

전자부품제조 납땜 취급 장애인 근로자들의 혈중 납 농도

안산1대학 임상병리과
이 국 성

Blood Lead Concentration of Lead-Soldering Handicapped Workers in Manufacturing Electronic Components

Kook-Sung Lee

Department of clinical laboratory science, Ansan 1 College, Ansan 426-701, Korea

In order to provide basic data for the prevention of adverse effects of lead on health, we examined lead levels in the blood of 30 handicapped workers employed in manufacturing electronic components in Seoul from 2002 to 2008. The average lead level in the blood of all the subjects was $4.79 \pm 4.32 \mu\text{g/dL}$ in females, $2.64 \pm 2.31 \mu\text{g/dL}$ in males, and $3.88 \pm 3.75 \mu\text{g/dL}$ in total. Lead levels examined in this study were significantly lower than other investigators study have reported. The average lead level from personal exposure of the subjects was $1.44 \pm 0.91 \text{ mg/m}^3$ in the workplace. The relation between blood lead levels and personal exposure was a simple linear regression; it's equation was "Lead level in blood = $6.04 - 1.92$ lead level by personal exposure".

Received 6 May 2009/Returned for modification 3 June 2009/Accepted 25 June 2009

Key Words : Blood lead level, Personal exposure, Handicapped workers

I. 서 론

산업체에서 유해물질에 노출되었을 경우 그 노출의 정도를 근로자 개인별로 정확히 파악하는 것은 매우 중요하다. 이는 같은 정도의 유해물질에 노출되더라도 발현하는 위해도는 각 개인의 신체 상태에 따라 다르게 나타나기 때문이다. 혈액이나 요와 같은 생물학적 시료를 분석하는 생물학적 모니터링(biological monitoring)은 유해물질의 노출정도를 반영하는 생물학적 지표로서 무엇을 분

석 대상으로 하느냐가 아주 중요한 문제이다(Zielhuis 등, 1984). 납(lead, Pb)의 경우 그 생체의 노출의 정도를 나타내는 직접적 지표로서 사용되는 것은 혈중 납(blood lead), 아연프로토포르피린(Zinc Protoporphyrin, ZPP), 요중 납(urine lead) 등이다(Joselow와 Flores, 1977).

인간은 태어나면서부터 일정량의 납을 체내에 보유하고 있고 성장함에 따라 점차 많은 양을 축적해 나가는 것으로 알려져 있다(Barry, 1975). 히말라야 오지에 떨어져 사는 주민의 혈중 납 농도는 $3 \mu\text{g/dL}$ 이며 건강한 도시 주민의 경우 $7\sim 22 \mu\text{g/dL}$ 로 알려져 있다.

최근 한국에 거주하는 외국인 근로자의 혈중 납농도는 $28.9 \pm 11.5 \mu\text{g/dL}$ 로 보고되었다(양 등, 2008). 직업적으로 납에 노출 근로자들에 대한 생물학적 기준치는 우리나라

교신저자 : 이국성, (우)426-701, 경기도 안산시 상록구 일동 752번지, 안산1대학 임상병리과.
TEL : 010-7164-6628
E-Mail : kslee@ansan.ac.kr

의 노동부에서는 40 $\mu\text{g/dL}$, 미국산업위생가협회(ACGIH)에서는 60 $\mu\text{g/dL}$ 를 참고치로 사용하고 있다.

납은 인체의 물질 대사에 전혀 불필요한 유해금속물질로서 미량이지만 장기간 노출되는 경우 체내에서 축적되는 경향이 있으며 다양한 종류의 급성 및 만성 비발암성 독성을 유발하는 것으로 알려져 있다(Mahaffey, 1983; ATSDR, 1999). 납에 의한 인체 장해 가운데 조혈기능의 장애가 가장 현저하고 중요하며 이는 헴(heme)의 생합성에 관여하는 delta-aminolevulinic acid dehydratase(ALDA)와 ferrochelatase 효소 등의 작용이 납에 의해 억제됨으로서 결국에는 hemoglobin(Hb)의 생성이 감소되고 따라서 heme의 전구물질인 delta-aminolevulinic acid(ALA), coproporphyrin(CP), porphobilinogen 등의 혈중 농도와 요중 배설량이 증가하게 된다(Clayton, 1982). 특히 납 노출 및 납 중독의 조기검진 수단으로 혈중 납 농도를 비롯한 혈색소 등의 혈액학적 검사 및 혈중 ZPP 등 소견이 이용되고 있다. 또한, 혈중 납에 대한 체내 축적은 공기 중 노출의 잠정적 유해요인량을 추정하기 위한 신체부하와의 상관성을 나타내는 좋은 지표로 이용된다(김 등, 2006).

