

연폭로 지표들의 정상치에 관한 연구*

인제대학 의학부 예방의학교실 및 산업의학연구소

신 해 림 · 김 준 연

= Abstract =

A Study on the Normal Values of Lead Exposure Indices

Hai Rim Shin and Joon Youn Kim

Department of Preventive Medicine and Institute of Industrial Medicine, Inje College

For the purpose of determinating the normal values of some parameters relevant to lead exposure, a study was carried out from April 1 to June 30, 1986 on 258 healthy Korean adults who have had no apparant lead exposure.

The lead indices subjected to this study were as follows; blood lead (PbB), hemoglobin (Hb), zinc protoporphyrin in blood (ZPP), delta-aminolevulinic acid dehydratase (ALAD) activity in blood, coproporphyrin in urine (CPU), delta-aminolevulinic acid in urine (ALAU).

1) The mean value of PbB was $17.17 \pm 7.87 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, and there was no statistically significant difference by age & sex. The distribution of PbB fitted to the log-normal distribution ($\chi^2=7.38, p>0.1$).

2) The mean value of Hb in male ($15.17 \pm 1.56 \text{ g}/100 \text{ ml}$) was higher than in female ($13.22 \pm 1.51 \text{ g}/100 \text{ ml}$)($p<0.01$). The distribution of Hb fitted to the normal distribution ($\chi^2=9.40, p>0.1$).

3) The mean value of ZPP was $32.61 \pm 8.78 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, and there was no statistically significant difference by age & sex. The distribution of ZPP fitted to the normal distribution ($\chi^2=13.93, p>0.05$). The correlation of ZPP & ALAD ($r=-0.229$), CPU ($r=0.183$) was statistically significant respectively.

4) The mean value of ALAD was $30.20 \pm 10.96 \mu\text{mol ALA}/\text{min}/\text{L}$ of R.B.C., and there was no statistically significant difference by age & sex. The distribution of ALAD activity did not fit to the normal distribution. The correlation between ALAD & PbB ($r=-0.219$) was statistically significant.

5) The mean value of CPU was $36.10 \pm 24.54 \mu\text{g}/\text{L}$, and there was no statistically significant difference by age & sex. The distribution of CPU did not fit to the normal distribution. The correlation between CPU & PbB ($r=0.185$), ZPP ($r=0.183$) was statistically significant respectively.

6) The mean value of ALAU was $1.94 \pm 0.96 \text{ mg}/\text{L}$, and there was no statistically significant difference by age & sex. The distribution of ALAU fitted to the normal distribution ($\chi^2=9.76, p>0.1$).

I. 서 론

연은 지금으로부터 약 6000년 전에 인간의 문화사에 도입된 역사가 오랜 금속으로 우리들의 일상생활과

밀접한 관계에 있는 금속 가운데 하나이다.

산업부문에서는 축전지 제조업, 석유산업, 요업, 인쇄업, 자동차산업, 도료업, 조선업 등 매우 광범위하게 사용되며(John, 1980) 이외에도 공기(권등1979; 이등, 1985; Popovac 등, 1982), 토양(Prince, 1957), 물(Pocock, 1980), 음식물(田中之雄등, 1974; 李本敬 등, 1980; Toshikazu, 1983), 농작물(염등, 1980), 생

*본 논문은 1986년도 재단법인 인제 연구 장학재단의 연구비 보조에 의한 것임.

활용구(Kleifeld, 1982)등에도 미량 함유되어 있어 연폭로의 기회는 직업성 및 비직업성으로도 빈번하게 이루어질 수 있다.

이들 가운데 대기중의 연은 주로 자동차 연료(가솔린)에 노킹 방지제로 첨가되어 있는 유기연의 연소에 기인하여 배기된 것으로 외국에서는 약 90% 이상이 이러한 자동차 배기가스에 함유된 연에 의한다고 한다(연세대학교 환경공해연구소, 1985; Perkins, 1974). 이러한 연유로 우리나라에서도 자동차 연료중 연의 첨가 허용량을 가솔린 1 L당 0.3 ml 이하(한국공업규격, 2612)로 규정하고 있어 자동차 배기가스를 통한 연의 연간 배출량은 약 1,000~3,000톤(승용차 380,000대 \times 1.63 gallon/day \times 4.72~12.88 g/gallon \times 365일 \times 1/454 lb/g \times 1/2,000 tons/lb)(경제기획원 조사통계국, 1985; Perkins, 1974)으로 추정될 만큼 상당하다.

