3.319, -1.026)	<.001	-1.491	(-3.630, 0.647)	.171
대조군						
흡연(갑년)	0.030	(-0.008, 0.069)	.120	0.055	(0.004, 0.107)	.036
Age (yrs)	-0.244	(-0.287, -0.202)	<.001	-0.176	(-0.236, -0.117)	<.001
BMI (kg/m ²)	-0.006	(-0.144, 0.131)	.928	0.021	(-0.178, 0.220)	.836

비흡연군에서 용접원, 부분용접원의 일초울에 영향을 주는 요인을 보정하기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 연령, BMI를 보정한 후 FEV1/FVC의 β 값은 유의하지 않았다.

표33. 비흡연군의 일초울에 영향을 주는 요인

변수	FEV1/FVC			FEV1/FVC_p(%)		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	0.231	(-1.177, 1.638)	.748	0.313	(-1.726, 2.352)	.763
부분용접원	-0.503	(-1.994, 0.987)	.507	-0.257	(-2.427, 1.912)	.816
대조군						
Age (yrs)	-0.221	(-0.283, -0.160)	<.001	-0.104	(-0.189, -0.020)	.016
BMI (kg/m ²)	-0.138	(-0.331, 0.054)	.158	-0.022	(-0.310, 0.265)	.878

5. 환기장애 유병률

용접원, 부분용접원, 대조군의 환기장애 유병률을 평가하기 위하여 FVC가 예측치의 80%미만인 경우를 제한성 환기장애의 기준으로, 일초율이 70% 미만인 경우를 폐쇄성 환기장애로 하여 분석하였다. 용접원과 부분용접원, 대조군의 제한성 환기장애는 각각 1.9%, 2.7%, 2.9% 이었고, 폐쇄성 환기장애는 용접원이 10.2%, 부분용접원이 14.3%, 대조군이 2.7%로 용접원과 부분용접원에서 대조군보다 유의하게 높은 유병률을 보였다.

표34. 환기장애 유병률

Variable		용접원 (n=669)	부분용접원 (n=491)	대조군 (n=570)	P value
FVC_p	<80%	12 (1.9)	13 (2.7)	15 (2.9)	.511
	≥80%	623 (98.1)	469 (97.3)	508 (97.1)	
FEV1/FVC	<70%	65 (10.2)	69 (14.3)	14 (2.7)	<.001
	≥70%	570 (89.8)	413 (85.7)	509 (97.3)	
					.038
					<.001
					<.001

30대의 환기장애 유병률을 분석하였다. 용접원과 부분용접원, 대조군의 제한성 환기장애는 각각 3.1%, 3.2%, 2.4% 이었고 폐쇄성 환기장애는 용접원이 6.1%, 부분용접원이 3.2%, 대조군이 2.4%로 용접원이 대조군보다 높은 유병률을 보였다($p=0.025$).

표35. 30대의 환기장애 유병률

Variable		용접원 (n=172)	부분용접원 (n=129)	대조군 (n=466)	P value
FVC_p	<80%	5 (3.1)	4 (3.2)	10 (2.4)	.414
	≥80%	158 (96.9)	122 (96.8)	410 (97.6)	
FEV1/FVC	<70%	10 (6.1)	4 (3.2)	10 (2.4)	.025
	≥70%	153 (93.9)	122 (96.8)	410 (97.6)	
					.245
					.410
					.025

40대 이상 근로자의 환기장애 유병률을 분석하였다. 용접원과 부분용접원, 대조군의 제한성 환기장애는 각각 1.5%, 2.5%, 5.0% 로 대조군에서 용접원보다 높았다($p=0.43$). 폐쇄성 환기장애는 용접원이 11.7%, 부분용접원이 18.3%, 대조군이 4.0%로 부분용접원, 용접원, 대조군 순으로 높은 유병률을 보였다($p=0.021$).

표36. 40대 이상의 환기장애 유병률

Variable		용접원 (n=497)	부분용접원 (n=362)	대조군 (n=102)	P value
FVC_p	<80%	7 (1.5)	9 (2.5)	5 (5.0)	.043
	≥80%	465 (98.5)	347 (97.5)	96 (95.0)	
					.279
					.176
					.027
FEV1/FVC	<70%	55 (11.7)	65 (18.3)	4 (4.0)	.021
	≥70%	417 (88.3)	291 (81.7)	97 (96.0)	
					.008
					<.001
					.021

흡연여부에 따라 용접원과 부분용접원의 환기장애 유병률을 평가한 결과 흡연군에서 용접원과 부분용접원, 대조군 모두 제한성 환기장애는 3% 미만이었고, 폐쇄성 환기장애는 용접원이 11.4%, 부분용접원이 15.2%, 대조군이 3.7%로 용접원과 부분용접원에서 대조군보다 유의하게 높은 유병률을 보였다.

표37. 흡연군의 환기장애 유병률

Variable		Current- and Ex-smokers			P value
		용접원 (n=547)	부분용접원 (n=396)	대조군 (n=287)	
FVC_p	<80%	10 (1.9)	10 (2.6)	5 (1.8)	.746
	≥80%	511 (98.1)	379 (97.4)	267 (98.2)	
FEV1/FVC	<70%	59 (11.3)	59 (15.2)	10 (3.7)	<.001
	≥70%	462 (88.7)	330 (84.8)	262 (96.3)	
					.088
					<.001
					<.001

비흡연군에서 용접원과 부분용접원, 대조군 모두 제한성 환기장애는 4% 미만 이었고, 폐쇄성 환기장애는 용접원이 5.3%, 부분용접원이 10.8%, 대조군이 2.0% 로 부분용접원에서 대조군보다 유의하게 높은 유병률을 보였다.

표38. 비흡연군의 환기장애 유병률

Variable		Never-Smokers			P value
		용접원 (n=122)	부분용접원 (n=95)	대조군 (n=223)	
FVC_p	<80%	2 (1.8)	3 (3.2)	7 (3.4)	.682
	≥80%	112 (98.2)	90 (96.8)	197 (96.6)	
FEV1/FVC	<70%	6 (5.3)	10 (10.8)	4 (2.0)	.005
	≥70%	108 (94.7)	83 (89.2)	200 (98.0)	
					.141
					.002
					.102

6. 환기장애에 영향을 주는 요인

연령, 흡연, BMI를 보정한 후 용접이 환기장애에 영향을 미치는가는 알아보기 위하여 로지스틱 회귀분석을 수행하였다. 용접 및 부분용접은 제한성 환기장애에 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

표39. 제한성 환기장애에 영향을 주는 요인

변수	OR	95% CI	P value
작업구분			
용접원	0.915	(0.351, 2.385)	.855
부분용접원	1.287	(0.497, 3.333)	.604
대조군	1.000		
흡연(갑년)	1.002	(0.968, 1.037)	.907
Age (yrs)	0.986	(0.948, 1.026)	.496
BMI (kg/m ²)	0.992	(0.875, 1.126)	.906

40대 이상군과 이하군을 나누어서 분석하여 보았다. 40대 이상에서 용접원이 대조군에 비해 교차비가 0.29로 유의하게 낮았다.

표40. 연령별 제한성 환기장애에 영향을 주는 요인

변수	40대 미만			40대 이상		
	OR	95% CI	P value	OR	95% CI	P value
작업구분						
용접원	3.227	(0.776, 13.412)	.107	0.290	(0.087, 0.965)	.044
부분용접원	3.090	(0.698, 13.684)	.137	0.512	(0.160, 1.641)	.260
대조군	1.000			1.000		
흡연(갑년)	0.954	(0.865, 1.052)	.343	1.005	(0.969, 1.044)	.773
Age (yrs)	1.000	(0.856, 1.168)	1.000	0.971	(0.909, 1.038)	.387
BMI (kg/m ²)	1.012	(0.845, 1.212)	.897	0.966	(0.809, 1.152)	.698

흡연여부에 따라 군을 나누어 분석해 보았으나 역시 용접 및 부분용접이 유의한 영향을 미치지 않았다.

표41. 흡연여부별 제한성 환기장애에 영향을 주는 요인

변수	Current- and Ex-smokers			Never-smokers		
	OR	95% CI	P value	OR	95% CI	P value
작업구분						
용접원	2.018	(0.420, 9.694)	.381	0.272	(0.040, 1.837)	.181
부분용접원	2.637	(0.549, 12.662)	.226	0.509	(0.088, 2.927)	.449
대조군	1.000			1.000		
흡연(갑년)	1.020	(0.981, 1.061)	.308	-		
Age (yrs)	0.962	(0.914, 1.012)	.130	1.045	(0.972, 1.123)	.231
BMI (kg/m ²)	1.005	(0.861, 1.172)	.954	0.977	(0.777, 1.229)	.845

폐쇄성 환기장애에 용접이 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 연령, 흡연, BMI를 보정한 로지스틱 회귀분석을 수행하였다. 용접원의 교차비는 1.868로 경계의 유의성을 보였고, 부분용접원의 교차비는 2.391로 유의하였다($p=0.016$).

표42. 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인

변수	OR	95% CI	P value
작업구분			
용접원	1.868	(0.934, 3.737)	.077
부분용접원	2.381	(1.179, 4.808)	.016
대조군	1.000		
흡연(갑년)	0.998	(0.984, 1.013)	.825
Age (yrs)	1.086	(1.063, 1.110)	<.001
BMI (kg/m ²)	1.007	(0.936, 1.083)	.852

부분용접원에서만 유의한 교차비를 보여 용접의 종류와 보호구 착용정도에 대한 정보가 있는 265명의 대상자만을 별도로 분석하였다. 그 결과 보호구 착용률의 통계적 유의성이 입증되었는데, 보호구 착용률이 높을수록 폐쇄성 환기장애 발생오즈가 낮았다(OR=0.956, p=0.030).

표43. 보호구 착용 및 용접의 종류를 고려한 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인

변수	OR	95% CI	P value
작업구분			
용접원	0.666	(0.311, 1.423)	.294
부분용접원	1.000		
용접종류			
그 외	1.351	(0.501, 3.640)	.552
CO2	1.000		
보호구 착용률	0.956	(0.918, 0.996)	.030
흡연(갑년)	0.987	(0.958, 1.017)	.399
Age (yrs)	1.077	(1.023, 1.134)	.005
BMI (kg/m2)	1.007	(0.858, 1.183)	.929

흡연, 연령 및 BMI를 보정한 후 30대 군에서는 용접원과 부분용접원의 교차비는 유의하지 않았으며, 40대 이상에서는 용접원은 경계의 유의성을 보였고 부분용접원은 4.392의 교차비로 유의하였다($p=0.016$).

표44. 연령별 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인

변수	40대 미만			40대 이상		
	OR	95% CI	P value	OR	95% CI	P value
작업구분						
용접원	2.488	(0.871, 7.109)	.089	3.118	(0.940, 10.342)	.063
부분용접원	1.161	(0.317, 4.261)	.822	4.392	(1.322, 14.599)	.016
대조군	1.000			1.000		
흡연(갑·년)	0.991	(0.927, 1.059)	.787	0.999	(0.985, 1.014)	.943
Age (yrs)	1.129	(0.974, 1.308)	.108	1.108	(1.074, 1.142)	<.001
BMI (kg/m ²)	1.080	(0.944, 1.237)	.263	0.987	(0.908, 1.074)	.768

부분용접원에서만 유의한 교차비를 보여, 용접의 종류와 보호구 착용정도에 대한 정보가 있는 40대 이상의 대상자만을 별도로 분석하였다. 그 결과 보호구 착용률의 통계적 유의성이 입증되었는데, 보호구 착용률이 높을수록 폐쇄성 환기장애 발생오즈가 낮았다(OR=0.948, p=0.020).

표45. 40대 이상에서 보호구 착용 및 용접의 종류를 고려한 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인

변수	OR	95% CI	P value
작업구분			
용접원	0.659	(0.297, 1.464)	.305
부분용접원	1.000		
용접종류			
그 외	1.198	(0.404, 3.557)	.745
CO2	1.000		
보호구 착용률	0.948	(0.906, 0.992)	.020
흡연(갑년)	0.990	(0.961, 1.020)	.520
Age (yrs)	1.069	(1.000, 1.144)	.051
BMI (kg/m2)	1.014	(0.857, 1.199)	.873

흡연여부에 따라 군을 나누어 로지스틱 회귀분석을 수행하였다. 흡연군에서 용접원의 교차비는 2.119로 경계의 유의성을 보였으며, 부분용접원의 교차비는 2.521로 유의하였다($p=0.031$).

표46. 흡연여부별 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인

변수	Current- and Ex-smokers			Never-smokers		
	OR	95% CI	P value	OR	95% CI	P value
작업구분						
용접원	2.119	(0.922, 4.870)	.077	0.360	(0.075, 1.732)	.202
부분용접원	2.521	(1.086, 5.850)	.031	0.824	(0.189, 3.603)	.797
대조군	1.000			1.000		
흡연(갑년)	0.983	(0.964, 1.001)	.068	-		
Age (yrs)	1.084	(1.059, 1.110)	<.001	1.155	(1.082, 1.234)	<.001
BMI (kg/m ²)	1.012	(0.936, 1.093)	.767	0.969	(0.778, 1.208)	.782

흡연군에서만 유의한 교차비를 보여, 용접의 종류와 보호구 착용정도에 대한 정보가 있는 흡연군 대상자만을 별도로 분석하였다. 그 결과 보호구 착용률의 통계적 유의성이 입증되었는데, 보호구 착용률이 높을수록 폐쇄성 환기장애 발생오즈가 낮았다(OR=0.953, p=0.035).

표47. 흡연군에서 보호구 착용 및 용접의 종류를 고려한 폐쇄성 환기장애에 영향을 주는 요인

변수	OR	95% CI	P value
작업구분			
용접원	0.755	(0.334, 1.703)	.498
부분용접원	1.000		
용접종류			
그 외	1.523	(0.479, 4.843)	.476
CO2	1.000		
보호구 착용률	0.953	(0.912, 0.997)	.035
흡연(갑년)	0.955	(0.917, 0.995)	.028
Age (yrs)	1.086	(1.026, 1.149)	.005
BMI (kg/m2)	0.975	(0.816, 1.164)	.776

7. 폐활량의 예측식

기존의 폐활량의 예측식은 아래와 같다.

표48. 폐활량의 예측식

Sex			FVC	FEV1
male	Crapo		0.1524*Height(inches) - 0.0214*Age(years) - 4.6500	0.1052*Height(inches) - 0.0244*Age(years) - 2.1900
	Morris		0.1481*Height(inches) - 0.0250*Age(years) - 4.2410	0.0919*Height(inches) - 0.0320*Age(years) - 1.2600
	NHANES/ Hankinson	age ≤ 19	-0.2584-0.20415*Age+0.010133*Age*Age+0.0018642*Ht*Ht	-0.7453-0.04106*Age+0.004477*Age*Age+0.0014098*Ht*Ht
		age ≥ 20	-0.1933+0.00064*Age-0.000269*Age*Age+0.0018642*Ht*Ht	0.5536-0.01303*Age-0.000172*Age*Age+0.0014098*Ht*Ht
	Cherniak		0.1672*Height(inches) - 0.02954*Age(years) - 5.12451	0.1149*Height(inches) - 0.03509*Age(years) - 2.59946
	Knudson	age ≤ 24	0.1270*Height(inches) + 0.0780*Age(years) - 5.508	0.1168*Height(inches) + 0.0450*Age(years) - 4.808
		age > 24	0.1651*Height(inches) - 0.0290*Age(years) - 5.459	0.1321*Height(inches) - 0.0270*Age(years) - 4.203

본 연구에서 도출된 예측식은 아래와 같았다.