우리나라에서는 산업사회의 발전으로 늘어나는 장애인에 대한 복지수요에 부응하기 위해 1982년 당시 보건사회부에 재활부서가 신설됨으로써 일반장애인에 대한 취업알선 업무가 시작되었으며, 그 이후 장애인 고용관련 입법에 대한 논의가 본격적으로 진행되다가 1988년 제8회 서울 장애인올림픽의 개최를 계기로 장애인복지에 대한 사회적 분위기가 조성되어 1990년 「장애인고용촉진 등에 관한 법률」이 제정되면서부터 처음으로 장애인 고용에 대한 법이 마련되었으며, 동법에서는 사회적 약자인 장애인이 그 능력에 맞는 직업생활을 할 수 있도록 300인 이상 근로자를 고용하는 사업체에서는 상시근로자의 일정비율 이상을 장애인으로 고용토록 하는 의무를 부과하고 의무를 시행하지 않는 경우 부담금을 부과하여 이행을 촉구하고 있다(최와 정, 2004).

그러나 법 시행 이후 장애인 취업육구 증대 및 사회적 평등의식 확산 등, 많은 사회변화가 이루어 졌음에도 불구하고 장애인이 산업체에서 유해물질을 취급하여 그 오염원에 노출이 되었을 경우 발생할 수 있는 건강상의 문제에 대한 연구는 미약하며, 그 실태에 대한 조사 또한 전무한 실정이다.

본 연구는 원자흡수분광광도계(atomic absorption spectrometry)의 비불꽃방법(flameless method/graphite furnace method)의 원리를 이용하였다. 장애인 근로자의 작업장에서 공기 중 납 노출실태 조사를 실시하였고, 근로자의 혈중 납 농도 분석은 정확도를 높이기 위하여 표준물질 첨가법(standard addition method)을 응용하여 장애인 근로자의 근무환경 개선과 장애인의 건강을 보호하기 위한 유해물질 노출에 따른 특수건강검진의 기초진단 자료를 제공하고자 본 연구를 수행 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

서울시 광진구에 위치한 전자부품을 생산하는 공장에서 납땜공정에 종사하는 2급 이상 장애인 근로자 약 30명(남 18명, 여 12명)을 대상으로 2005년부터 2008년까지 공기 중 납 농도, 혈중 납 농도, 간 효소(AST, ALT, γ -GT) 검사 및 혈색소 농도, 혈구 용적치를 동시에 측정하였다.

2. 연구방법

1) 채혈 및 혈중 납 분석

혈액 시료는 헤파린 첨가된 시험관에 채취 한 후 분석할 때 까지 4°C로 냉장 보관 하였다. 분석에 사용한 기기는 기기 내부에 D₂ 바탕보정 장치와 자동시료주입 장치가 부착된 흑연로 원자흡수분광광도계(graphite furnace atomic absorption spectrometer, Perkin Elmer 3300, USA)를 사용하였으며, 검량선 작성은 매트릭스 효과 즉, 점도, 표면장력, 휘발성 등의 영향을 보정해 주고, 혈액 같은 시료는 매질이 복잡하여 흡사한 표준 시료용액을 제조하기가 어려울 때 매질에 의한 방해 제거하기 위해 주로 사용하는 방법인 표준물질첨가법(standard addition method)을 이용하였고, 표준용액 제조는 납 표준용액(Sigma-Aldrich)을 희석하여 사용하였으며 이때 기기 조건은 Table 1과 같다.

분석에 사용된 모든 초자기구는 20% 질산에 4시간 이상 담가두었다가 탈이온수로 7회 헹구어 사용하였으며, 탈이온수는 초순수제조장치로 제조한 비저항 18 M Ω 의 것을 사용하였고, 계면활성제인 Triton X-100, (NH₄)₂HPO₄,

1000 ppm Pb 표준용액과 HNO₃ 는 특급제품을 사용하였다. AAS autosampler rinse solution으로는 0.1 % HNO₃ 를 사용하였으며, diluent 용액은 탈이온수 1,000 mL에 Triton X-100 1 mL와 (NH₄)₂HPO₄ 1 g 을 가하여 사용하였다. Pb 표준용액 제조는 시판하는 Pb 1000 ppm 원액을 1000 µg/dL 농도로 만든 후 다시 탈이온수로 희석하여 각각 Pb 10.0 µg/dL, 20.0 µg/dL, 40.0 µg/dL 표준용액으로 제조하였다. 혈액은 blood mixer로 3분 정도 충분히 혼합 후 사용하였으며, 혈액과 표준용액 각 0.1 mL에 diluent 용액 0.9 mL를 가하여 각각 10배 희석한 것을 자동샘플러용 컵에 취하여 사용하였다.