정상인의 1일 연섭취량은 Perkins(1974)는 음식과 물에서 300 μ g, 공기에서 50 μ g, 그리고 흡연자는 담배 1 개 피당 0.5 μ g 가량이라고 하였고, Toshigazu(1983)는 음식에서 160 μ g, 공기에서 2 μ g 가량이라고 하였다. 호흡기를 통하여 흡입된 연은 약 25~50%, 소화기를 통하여 섭취된 연은 약 10% 가량이 각각 체내로 흡수된다고 하며(John, 1980; Perkins, 1974) 섭취된 연은 주로 소변과 대변으로 배설되지만 다량 흡수되어 체내에 축적이 되면 인체의 여러 장기조직에 장해를 초래하게 된다.

연에 의한 인체 장애 가운데 조혈기능의 장애가 가장 현저하고 중요하며 이는 heme의 생합성에 관여하는 delta-aminolevulinic acid dehydratase(ALAD)와 ferrochelatase 효소 등의 작용이 연에 의하여 억제됨으로써 결국에는 hemoglobin(Hb)의 생성이 감소되고 따라서 heme의 전구물질인 delta-aminolevulinic acid(ALA), coproporphyrin(CP), porphobilinogen 등의 혈중 농도와 뇨중 배설량이 증가하게 된다(John, 1980; Clayton, 1982). 그러므로 연흡수 혹은 연중독의 조기진단 수단으로 이와 같은 조혈기능의 장애에 관련된 제반 생화학적 검사소견이 흔히 이용되는 것이다. 혈중연(PbB)을 비롯한 전통적인 연폭로 지표들 외에 최근에는 혈중 Zinc Protoporphyrin(ZPP)이 연의 체내 흡수 혹은 체내 축적의 정도를 매우 효과적으로 지시한다고 하여 산업의학적으로 널리 이용되

고 있다.

한편 연폭로 지표들의 정상치에 대해서는 유정식(1968), 오세민(1968), 김인영(1976), 박정덕등(1985)이 1~2개의 연폭로 지표에 한하여 조사하였던 바 본연자는 PbB를 비롯하여 Hb, ZPP, ALAD, 뇨중 CP(CPU) 및 뇨중 ALA(ALAU)등의 여러 지표들에 관한 정상치를 산정함으로써 연폭로를 조기에 파악하여 연폭로로 인한 건강장해를 예방하는 데에 기여할 목적으로 본 연구를 실시하였다.

II. 조사대상 및 조사방법

정기건강진단을 받기 위하여 인제의대 부속병원에 내원하였던 공무원 및 교직원과 학생 3,400명중 신체 검사상 이상소견이 없고 연폭로 경험이 없었던 건강한 성인 가운데 무작위 체계 표본 추출한 258명을 조사대상으로 하였으며 연폭로 지표들중 PbB, Hb, ZPP, ALAD, CPU, ALAU 등을 조사항목으로 정하였다.

한편 PbB는 원자흡광분광광도계(Perkin-Elmer Model 2380, U.S.A.)를 이용하여(Table 1 참조) Fernandez(1975) 방법으로 측정하였으며 Hb는 cyanmethemoglobin 법으로 ZPP는 Hemato fluoro mether(AVIV, Model 205, U.S.A.)로 ALAD는 Tomokuni법(1974)으로 CPU는 Soulsby 등의 간이정량법(1974)으로 그리고 ALAU는 Tomokuni와 Ogata 법(1972)등으로 각각 측정하였다.

뇨표본 측정치들은 노비중 1.024로 보정하였다.

Table 1. Operating conditions in AA spectrophotometry

Wave length	; 283.3 nm
Slit width	; Alt. 0.7 nm
Recorder	; 2 mV, 1 cm/min
Mode	; Concentration, PK HT, Dupl.
Type of tube	; Pyrolytic-graphite-coated tube
Drying	; Temp. 130°C, ramp time 10 sec., hold time 25 sec.
Ashing	; Temp. 530°C, ramp time 40 sec., hold time 25 sec.
Atomizing	; Temp. 2300°C, ramp time 1 sec., hold time 1 sec.