표49. 본 연구에서의 폐활량의 예측식

	FVC	FEV1
전체	$-0.013*Age+0.141*Height(inches)-4.396$	$-0.024*Age+0.098*Height(inches)-2.025$
용접원	$-0.017*Age+0.150*Height(inches)-4.856$	$-0.022*Age+0.099*Height(inches)-2.160$
부분용접원	$-0.016*Age+0.139*Height(inches)-4.137$	$-0.026*Age+0.093*Height(inches)-1.615$
대조군	$-0.016*Age+0.146*Height(inches)-4.750$	$-0.024*Age+0.103*Height(inches)-2.394$

8. 혼합모형 분석

본 연구는 2010년~2015년에 이르는 전향적/후향적 코호트 자료를 토대로, 용접(용접원/일부용접원/대조군)에 따른 폐기능 검사치를 비교하였다. 총 1,730명의 과거 폐기능 검사 자료 총 4,276건을 대상으로 혼합모형을 수행하였다. 1회 631명, 2회 449명, 3회 232명, 4회 114명, 5회 66명, 6회 이상 38명이었다.

경시적 자료분석(Longitudinal data analysis)은 동일한 개체에 대해 일정 간격으로 여러 번 관측한 자료에 대한 분석방법을 말하는데, 이 때 동일 개체 안에서 관측치 간 상관관계가 존재하므로 이를 반영하고자 공분산 행렬을 고려하였으며, 제한적 최우추정법(REML)을 사용해 분산요소를 추정하였다.

용접과 검사시점의 폐기능 검사치에 미치는 영향을 볼 때, 흡연(갑년), BMI가 반응변수인 폐기능 검사치에 동시에 영향을 미칠 것으로 판단되어 공변량으로 함께 고려하였다.

1) 폐활량의 변화

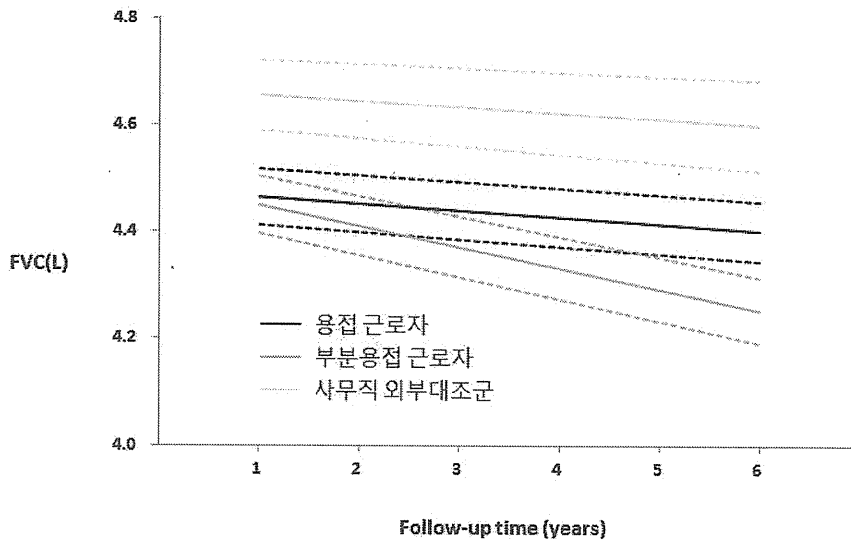


그림5. FVC의 변화

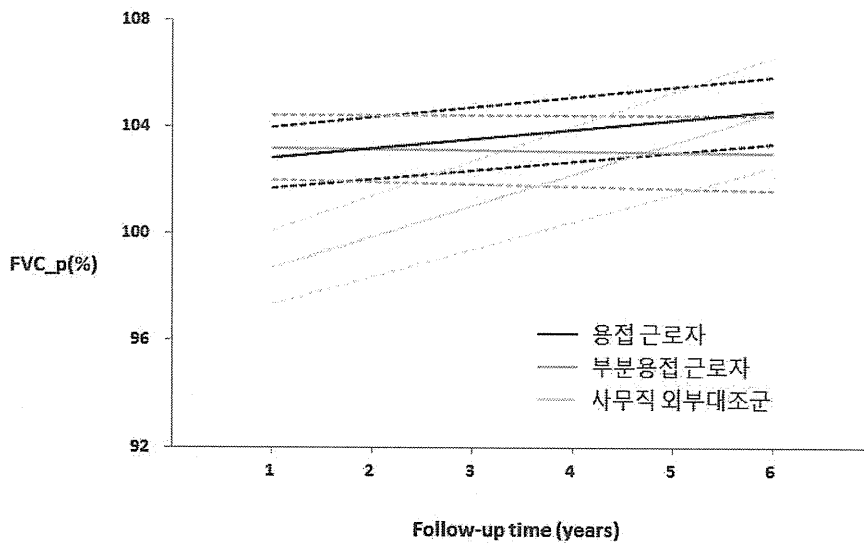


그림5. FVC_p(%)의 변화

용접원과 부분용접원의 노력성 폐활량에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 용접원($\beta=-0.170$, $p<0.001$)과 부분용접원($\beta=-0.156$, $p<0.001$)에서 대조군에 대비하여 유의한 감소가 관찰되었다. 또 부분용접원 $\times$ 시점 상호작용 항이 통계적으로 유의하였는데($\beta=-0.031$, $p=0.004$), 대조군 대비 부분용접원 군의 시점에 따른 감소 경향이 더 급격한데, 대조군과 부분용접군 간에 이러한 감소 양상이 통계적으로 차이가 있음을 확인하였다.

표50. 노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석

변수	β	95% CI	P value
작업구분			
용접원	-0.170	(-0.252, -0.088)	<.001
부분용접원	-0.156	(-0.240, -0.073)	<.001
대조군			
시점	-0.008	(-0.028, 0.012)	.436
흡연(갑년)	-0.002	(-0.004, 0.000)	.034
BMI (kg/m ²)	-0.002	(-0.010, 0.007)	.719
Interaction			
용접원 $\times$ 시점	-0.005	(-0.026, 0.016)	.651
부분용접원 $\times$ 시점	-0.031	(-0.053, -0.010)	.004

연령별로 용접원과 부분용접원의 노력성 폐활량에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 40대 미만에서 용접원x시점의 상호작용 항($\beta=-0.049$, $p=0.025$)과 부분용접원x시점의 상호작용 항($\beta=-0.049$, $p=0.029$)에서 대조군에 대비하여 유의한 감소가 관찰되었다. 40대 이상에서는 부분용접원x시점의 상호작용 항이 유의한 감소가 관찰되었으며($\beta=-0.028$, $p=0.036$), BMI도 유의하였다.

표51. 연령별 노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석

변수	40대 미만			40대 이상		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	0.010	(-0.120, 0.140)	.880	-0.040	(-0.159, 0.078)	.503
부분용접원	0.000	(-0.136, 0.136)	1.000	-0.020	(-0.138, 0.098)	.743
대조군						
시점	0.016	(-0.022, 0.054)	.420	-0.012	(-0.036, 0.012)	.328
흡연(갑년)	0.001	(-0.004, 0.007)	.630	0.000	(-0.002, 0.002)	.840
BMI (kg/m ²)	0.002	(-0.012, 0.016)	.751	-0.011	(-0.022, -0.001)	.034
Interaction						
용접원×시점	-0.049	(-0.092, -0.006)	.025	0.003	(-0.023, 0.029)	.819
부분용접원×시점	-0.049	(-0.094, -0.005)	.029	-0.028	(-0.054, -0.002)	.036

흡연여부별로 용접원과 부분용접원의 노력성 폐활량에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 흡연군, 비흡연군 모두 용접원 및 부분용접원이 대조군에 비하여 유의한 감소가 관찰되었다. 비흡연군에서, 부분용접원×시점의 상호작용 항이 유의한 감소가 관찰되었었다($\beta = -0.055$, $p=0.006$).

표52. 흡연여부별 노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석

변수	Current- and Ex-smokers			Never-smokers		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-0.145	(-0.256, -0.034)	.011	-0.303	(-0.441, -0.164)	<.001
부분용접원	-0.143	(-0.255, -0.030)	.013	-0.233	(-0.374, -0.092)	.001
대조군						
시점	-0.026	(-0.052, -0.001)	.044	0.026	(-0.009, 0.060)	.142
흡연(갑년)	-0.003	(-0.005, 0.000)	.025	-		
BMI (kg/m ²)	-0.003	(-0.013, 0.007)	.612	0.002	(-0.016, 0.020)	.832
Interaction						
용접원×시점	0.010	(-0.017, 0.037)	.465	-0.030	(-0.068, 0.008)	.117
부분용접원×시점	-0.016	(-0.043, 0.011)	.255	-0.055	(-0.094, -0.016)	.006

용접원과 부분용접원의 %노력성 폐활량에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 용접원($\beta=4.616$, $p<0.001$)과 부분용접원($\beta=5.403$, $p<0.001$)에서 대조군에 대비하여 유의한 증가가 관찰되었다. 또한 시점에 따라 유의하게 증가하였다. 그러나 용접원 $\times$ 시점($\beta=-.787$, $p<0.007$) 및 부분용접원 $\times$ 시점($\beta=-1.184$, $p<0.001$) 상호작용 항이 통계적으로 유의하였는데, 대조군 대비 용접원과 부분용접원 군의 시점에 따른 증가 경향이 덜 급격하며 이러한 증가 양상이 통계적으로 차이가 있음을 확인하였다.

표53. %노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석

변수	β	95% CI	P value
작업구분			
용접원	4.616	(2.733, 6.498)	<.001
부분용접원	5.403	(3.477, 7.329)	<.001
대조군			
시점	1.141	(0.604, 1.677)	<.001
흡연(갑년)	0.015	(-0.032, 0.061)	.534
BMI (kg/m ²)	-0.111	(-0.311, 0.089)	.278
Interaction			
용접원 $\times$ 시점	-0.787	(-1.361, -0.214)	.007
부분용접원 $\times$ 시점	-1.184	(-1.766, -0.603)	<.001

연령별로 용접원과 부분용접원의 %노력성 폐활량에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 40대 미만군이나 이상군에서 정도의 차이가 있을 뿐 전체적으로 비슷한 양상을 보였다.

표54. 연령별 %노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석

변수	40대 미만			40대 이상		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	2.449	(0.043, 4.856)	.046	2.021	(-1.053, 5.095)	.197
부분용접원	1.575	(-0.955, 4.104)	.222	3.751	(0.662, 6.839)	.017
대조군						
시점	1.353	(0.540, 2.166)	.001	0.755	(0.052, 1.459)	.035
흡연(갑년)	0.053	(-0.047, 0.153)	.296	-0.033	(-0.086, 0.021)	.229
BMI (kg/m ²)	-0.025	(-0.271, 0.220)	.839	-0.083	(-0.358, 0.193)	.556
Interaction						
용접원×시점	-1.610	(-2.528, -0.691)	<.001	-0.399	(-1.145, 0.347)	.294
부분용접원×시점	-1.551	(-2.505, -0.597)	.001	-0.884	(-1.634, -0.134)	.021

흡연여부별로 용접원과 부분용접원의 %노력성 폐활량에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 비흡연군에서만 용접원 및 부분용접원이 대조군에 비하여 유의한 증가가 관찰되었다. 비흡연군에서 시점에 따른 증가가 확인되었고, 용접원x시점($\beta=-1.413$, $p=0.007$), 부분용접원x시점($\beta=-1.903$, $p<0.001$)의 상호작용 항이 대조군에 비해 증가가 적었다.

표55. 흡연여부별 %노력성 폐활량 영향인자 혼합모형 분석

변수	Current- and Ex-smokers			Never-smokers		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	1.726	(-0.834, 4.285)	.186	7.929	(4.814, 11.045)	<.001
부분용접원	2.307	(-0.287, 4.901)	.081	9.687	(6.435, 12.939)	<.001
대조군						
시점	0.441	(-0.239, 1.122)	.204	2.004	(1.087, 2.921)	<.001
흡연(갑년)	0.050	(-0.006, 0.107)	.083	-		
BMI (kg/m2)	-0.190	(-0.419, 0.039)	.105	0.119	(-0.288, 0.525)	.566
Interaction						
용접원×시점	-0.159	(-0.878, 0.559)	.664	-1.413	(-2.432, -0.394)	.007
부분용접원×시점	-0.514	(-1.240, 0.212)	.165	-1.903	(-2.948, -0.857)	<.001

2) 일초량의 변화

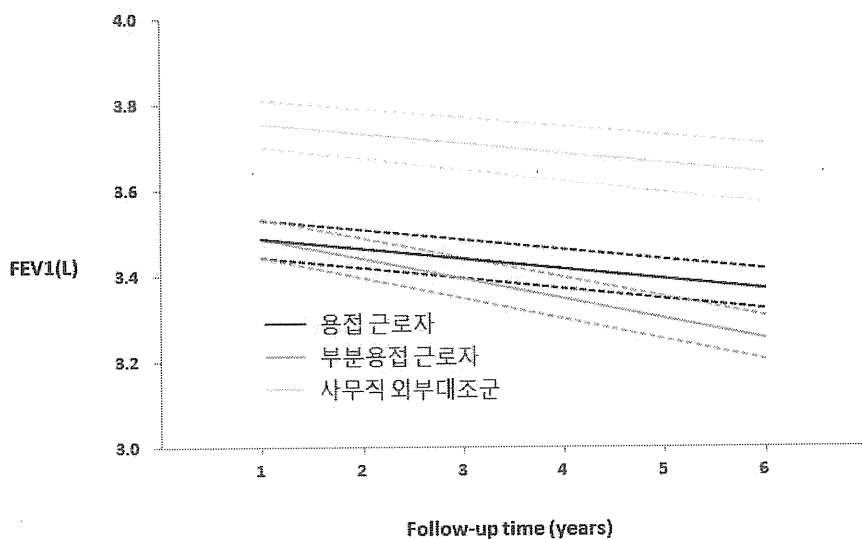


그림7. FEV1 변화

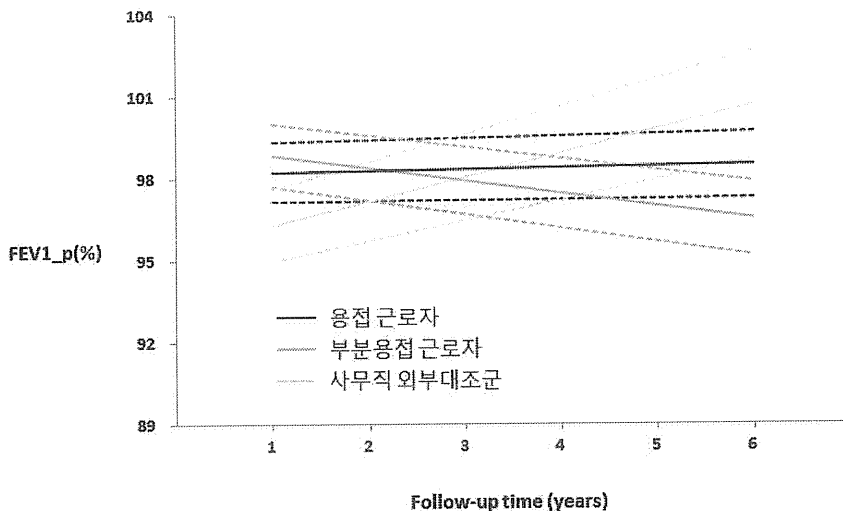


그림8. FEV1_p(%)의 변화

용접원과 부분용접원의 일초량에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 용접원($\beta=-0.241$, $p<0.001$)과 부분용접원($\beta=-0.216$, $p<0.001$)에서 대조군에 대비하여 유의한 감소가 관찰되었다. 또한 시점과 흡연에 따라서도 유의하게 감소되었다. 부분용접원 $\times$ 시점 상호작용 항이 통계적으로 유의하였는데($\beta=-0.028$, $p=0.002$), 대조군 대비 부분용접원 군의 시점에 따른 감소 경향이 더 급격한데, 대조군과 부분용접군 간에 이러한 감소 양상이 통계적으로 차이가 있음을 확인하였다.