2) 공기 중 시료채취 및 납 측정 방법

작업장 내 근로자의 개인노출량을 조사하기 위해 개인 공기채취기(personal air sampler, Gilian, USA)를 이용하여, 근로자의 호흡기 위치 30 cm내에서 근무하는 시간동안 측정하는 것을 원칙으로 2.0 LPM의 유량으로 6~7시간 동안 연속측정을 하였다. 채집된 여지(0.8 µm cellulose ester membrane filter)는 NIOSH 7300 method 로 전처리 후 원자흡수분광광도계의 불꽃반응(flame method)을 이용하여 정량분석을 실시하였다.

3) 간효소 및 혈액검사

간기능지표검사로서는 aspartate aminotransferase(AST), alanine aminotransferase(ALT) 및 혈중 gamma-glutamyltransferase(γ-GT)효소를 정하여 자동임상화학분석장비인 HITACHI 7600-110을 이용하여 분석하였으며, 혈색소(hemoglobin)와 적혈구용적률(hematocrit)은 Sysmex E-2100을 사용하였다.

3. 자료 분석 및 연구의 제한점

자료 분석은 고급 통계프로그램인 SPSS 12.0K for Windows를 이용하였으며, 본 연구의 제한점으로는 조사 대상자가 조사기간인 2005년부터 2008년까지 일부 동일 연구대상자를 선정하지 못하였다는 점이다.

III. 결 과

1. 혈중 납 농도 분포

연구 대상자에 대한 성별에 따른 혈중 평균 납 함량 농도는 3.88±3.75 µg/dL로 조사되었으며, 남성의 경우 4.79±4.32 µg/dL, 여성의 경우 2.64±2.31 µg/dL로 조사되어 남녀 간의 혈중 납 농도에 유의한 차이를 보이는 것으

Table 1. Instrument condition setting for the determination of lead in blood by GFAAS*.

Technique		Furnace method				
Element		Pb				
Wavelength		283.3 nm				
Slit width		0.7				
Signal Type		AA-BG				
Signal Measurement		Peak Area				
Lamp current		10mA				
	Step No.	Temp(°C)	Ramp Time(sec)	Hold Time(sec)	Gas Flow	Read
Furnace Temperature Program	1	120	5	50	Normal	
	2	700	5	40	Normal	
	3	20	1	15	Normal	
	4	1800	0	5	Normal	v
	5	2600	1	5	Normal	

(Injection temp: 20 °C. Pipet speed: 100 %)

*GFAAS, graphite furnace atomic absorption spectrometer

Table 2. Concentration of lead in blood (unit : $\mu\text{g/dL}$)

	N	Mean	S.D.	Min.	Max.	P-value
Male	52	4.79	4.32	0.45	25.58	P<0.05
Female	38	2.64	2.31	0.31	11.29	
Total	90	3.88	3.75	0.31	25.58	

N : number of sample, S.D. : standard deviation
 Min. : minimum concentration, Max. : maximum concentration

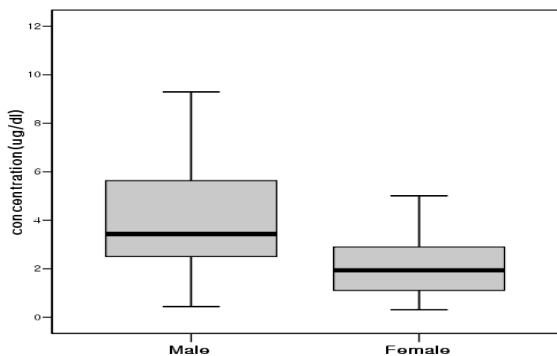


Fig. 1. Distribution of lead in blood.

로 나타났다(P<0.05)(Table 2)(Fig. 1).

2. 작업장 내 개인 납 노출 농도

조사 대상자의 작업시간동안 노출되는 납의 농도는 다음과 같다. 근로자의 평균 납 노출농도는 $1.44 \pm 0.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었으며, 연도별로 살펴보면 2007년에 $2.70 \pm 0.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 조사되었으며, 2008년에 $0.63 \pm 0.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 낮게 나타났다(Table 3)(Fig. 2).