III. 조사 성적

한국 정상인(258명)의 연복로 지표들의 평균치는
PbB : $17.17 \pm 7.87 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, Hb : $14.23 \pm 1.82 \text{ g}/100 \text{ ml}$, ZPP : $32.61 \pm 8.78 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, ALAD :

$30.20 \pm 10.96 \mu\text{mol ALA}/\text{min.}/\text{L}$ of R.B.C., CPU : $36.10 \pm 24.54 \mu\text{g}/\text{L}$, ALAU : $1.94 \pm 0.93 \text{ mg}/\text{L}$ 등이었다.

Table 2에서 보는 바와 같이 각 지표들의 성별 평균치의 차이는 Hb($p < 0.01$)을 제외한 모든 항목에서 유의성이 없었으며 각 지표들의 연령별 평균치의 차

Table 2. Values of selected variables relevant lead exposure by sex

(Mean±S.D.)

Sex	Variables No.	PbB ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	Hb* (g/100 ml)	ZPP ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	ALAD (μmol)	CPU ($\mu\text{g}/\text{L}$)	ALAU (mg/L)
Male	134	18.56 ± 7.59	15.17 ± 1.56	31.69 ± 10.56	30.33 ± 10.56	39.36 ± 27.02	2.02 ± 0.88
Female	124	15.67 ± 7.93	13.22 ± 1.51	33.61 ± 9.37	30.06 ± 11.42	32.57 ± 21.00	1.86 ± 0.97
Total	258	17.17 ± 7.87	14.23 ± 1.82	32.61 ± 8.78	30.20 ± 10.96	36.10 ± 24.54	1.94 ± 0.93

* ; $t=10.187, p < 0.01$

Table 3. Values of selected variables relevant to lead exposure by age

(Mean±S.D.)

Age	Variables No.	PbB ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	Hb (g/100 ml)	ZPP ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	ALAD (μmol)	CPU ($\mu\text{g}/\text{L}$)	ALAU (mg/L)
10~19	57	17.55 ± 6.34	14.03 ± 1.83	32.57 ± 8.81	30.50 ± 10.51	31.28 ± 23.01	1.84 ± 0.85
20~29	50	18.54 ± 9.24	14.27 ± 1.77	34.55 ± 11.24	28.47 ± 9.83	34.21 ± 20.03	1.94 ± 0.83
30~39	50	17.64 ± 6.51	14.56 ± 2.02	32.31 ± 9.32	31.65 ± 14.29	40.49 ± 27.08	1.89 ± 0.90
40~49	53	15.69 ± 8.86	14.52 ± 1.92	32.47 ± 7.76	31.94 ± 11.89	38.29 ± 25.87	2.03 ± 1.02
50~59	48	16.47 ± 8.09	13.78 ± 2.04	31.11 ± 5.84	28.24 ± 6.52	36.79 ± 26.07	2.03 ± 1.03
Total	258	17.17 ± 7.87	14.23 ± 1.82	32.61 ± 8.78	30.20 ± 10.96	36.10 ± 24.54	1.94 ± 0.93

Table 4. Correlation matrix of selected variables relevant to lead exposure

	PbB	Hb	ZPP	ALAD	CPU	ALAU
PbB	1.000					
Hb	-0.063	1.000				
ZPP	0.101	0.056	1.000			
ALAD	-0.219*	-0.077	-0.229*	1.000		
CPU	0.185*	-0.031	0.183*	0.090	1.000	
ALAU	-0.015	-0.088	0.116	-0.040	0.098	1.000

* ; $p < 0.01$

Table 5. Values of selected variables relevant to lead exposure by blood lead level

(Mean±S.D.)

PbB ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	Variables No.	Hb (g/100 ml)	ZPP ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	ALAD (μmol)	CPU ($\mu\text{g}/\text{L}$)	ALAU (mg/L)
~10.0	40	14.71 ± 1.16	31.67 ± 6.02	28.85 ± 9.66	27.09 ± 17.01	1.81 ± 0.89
10.1~20.0	140	14.66 ± 1.98	32.25 ± 8.38	31.12 ± 11.02	41.72 ± 28.08	2.04 ± 0.87
20.1~30.0	57	13.53 ± 1.19	32.76 ± 9.32	29.83 ± 12.84	30.62 ± 19.35	1.84 ± 1.02
30.1~40.0	21	12.39 ± 1.42	32.80 ± 9.08	27.63 ± 6.26	30.68 ± 12.04	1.85 ± 1.07

