

충청지역 일부 공업고등학교 실습생의 용접흄 및 망간에 대한 노출 평가

이중화 · 박종안 · 장봉기

Exposure Evaluation to Total Welding Fume and Manganese at Technical High Schools in Choong-Nam Area

Jongwha Lee, Jongan Park, Bongki Jang

Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University,
Choongchungnam-do, Asan-si, Korea

ABSTRACT

Geometric mean of airborne welding fume concentration at technical high schools was $4.80\text{mg}/\text{m}^3$ (N.D ~ $35.39\text{mg}/\text{m}^3$) and the percentage of samples exceeded TLV of the Korean ministry of labor was 43.6%. Geometric mean of airborne Mn concentration was $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ (N.D ~ $0.42\text{mg}/\text{m}^3$) and the percentage of samples exceeded TLV of ACGIH was 15.4%. In case of airborne Mn concentration, there is a significant difference among schools ($P < 0.05$).

Mn concentrations in blood of the exposed and control groups were $1.84\mu\text{g}/\text{dl}$ and $1.91\mu\text{g}/\text{dl}$, respectively. Mn concentrations in urine of the exposed and control groups were $1.36\mu\text{g}/\ell$ and $0.57\mu\text{g}/\ell$, respectively. In case of Mn concentrations in urine, there is a significant difference between both groups ($P < 0.001$) and among schools ($P < 0.05$). Mn concentrations in blood and urine of exposed group were not over BEIs of the Korean ministry of labor. Mn levels in blood and urine were not significantly affected by smoking, drinking and residence. There was no correlation between Mn concentration in air and blood, but there was a statistically significant correlation between Mn concentration in air and urine ($r = 0.323$). There was no a statistically significant correlation between Mn concentration in blood and urine.

I. 연구배경 및 목적

국내의 많은 공업고등학교에서 용접실습생들이 용접작업을 하고 있으나, 용접실습실의 작업환경측정이나 실습생들의 유해인자 노출에 대한 평가가 법적으로 규정되어 있지 않을 뿐만 아니라, 그에 대한 연구가 매우 부족한 실정이다. 송치남이 조사한 바에 따르면 일부 공업고등학교 용접실습실의 국소배기설비에 의한 흡농도 및 망간 농도 감소율은 각각 29%, 5.3%로 효과가 매우 낮은 것으로 나타났다. 또한 본 연구를 수행하기 위한 예비조사에서 공업고등학교의 용접실습실에는 부적절한 국소배기시설이 설치되어 있었으며, 불량한 작업자세 및 실습담당교사와 실습생의 산업보건에 대한 지식결여 등으로 작업환경이 열악하여 건강장해가 나타날 가능성이 큰 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 충청남도 소재하는 공업고등학교 중에서 용접과가 설치된 일부

학교를 대상으로 용접실습실의 국소배기설비 및 작업방법(작업위치, 작업자세 등)을 조사하고, 기중 흡 및 망간 농도를 측정하며, 실습생들을 대상으로 생물학적 모니터링을 시행하여 망간에 대한 노출을 평가함으로써 적절한 실습환경 개선방안을 도출하는데 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

본 연구의 대상은 충청남도에 소재하는 일부 공업고등학교 용접실습생 103명을 노출군으로 하였다. 대조군은 노출군과 같은 연령대에 속하며 같은 지역에 소재하는 고등학교 학생 87명을 선정하였다. 용접실습실을 대상으로 국소배기설비(hood 형태, hood 개구면에서의 가동상태-smoke tester로 측정, booth의 수, fan의 위치 등) 및 작업방법(작업대의 위치, 작업자세)을 조사하였으며, 담당교사를 통하여 전체 실습생수, 개설된 용접실습시간과 기능사 자격시험을 위한 준비기간 등을 조사하였다.

용접흡 농도와 공기 중 망간 농도를 동시에 측정하기 위하여 MCE filter(Millipore, GN type)를 사용하였으며, 데시케이터에서 24시간 건조시킨 후 무게를 칭량한 여과지를 cassette에 고정하고 개인시료포집기에 연결하여 용접작업중인 실습생의 호흡 위치에서 1.6~1.9 l/min으로 9~84분간 시료를 포집한 다음 데시케이터에서 24시간 건조시킨 후 시료를 포함한 여과지의 무게를 칭량하였다. 시료내에 함유된 망간의 분석은 NIOSH공정시험법 7300법²⁰⁾에 의해 전처리하였으며, 원자흡수분광광도계(Shimadzu, AA-6501S, Japan)의 Flame법을 사용하여 분석하였다.

개인별 노출평가를 위하여 용접실습생의 혈액 및 뇨를 채취하여 망간의 함량을 조사하였다. 혈액 및 뇨중의 망간은 D₂(중수소) 바탕보정장치가 장착된 흑연로 원자흡수분광광도계로 표준물질첨가법을 이용하여 분석하였다.