Table 3. Concentration of airborne lead (unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	N	Mean	S.D.	Min.	Max.	P-value
2005	4	0.93	0.28	0.6	1.2	P<0.05
2006	4	0.98	0.13	0.8	1.1	
2007	5	2.70	0.20	2.4	2.9	
2008	3	0.63	0.29	0.3	0.8	
Total	16	1.44	0.91	0.3	2.9	

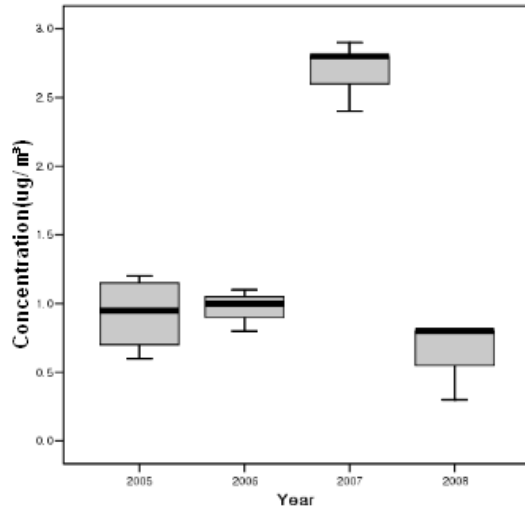


Fig 2. Distribution of airborne lead.

3. 작업장 내 개인 납 노출 농도와 혈중 납 농도의 회귀 및 상관성 분석

개인 납 노출 농도와 혈중 납 농도를 분석한 결과 회귀 방정식은 “혈중 납 농도 = $6.04 - 1.92$ 개인 납 노출 농도”로 유의한 상관성($R^2=0.255$)을 나타내었다(P<0.05)(Fig. 3).

4. 혈청 AST 농도

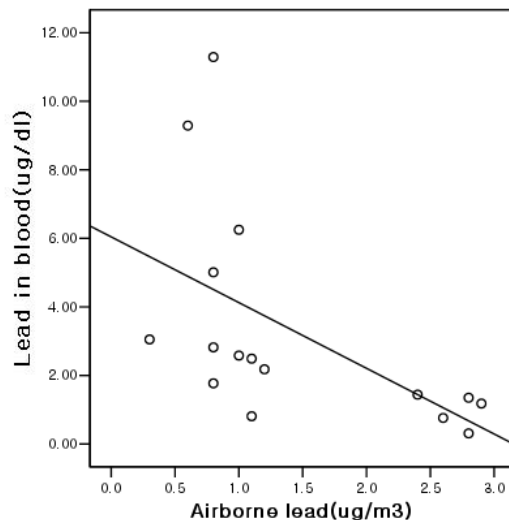


Fig 3. Correlation matrix of air borne lead between lead in blood.

Table 4. Concentration of serum AST (unit : IU/L)

	N	Mean	S.D.	Min.	Max.	P-value
Male	54	27.78	13.05	17	100	P<0.001
Female	39	18.56	4.76	12	30	
Total	93	23.91	11.33	12	100	

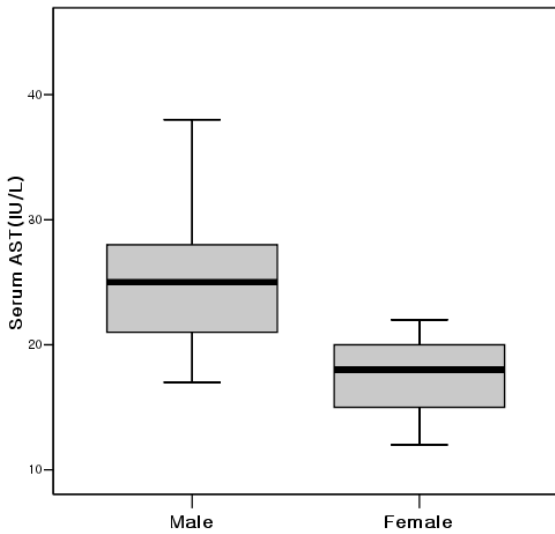


Fig. 4. Distribution of Serum AST.

장애인 근로자들의 혈청 AST 농도를 측정해본 결과, 남성의 경우 27.78 ± 13.05 IU/L, 여성의 경우 18.56 ± 4.76 IU/L로 남녀 간에 유의한 차이가 있는 것으로 조사되었으며(P<0.001), 남녀 전체 평균의 농도는 23.91 ± 11.33 IU/L로 조사되었다(Table 4)(Fig.4).

5. 혈청 ALT 농도

본 연구대상자들의 혈청 ALT 농도를 측정해 본 결과 남성의 경우 평균 34.19 ± 23.99 IU/L, 여성의 경우 평균 16.15 ± 6.80 IU/L로 남성이 여성에 비해 유의하게 높게 조사되었으며(P<0.001), 전체 평균 농도는 26.62 ± 20.75 IU/L로 조사되었다(Table 5)(Fig.5).