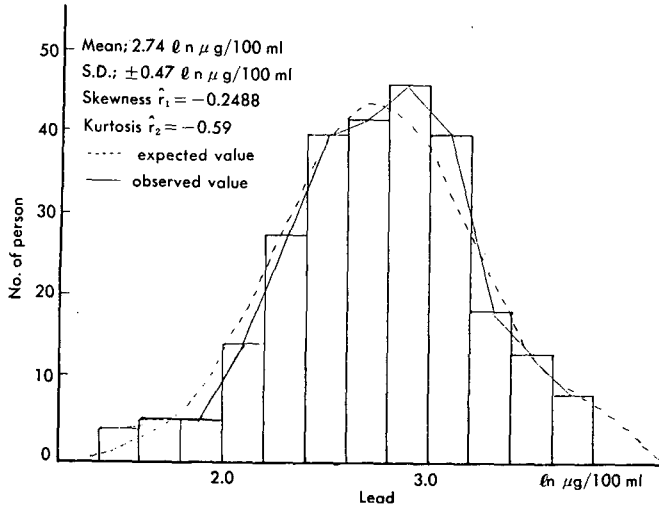


Fig. 1-1. Histogram and frequency polygone of lead in blood.

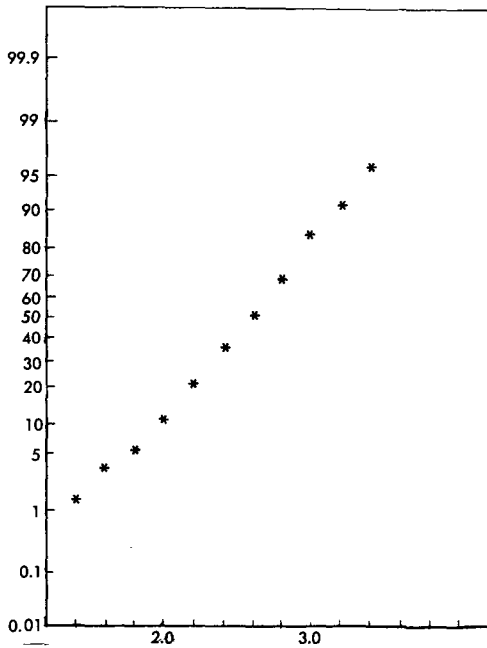


Fig. 1-2. Relative cumulative frequency curve of lead ($\ln \mu\text{g}/100 \text{ ml}$) in blood plotted on the probability paper.

이는 Table 3에서와 같이 모든 항목에서 공히 유의성이 없었다.

연폭로 지표 상호간의 상관관계는 Table 4에서와 같이 PbB와 ALAD($r = -0.219$), PbB와 CPU($r = 0.185$), ZPP와 ALAD($r = -0.229$), ZPP와 CPU($r = 0.183$) 간에만 유의하였으며 ($p < 0.01$) PbB를 $10 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 간격으로 구분하여 PbB치에 따른 타지표들의 평균치 변동 조사 결과 각 상호간에는 유의성이 없었다 (Table 5 참조).

한편 연폭로 지표들의 분포는 PbB의 경우 PbB값을 대수변환한 결과 평균치 $2.74 \pm 0.47 \ln \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, 왜도 $\hat{r}_1 = 0.2488$, 첨도 $\hat{r}_2 = -0.59$ 이었고 정규분포곡선에 대한 적합도 검정에서 $\chi^2 = 7.38$ ($p > 0.1$)로서 대수정규분포를 시현하였다 (Fig. 1-1, 1-2참조). Hb의 경우 왜도 $\hat{r}_1 = 0.011$, 첨도 $\hat{r}_2 = -0.292$, $\chi^2 = 7.40$ ($p > 0.1$) (Fig. 2-1, 2-2참조), ZPP는 왜도 $\hat{r}_1 = 0.733$, 첨도 $\hat{r}_2 = 0.818$, $\chi^2 = 13.93$ ($p > 0.05$) (Fig. 3-1, 3-2참조), ALAU는 왜도 $\hat{r}_1 = 0.363$, 첨도 $\hat{r}_2 = -0.341$, $\chi^2 = 9.76$ ($p > 0.1$) (Fig. 4-1, 4-2참조)로서 각각 정규분포를 정하였으며 CPU ($\chi^2 = 106.7$, $p < 0.01$) ALAD ($\chi^2 = 44.2$, $p < 0.01$)는 각각 비정규분포를 나타내었다 (Fig. 5, 6참조).