표56. 일초량 영향인자 혼합모형 분석

변수	β	95% CI	P value
작업구분			
용접원	-0.241	(-0.311, -0.172)	<.001
부분용접원	-0.216	(-0.286, -0.145)	<.001
대조군			
시점	-0.018	(-0.035, -0.001)	.034
흡연(갑년)	-0.003	(-0.005, -0.001)	<.001
BMI (kg/m ²)	-0.003	(-0.010, 0.004)	.416
Interaction			
용접원 $\times$ 시점	-0.006	(-0.023, 0.012)	.546
부분용접원 $\times$ 시점	-0.028	(-0.046, -0.010)	.002

연령별로 용접원과 부분용접원의 일초량에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 40대 이상에서 부분용접원×시점의 상호작용 항이 유의한 감소가 관찰되었다($\beta=-0.035$, $p<0.001$).

표57. 연령별 일초량 영향인자 혼합모형 분석

변수	40대 미만			40대 이상		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-0.089	(-0.201, 0.022)	.115	-0.058	(-0.153, 0.038)	.237
부분용접원	-0.075	(-0.192, 0.041)	.205	-0.029	(-0.125, 0.066)	.547
대조군						
시점	-0.009	(-0.044, 0.026)	.616	-0.008	(-0.028, 0.011)	.394
흡연(갑년)	0.000	(-0.004, 0.005)	.860	-0.001	(-0.002, 0.001)	.349
BMI (kg/m ²)	-0.004	(-0.016, 0.008)	.491	-0.006	(-0.014, 0.003)	.201
Interaction						
용접원×시점	-0.037	(-0.076, 0.003)	.072	-0.009	(-0.030, 0.012)	.403
부분용접원×시점	-0.041	(-0.083, 0.000)	.051	-0.035	(-0.056, -0.015)	<.001

흡연여부별로 용접원과 부분용접원의 일초량에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 흡연군, 비흡연군 모두 용접원 및 부분용접원이 대조군에 비하여 유의한 감소가 관찰되었다. 흡연군에서는 흡연량이 많을수록 유의한 감소가 관찰되었으며, 비흡연군에서, 부분용접원x시점의 상호작용 항이 유의한 감소가 관찰되었었다($\beta=-0.045$, $p=0.014$).

표58. 흡연여부별 일초량 영향인자 혼합모형 분석

변수	Current- and Ex-smokers			Never-smokers		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-0.188	(-0.281, -0.095)	<.001	-0.355	(-0.470, -0.240)	<.001
부분용접원	-0.164	(-0.258, -0.070)	<.001	-0.304	(-0.423, -0.185)	<.001
대조군						
시점	-0.028	(-0.049, -0.008)	.008	0.005	(-0.027, 0.036)	.765
흡연(갑년)	-0.003	(-0.005, -0.001)	.006	-		
BMI (kg/m2)	-0.002	(-0.011, 0.006)	.605	-0.006	(-0.021, 0.009)	.440
Interaction						
용접원×시점	0.002	(-0.020, 0.024)	.874	-0.022	(-0.057, 0.013)	.210
부분용접원×시점	-0.020	(-0.042, 0.003)	.082	-0.045	(-0.081, -0.009)	.014

3) 일초율의 변화

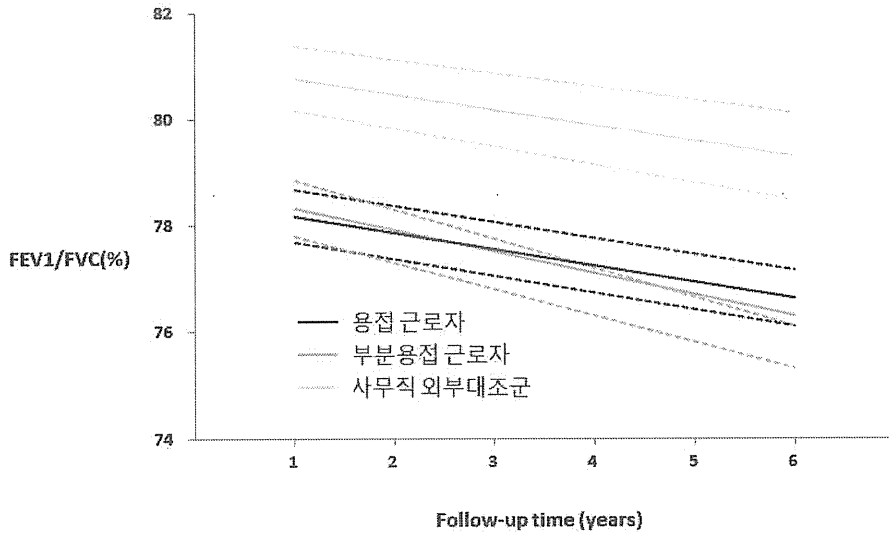


그림9. 일초율의 변화

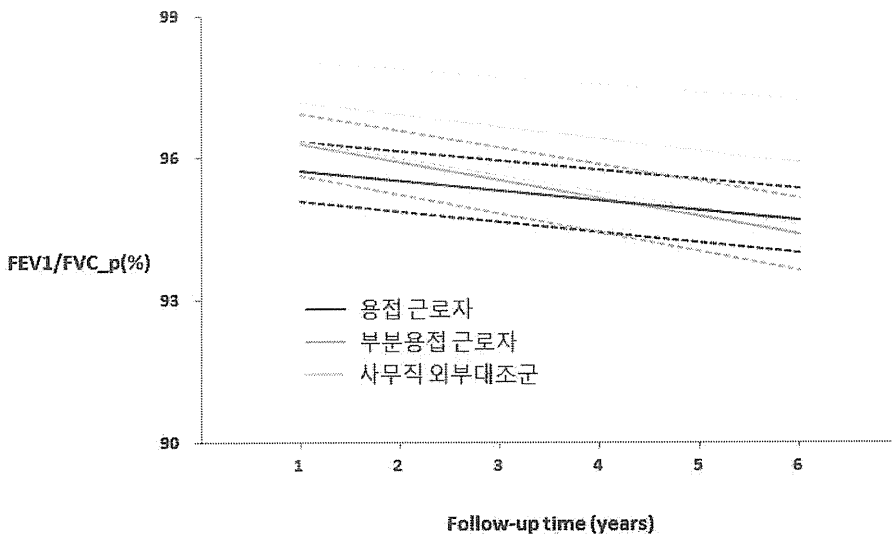


그림10. FEV1/FVC_p(%)의 변화

용접원과 부분용접원의 일초율에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 용접원($\beta=-2.208$, $p<0.001$)과 부분용접원($\beta=-1.953$, $p<0.001$)에서 대조군에 대비하여 유의한 감소가 관찰되었다. 또한 시점과 흡연에 따라서도 유의하게 감소되었다.

표59. 일초율 영향인자 혼합모형 분석

변수	β	95% CI	P value
작업구분			
용접원	-2.208	(-2.999, -1.417)	<.001
부분용접원	-1.953	(-2.757, -1.148)	<.001
대조군			
시점	-0.235	(-0.438, -0.032)	.023
흡연(갑년)	-0.033	(-0.052, -0.014)	<.001
BMI (kg/m ²)	0.018	(-0.066, 0.103)	.674
Interaction			
용접원×시점	-0.075	(-0.292, 0.141)	.495
부분용접원×시점	-0.163	(-0.383, 0.057)	.145

연령별로 용접원과 부분용접원의 일초음에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 40대 미만의 용접원($\beta=-1.712$, $p=0.004$)과 부분용접원($\beta=-1.409$, $p<0.023$)에서 대조군에 대비하여 유의한 감소가 관찰되었다. 40대 이상군에서는 부분용접원×시점의 상호작용 항에서 대조군에 비해 유의한 감소가 관찰되었다($\beta=-0.325$, $p<0.020$).

표60. 연령별 일초음 영향인자 혼합모형 분석

변수	40대 미만			40대 이상		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-1.712	(-2.868, -0.556)	.004	-0.620	(-1.838, 0.598)	.318
부분용접원	-1.409	(-2.621, -0.196)	.023	-0.437	(-1.655, 0.782)	.482
대조군						
시점	-0.301	(-0.664, 0.061)	.103	-0.038	(-0.294, 0.218)	.770
흡연(갑년)	-0.005	(-0.053, 0.044)	.851	-0.020	(-0.041, 0.001)	.066
BMI (kg/m ²)	-0.160	(-0.283, -0.038)	.010	0.148	(0.039, 0.258)	.008
Interaction						
용접원×시점	-0.073	(-0.481, 0.336)	.727	-0.218	(-0.489, 0.053)	.115
부분용접원×시점	-0.186	(-0.610, 0.239)	.391	-0.325	(-0.598, -0.052)	.020

흡연여부별로 용접원과 부분용접원의 일초율에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 혼합모형 분석을 실시한 결과는 아래와 같다. 흡연군, 비흡연군 모두 용접원 및 부분용접원이 대조군에 비하여 유의한 감소가 관찰되었다.

표61. 흡연여부별 일초율 영향인자 혼합모형 분석

변수	Current- and Ex-smokers			Never-smokers		
	β	95% CI	P value	β	95% CI	P value
작업구분						
용접원	-1.852	(-2.941, -0.763)	<.001	-1.854	(-3.077, -0.631)	.003
부분용접원	-1.435	(-2.535, -0.335)	.011	-2.157	(-3.431, -0.882)	<.001
대조군						
시점	-0.240	(-0.498, 0.017)	.068	-0.114	(-0.469, 0.242)	.530
흡연(갑년)	-0.022	(-0.045, 0.002)	.077	-		
BMI (kg/m ²)	0.068	(-0.030, 0.167)	.175	-0.112	(-0.271, 0.048)	.170
Interaction						
용접원×시점	-0.068	(-0.339, 0.204)	.626	-0.222	(-0.617, 0.173)	.270
부분용접원×시점	-0.152	(-0.426, 0.123)	.278	-0.323	(-0.728, 0.082)	.118

9. 노출 평가

1) 용접흡 노출량의 일반적인 특성

(1) 연도별 측정 횟수 및 통계량

2002-2011년 동안 1개 조선소에서 측정한 작업환경측정자료는 용접흡이 총 2,354건이었고 평균은 3.94 mg/m^3 , 표준편차는 7.05 기하평균은 1.67 mg/m^3 , 기하표준편차는 4.02 였다.

표62. 용접흡의 연도별 농도

					(mg/m ³)
연도	측정횟수	평균	표준편차	기하평균	기하표준편차
2002	210	5.80	6.34	2.84	3.91
2004	274	5.12	6.21	2.35	4.04
2005	282	4.65	6.03	2.04	3.98
2006	404	4.05	5.46	1.86	3.69
2007	405	3.47	4.29	1.84	3.23
2008	428	3.71	12.01	1.22	4.54
2009	216	2.24	3.86	0.95	3.64
2010	83	1.50	2.88	0.56	3.57
2011	52	2.07	2.20	1.24	3.11
전체	2354	3.94	7.05	1.66	4.02

(2) 용접흡의 분포

로그 변환한 용접흡의 분포는 정규 분포에 근사하였다.

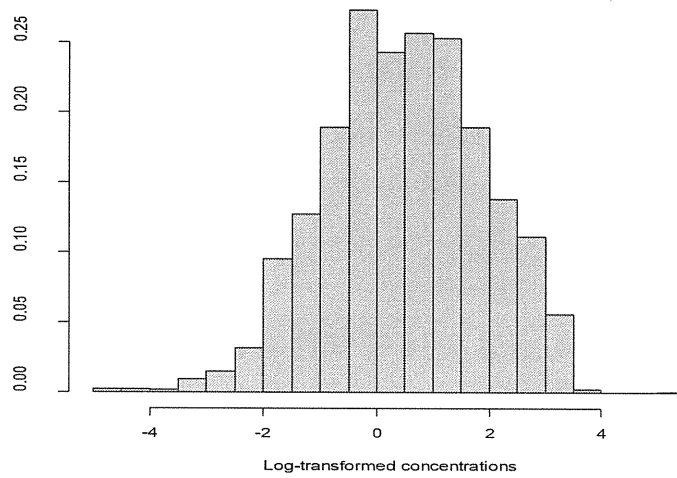


그림11 . 용접흡의 분포

2) 전문가 분류에 따른 노출군별 노출량

(1) 지역/공정 분류에 따른 노출량

작업환경측정자료의 지역/공정(process) 분류에 따르면 총 29개 지역/공정이 구분되어 있다. 직접적인 생산과 관련이 없는 시설관리, 실습장 등 6개 지역/공정은 분석에서 제외하였다. 산업위생전문가의 평가에서는 일차적으로 배관의장, 선행의장, 테크하우스, 선수블록, 선행탑재, 대조립, 도크, 소조립, 안벽의 9개 지역/공정으로 분류하였다. 추가 분류에서는 배관의장, 선행의장, 대조립, 도크, 소조립, 안벽의 6개 분류와 의장, 대조립, 도크, 소조립, 안벽의 5개 분류가 추가되었다. 공정 9분류, 6분류, 5분류에 의한 통계량은 다음과 같다.

표63. 공정 9분류에 의한 용접흡의 농도

연도	측정횟수	평균	표준편차	기하평균	(mg/m ³)
					기하표준편차
대조립	449	4.18	5.80	1.79	4.01
대조립	134	2.18	2.77	1.17	3.16
도크	500	4.79	6.34	1.96	4.54
의장	39	1.17	1.61	0.60	3.08
대조립	128	3.62	6.55	1.23	4.14
의장	28	3.30	4.65	1.92	2.79
대조립	248	4.35	5.65	2.01	3.78
소조립	692	3.91	9.64	1.66	3.84
안벽	136	2.45	2.89	1.18	3.85

표64. 공정 6분류에 의한 용접흙의 농도

(mg/m ³)					
연도	측정횟수	평균	표준편차	기하평균	기하표준편차
대조립	959	3.87	5.59	1.65	3.90
도크	500	4.79	6.34	1.96	4.54
배관의장	39	1.17	1.61	0.60	3.08
선행의장	28	3.30	4.65	1.92	2.79
소조립	692	3.91	9.64	1.66	3.84
안벽	136	2.45	2.89	1.18	3.85

표65. 공정 5분류에 의한 용접흙의 농도

(mg/m ³)					
연도	측정횟수	평균	표준편차	기하평균	기하표준편차
대조립	959	3.87	5.59	1.65	3.90
도크	500	4.79	6.34	1.96	4.54
소조립	692	3.91	9.64	1.66	3.84
안벽	136	2.45	2.89	1.18	3.85
배관의장	67	2.06	3.38	0.98	3.39

(2) 직무 분류에 따른 노출량

작업환경측정자료를 이용하여 산업위생전문가가 직무분류를 수행하였다. TIG 용접 등 일부 특수용접은 측정 횟수가 많지 않아 분석에서 제외하였다. 산업위생전문가 직무분류에서는 일차적으로 수동CO2용접, 자동CO2용접, 취부, 배관으로 4가지 직무로 분류하였고, 추가로 CO2용접, 취부, 배관으로 3개로 분류하였다. 직무 분류에 따른 통계량은 다음과 같다.