Table 5. Concentration of serum ALT (unit : IU/L)

	N	Mean	S.D.	Min.	Max.	P-value
Male	54	34.19	23.99	6	106	P<0.001
Female	39	16.15	6.80	8	40	
Total	93	26.62	20.75	6	106	

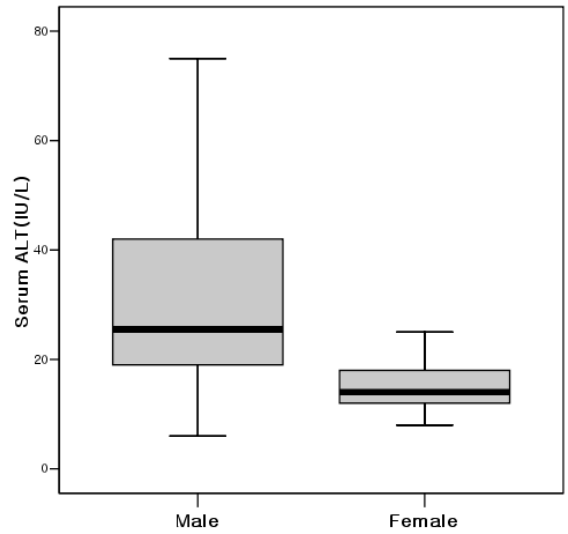


Fig. 5. Distribution of Serum ALT.

6. 혈중 γ -GT 농도

연구대상자의 혈중 γ -GT 농도를 조사한 결과 남성의 경우 평균 51.30 ± 49.75 IU/L로 정상참고치인 11~63 IU/L 범위 내에 있는 것으로 조사 되었으며, 여성의 경우도 평균 20.38 ± 9.74 IU/L로 정상 참고치인 8-35 IU/L 범위 내에 있는 것으로 조사되었으며, 전체 평균 농도는 38.33 ± 41.23 IU/L로 조사되었다(Table 6)(Fig.6).

Table 6. Concentration of γ -GT (unit : IU/L)

	N	Mean	S.D.	Min.	Max.	P-value
Male	54	51.30	49.75	11	240	P<0.001
Female	39	20.38	9.74	10	42	
Total	93	38.33	41.23	10	240	

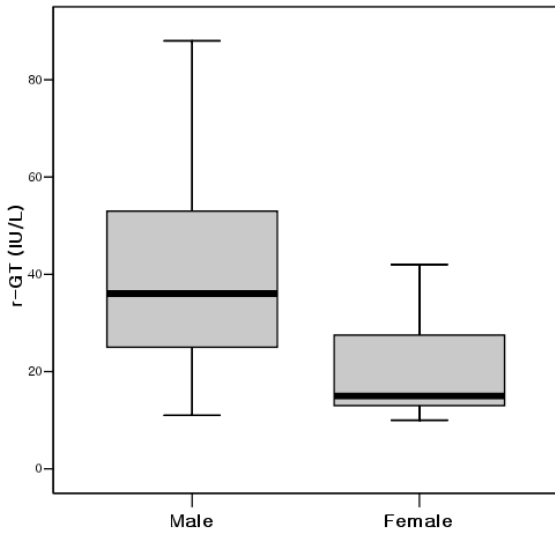


Fig. 6. Distribution of γ -GT

7. 혈색소 농도

조사 대상자의 평균 혈색소 농도는 남성과 여성에서

Table 7. Concentration of hemoglobin (unit : g/dL)

	N	Mean	S.D.	Min.	Max.	P-value
Male	54	14.79	1.10	12.8	17.2	P<0.001
Female	39	13.03	1.19	8.7	15.1	
Total	93	14.05	1.43	8.7	17.2	

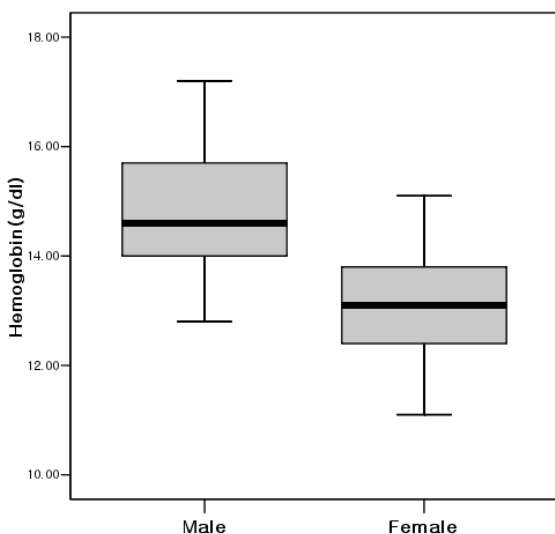


Fig. 7. Concentration of hemoglobin.

각각 14.79 ± 1.10 g/dL, 13.03 ± 1.19 g/dL, 전체 평균은 14.05 ± 1.19 g/dL로 조사되었다(Table 7)(Fig. 7).

8. 적혈구용적률

조사 대상자의 적혈구용적률은 다음에서와 같이 남성과 여성의 평균은 각각 43.90 ± 3.54 %, 39.69 ± 3.36 %, 전체 평균은 42.14 ± 4.06 %로 조사되었다(Table 8)(Fig. 8).