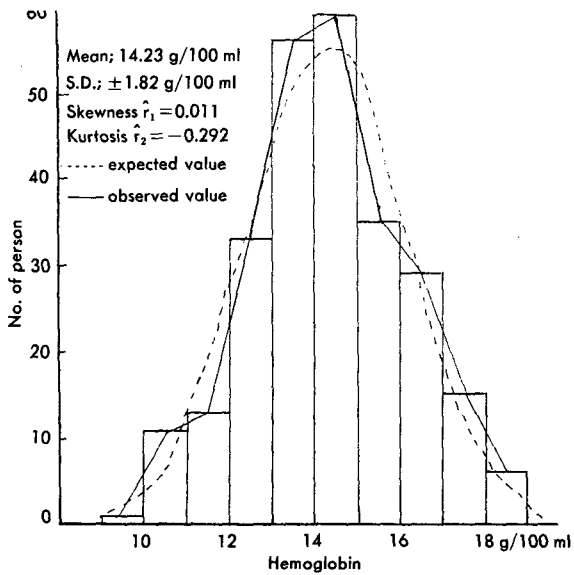


Fig. 2-1. Histogram and frequency polygone of hemoglobin.

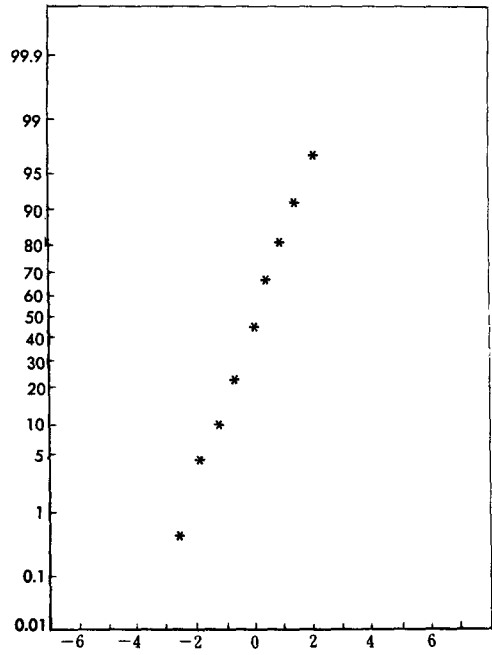


Fig. 2-2. Relative cumulative frequency curve of hemoglobin(g/100 ml) plotted on the probability paper.

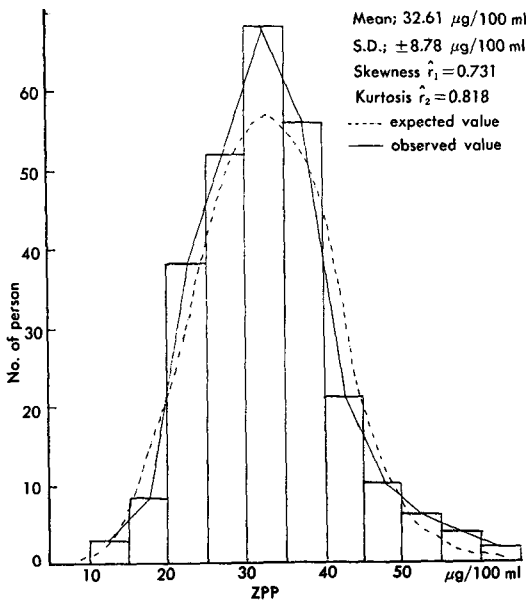


Fig. 3-1. Histogram and frequency polygone of zinc protoporphyrin in blood.

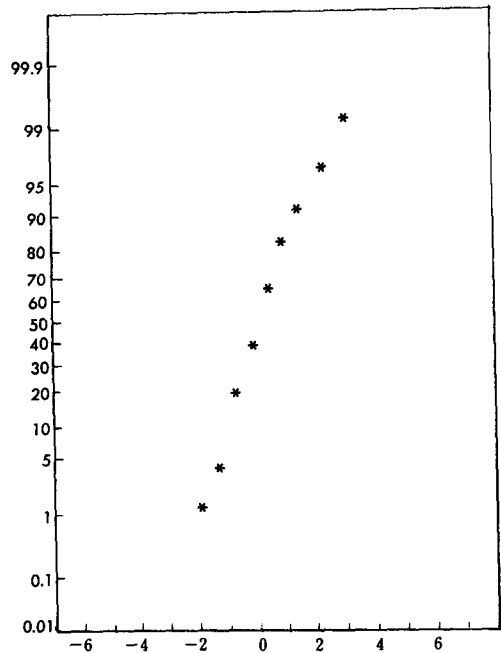


Fig. 3-2. Relative cumulative frequency curve of zinc protoporphyrin($\mu\text{g}/100$ ml) in blood plotted on the probability paper.