표66. 직무 4분류에 의한 용접흡의 농도

(mg/m ³)					
연도	측정횟수	평균	표준편차	기하평균	기하표준편차
배관	74	1.73	2.39	0.77	4.09
수동CO2 용접	1240	5.37	8.90	2.32	4.14
자동CO2 용접	91	2.78	4.09	1.30	3.75
취부	949	2.36	3.50	1.16	3.43

표67. 직무 3분류에 의한 용접흡의 농도

(mg/m ³)					
연도	측정횟수	평균	표준편차	기하평균	기하표준편차
배관	74	1.73	2.39	0.77	4.09
용접	1331	5.19	8.68	2.23	4.14
취부	949	2.36	3.50	1.16	3.43

3) Elasticity, precision, attenuation

직무분류, 공정*직무분류의 조합에 대하여 elasticity, precision, attenuation을 계산하였으며, 직무 3분류를 사용하는 것이 elasticity, precision, attenuation에서 모두 가장 좋은 결과를 보였다.

그룹핑 방법에 따른 elasticity, precision, attenuation은 직무 3분류와 직무*공정 랭킹 3분류 (group mean ranking)가 가장 좋은 것으로 나타나 추후 코호트 분석시에 이 분류를 우선적으로 사용하여 평가하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

표68. 직무 및 직무*공정분류에 의한 elasticity, precision, attenuation

Grouping	Between-group variance	Between-worker variance	Within-worker variance	Group k	kn	Elasticity	Precision	Attenuation
4 직무	0.428	0.163	1.382	4	427	0.275	16.365	0.984
3 직무	0.439	0.226	1.381	3	719	0.340	22.003	0.994
27: 3직무*9공정	0.405	0.151	1.382	27	121	0.272	6.767	0.908
18: 3직무*6공정	0.411	0.161	1.387	18	101	0.282	8.261	0.940
15: 3직무, 5공정	0.415	0.140	1.387	15	121	0.253	9.030	0.942
3 분류: 15개 분류 랭킹(상/중/하)	0.421	0.207	1.380	3	568	0.330	20.003	0.992
4 분류: 15개 분류 랭킹(상/중상/중하/하)	0.413	0.153	1.384	4	432	0.270	17.393	0.985

IV. 고찰

1. 연구방법에 대한 고찰

본 연구에서는 2015년 10월까지 2,139명의 동의서를 취득하였으며, 이 중 자료가 완비된 1,730명(용접원 669명, 부분용접원 491명, 대조군 570명)과 이들의 폐활량 검사자료 총 4,276건의 자료를 확보하였다. 폐활량 검사의 적합성과 재현성은 일차 연구병원에서 판단하여 연구책임자에게 제출하였고, 이차 연구책임자가 판단하여 부적합 검사를 제외하였다. 일차년도에서 용접원과 비용접원 및 대조군으로 분류하였으나, 비용접원의 직종이 매우 다양하여 노출을 정의하기가 곤란하였다. 따라서 2차년 도부터는 용접과 관련된 근로자(취부, 배관, 의장 등) 코호트에 부분용접원으로 분류하여 남겨 두었다.

대상군을 모집할 때 현재 호흡기계 병력이 있는 자 중 결핵 등 특별한 감염성 질환은 분석에서 제외하였으며, 그 외 폐활량에 영향을 줄 수 있는 질환(감기 등)을 제외하는 것을 고려하였으나, 이것 역시 용접과 관련된 증상일 수 있어 그대로 포함하여 분석하였다. 과대평가의 논란이 있을 수 있으나 대조군에서도 같은 기준을 적용하였으므로 특별한 문제가 되지 않을 것으로 사료된다.

코호트의 정의에서 분모는 현재 목표 질환이 없는 자이어야 함에도 불구하고 이 연구에서는 입적 당시 폐활량이 비정상적인 경우에도 등록하였다. 용접원의 폐쇄성 환기장애의 유병률 조사도 필요하였고, 또한 이전 검사에서 환기장애가 없을 수도 있기 때문이었다.

따라서 분석시에 단면조사연구에는 최초 폐기능 장애가 있는 경우에도 분석에 이용하고, 경시적 분석에서는 폐활량의 이상 시점을 이 연구주제의 관찰 종료 시점으로 하여야 정확한 분석이 이루어질 수 있을 것이다. 발생률 인년을 계산

할 경우 최초 폐기능 이상자는 제외하여야 할 것이다.

대조군에서 연령이 10세 정도 적어 분석에 어려움이 있었다. 향후 대조군을 모집할 때 보다 다양한 연령층을 등록할 수 있도록 하여야 할 것이다. 그러나 코호트의 장기적인 미래를 볼 때 추후 추가 등록 시에는 역으로 젊은 연령층의 용접원과 일부용접원을 더 모집하여 용접흡의 효과를 평가하는 것이 더 타당할 것으로 사료된다.

2. 연구결과에 대한 고찰

총 1,730명의 연구대상자 중 용접원은 669명(38.7%), 부분용접원 491명(28.4%), 사무직 외부대조군은 570명(32.9%)으로 각 군의 수가 비슷하였다. 대조군에서 연령이 적어 편향된 결과를 보일 수 있었으나 40대를 기준으로 분석하여 이를 극복하고자 하였다.

증상 유병률은 유의한 차이가 없었다. 전년도까지의 연구결과는 대조군에서 비염 증상 유병률이 높았으나 코호트의 수가 증가함에 따라 이러한 차이는 없어졌다.

일반적으로 유해물질에 노출된 근로자가 폐활량이 낮아야 할 것으로 판단됨에도 불구하고 용접원과 부분용접원에서 노력성 폐활량이 더 좋았다. 그 이유는 명확히 알 수 없으나 추정해 보면, 첫째로 건강근로자 효과이다. 용접원과 부분용접원 두 군 다 신체적 부담이 많은 직종이라 호흡기가 건강한 근로자만이 계속 남아 있을 확률이 높게 된다는 것이다. 이는 연령별로 층화하여 보았을 때 더 정확해진다. 즉 30대는 노력성 폐활량이 군간 차이가 없으나 40대 이후부터 차이가 발생하였다. 둘째로는 검사를 여러 번 받아 검사에 익숙해 있다는 것을 추정할 수 있다, 폐활량은 연령이 증가함에 따라 당연히 감소해야 하지만, 폐활량 검사의 경우 숙달 정도에 따라서 오차가 많다고 볼 수 있다. 따라서 대조군은 대부분 폐활량 검사가 처음이며, 따라서 폐활량이 과소평가될 수 있을 것이

다. 마지막으로 용접원과 부분용접원은 직업상의 불이익을 염두에 두고 검사시에 최선을 다한다는 것이다.

부분용접원에서 용접원보다 일초율이 더 적은 경향을 보였다. 이것은 전년도 보고서에서 보여준 용접과 그 외 부서의 작업환경측정치와는 배치되는 결과이다. 이 연구에서 그 이유는 명확히 알 수 없으나 용접원의 경우 보호구를 착용하지 않으면 작업을 수행할 수 없다. 부분용접원도 당연히 보호구를 착용해야 하나 전 근무시간동안 착용하지 않는 경향이 있다. 이 부분을 해결하지 위하여 직접 전화설문을 실시하였는데 용접원과 부분용접원에서의 보호구 착용정도는 다르지 않았다. 그럼에도 불구하고 혼합모형 분석에서는 보호구 착용정도가 일초율의 감소에 영향을 준다는 결과를 보였다. 추후 보호구 착용 자료를 더 모아서 착용정도를 총화하여 분석해 볼 필요가 있을 것으로 보인다.

단면조사 분석에서 흡연의 효과가 일초율에 영향을 주지 않는다고 나온 이유는 흡연량과 연령과는 다중공선성이 존재하므로 연령이 확실한 영향인자인 일초율의 경우 연령이 매우 유의한 결과를 보여 흡연의 영향이 적은 것처럼 보인다. 그러나 연령을 배제한 시계열적 분석에서는 흡연 역시 유의한 원인임을 보여 준다.

혼합모형분석에서 대조군의 경우 시점이 1개인 경우가 대부분으로 시계열적 비교의 비교성을 떨어뜨려 결과를 과소평가할 수 있을 것으로 보인다. 향후 시간이 지남에 따라 이러한 차이는 해소되고 당연히 더 명확한 군간의 차이를 볼 수 있을 것이다.

흡연을 하는 용접원과 부분용접원이 폐쇄성 환기장애에 교차비가 유의하였다. 흡연은 폐 환기장애에 영향을 주는 물질로 잘 알려져 있으며, 여기에다 호흡기 유해물질인 용접흄이 부가되어 폐기능에 상가 또는 상승작용을 하는 것으로 보인다.

본 연구는 코호트 연구로 연구결과의 분모는 인년, 분자는 발생수가 되어야 가장 바람직한 결과를 얻을 수 있을 것이다. 용접군과 부분용접군의 경우 코호

트에 입적되면 2010년도의 자료부터 수집할 수 있어 그 자료가 유효하다면 관찰 인년을 2010년부터 시작할 수 있다. 따라서 인년이 증가할 수 있다. 반면 대조군의 경우 후향적인 자료가 없기 때문에 인년이 줄어들게 되어 용접군, 부분용접군과의 비교가 어려울 수 있다. 실제로 금번 분석에서는 이용할 수 없었지만 지금까지 종합한 중간분석 결과는 표 59와 같다. 이 표의 자료는 최종 폐활량 검사시의 연령으로 구분되어 있다. 추후의 분석은 전 코호트에 대해서 분석을 실시하는 것을 원칙으로 하되 최초 폐활량 검사 자료가 있을 시의 연령으로 분류하여 분석을 시도해야 할 것이다.

2년 반의 조사임에도 불구하고 연구대상자의 수가 많아 용접과 흡연과 만성폐쇄성폐질환과의 관계를 대략 파악할 수 있었다. 이제 이 대상자들을 추적 관리하여 검사한다면 향후 만성폐쇄성폐질환의 업무관련성을 판단하고 산재보상의 기초자료로 활용성이 높을 것으로 판단된다. 또한 이 집단은 세계 유일의 조선소 용접원 직업코호트가 될 것이다.

표69. 관찰인년

구분		n	관찰인년
전체	용접원	669	1223
	부분용접원	491	951
	대조군	570	306
40대 미만	용접원	172	181
	부분용접원	129	158
	대조군	466	163
40대 이상	용접원	497	1043
	부분용접원	362	793
	대조군	102	143
흡연	용접원	323	701
	부분용접원	245	557
	대조군	340	188
비흡연	용접원	346	523
	부분용접원	246	395
	대조군	170	108
40대 미만*흡연	용접원	49	62
	부분용접원	45	66
	대조군	280	105
40대 미만*비흡연	용접원	123	118
	부분용접원	84	92
	대조군	129	50
40대 이상*흡연	용접원	274	638
	부분용접원	200	491
	대조군	59	84
40대 이상*비흡연	용접원	223	404
	부분용접원	162	302
	대조군	41	58

3. 용접 근로자 노출평가에 대한 고찰

본 분석에서는 향후 코호트 분석을 위해 가장 적절한 노출 그룹 분류 방법이 어떤 것인지 알아보았다. 이러한 분석 과정을 통해 노출-반응 관계의 왜곡을 최소화할 수 있는 노출군 분류 방법을 알아볼 수 있었다.

하지만 이러한 노출 분류 분석 과정에는 여러 한계가 존재한다. 첫째로, 최근 LNG선 등 특수선 용접이 많이 수행되고 있고 이러한 경우 TIG 용접을 많이 사용한다. TIG 용접은 일반 CO2용접에 비해 노출량이 적지만, 크롬 등 중금속 함량이 많은 특징이 있다. 본 분석은 과거 작업환경측정자료를 활용했기 때문에 자료에 TIG 용접 등 특수용접의 숫자가 많지 않아 분석에 반영하기 어려웠다. 둘째, elasticity, precision을 이용한 분류는 개인의 반복측정(balanced data)을 전제로 한 분석이다. 본 자료에서는 1회만 측정한 사람도 많이 존재하여 분석 결과에는 한계가 있다. 셋째, 감쇄(attenuation)의 추정은 측정 데이터를 통해서만 추정이 된 것일 뿐이며 실제 다른 요인들도 작용을 하고 있기 때문에, 실제 코호트 분석에서도 이러한 분류 결과가 동일한지 확인해볼 필요가 있다.

V. 요약

1. 2015년 10월까지 2,139명의 동의서를 취득하였으며, 이 중 자료가 완비된 조선소에 근무하는 용접원 669명, 부분용접원 491명과 대조군 570명 등 총 1,730명 및 폐활량 검사자료 총 4,276건을 확보하였다.
2. 용접원과 부분용접원의 연령은 46.6세, 47.5세로 비슷하였으나 대조군의 연령이 36.7세로 유의하게 적었다.
3. 용접원과 부분용접원, 대조군 사이의 호흡기계 증상 유병률의 차이는 없었다. 이는 연령별, 흡연여부별로도 동일하였다.
4. %노력성 폐활량은 용접원과 부분용접원 사이에는 차이가 없었고, 두 군 모두 대조군보다 높았다. 그러나 연령별로 층화해 보았을 때는 세 군간에 특별한 차이가 없었다.
5. 일초율은 용접원과 부분용접원 사이에는 차이가 없었고, 두 군 모두 대조군보다 낮았다. 연령별이나 흡연여부별도 모두 동일한 결과를 보였다.
6. 선형분석에서 흡연, 연령, 체질량지수를 보정한 후 FVC_p(%)는 용접원, 부분용접원 모두 유의한 선형관계를 보이지 않았다. 연령별이나 흡연여부별도 모두 동일한 결과를 보였다.
7. 선형분석에서 흡연, 연령, 체질량지수를 보정한 후 일초율은 용접원, 부분용접원 모두 유의한 음의 선형관계를 보였다. 30대에서는 용접원, 부분용접원 모두 유의한 음의 선형관계를 보였으나 40대 이상에서는 부분용접원만이 유의한 음의 선형관계를 보였다. 흡연군에서는 용접원, 부분용접원 모두 유의한 음의 선형관계를 보였으나 비흡연군에서는 선형관계를 보이지 않았다.
8. 용접원과 부분용접원, 그리고 대조군의 제한성 환기장애 유병률은 3% 미만으로 낮았고 군간 차이는 없었다.

9. 용접원의 폐쇄성 환기장애 유병률은 10.2%, 부분용접원은 14.3%로, 대조군의 2.7%보다 유의하게 높았으며, 30대에서는 용접원이 대조군보다 높았으며, 40대 이상에서는 부분용접원, 용접원, 대조군 순으로 높은 유병률을 보였다. 흡연군에서는 용접원과 부분용접원이 대조군보다 높았으며, 비흡연군에서는 부분용접원이 대조군보다 높았다.

10. 다중 로지스틱 회귀분석에서 연령, 체질량지수, 흡연을 보정한 후 제한성 환기장애는 용접원, 부분용접원, 대조군 사이에 차이가 없었으며, 이는 연령별, 흡연여부별로도 동일하였다.

11. 다중 로지스틱 회귀분석에서 연령, 체질량지수, 흡연을 보정한 후 폐쇄성 환기장애의 교차비는 용접원이 1.87로 경계의 유의성을 보였으며, 부분용접원이 2.38로 유의하였다. 여기에는 보호구 착용률의 교차비가 0.96으로 유의하였다. 40대 이상에서는 부분용접원의 교차비가 4.39로 유의하였고, 여기에는 보호구 착용률의 교차비가 0.95로 유의하였다. 흡연여부별로는 흡연군에서 부분용접원의 교차비가 2.51로 유의하였고, 보호구 착용률의 교차비 역시 0.95로 유의하였다.