Table 8. Concentration of hematocrit (unit : %)

	N	Mean	S.D.	Min.	Max.	P-value
Male	54	43.90	3.54	34.7	50.8	P<0.001
Female	39	39.69	3.36	30.2	46.6	
Total	93	42.14	4.03	30.2	50.8	

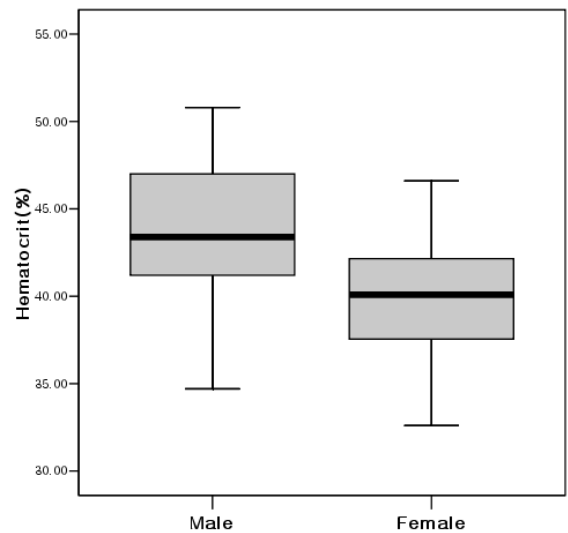


Fig. 8. Concentration of hematocrit.

IV. 고찰

납은 원소기호 Pb, 원자번호 82, 원자량 207.2 비중 11.35(20°C), 녹는점 327.5°C, 끓는 점 1740°C인, 푸른빛 도는 흰색의 금속이다. 550~600°C에서 증기가 되고, 공기 중의 산소와 결합하여 산화납의 흡이 된다. 작업장에 흡

(fume)과 더스트(dust)의 형태로 존재한다. 근로자가 납에 노출되는 작업장은 납광산, 납 제련, 납 용접, 축전지 제조, 자동차 제조, 크리스탈 유리 제조, 페인트·안료 제조 및 그 분무 도장, 도자기 제조, 인쇄, 선박 해체, 합금 등이 대표적이다. 납의 특성은 주로 조혈계, 신경계, 신장에 나타난다(박, 2008).

납은 호흡기, 소화기, 피부, 태반 등을 통해 체내에 들어오게 된다. 소화기를 통해 들어온 납은 대부분이 흡수되지 않은 채 대변으로 배설되고, 호흡기를 통해 들어온 납은 그의 35~50% 가량이 흡수된다. 피부 흡수는 무기 납의 경우 거의 무시할 수 있을 정도이나, 유기 납의 경우 문제가 된다. pH와 공존하는 이온이 흡수에 영향을 미친다. 흡수된 납은 76%는 소변으로, 16%는 대변으로, 8% 이하가 털, 손톱, 발톱 땀, 젖 등으로 배설되며, 체내에 축적되는 납은 90% 이상이 뼈에 축적된다. 체내의 납 총량이 동일하다 해도 혈액이 산성일 때는 혈액 속에 유리되어 각 장기에 작용하여 중독증상을 나타내고, 혈액이 염기성으로 기울면 3가의 인산염이 되어 뼈의 석회질 부분에 침착하여 중독증상을 나타내지 않을 수 있다. 보통 정상인의 1일 연 섭취량은 음식물과 물에서 300 μg , 흡연자의 경우 담배 1개피당 0.5 μg 이라는 보고가 있으며(Perkins, 1974), 음식에서 160 μg , 공기에서 2 μg 을 섭취하는 것으로 보고되고 있다(Kurono, 1983).

전혈 중 납 농도는 최근의 노출을 나타내는 지표이다. 연조직(soft tissue) 중의 농도를 반영하며, 생리적 영향을 반영하지는 못한다. 전혈 중 납의 90%는 적혈구에 결합되어 있다. 납을 흡입하면 전혈 중 납 농도는 즉시 상승한다.

직업적으로 납에 노출되지 않는 정상인의 전혈 중 납 농도는 평균 4~6 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 으로 알려져 있다. The American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH)의 biological exposure indices(BEI)는 30 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 독일 BAT는 여자 30 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 남자 70 $\mu\text{g}/\text{dL}$, WHO action level은 40 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 이며, 우리나라 근로자건강진단실무지침의 노출기준은 40 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 이다.