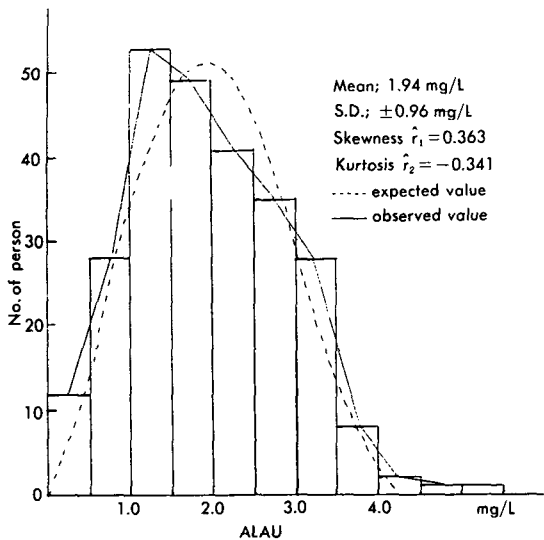


Fig. 4-1. Histogram and frequency polygone of δ -aminolevulinic acid in urine.

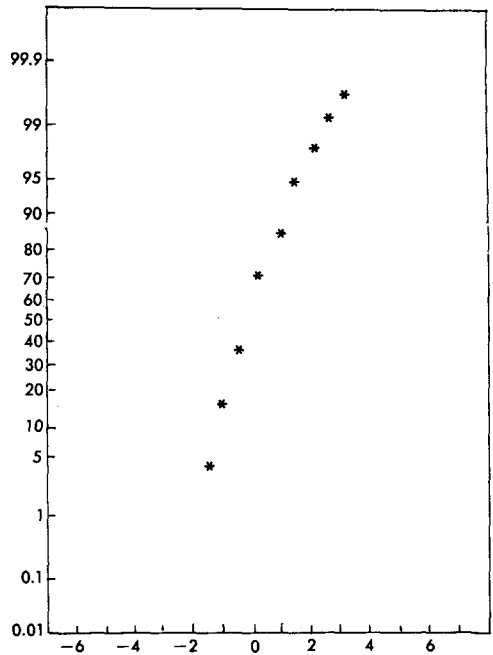


Fig. 4-2. Relative cumulative frequency curve of δ -aminolevulinic acid (mg/L) in urine plotted on the probability paper.

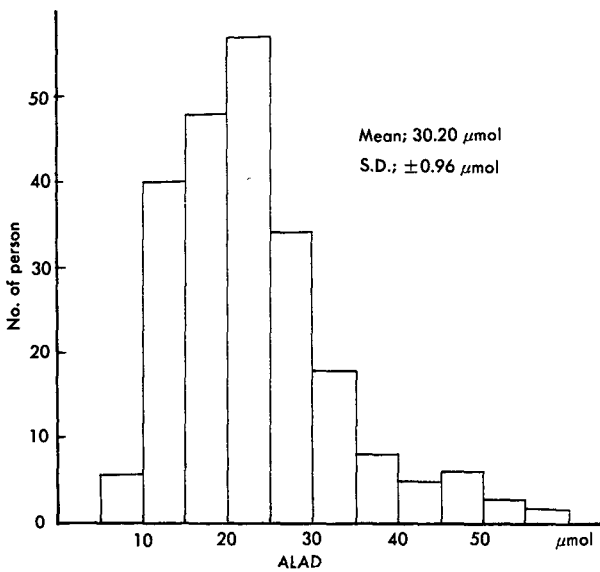


Fig. 5. Histogram of δ -aminolevulinic acid dehydratase activity in blood.