노출군에 대하여 흡연여부, 음주여부, 거주지역 및 용접종류, 모재 종류, 용접봉의 종류, 보호구 지급여부(용접면, 호흡용 보호구) 등에 관하여 설문조사 하였으며, 대조군에서도 흡연여부, 음주여부, 거주지역 등을 조사하였다. 조사대상자들에 대한 자료분석은 SPSS 통계프로그램(ver. 8.0)과 Microsoft excel(ver. 7.5)을 이용하였다. 각 학교별 용접흡, 공기 중 망간농도와 혈액 및 요 중 망간농도는 분산분석하였고, 흡연여부, 음주여부, 거주지역별과 노출군, 대조군의 차이는 t-test로 비교하였다. 공기중 망간과 혈액 및 요 중 망간함량과의 관계를 알아보기 위하여 상관분석 및 회귀분석을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

각 학교별로 25~40여명의 학생들이 용접을 전공하고 있었고, 1·2학년부터 용접실습을 시작하였으며, 3학년 때에는 주당 평균 10시간 내외의 용접시간이 개설되어 있었다. 한편 용접기능사 시험을 준비하기 위하여 약 40일 정도 집중적으로 실습을 하는 것으로 조사되었다.

각 학교별로 20~40여개의 1실 기준으로 실습할 수 있는 booth가 설치되어 있었다. 각 booth는 칸막이로 구분되어 있고, 각 booth의 중앙 상부에 canopy hood 및 소형팬이 연결되어 있으며, booth의 각 hood는 duct를 통하여 fan이 연결되어 있었다. 일부 학교의 경우는 fan을 중심으로 용접 booth 수가 좌우 비대칭적으로 설치되어 후드 개구면에서의 제어능이 불량하였으며, 조사대상 모든 학교에서 일부 실습생들은 booth의 한쪽 벽면에 작업대를 위치시키고 작업을 하기 때문에 발생된 유해물질이 호흡영역을 통하여 booth 상부 중앙의 fan으로 배출되었다. 또한 일부 실습생은 용접부위를 하방으로 두고 얼굴을 매우 밀착시켜 용접함으로써 고농도의 유해물질에 노출될 것으로 예상되었다.

용접흡 및 기중 망간농도의 기하평균은 각각 4.80 ± 2.57 (불검출~35.39)mg/m³, 0.06 ± 3.64 (불검출~0.42)mg/m³를 나타냈으며, 용접흡은 노동부 기준인 5mg/m³로 평가하였을 때에 67개 시료 가운데 31개 (46.3%)가 노출기준을 초과하였고, 망간의 경우 전체 시료 65개 모두가 노출기준 미만으로 평가되었다.

혈액 중 망간농도의 산술평균치는 노출군 1.84(기하평균 1.76, 범위 : 0.87~3.21)μg/dl, 비노출군 1.91(기하평균 1.88, 범위 : 1.05~3.07)μg/dl로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 요 중 망간농도의 산술평균치는 노출군이 1.36(기하평균 0.93, 범위 : 0.134~5.144)μg/l로 비노출군의 0.57(기하평균 : 0.36, 범위 : 0.005~3.00)μg/l에 비해 유의하게 높았다(P<0.001).

흡연여부에 따른 혈액 및 요 중 망간농도는 비흡연자의 경우 다소 높았으나, 유의한 차이는 없었으며, 음주여부와 거주지역별에 따른 혈액과 요 중의 망간농도도 유의한 차이가 없었다.

IV. 결 론

공업고등학교의 용접흡과 실습생들의 망간에 대한 노출을 평가하기 위하여 충청남도 소재하는 일부 공업고등학교의 용접실습생 87명을 노출군으로 선정하고, 망간에 직접 노출된 경험이 없다고 판단되는 학생 103명을 대조군으로 선정하여, 용접실습실의 작업환경측정, 혈액과 요 중 망간 측정 및 설문조사를 실시한 결과 용접실습실에 설치된 국소배기설비는 불합리한 설계 및 부적절한 후드 선정(canopy형) 등으로 용접과정에서 발생하는 유해물질을 효과적으로 제거하지 못하였으며, 부적절한 작업대 위치 선정, 작업자세의 불량, 보호구의 지급 부족 등으로 유해인자에 과다하게 노출될 가능성이 높았다. 용접흡의 경우 46.3%가 노출기준을 초과하였고, 공기 중 망간의 경우에는 ACGIH 기준인 0.2mg/m³으로 평가하였을 때 15.4%가 노출기준을 초과하고 있어, 작업환경의 관리가 불량하며, 이로 인해 실습생들에 있어 건강장해가 초래될 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 용접실습생의 건강보호와 용접에 의한 망간중독의 예방 및 조기발견을 위하여 적절한 국소배기설비의 설치, 작업방법(작업위치, 작업자세 등)의 변경, 담당 교사 및 실습생의 교육 등 전반적인 대책이 강구되어야 할 것으로 판단된다.