본 연구에서 조사대상자의 평균 납 함량농도가 3.88 \pm 3.75 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 조사되었는데 이는 양 등(2008)이 일부 납 제련업 종사자 등을 대상으로 측정한 혈중 납 농도가 평균 28.9 \pm 11.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 였다고 보고 한 것에 비하면 약 1/7도 미

치지 않는 농도이며, 김 등(2000)이 제련공장에서 조사한 혈중 납 농도인 27.1 \pm 14.0 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 과 비교해도 매우 낮은 농도를 보이고 있다. 그러나 박 등(1998)이 충청도 일부 도시에서 납에 노출이 되지 않은 학생과 일반인을 대상으로 조사한 혈중 납농도인 3.98 \pm 1.02 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 와 비슷한 수준을 보이는 것으로 나타나, 본 사업장에 근무하고 있는 납 취급 작업자의 납의 노출량은 일반인의 노출량과 유사하며 이는 작업장 내 납의 농도가 일반 대기 중의 농도와 유사한 농도분포를 보이고 있음을 간접적으로 시사하는 결과라 할 수 있다.

본 연구에서 작업장내의 개인 납 노출농도는 평균 1.44 \pm 0.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었는데 가장 높은 농도를 나타낸 2007년도의 농도는 다른 연도에 조사된 환경농도에 비해 약 2.7배에서 4.5배의 높은 농도를 나타내 당 해 연도에 본 사업장에서 납의 사용 증가가 여겨지나 추후 이에 대한 보다 정밀한 조사가 이루어져야 할 것으로 여겨진다. 이는 김 등(2007)이 2004년부터 2005년까지 11개 사업장을 대상으로 조사한 사업장 종류별 평균농도인 145~907 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비해서는 매우 낮은 것으로 조사되었다.

현재 국내에서 실시되고 있는 산업체 근로자의 건강검진시 간기능을 진단하는 간효소 지표검사로서는 혈청 AST와 혈청 ALT 활성치 검사가 주로 시행되고 있다. 본 연구에서 혈청 AST는 평균 23.91 \pm 11.33 IU/L로서 이는 정상 참고치인 40 IU/L 이하로 허(2007)이 경남지역 일부 대학생들을 대상으로 조사한 38.5 \pm 5.89 IU/L보다 낮은 것으로 나타났으며, 김 등(2002)이 조사한 항공기 운항 관련 근로자들의 평균인 24.42 \pm 8.93 IU/L에 비해서도 낮은 수준으로 나타났다. 하지만 남성 근로자들은 평균 27.78 \pm 13.05 IU/L로 나타나 황 등(2002)이 제련업체에서 일하는 연 노출 남성 근로자들을 대상으로 조사한 24.7 \pm 6.3 IU/L에 비해서는 높게 조사되었다. 한편 1997년 전국 근로자 중 건강검진을 받은 근로자의 5.4%가 일반 질병자로 판정 받았고 이들 중 37.1%가 간질환자인 것으로 조사(노동부, 1998)되었으며, 본 연구에서도 연구대상자들의 정상 참고치 초과율이 6.5%인 것으로 조사되어 장애인 근로자들이 일반 근로자들에 비해 간질환율이 높을 것으로 판단된다.

혈청 ALT는 전체 평균 26.62 \pm 20.75 IU/L로서 정상참고치인 40 IU/L를 초과하고 있지 않은 것으로 조사되었

으나 허(2007)이 조사한 일부 대학생들의 평균인 21.0 ± 7.63 IU/L에 비해서 다소 높게 나타났으며, 김 등(2002)이 조사한 항공기 운항 관련 근로자들의 평균인 31.97 ± 20.92 IU/L에 비해서는 낮은 수준으로 나타났다. 하지만 황 등(2002)이 제련업체에서 일하는 연 노출 남성 근로자들을 대상으로 조사한 20.0 ± 7.6 IU/L에 비교해보면 남성 장애인 근로자들의 평균은 34.19 ± 23.99 IU/L로서 높게 조사되었으며, 혈청 ALT의 경우 정상 참고치 초과율이 혈청 AST의 초과율보다 높은 19.4%로 일반 근로자들에 비교했을 때 본 연구대상자의 경우 간질환의 유병률이 높을 것으로 판단되며, 이에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다. 혈청 γ -GT 조사에서 전체 평균 농도는 38.33 ± 41.23 IU/L로 이는 김 등(2002)이 조사한 항공기 운항 관련 근로자들의 평균인 41.66 ± 35.50 IU/L에 비해 낮은 수준으로 나타났다. 하지만, 황 등(2002)이 제련업체에서 일하는 연노출 남성 근로자들을 대상으로 조사한 26.2 ± 14.9 IU/L에 비해서는 남성 장애인 근로자의 평균은 높은 수준으로 나타났으며, 혈중 γ -GT 역시 AST, ALT와 마찬가지로 정상 참고치 초과율이 남성과 여성의 경우 각각 16.7%, 7.6%였으며 전체 초과율 12.9%로 일반 근로자들의 간질환율인 2.0%에 비해 6배 이상의 높은 비율을 나타내어 이에 대한 건강영향 등의 추가적인 조사가 필요할 것으로 판단된다.