12. 본 연구에서 폐활량의 예측식은 $FVC = -0.013 * \text{Age} + 0.141 * \text{Height(inches)} - 4.396$, $FEV1 = -0.024 * \text{Age} + 0.098 * \text{Height(inches)} - 2.025$ 이었다.

13. 혼합모형 분석에서 용접원과 부분용접원의 %FVC는 대조군에 대비하여 유의하게 높았다. 또한 시점에 따라 유의하게 증가하였다. 그러나 대조군 대비 용접원과 부분용접원 군의 시점에 따른 증가 경향이 덜 급격하였다. 비흡연군에서 이러한 양상은 더 현저하였다.

14. 혼합모형 분석에서 용접원과 부분용접원의 일초율은 대조군에 대비하여 유의하게 낮았다. 연령별로는 40대 미만이 유의하게 낮았으며, 흡연군과 비흡연군 모두 유의하게 낮았다.

15. 노출평가시 직무 3분류와 직무*공정 랭킹 3분류 (group mean ranking)가 가장 좋은 것으로 나타났다.

VI. 성과보고

1. 2013년

본 연구의 기초적인 성과를 토대로 하여 국제 학술지(Occupational Medicine)에 'Welding fume exposure and chronic obstructive pulmonary disease in welders' 논문 게재하였다.

Welding fume exposure and chronic obstructive pulmonary disease in welders

D.-H. Kim,¹ J.-I. Kim,² K.-H. Kim,³ and S.-W. Kim,⁴ on behalf of the Korea Welders Cohort Group

¹National Cancer Control Institute, National Cancer Center, Goyang, Korea, ²Department of Occupational and Environmental Medicine, Dong-A University, Busan, Korea, ³Department of Occupational and Environmental Medicine, Busan Paik Hospital, Inje University, Busan, Korea, ⁴Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency, Incheon, Korea.

Correspondence to: Jung-I Kim, Department of Occupational & Environmental Medicine, College of Medicine, Dong-A University, 26 Daesangnwon-ro, Seo-gu, Busan, 602-715, Korea. Tel: 051-240-2917; e-mail: kimji@dau.ac.kr

Background	Occupational exposure is estimated to contribute 15% to the burden of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Welding fumes are suspected to accelerate the decline of lung function and development of COPD.
Aims	To examine the relationship between welding fume exposure and COPD in Korean shipyard welders.
Methods	The study involved a group of male welders working at two shipyards who underwent an annual health examination in 2010. Subjects completed a questionnaire about smoking habits and occupational history and a pulmonary function test (PFT) was carried out with strict quality control measures. Welding fume exposure concentrations were estimated using 884 measurements taken between 2002 and 2009 in one of the shipyards. Multiple linear and logistic regression was employed to evaluate the association between cumulative fume exposure and lung function parameters, controlling for age, height and cigarette smoking.
Results	Two hundred and forty subjects participated, with a mean age of 48 and mean work duration of 15 years. The mean cumulative fume exposure was 7.7 mg/m ³ . The prevalence of COPD was 15%. FEV ₁ and FVC showed non-significant negative correlations with cumulative fume exposure. Odds ratios of COPD were significantly elevated for the middle (3.9; 95% CI: 1.4–13.3) and high exposure groups (3.8; 95% CI: 1.03–16.2) compared to the low fume exposure group.
Conclusions	Our findings support an association between welding fume exposure and increased risk of COPD. Further prospective study is needed to investigate whether this is a causal relationship.
Key words	Chronic obstructive pulmonary disease; metal fume; occupation; welder; welding.

Introduction

Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a disease characterized by persistent airflow limitation that is usually progressive and associated with an enhanced chronic inflammatory response to noxious particles or gases in the airways and the lung [1]. COPD is a preventable disease but in 2020 COPD is projected to rank fifth in terms of the global burden of disease and third in global causes of mortality [1]. Occupational and environmental factors may contribute to 15% of cases of COPD, according to a consensus report of the American Thoracic Society (ATS [2]), and also contribute to increased COPD mortality [1]. Occupational and

environmental factors causing COPD include organic and inorganic dusts, metal fumes, chemicals and gases [3,4]. Welding fume is known to cause adverse health effects including pulmonary siderosis and fibrosis [5]. It is also a possible human carcinogen (IARC group 2B) causing lung cancer [6,7]. In addition several studies have reported a negative impact of welding fume exposure on lung function [8,9]. In spite of the established toxicity of welding fume to the lungs, epidemiological studies of COPD have shown inconsistent results. Bogadi-Sare [10] and Wang *et al.* [11], reported significant reduction of FEV₁/FVC (forced expiratory volume in one second/forced vital capacity) ratio. Chinn *et al.* [12,13] reported that welding fume exposure significantly increased the

2013년 대한직업환경의학회 가을학술대회에 심포지움 한 세션을 맡아 ‘용접근로자 코호트’라는 제목 하에 6개의 과제를 발표하였다.

용접근로자 코호트의 개요 및 일차년도 결과

김정일, 김건형, 김세영, 문재동, 심창선, 예병진, 이선우, 이재명, 채창호, 최지민

2013 가을 직업환경의학학회 심포지움

조선소 용접근로자의 흠 노출과 만성폐쇄성폐질환의 연관성

산업안전보건연구원 고 동 회

동아대학교 김 정 일

인제대학교 김 건 형

대한산업보건협회 유 승 원

용접공의 폐기능 변화에 대한 탐색연구

예병진, 김정일, 고동희, 김건형

Mixed model

최지민

에이스통계컨설팅 대표 통계학자

&

동아대학교 겸임교수

stat.choi@gmail.com

일개 대학병원에서 시행한 비특이 기도과민 검사 74례

유태준, 김정일, 정갑열
동아대학교 의료원 직업환경의학과

조선소 근무자의 용접공각결막염

손만기, 김정일, 정갑열
동아대학교병원

연구자 모임이나 회의 시에 전문가를 초청하여 강의 및 교육을 실시하였다.

COPD와 폐기능 검사

손준희

동아대학교



Radiologic Finding of Pneumoconiosis: Siderosis (Welder's lung)

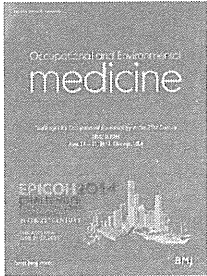
EJ Kang, MD

Assistant Professor, Department of Radiology
Dong-A University Medical Center, Dong-A University College of Medicine

2. 2014년

시카고에서 열린 ICOH에 참여하여 'The relationship between welding fume exposure and chronic obstructive pulmonary disease in shipyard welders in korea'를 발표하였다.

Occupational & Environmental Medicine



Publication of this supplement was supported by the B4 & Molinda Gates Foundation. Open access was supported by US Centers for Disease Control and Prevention.

Contents

June 2014 Volume 71 Supplement 1

A1	Oral presentation
A56	Poster presentation
A118	Symposiums
A126	Author index

The article has been chosen by the Editor for a special interest or importance and is freely available online.

Articles carrying the Open Access logo are freely available online under the BMJ's current copyright terms. See <http://bmj.bmj.com/site/authors/doi>

crossmark

This journal is a member of and subscribes to the principles of the Committee on Publication Ethics www.publicationethics.org

equator

recycle

oem.bmj.com
BMJ Journals

Oral presentation

periods. Migrant workers are a particularly healthy group from within their home countries and if they develop cancer, it is likely to occur when they are older and have left Qatar. The impact of occupational exposures on cancer risk among industrial workers in Qatar can therefore not be estimated. It is however possible to measure exposures in these settings and establish adequate national regulations. Information on carcinogenic exposures in occupational settings from the European CAREX database is likely of limited use in Qatar and other Middle Eastern countries, due to use of different materials, processes and technologies.

0369 BREAST CANCER INCIDENCE AMONG FLIGHT ATTENDANTS

¹Mary Schüßler-Bergan, ²Misty Hein, ³Jeri Anderson, ²Steven Allen, ²Alice Sigurdson, ⁴Mark Utley, ⁵Yvonne Pinkerton, ⁶National Institute for Occupational Safety and Health, Centers for Disease Control and Prevention, Cincinnati, OH, USA; ⁷SEA International, Inc., Fairfax, VA, USA; ⁸National Cancer Institute, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA

10.1136/med-2014-102362.142

Objectives Previous studies suggest that flight attendants have a higher incidence of breast cancer than the general population; however, the reason remains unclear. We evaluated the relation of breast cancer incidence with estimates of cosmic radiation dose and metrics of circadian rhythm disruption among a cohort of 6092 female former US flight attendants.

Method Cohort members (or their proxy) completed a computer assisted telephone interview that collected data on incident cancers and non-occupational risk factors for breast cancer. Incident cancers were also identified through linkage with state cancer registries. Life table analyses were conducted to compare breast cancer incidence among the cohort to that in the general population and to evaluate exposure-response relations.

Results Breast cancer incidence was increased compared to the general population (observed 343; standardised incidence ratio 1.37; 95% confidence interval 1.23, 1.52). Among flight attendants, breast cancer was not significantly associated with ten-year lagged cumulative estimates of absorbed cosmic radiation dose, time spent working during normal sleep hours, or time zones crossed in the cohort overall or in women who gave birth two or fewer times. A significant positive association was observed between breast cancer incidence and these exposures only in the small subset of women who gave birth three or more times.

Conclusions Our data suggest that the effect of occupational exposures on breast cancer risk among flight attendants may be modified by non-occupational risk factors for breast cancer. Future modelling analyses will further evaluate the role of occupational exposures and non-occupational risk factors.

0371 THE RELATIONSHIP BETWEEN WELDING FUME EXPOSURE AND CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE IN SHIPYARD WELDERS IN KOREA

¹Dong-Hyeon Koh, ²Jung-H Kim, ³Kun-Hyung Kim, ⁴Seung-Won Yoo, ⁵Carcinogenic Hazard Branch, National Cancer Control Institute, National Cancer Center, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, Republic of Korea; ⁶Dong-a University, Busan, Republic of Korea; ⁷Department of Occupational and Environmental Medicine, Busan Paik Hospital, Inje University, Busan, Republic of Korea; ⁸Korean Industrial Health Association, Suwon, Republic of Korea; ⁹Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency, Incheon, Republic of Korea

10.1136/med-2014-102362.143

Objectives Welding fume is suspected to accelerate the decline of lung function and development of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). The aim of this study was to examine the relationship between welding fume exposure and COPD in Korean shipyard welders.

Method 240 male welders who were working at two shipyards and took the annual health examination including pulmonary function test in 2010 participated in this study. A questionnaire about smoking habits and occupational history was administered. PFT was carried out with strict quality control measures. Exposed fume concentrations were estimated using 884 welding fume measurements taken 2002-2009 in one of the shipyards. Linear multiple regression was employed to evaluate the association between cumulative fume exposure and lung function parameters. Logistic regression was employed to test the excess risk of COPD by cumulative fume exposure. Age, height, the smoking amount, and cumulative fume exposure were incorporated as independent variables in these models.

Results Mean age was 48, and mean work duration was 18 years. The mean cumulative fume exposure was 7.7 mg/m³. The prevalence of COPD was 14.6%. FEV₁ and FVC showed negative correlations with cumulative fume exposure, but statistically non-significant. Odds ratios of COPD were significantly elevated for middle (5.02, 95% CI:1.27-33.55) and high exposure group (6.20, 95% CI:1.41-44.98) compared to the low fume exposure group.

Conclusions Our findings suggest a potential association between metal fume exposure and COPD. Further study with a prospective design is needed to investigate the excessive decline of lung function by welding fume exposure.

0373 POOLING CASE-CONTROL STUDIES FOR ENHANCED EVIDENCE ON OCCUPATIONAL RISK FACTORS IN LUNG CANCER RESEARCH - THE SYNERGY PROJECT

^{1,2}Jens Olson, ³Hans Kromhout, ⁴Roel Vermeulen, ⁵Susan Peters, ⁶Beate Pesch, ⁷Thomas Behrens, ⁸Benjamin Kendzia, ⁹Joachim Schüz, ¹⁰Kurt Straif, ¹¹International Agency for Research on Cancer, Lyon, France; ¹²The Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden; ¹³Institute for Risk Assessment Sciences, Utrecht, The Netherlands; ¹⁴Institute for Prevention and Occupational Medicine of the German Social Accident Insurance - Institute of the Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany

10.1136/med-2014-102362.144

Objectives Explore quantitative exposure-response association for exposure to asbestos, crystalline silica, nickel, chromium and polycyclic aromatic hydrocarbons in the general population; further study effects on specific cell types and potential interaction with smoking and co-occurring occupational exposures.

Method Fourteen studies from Europe and Canada were pooled including 17 700 lung cancer cases and 21 800 controls with detailed information on tobacco habits and lifetime occupations. A quantitative job-exposure-matrix (SYN-JEM) was developed based on more than 350,000 exposure measurements from the participating countries. Different model specifications were compared to predict historical job-, time-, and region-specific exposure levels. Individual exposure levels were calculated for each subject by linking the SYN-JEM with the individual occupational histories. Unconditional logistic regression models were fitted to estimate odds ratios, 95% confidence intervals, and trends.

Results We observed exposure-response relationships with increasing duration and cumulative exposure for all agents and

2014년에도 대한직업환경의학회 가을학술대회에 심포지움에서 용접근로자 코호트 세션을 맡아 3개의 소과제를 발표하였다.

용접작업자 코호트 개요

김정일 · 채창호 · 심창선 · 예병진 · 고동희 · 이재명 · 김세영 · 김건형 · 이선우 · 최지민 · 문재동

동아의대 직업환경의학교실, 삼성창원병원 직업환경의학과, 울산의대 직업환경의학교실, 국립암센터, 창원터의원, 인제의대 직업환경의학교실, 동아대병원 직업환경의학과, 동아대학교 경영정보학부, 전남의대 직업환경의학

1. 연구 필요성 및 목적

혼합모형을 이용한 분석전략

예병진 · 김정일

동아의대 직업환경의학교실

본 분석은 2014년 용접공 코호트에 등록된 용접과 부분용접에 해당하는 인원 975명의 사용가능한 과거 폐기능 검사치를 사용해 총 1,362건의 폐기능 자료를 대상으로 혼합모형 분석을 실시하였다.

Mixed model에서 분석에 이용된 용접원, 부분용접원 중 등록 이전 또는 등록 이후의 유효한 폐활량 검사기록이 있는 총 975명이었고, 폐활량 검사 1회 698명, 폐활량 검사 2회 219명, 3회 46명, 4회 1명, 5회 1명, 6회 3명, 7회 5명, 8회 1명, 9회 2명으로 총 분석에 이용된 폐활량의 건수는 1,362건이었다.

% 노력성 폐활량에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 작업군, 근무년수, 흡연여부, BMI, 작업군 x 근무년수 간 상호작용을 고려한 혼합모형 분석을 실시한 결과, 작업군 x 근무년수 간 상호작용은 통계학적으로 유의하지 않아 근무년수에 따른 %FVC 감소정도에는 용접군과 부분용접군 간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

용접과 흡연의 상호작용

김 세 영 · 김 건 형 · 김 정 일

인제의대 직업환경의학교실, 동아의대 직업환경의학교실

흡연과 용접의 상호작용을 평가하기 위하여 흡연군과 비흡연군으로 나누어 분석을 시도하였으며 그 결과는 아래와 같다.