납중독에 대한 인체 장애 현상으로는 체내에 축적된 납에 의해 조혈기능장애가 초래되어 헴 생합성에 관여하는 효소활성치가 저하되고 이는 결국 혈색소 농도가 저하되며, 동반해서 적혈구용적률의 감소를 보인다는 것이다. 본 연구에서 혈색소 농도는 전체 평균 14.05 ± 1.43 g/dL였으며, 적혈구용적률은 전체 평균 42.14 ± 4.03 %로서 이는 김(2005)가 조사한 혈색소 농도 평균 13.9~14.4 g/dL와 적혈구용적률 평균 42.0~43.5%와 비슷한 수준으로 나타났다.

본 연구는 납을 사용하는 사업장의 장애인 근로자의 근무환경 개선과 장애인 건강보호를 위한 유해물질 노출에 따른 건강조사의 기초자료를 제공하기 위하여 수행된 연구이나 동일한 연구대상자에 대한 지속적이며 체계적인 집중연구가 필요 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Toxicological profile for lead. U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Washington DC, 1999.
2. Barry PS. A comparison of concentrations of lead in human tissues. *Br J Ind Med* 32(2):119-139, 1975.
3. Clayton GD, Clayton FE. Patty's industrial hygiene and toxicology 3rd ed. p1687-1724, John Wiley & Sons, New York, 1982.
4. Joselow MM, Flores J. Application of the zinc protoporphyrin (ZP) test as a monitor of occupational exposure to lead. *Am Ind Hyg Assoc J* 38(2):63-66, 1977.
5. Kurono T. Lead content in food in Japan in the early 1980's with the estimation of its daily intake. *Osaka City Med J* 29(1):15-41, 1983.
6. Mahaffey KR. Biototoxicity of lead: influence of various factors. *Fed Proc* 42(6):1730-1734, 1983.
7. Perkins HC. Air pollution. p354-355, McGraw Hill, New York, 1974.
8. Zielhuis RL, Aitio A, Rihimaki V, Vaino H. Approaches in the development of biological monitoring methods. p373, Hemisphere, Washington, DC, 1984.
9. 김기영, 이국성, 김종규, 김주성, 도성탁, 심문정, 정경석, 전하섭. 산업보건환경인을 위한 생체시료분석학 (이론과 실기), 정담미디어, 2006.
10. 김남수. 납 노출 근로자의 골 중 납량과 납 독성 지표에 대한 연구. 순천향대학교 환경보건학 박사학위 논문, 2005.
11. 김남수, 김진호, 장봉기, 김화성, 안규동, 이병국. 납 사업장의 공기 중 납 농도 및 납 노출 근로자들의 납 관련 생물학적 노출지표의 관련성에 관한 조사. 한국산업위생학회지 17(1):43-52, 2007.
12. 김상훈, 이지나, 홍윤철. 출퇴근 소요시간이 남자 근로자의 혈중 Gamma- glutamyltransferase에 미치는

- 영향. 대한산업의학회지 14(4):418-425, 2002.
13. 김진호, 안규동, 이성수, 황규윤, 김용배, 이병국. 연노출 근로자들의 혈장 δ -amino-levulinic acid 량과 연노출 지표들과의 관련성. 한국산업위생학회지 10(2): 165-172, 2000.
 14. 노동부, 1997년 근로자 건강진단 실시결과, 서울, 성진문예사, 1998.
 15. 박길성. 화학물질유통·사용 실태조사 결과보고서(납과 그 화합물). p2-13, 한국산업안전공단, 서울출판공사, 인천, 2008
 16. 박종안, 최주섭, 이종화, 이석기. 일부 남자 정상인의 혈액 및 뇨중 연합량. 한국산업위생학회지 8(2):224-230, 1998.
 17. 양정선, 김태균, 박인정, 김민기, 이선웅, 허경화, 강성규. 일부 납 제련업 종사 외국인근로자의 납 노출 실태. 한국산업위생학회지 18(3):248-251, 2008.
 18. 최호택, 정환웅. 장애인고용 활성화방안에 관한 연구-충청북도를 중심으로-. 복지행정논총 14(2):175-197, 2004.
 19. 황보영, 김용배, 리갑수, 이성수, 안규동, 이병국. 연노출 남자 근로자들의 간기능지표에 관한 연구, 대한산업의학회지 14(3):270-279, 2002.
 20. 허만동. 남자대학생들의 운동 형태에 따른 혈중 GOT·GPT 농도의 변화. 한국체육과학회지 16(1): 385-395, 2007.