1. 호흡기계 증상을 흡연군과 비흡연군을 나누어서 분석하였을 때 흡연군의 비염 증상 유병률은 대조군이 41.8%로 유의하게 높았다. 비흡연군의 비염 증상 유병률은 대조군이 37.7%로 높았으나 유의하지 않았다.
2. 흡연군에서 노력성 폐활량은 용접원, 부분용접원, 대조군에서 각각 예측치의 103.7%, 104.1%, 98.2%를 보여 용접원과 부분용접원이 대조군보다 높았고($p<0.001$), 비흡연군에서 노력성 폐활량은 용접원, 부분용접원, 대조군에서 각각 예측치의 105.3%, 106.1%, 96.0%를 보여 용접원과 부분용접원이 대조군보다 유의하게 높았다($p<0.001$).

폐활량 검사의 매뉴얼을 책받침 형태로 제작하여 특수건강진단기관에 배포하였다.



표준 폐활량 검사 매뉴얼

1. 사전준비 및 보정

- ① 대상자에게 검사의 목적 및 방법, 의복착용 등에 대해 사전에 설명하고 준비시킨다.
- ② 온도, 기압과 대상자의 신장, 체중을 측정하고 폐활량 측정 시작 전 보정을 시행한다.
- ③ 일회용 마우스피스, 필터, 코집게, 의자 등의 물품을 준비하고 감염 예방을 위해 위생상태를 확인한다.

2. 검사 전 설문 조사

- ① 설문지를 사용하여 흡연, 과거의 호흡기 질환 병력, 직업력, 최근의 질병력, 약물 복용 여부, 수술 여부와 심장질환, 과거의 폐활량측정 결과를 조사한다.
- ② 폐활량 검사 실시 가능 여부를 결정한다.
 - ✓ 흉통이나 복통 또는 마우스피스 사용 시 인면이나 얼굴에 흉통이 있다면 연기한다.
 - ✓ 담배를 피웠다면 1시간 연기한다.
 - ✓ 한 달 이내로 상근장식이 있었다면 검사를 연기한다.
 - ✓ 가슴, 눈, 목, 복부, 심장 등을 수술한 경우 연기한다.
 - ✓ 감기, 천식과 복용 시 약효가 지난 후 1시간 미정 연기한다.
 - ✓ 감기가 심한 경우 증상이 사라진 후 3일간까지 연기한다.
 - ✓ 3주 이내 폐렴, 기관지염 병력이 있으면 증상이 사라진 후 최소 3주 이후로 연기한다.
 - ✓ 과 집현이 있는 경우 공기를 불어 날 때 고막 천공이 될 수 있음을 설명한다.
 - ✓ 음주할 한 경우 4시간 이후로 연기한다.

3. 시범적 실시

- ① 말로만 설명하거나 지시하는 것은 잘못된 방법이다.
- ② 설명은 짧게 하고 시범을 보이면서 다소 과장되고 드라마틱하게 보여준다.
- ③ 마우스피스 사용법, 노력성 흡기방법, 노력성 호기방법, 검사자세 등을 설명한다.

4. 검사 자세

- ① 속옷을 입지 않고 가운을 입도록 하며, 불가능 한 경우 넥타이, 와이셔츠, 거들, 브래지어 등 흉부나 복부를 압박할 가능성이 있는 것을 느슨하게 풀고 검사를 한다.
- ② 임의용 코마개를 착용하고 검사를 해야 하며, 코마개가 없을 경우 피검사자의 손으로 코를 막고 시행한다.
- ③ 고정된 의치가 아니라면 빼고 검사한다.
- ④ 턱은 살짝 들고 목을 약간 뒤로 젖힌 상태로 시선은 15도 정도 상방을 향하게 하며 기도가 폐쇄되지 않도록 검사 끝까지 목이나 턱은 굽히지 않고 자세를 유지한다.
- ⑤ 가급적이면 안전을 위해 바위가 달리지 않고 팔걸이가 있는 의자에 앉아서 시행하도록 한다. 서서 시행할 경우 뒤에 의자를 두어 넘어져서 생길 수 있는 사고를 대비한다.
- ⑥ 허리를 굽히거나 비틀지 않도록 한다.
- ⑦ 검사 시 자세를 폐활량 측정 기록지에 기록한다.
- ⑧ 처음의 자세를 끝까지 유지하는 것이 중요하고 연결관이 꼬이거나 늘어나지 않게 한다.
- ⑨ 마우스피스는 이로 살짝 물고, 입술로 꼭 조여 공기가 새지 않게 한다.
- ⑩ 어깨나 목에 힘을 주지 않도록 하고 자연스러운 자세로 가슴을 뒤로 젖히면서 최대한 가슴을 펴고 공기를 들며 마시게 한다.
- ⑪ 정상 호흡량은 정상 시 호흡과 같이 하고, 느린 폐활량은 천천히 최대한 들어 마신다.
- ⑫ 노력성 폐활량의 경우 한 번에 최대한 들어 마시고 최대한 빠르게 세게 불어낸다.
- ⑬ 혀는 마우스피스 밑에 놓아 마우스피스를 막지 않도록 한다.

5. 폐활량 측정의 실시방법

- ① 검사 중 기록화면은 응적-시간곡선과 유량-응적곡선을 한 화면에서 볼 수 있게 한다.
- ② 피검자가 올바른 자세를 취하게 하고 코집개로 코를 막고 마우스피스를 입에 물게 한다.
- ③ 몇 번의 편안 호흡을 한 후 최대한 숨을 최대한 깊이 한 번에 들어 마시고 망설이지 말고 최대한 빨리 세계 내뿜게 한다.
- ④ 숨을 들어 마시지 말고 계속 내뿜게 하면서 큰 소리로 몸과 손을 이용하여 제스처를 하면서 독려한다.
- ⑤ 고평부에 도달할 때까지 독려하면서 확인하고 고평부에 도달한 후에도 계속 불어낼 수 있는 경우 계속하도록 한다.
이 때 검사자가 중지시키지 않도록 한다.
- ⑥ 검사종료 후 검사치가 적합한지 검토하고 최소한 적합한 검사가 3번이상이 되어야 한다.
- ⑦ 1분 이상 휴식을 취하고 다시 시행한다.
- ⑧ 한 번에 최대 8회 이내로 실시한다.

6. 폐활량 측정 시 확인사항

① 유량-응적곡선

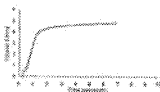
- ✓ 호기의 첫 1~2초동안 최고호기유량을 검토하여 노력의 정도를 판단한다.
- ✓ 기침, 성문(목젢)이나 하악 막힘, 숨을 들어 마신 등을 검토하는데 유용하다.
- ✓ 시작점의 오류와 외삽응적이 있는지 확인하며 초기 중단을 확인한다.

② 응적-시간곡선

- ✓ 검사의 마지막 부분에서 검사곡선이 고평부에 도달하였는지 확인한다.
- ✓ 충분한 시간 동안 들어내었는지 확인하고(6초 이상 들어내거나 또는 고평부가 2초 이상 유지되어야 한다. 국내 여건상 정도관리에서는 고평부 유지 확인이 용이하지 않을 수 있으므로 반드시 6초이상 들어내어야 한다고 교육하고 있음) 시작점의 오류와 외삽응적이 있는지 확인한다.

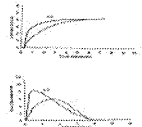
③ 검사의 적합성 확인

- ✓ 초기에 공기를 불어낼 때
망설임과 시작점의 오류
외삽응적이 5%~15% 미만
범위로 부지함

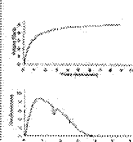


✓ 들어내는 방법의 오류

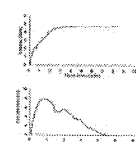
→ 검사초기에 최대한 세고 빠르게 불어내지 않음



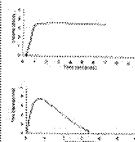
→ 검사중에 기침



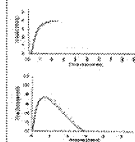
→ 호기시 유량이 다양한 검사곡선



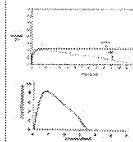
→ 마우스피스의 막힘



→ 초기중단



→ 누출

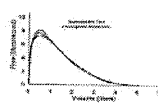
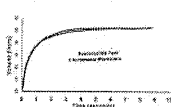


✓ 호기 시간의 오류

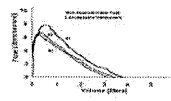
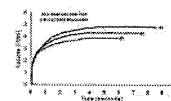
④ 검사의 재현성 확인

- ✓ 적합성이 있는 폐활량 측정이 최소한 3회 이상 있어야 한다.
- ✓ 3개의 적합한 검사치중에서 수치가 가장 큰 검사의 FVC의 차와 FEV1의 차이가 각각 0.15L 이내에 있어야 한다.
- ✓ 재현성 또는 적합성에 도달하지 못한 경우 검사를 반복 시행한다.
- ✓ 최대 8회 시행하여도 재현성이나 적합한 검사를 얻지 못할 경우 선별하여 사용한다.

→ 재현성이 있는 곡선



→ 재현성이 없는 곡선



3. 2015년

방콕의 국제학회에 참여하여 'The relationship between COPD and welding fume in Korean welders' cohort'를 발표하였다. 2015년에도 대한직업환경의학회가 가을학술대회에 심포지움에서 용접근로자 코호트 세션을 맡아 2개의 소과제를 발표하였다.

The relationship between COPD and welding fume in Korean welders' cohort

Ji Kim¹⁾, CH Chae²⁾, CS Sim³⁾, BJ Ye⁴⁾, DH Koh⁴⁾, JM Lee⁵⁾, SY Kim⁶⁾, KH Kim⁶⁾, YI Lee⁷⁾, SW Lee⁸⁾, SK Lee⁹⁾

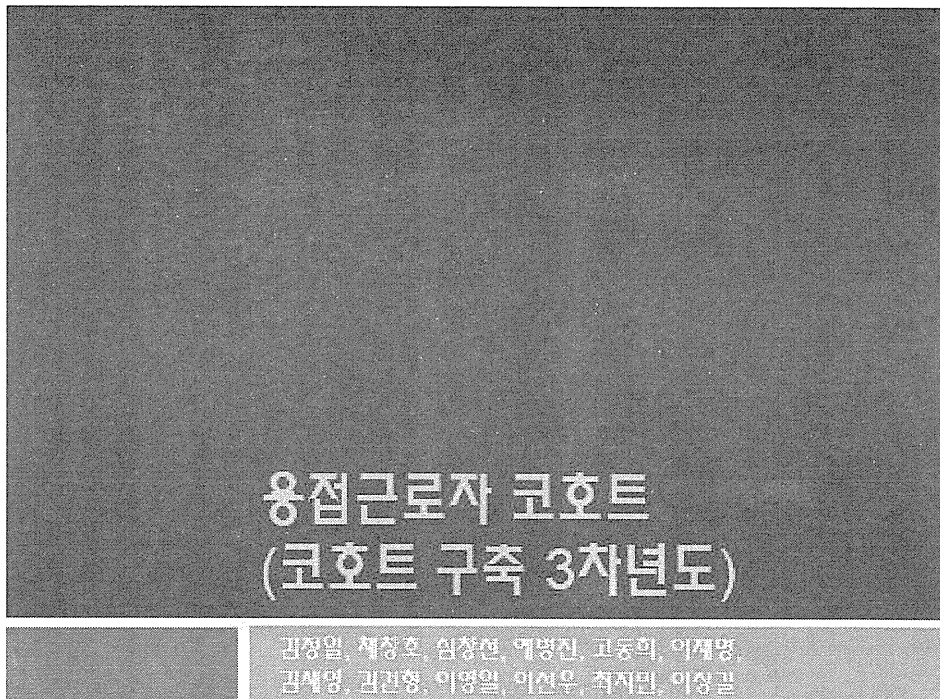
Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, Donga University¹⁾, Department of Occupational and Environmental Medicine, Samsungchangwon Hospital²⁾, Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, Ulsan University³⁾, Department of Occupational and Environmental Medicine, Catholic Kwandong University International St Mary's Hospital⁴⁾, Department of Occupational and Environmental Medicine, Changwon Teo Hospital⁵⁾, Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, Inje University⁶⁾, Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, Koshin University⁷⁾, Department of Occupational and Environmental Medicine, Donga University Hospital⁸⁾, KOSHA⁹⁾, Korea

Objectives: This study aims to establish a welder's cohort at shipyards in Korea and research the relationship between chronic obstructive lung disease (COPD) and welding fume.

Methods: Seven hospitals participate in this project. We will collect 2,000 welders, 2,000 workers of low dose exposure workers as control 1, and 2,000 office workers as control 2 in several years. We conduct the pulmonary function test (PFT) and are going to follow up within three years.

Results: We registered 584 welders, 391 workers for control 1, 282 workers for control 2 (Table 1). There were no differences in the prevalence of respiratory symptoms among three groups. The forced vital capacity(FVC) was lower in the control 2 than the welders and control 1. The FEV1/FVC was lower in the control 1 and the welders than control 2 (Table 2). The prevalence of obstructive ventilatory disturbance were 9.2% in the welders, 13.3% in control 1, and 1.4% in control 2 and significantly higher in the welders and control. The multiple logistic regression analysis shows that the odds ratio for obstructive disturbance are 3.15 in welders and 4.21 in control 1 (Table 4). In less equal 40 years, the odds ratio for obstructive disturbance are 8.59 in welders and 10.92 in control 1 (Table 5). In the smoker or ex-smoker group, the odds ratio for obstructive disturbance are 5.02 in welders and 6.66 in control 1 (Table 6).

Conclusions: We started the welders' cohort. We will study the work-relatedness between the COPD and the welding fume and support the evidences to legal compensation.



조선소 용접공 코호트 연구에서 측정자료를 이용한 용접 흠 노출 그룹의 분류

고동희¹⁾ · 이선우²⁾ · 예병진²⁾ · 김정일²⁾

가톨릭관동대학교 국제성모병원¹⁾, 동아대학교병원²⁾

1. 연구목적

용접 흠 노출이 만성폐쇄성폐질환 발생과 폐활량에 미치는 영향을 평가하기 위하여 조선소 용접공 코호트 연구가 진행 중에 있다. 본 연구의 목적은 조선소 용접 흠 측정자료를 이용하여 직무, 부서별 용접 흠 노출을 추정하고, 이를 이용하여 역학 분석을 위한 가장 적합한 노출군 분류방법을 알아보는 것이다.

VII. 향후전략

1. 코호트 모집 로드맵

1) 코호트의 인년을 고려한 추적관찰

본 연구는 코호트 연구이기 때문에 수회 반복된 추적관찰이 필요하다. 용접원과 부분용접원의 경우 코호트에 입적되면 2010년도부터의 폐활량 검사 자료를 수집하여 관찰시작기간을 이전의 한 시점으로 앞당길 수 있다. 그러나 대조군의 경우 당해에 폐기능 검사를 처음 시행하였기 때문에 관찰기간이 상대적으로 짧다. 따라서 대조군의 경우 2년마다 검사한다는 가정 하에 최소 3-4회 이상의 추적관찰 인년이 필요하다. 등록년(0)으로부터, 2, 4, 6년 시점에 추적검사를 한다면 본격적인 등록이 시작된 2014, 2015년부터 최소 2018, 2019년까지의 연구기간이 필요하다고 판단된다(그림3 참조). 대조군을 3회 검사할 경우 1인에 4인년, 4회 검사할 경우 1인에 6인년의 분모를 얻을 수 있다. 본 연구는 발생률을 비교하는 것이므로 분모는 인년이 되고 분자는 발생 수가 되며 따라서 대조군의 분모를 충분히 얻어야 좋은 연구결과를 도출할 수 있을 것이다.

2) Spirometry Longitudinal Data Analysis (SPIROLA) Software를 활용한 폐기능 평가를 고려한 추적관찰

SPIROLA¹⁾는 2005년 NIOSH에서 개발되어 무료로 배포되고 있는 폐기능 평가 프로그램으로 longitudinal pulmonary function decline 등을 시각적 및 정량화시켜 모니터링 할 수 있고, 그룹이나 개인에게 적용가능하다. 조선소 용접원 코호트에 적용시키기 위해서는 인종별 참고치를 한국인 예측식을 회귀식으로 입

력시켜 사용가능하다.

(1) 그룹의 폐기능 평가

가) 경시적 자료(Longitudinal data)의 정확성 모니터링

absolute and relative pair-wise within person variation statistics (S_p , S_r)을 사용하여 매년 수행한 폐기능 검사의 bias를 점검한다.

$$S_p = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (FEV_{1_{1i}} - FEV_{1_{2i}})^2},$$

$$S_r = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{FEV_{1_{1i}} - FEV_{1_{2i}}}{(FEV_{1_{1i}} + FEV_{1_{2i}})/2} \right)^2}$$

나) Group mean FEV1, FVC value 모니터링

평균 FEV1, FVC 의 time trend를 평가하여 용접흡 노출 및 흡연 양상에 따른 그룹 간 시계열적 변화 비교 평가 가능하다. 코호트 그룹의 인구사회학적 요인이 시간의 흐름에 변화(time related change)하는 것을 보정하기 위해 한국실 reference equation 및 z-score를 반영해야 한다. 여기서 z-score란 관측값과 예측값 차이의 평균치를 말한다.

(2) 개인의 폐기능 평가

폐활량 지표의 연간 변화량을 평가하기 위한 것으로 FEV1, FVC, 일초율의 시계열적 변화 정도를 그래픽으로 표현하고 limit of longitudinal decline (LLD)을 설정하여 baseline에 비해 과도한 decline을 보인 코호트 입적자에 대한 추적 평가 및 중재를 고려한다.

LLD (limit of longitudinal decline) 는 one-sided upper 95% CI for referent rate of decline을 의미하며 LLD를 계산하기 위해서는 전향적으로 일 년마다 측정하는 폐활량 검사의 표준오차(SE(b))가 평가되어야 하고, 개체내 변이 (within-person variation)를 4% 이하로 설정하기 위해서는 최소 5년 이상의 관측년이 필요하다.

따라서 용접원 코호트를 최소 5년 이상 장기 추적 관찰하여 용접원에서의 COPD 유병률뿐만 아니라 LLD를 계산하여 향후 개인 중재에 활용가능하다.

2. 코호트 모집 전략

일차적으로 용접원에 주안점을 두고 연구대상을 모집한다. 용접원이 아닌 근로자의 경우는 취부원, 배관공 등 용접함에 일부 노출되는 근로자를 대상으로 모집하며, 대조군으로 조선소의 사무직 등 사무실 근무자를 대상으로 한다. 코호트의 모집은 각 참여병원에서 실시하되, 모집 전담연구원을 두어 조선소 특수건강진단시에 파견 근무시켜 대상군을 늘릴 수 있도록 한다.

3. 코호트 유지 전략

연구 대상자의 관심을 지속적으로 유지하기 위하여, 근로자의 폐기능을 정확하게 평가하여 우편 발송한다. 연 1회 정도의 소식지를 만들어 연구대상자에게 배포한다. 우편물이 반송된 근로자는 전화를 걸어 새로운 주소를 확인한다. 폐활량 자료를 지속적으로 확보하기 위하여 현재 코호트의 생년월일을 이용하여 각 연구 참여병원에서 특수건강진단을 실시하였는지 확인한 후 폐활량 검사결과를 평가하고 적합성과 재현성이 확인된 검사결과를 코호트에 등록한다. 조선업종에 근무를 하고 있다면 연구 참여병원이 대부분의 조선소를 커버하고 있으므로 추

적검사가 될 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 3년 이상 폐활량 검사 기록이 없는 대상자는 전화를 걸어 병원으로 내원을 권유한다. 이 때 약간의 인센티브(추가검사, 교통비) 등을 주어 방문 근로자에게 피해가 가지 않도록 한다.

4. 노출평가 전략

용접원보다 일부용접원의 폐활량 검사치가 더 감소되어 있는 것으로 나타났다. 용접원의 경우 작업 중 대부분의 시간 동안 호흡보호구를 착용하고 있지만, 일부용접원은 보호구를 착용하지 않는 경우가 많아 이 부분에 대한 면밀한 조사가 요구된다. 따라서 실제 흡입정도를 평가할 수 있는 대응변수를 생성하여 조사하여야 할 것을 판단된다.

5. 통계 전략

모든 결과는 연구책임자와 통계학 연구자가 관리하며, 코호트 연구에 효과적인 자료의 형태로 만든다. 또한 원자료에 충실하되 해석에 어려움이 없도록 하여 의미 있는 결과를 도출하도록 한다.

본 연구는 코호트 연구로 연구결과의 분모는 인년, 분자는 발생수가 되어야 가장 바람직한 결과를 얻을 수 있을 것이다. 추후의 분석은 전 코호트에 대해서 분석을 실시하는 것을 원칙으로 하되 최초 폐활량 검사 자료가 있을 시의 연령으로 분류하여 분석을 시도해야 할 것이다.

VIII. 활용방안

지금까지 용접원에 대한 국내의 단면조사연구는 다수 있었으나 코호트를 구축한 연구는 거의 없었다. 본 연구는 부산, 울산, 경남지역의 크고 작은 조선소를 대상으로 할 수 있는 풍부한 연구진을 보유하고 있기 때문에 다수의 코호트를 확보하기에 유리한 상황이다. 이러한 코호트를 가지는 것 자체가 가장 큰 수확이며, 이 인구집단을 대상으로 한 가치 있는 연구가 행해질 것이다.

코호트는 장기적인 추적관찰이 가능하기 때문에 우리나라의 용접흡에 의한 폐활량 감소 및 만성폐쇄성 폐질환의 발생에 대한 기여분율을 확인함으로써 직업병의 예방정책에 효과적으로 이용할 수 있을 것이다.

그리고 현재 직업환경의학과학에서 행해지고 있는 용접흡 노출 근로자에서 발생하는 만성폐쇄성 폐질환의 업무관련성 판단 및 산재 보상에서 주요한 기초 자료가 될 것이다.

이러한 연구의 활용성을 높이기 위해서는 보다 더 많은 수의 대상자를 등록시켜야 하는 것은 물론이고 작업공정, 작업년도, 용접방법에 대한 data의 구축에 심혈을 기울여야 할 것이다.

또한 비노출 대조군의 연구를 통해 우리나라 폐활량 검사 결과의 보다 정확한 정상 예측식을 구할 수 있을 것이며, 부가적으로 용접원 코호트의 다른 영향(안질환, 심장질환, 신장질환, 근골격계질환 등)에 대한 체계적인 조사가 가능할 것이다. 용접원 코호트의 폐질환에 대한 보다 깊은 연구(유전자 등)가 수행될 수 있는 계기를 마련할 것이다.

이러한 목적을 달성하기 위해서는 다년간의 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 고상백 등. 조선업 도장작업자의 유사노출군 노출변이: 크실렌 노출을 중심으로. 대한산업의학회지 2001;13:413-422
- 곽영순, 백남원. 모조선소의 밀폐된 작업장에서의 공기 중 용접흠 및 중금속 농도에 관한 조사 연구. 한국산업위생학회지 1997;7:113-131
- 김건형. 조선소 용접근로자 폐활량 코호트 구축. 산업안전보건연구원;2010
- 김세영, 김정일, 정지현 등. 소규모 주물공장 근로자의 폐기능. 대한산업의학회지 2011;23(3):317-323
- 김정일, 고동희, 예병진 등. 용접근로자 코호트. 산업안전보건연구원;2013
- 김정일, 채창호, 심창선 등. 용접작업자 건강영향 추적연구. 산업안전보건연구원;2014
- 노영만 등. 조선업의 작업환경측정결과를 이용한 노출평가의 문제점과 해결방향-유사노출군을 중심으로. 한국산업위생학회지 2001;11:126-134
- 노영만 등. 조선업종 용접 및 도장작업 근로자의 업무별 분포파악 및 업무-노출 Matrix 구축. 산업안전보건연구원 2000.
- 박미희 등. 조선소 근로자들의 폐기능 관련 요인. 대한직업환경의학회지 2011;23:324-332
- 임현우, 노영만, 이원철. 직무-노출매트릭스의 설계. 한국산업위생학회지. 2001;11(2):161-168
- 정춘화 등. 조선업 용접원의 용접흠 생애누적노출량을 이용한 환기기능 평가. 대한산업의학회 2002;14:364-374
- 정춘화, 임현우, 구정완 등. 조선업 용접원의 용접흠의 생애누적노출량을 이용한 환기기능평가. 대한산업의학회지 2002;14(4):364-376

최병순, 이정오. 분진 노출 근로자의 만성폐쇄성폐질환 유병률. 대한산업의학회 추계학술대회 2007:503-504

Balmes J, Becklake M, Blanc P, et al. Environmental and Occupational Health Assembly, American Thoracic Society. American Thoracic Society Statement: Occupational contribution to the burden of airway disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003 Mar 1;167(5):787-97

Bergdahl IA, Toren K, Eriksson K, et al. Increased mortality in COPD among construction workers exposed to inorganic dust. *Eur Respir J*. 2004;23(3):402-6

Danielsen et al. Incidence of cancer among welders of mild steel and other shipyard workers. *Brit J Ind Med* 1993;50:1097-1103

Gerin et al. Development and use of a welding process exposure matrix in a historical prospective study of lung cancer risk in European welders. *Int J Epidemiol* 1993;22:S22-S28

Gomes J, Lloyd OL, Norman NJ, et al. 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

Hnizdo E, Sullivan PA, Bang KM, et al. Association between chronic obstructive pulmonary disease and employment by industry and occupation in the US population: a study of data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Epidemiol*. 2002;156(8):738-46

Hu Y, Chen B, Yin Z, et al. Increased risk of chronic obstructive pulmonary diseases in coke oven workers: interaction between occupational exposure and smoking. *Thorax* 2006;61:290-295

Kauffmann F, Annesi I, Chwalow J. Validity of subjective assessment of changes in respiratory health status: a 30 year epidemiological study of

workers in Paris. *Eur Respir J*. 1997;10(11):2508-14

Kim DS, Kim YS, Jung KS et al. Prevalence of chronic obstructive pulmonary disease in Korea: a population based spirometry survey. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;172:842 - 847

Koh et al. Welding fume exposure and chronic obstructive pulmonary disease in welders. *Occup Med* 2014 (in press)

Lisa M Bradshaw, David Fishwick, Tania Slater, et al. Chronic bronchitis, work related respiratory symptoms, and pulmonary function in welders in New Zealand. *Occup Environ Med* 1998;55:150 - 154

Melkild et al. Incidence of cancer among welders and other workers in a Norwegian shipyard. *Scand J Work Environ Health* 1989;15:387-394

Miller M.R, Hankinson J, Brusasco V et al Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005;26:319-338

Miller M.R. Crapo R, Hankinson, J et al. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J* 2005;26:153-161

Newhouse et al. Mortality of welders and other craftsmen at a shipyard in NE Enland. *Brit J Ind Med* 1985;42:406-410

Orlowski et al. Retrospective assessment of asbestos exposure-II. at the job level: complementarity of job-specific questionnaire and job exposure matrix. *Int J Epidemiol* 1993;22:S96-S105

Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005;26:948-968

Seixas NS, Robins TG, Attfield MD, et al. Longitudinal and cross sectional analyses of exposure to coal mine dust and pulmonary function in new miners. *Br J Ind Med*. 1993;50(10):929-37

Søyseth V, Boe J, and Kongerud J. Relation between decline in FEV1 and

exposure to dust and tobacco smoke in aluminium potroom workers. *Occup Environ Med* 1997;54:27-31

Tola et al. Incidence of cancer among welders, platers, machinists, and pipe fitters in shipyards and machine shops. *Brit J Ind Med* 1988;45:209-218

Trupin L, Earnest G, San Pedro M, et al. The occupational burden of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J*. 2003;22(3):462-9

Abstract

Objectives: This study aims to establish a welder's cohort at shipyards in Korea and research the relationship between chronic obstructive lung disease(COPD) and welding fume.

Methods: Seven hospitals participate in this project. We will collect 2,000 welders, 2,000 workers of low dose exposure workers as control I, and 2,000 office workers as control II in several years. We conduct the pulmonary function test(PFT) and are going to follow up within three years.

Results: We registered 2,1391 workers, 409 workers excluded and 1,730 workers consist of the 669 welders, 491 workers for control I, 570 workers for control II were analyzed. There were no differences in the prevalence of respiratory symptoms among three groups. The %forced vital capacity shows no differences among three groups by age. The FEV1/FVC was lower in the control I and the welders than control II. The prevalence of obstructive ventilatory disturbance were 10.2% in the welders, 14.3% in control I, and 2.7% in control II and significantly higher in the welders and control I. The multiple logistic regression analysis shows that odds ratio for obstructive ventilatory disturbance are 2.36 in control I, and respiratory protector affected on this effect. In the mixed model the FEV1/FVC was significantly lower in the welder and control 1 than control 2.

Conclusions: We started the welders' cohort. We will study the work-relativeness between the COPD and the welding fume and support the evidences to legal compensation. And various health issues from welders' cohorts such as eye, heart, kidney, liver problems should be studied.

Key words: welder, cohort, lung function

부록 1. 폐활량 검사 방법

<폐활량 검사 방법>

1. 사전준비 및 폐활량 측정의 준비

2. 보정실시

① 신장, 체중 측정 하고 성별, 인종, 키, 몸무게, 온도, 기압 등을 입력 하고 보정 시행

3. 검사 전 설문 조사

① 설문지를 사용하여 흡연, 과거의 호흡기 질환 병력, 직업력, 최근의 질병력, 약물 복용 여부, 수술 여부와 심장질환, 과거의 폐활량측정 결과를 조사한다

② 폐활량 측정의 실시 가능 여부를 결정한다

- 아픈 곳이 있을 경우 연기한다
- 감기가 심하면 증상이 사라진 후 3일간까지 연기
- 담배를 피웠다면 1시간 연기한다
- 감기, 천식약을 복용 하였다면 약 효과가 지난 후 1시간 이상 연기
- 3주 이내 폐렴, 기관지염 병력이 있으면 증상이 사라진 후 최소 3주 이후로 연기
- 귀 질환이 있을 경우 공기를 불어 낼 때 고막 천공이 될 수 있음을 설명
- 가슴, 눈, 목에 수술을 한 경우 부작용 위험이 있으므로 연기한다

4. 폐활량 측정의 목적 설명

① “최대한 들이 마시고 내뿜는 공기의 양과 얼마나 빨리 내뿜을 수 있는가를 평가하는 검사입니다“ 설명 후 직접 측정하는 방법을 간단하게 실기로 보여 준다

5. 시범적 실시

- ① 말로만 설명하거나 지시하는 것은 나쁜 방법이다
- ② 설명은 짧게 시범을 다소 과장되고 드라마틱하게 보여 준다
- ③ 설명 해야 할 내용
 - 턱과 목의 자세
 - 검사기를 손으로 잡는 방법
 - 검사 시 몸의 자세
 - 마우스피스와 이와 입술로 무는 방법
 - 노력성 흡기방법으로 호기 시 최대한 들어 마시는 방법
 - 노력성 호기방법으로 최대한 세고 빠르게 불어 내는 방법

6. 검사 자세

- ① 옷
 - 속옷을 입지 않고 가운을 입도록 하며, 불가능 한 경우 넥타이, 와이셔츠, 거들, 브레이저 등 흉부나 복부를 압박할 가능성이 있는 것을 느슨하게 풀고 검사를 한다
- ② 일회용 코마개
 - 원칙은 일회용 코마개를 착용하고 검사를 해야 하며 코마개가 없을 때는 피검사자의 손으로 코를 막고 시행한다
- ③ 의치
 - 고정된 의치가 아니라면 빼고 검사하며 공기가 새는 경우에는 착용하며, 의치를 착용한 채로 검사할 경우엔 심한 흡기시 의치가 기도로 넘어 갈 수 있으므로 주의한다
- ④ 턱과 목의 자세
 - 턱은 약간 들고 목을 약간 뒤로 젖힌 상태로 시행하며 15도 정도 상방을 향하도록 한다

- 기도가 폐쇄되어 호기량이 낮게 측정 될 수 있으므로 목이나 턱을 검사 끝까지 굽히지 않고 자세를 유지한다

⑤ 검사의 자세

- 원칙적으로 서서 시행한다(특히 임산부, 비만, 어린이).

앉아서 할 경우 노력성 폐활량 검사치가 낮게 나올 수 있다

- 서서 시행 할 경우 뒤에 의자를 두어 넘어 져서 생길 수 있는 손상을 예방하도록 하자

- 검사시 자세를 폐활량측정 기록지에 기록한다

- 허리를 굽히거나 비틀지 않도록 하며 다리도 굽히지 않는 것이 좋다

- 처음의 자세를 끝까지 유지하는 것이 중요하며 만약 연결관이 꼬이거나 늘어난 경우 호흡량의 측정이 부정확해진다. (예를 들어 많이 늘어난 경우 연결관에 공기가 늘어나 약 1리터까지 폐활량이 낮게 측정될 수 있다.)

⑥ 마우스피스를 무는 법

- 이로 살짝 물고, 입술로 꼭 조여 공기가 새지 않게 한다. 입술로만 물면 안된다

⑦ 호흡방법과 들며 마실 때 최대한 들며 마시는 방법

- 평상 호흡량은 평상 시 호흡과 같이 들며 마시고 내쉬는 것을 반복하면 되며, 느린 폐활량은 천천히 최대한 들며 마시도록 한다. 노력성 폐활량의 경우 빠르게 최대한 들며 마시게 한다

- 양 어깨나 목에 힘을 주지 않도록 하는 데, 힘을 주게 될 경우 흡입 공기량이 줄 수 있다

- 자연스러운 자세로 가슴을 뒤로 젖히면서 최대한 가슴을 펴고 공기를 들며 마시게 한다

- 어깨가 목 위로 올라갈 정도로 힘을 주면 기도가 막혀 흡기가 충분히 되지 않을 수 있다

- 들며 마실 때는 한 번에 들며 마시게 하고 여러 번 들며 마시지 않도록 한다.

7. 폐활량측정의 실시방법

- 검사중의 기록화면

: 화면은 용적-시간곡선과 유량-용적곡선을 한 화면에서 모두 볼 수 있도록 한다. 검사 시작 후 처음부터 중간까지는 유량-용적곡선에서 최고호기유속과 기침, 조기중단 등을 검토하고 마지막에는 용적-시간곡선에서 고평부(plateau)에 도달하는지, 충분한 시간까지 붙어내었는지 확인한다

- 유량-용적곡선에서 확인사항

: 호기의 첫 1~2초동안 최고호기유량을 검토하여 노력의 정도를 판단한다

: 기침, 성문(목젖)이나 혀의 막힘, 숨을 들여 마심 등을 검토하는데 유용하다

: 시작점의 오류와 외삽용적이 있는지 확인하며 조기 중단을 확인한다

- 용적-시간곡선에서 확인사항

: 검사의 마지막 부분에서 검사곡선이 고평부에 도달하였는지 확인이 제일 중요하며, 충분한 시간 동안 붙어 내었는지 확인하고 시작점의 오류와 외삽용적이 있는지 확인한다

부록 2. 폐활량 측정 예시

- “몇 번의 편한 호흡을 한 후 준비가 되었을 때 최대한 숨을 최대한 깊이 한 번에 들며 마시고 망설이지 말고 최대한 빨리 세게 내뱉어야 합니다”라고 설명한다
- 이 때 큰 소리로 몸과 손을 이용하여 제스처를 하면서 독려하도록 한다. 측정 시작점의 시간을 지키도록 유도한다
- 6초 이상 불어 내지 못하는 경우가 종종 발생하므로 큰 소리고 “계속, 계속, 좀 더, 좀 더 내뱉으세요. 숨을 들며 마시지 말고 계속 내뱉으세요”라고 독려한다
- 계속해서 검사기의 화면에 용적-시간, 유량-용적 곡선이 나타나도록 하여 검사상 오류를 확인하고 고평부에 도달할 때까지 독려하면서 확인하도록 한다 (기도폐쇄환자나 노인의 경우 고평부에 도달하는 데 6초이상이 필요한 경우가 흔하며, 또한 호기시간이 꼭 6초이상이 되어야 하는 것은 아니다. 중요한 것은 고평부에 정확히 도달하였는지 확인 하는 것으로 호기시간이 6초 이내에도 고평부에 도달했다면 정확한 검사방법이다)
- 고평부에 도달한 후에도 계속 불어낼 수 있는 경우 계속하도록 한다. 검사자가 중지 시키지 않도록 한다.
- 검사종료 후 검사치가 적합한지 검토하고 최소한 적합한 검사가 3번이상이 되어야 한다
- 1분 이상 휴식을 취하고 다시 시행한다.

: 폐활량측정 중 확인사항

- 불을 이용해서 혹 부는가? 마우스피스를 막는 것은 없는가?
- 마우스피스를 피리 불듯이 부는가?
- 처음에 최대한 세고 빠르게 불었는가?

- 최고호기유속은 2초이내에 도달하였는가?
- 용적-시간곡선에 이상은 없는가?
- 유량-용적곡선에 이상은 없는가?
- 충분한 호기시간을 가졌는지와 고평부에 도달하였는가?
- 검사의 적합성 및 재현성이 있는가?
- 용적-시간곡선에 이상은 없는가?
- 유량-용적곡선에 이상은 없는가?
- 충분한 호기시간을 가졌는지와 고평부에 도달하였는가?
- 검사의 적합성 및 재현성이 있는가?

: 폐활량측정의 실시 횟수

- 적합성, 재현성이 있는 검사가 최소 3번 이상 되도록 휴식을 취하면서 반복 검사한다

부록 3. 폐활량 측정의 적정성을 판단하는 항목

<폐활량측정치의 적정성을 판단하는 항목>

적합성의 판단 기준, 조건

1. 초기에 공기를 불어낼 때 망설임과 시작점의 오류
2. 불어내는 방법의 오류
 - 처음 불어낼 때 최대한 세고 빠르게 불어내지 않음
 - 검사 도중의 기침
 - 성문의 막힘
 - 조기 종결이나 중단
 - 다양한 유량의 변화
 - 누출
 - 혀나 의치가 마우스피스 개구부를 막거나 이로 너무 세게 물어 마우스피스가 막힘
 - 검사 중 숨을 들이 마심
3. 호기 시간의 오류
 - 용적-시간곡선 상에 6초 이상 공기를 불어내었으나 고평부에 도달 못함
 - 용적-시간곡선 상에 6초 이하 불어내었으나 고평부에 도달 못함
 - 검사 대상자가 호기를 계속할 수 없는 경우

재현성의 판단 기준, 조건

1. 적합성이 있는 폐활량측정치가 최소한 3회 이상 있어야 한다

2. 3개의 적합한 검사치중에서 가장 큰 수치의 노력성폐활량(FVC)과 1초간 노력성폐활량(FEV1.0)은 다음으로 큰 수치의 노력성폐활량과 1초간 노력성폐활량값과 차이가 5%이내 또는 200mL이내에 있어야 한다

3. 가장 큰 검사치와 3개의 검사치 중 가장 작은 노력성폐활량과 1초간 노력성폐활량의 차이도 5%이내(또는 200mL)이내에 있어야 한다

4. 재현성 또는 신뢰성에 도달하지 못한 다음의 경우는 선별하여 사용한다

가. 전체 8회의 반복검사를 시행한 경우

나. 검사대상자가 검사를 지속할 수 없거나, 하지 않기를 원할 때

다. 검사자가 더 이상 시행해도 좋은 결과치를 얻을 수 없다고 판단 할 때

라. 최소한 세 개의 가장 좋은 수기를 저장한다

재현성이 없는 검사는

1. 대상자가 호기방법에 대하여 충분히 이해를 하지 못한 경우 검사횟수가 늘어나면서 검사치가 증가한다

2. 대상자가 최대한 불어내지 않은 경우(협조가 잘 안되는 경우) 각각의 검사치가 노력의 정도에 따라 달라지며, 최고호기유량도 각기 다르다

3. 검사횟수가 증가하면서 지친 경우

4. 기관지 폐쇄가 심한 경우 등이다

부록 4. 설명문

설 명 문

- 연구과제명 : 용접근로자 코호트
(용접작업에 종사하는 근로자 모임과 종사하지 않는 근로자 모임 구축 및 비교)
- 연구책임자 : 동아대학교 의과대학 김정일 교수

<연구의 의의>

- 2011년 우리나라의 사망원인 중 1위는 악성신생물(암)로 총 72,650명, 십만명당 145명이었음. 그 중 가장 높은 분율을 차지하는 것은 폐암이었음. 2011년 신규폐암의 발생건수는 남성에서 14,650명이었음. 폐암의 가장 중요한 원인은 흡연이라고 널리 알려져 있지만 작업환경에서의 유해한 노출은 단독으로 혹은 흡연과 복합적으로 작용하여 폐암을 발생시킴.
- 만성폐쇄성폐질환은 45세 이상 성인 남성에서 유병률이 25.8%이며, 45세 이상 여성에서는 9.6% 일 정도로 흔한 질병임. 만성폐쇄성폐질환의 원인 중 분진, 흡 등에 대한 직업적 노출이 발병 원인의 15%를 차지함.
- 용접흡은 이러한 폐질환을 일으키는 물질이며 조선소의 용접원은 고농도로 노출되고 있으므로 이를 연구대상으로 하여 폐질환 등을 연구하고자 함.

<연구목적>

- 조선소에서 흡 노출과 폐기능 변화와의 관련성을 알아보기 위한 조선소 용접원 폐활량 코호트(용접 근로자 및 비용접 근로자의 모임)를 구축함.
- 관련성 규명은 추후 코호트 추적 연구 수행을 통해 이루어짐.

<연구방법 및 내용>

1. 연구대상 선정

일차년도에는 부산지역 조선소에서 용접원으로 근무하는 근로자 2,000여명을 대상으로 용접원 코호트에 등록함. 용접함에 노출되지 않는 근로자 2,000여명을 대조군으로 선정함.

2. 설문지 작성

3. 진료 - 모든 대상자에 대해서 신체검사를 실시함. 증상 및 청진 등의 이학적 소견을 기록함.

4. 검사 - 흉부촬영, 폐기능 검사(건강검진 때 실시), 필요한 경우 CT 등의 정밀검사를 시행.

5. 작업환경측정 또는 자료의 분석

기존의 작업환경측정자료 또는 작업환경측정을 통하여 작업-노출 matrix를 작성하여, 개인의 누적노출량을 추정함.

6. 용접함 노출이 폐활량에 미치는 영향 규명

<연구대상자의 참여기간, 절차 및 방법>

○ 근로자가 건강검진 외 특별히 추가해야 할 노력은 없습니다. 사업장 건강검진 내의 자료가 이용될 것입니다. 비노출자의 경우 노출자와 같이 폐활량 검사 및 설문지 작성 이 필요합니다.

○ 정밀검사를 위해 추적검사를 실시할 수 있습니다.

<연구대상자에게 예상되는 위험 및 이득>

○ 근로자 건강검진에 포함되어 있는 항목이므로 특별히 추가되는 위험은 없습니다. 비노출자의 경우 무료로 폐활량검사를 해 드립니다. 추후 자료는 용접근로자의 건강관리를 위해 소중히 쓰여질 것입니다.

○ 흉부촬영 또는 증상을 보고 연구자가 판단하여 추가로 흉부 전산화 단층촬영(CT)을 실시할 수 있습니다. CT는 무료이며, 소정의 교통비(50,000원)을 지급받게 됩니다.

○ 추적 검사 역시 무료이며 방문시마다 교통비(50,000원)를 지급받게 됩니다.

<개인정보 보호방안>

1. 개인정보는 연구자와 임상간호사만이 접근하도록 함.
2. 개인정보의 수집 및 이용목적이 달성되면 지체 없이 파기.
3. 컴퓨터 및 개인정보 포함 파일의 철저한 비밀번호 설정 및 주기적인 변경.
4. 인터넷과 연결되지 않은 컴퓨터 이용.

<연구참여에 따른 손실보상>

- 연구참여에 따른 특별한 손실은 없습니다.

<개인정보의 제공>

- 연구의 개인정보는 건강검진에 대한 정보 및 건강검진 결과자료이며, 생년월일과 추적검사를 위한 주소, 전화번호입니다.

<동의의 철회>

- 일단 시험에 참가하기로 동의한 경우라도 본인이 원할 경우 언제든지 동의를 철회할 수 있으며 이에 따른 어떠한 불이익도 받지 않습니다.

부록 5. 동의서

연구조사 참가 동의서

- 연구과제명 : 용접근로자 코호트
- 연구책임자 : 동아대학교 의과대학 김정일 교수

본 연구 조사의 목적은 용접근로자의 폐질환의 실태를 파악하고 적절한 건강관리방안을 마련하고자하는데 있습니다.

이번 조사는 건강진단을 받으실 때 시행한 검사 결과와 추가로 흉부 전산화단층촬영 등 검사를 통하여 용접흡이 폐질환에 미치는 영향을 알아보고자 연구하는 것입니다.

설문조사를 포함한 모든 검사 및 조사결과는 위에서 언급한 이외의 목적으로는 절대 사용되지 않으며 개인정보에 대한 비밀이 보장될 것입니다. 이번 연구조사가 완성되면 근로자의 건강실태와 작업장에서 노출 특성에 따른 건강영향을 파악함에 있어 중요한 자료가 될 것입니다.

이번 연구조사에 대한 목적, 방법, 결과처리 및 개인정보에 대한 비밀보장 등에 관하여 연구조사자로부터 설명을 들었습니다. 또 상기 내용에 관한 설명문을 받아보았으며, 모든 자료는 엄격히 비밀이 보장되고 일단 시험에 참가하기로 동의한 경우라도 본인이 원할 경우 언제든지 동의를 철회할 수 있음과 이에 따른 어떠한 불이익도 받지 않음을 알고 있습니다.

이상의 사항에 대하여 그 내용을 충분히 이해하고, 본인에 대한 일반적인 정보(성별, 연령, 음주, 흡연 및 자각증상 등)와 이전의 건강진단 결과 등의 자료의 이용, 건강영향 평가 및 검사에 참가할 것을 동의합니다.

(임상)연구자 성 명 : _____ (인)
 소 속 : _____
 연 락 처 : _____

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

2015-연구원-1805

조선소 용접작업자 건강영향 추적연구 (코호트 구축 3차년도)

발 행 일 : 2015년 11월 20일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 권 혁 면

연구 책임자 : 동아대학교 의과대학 직업환경의학교실 김 정 일

발 행 처 : **한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원**

주 소 : (681-230)울산광역시 중구 중가로 400

전 화 : (052) 703-0886

F A X : (052) 703-0336

Home page : <http://oshri.kosha.or.kr>

[비매품]