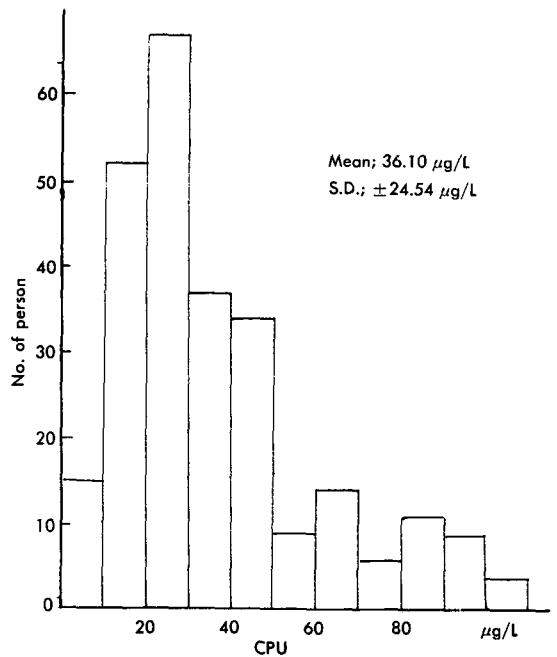


Fig. 6. Histogram of coproporphyrin in urine.

IV. 고 안

연에 대한 인체의 감수성은 연령, 계절, 단백질, 비타민, 음주, 철분, 칼슘과 인, 타금속과의 상승작용, 타질환 유무등에 따라 다르다고 하며 연령에 대해서는 소아가 성인보다 높은 것 외에는 특별한 관계가 없다고 하였다. 유정식(1968)과 김인영(1976), 김정만 등(1984)도 연에 대한 인체의 감수성이 연령별로 차이가 없다고 하였으며 성별에 대해서는 Clayton 등(1982)은 여자가 남자보다 연에 대한 감수성이 높다고 한 반면, 박정덕등(1985), Kubota 등(1968)은 남자가 여자보다 연에 대한 감수성이 높다고 하였으며 김인영(1976), 김정만등(1984), 김준연등(1985)은 성별의 차이가 없다고 하였다. 본연구에서도 Hb을 제외한 나머지 연폭로 지표들에서 성별로 유의한 차이를 볼 수 없었고 연령별로도 유의한 차이를 볼 수 없었기에 각 지표의 평균치에 대해 성별, 연령별 비교는 고려하지 아니하였다.

PbB는 전통적으로 연폭로의 정도를 파악하는 데 비교적 많이 이용되는 것으로 주로 최근의 연흡수 혹은 연부조직의 농도를 반영하며 골수의 연농도와는 잘 일치되지 않으나 골수의 연형태가 안정상태이고 연폭로의 정도가 일정할 때는 PbB만으로 인체의 연흡수 정도를 비교적 잘 나타낸다고 하지만 일반적으로 연폭로 혹은 연의 체내의 축적의 정도 및 연중독 증상의 출현과 정도를 옳게 반영하지 못한다고 한다(John, 1980 ; Clayton등, 1982).

본연구에서 PbB의 정상치는 평균 $17.17 \pm 7.87 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, 로 유정식(1968)의 $22.2 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, 이세훈등(1979)의 $16.2 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, 윤배중(1981)의 $23.83 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, 김준연등(1985)의 $16.54 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, 안규동등(1982)의 $17.5 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, 박정덕등(1985)의 $14.8 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, 에 근사하였으며 미국인의 정상치 $13.9 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ (Mahaffey 등, 1982) 덴마크인의 정상치 $18.6 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ (Clausen 등, 1977) 및 기타 세계 여러나라의 정상치들(Goldwater 등, 1967)과도 큰 차이가 없었다(Table 6). PbB의 분포는 대수 정규분포를 정하여 박

Table 6. Blood lead levels by country

Contury	PbB($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	Sample Size	Reference
Argentina	14 ± 8	49	Goldwater et al.(1967)
Chile	17 ± 6	35	"
Czechioslovakia	20 ± 8	20	"
Egypt	20 ± 13	28	"
Finland	26 ± 12	46	"
Israel	15 ± 5	67	"
Itly	13 ± 10	26	"
Japan	20 ± 8	40	"
Holland	15 ± 7	60	"
Peru	12 ± 6	76	"
Sweden	10 ± 3	30	"
Yugoslovia	24 ± 16	46	"
United Kingdom	23 ± 13	30	"
United States			"
California	17 ± 17	33	
New York City	21 ± 18	105	
Chio	16 ± 8	40	
New Guinea	22 ± 5	38	"
U.S.A.	13.9 ± 24	9938	Mahaffey et al.(1982)
Denmark	18.6 ± 9.6	54	Clausen et al.(1977)
Korea	17.17 ± 7.87	258	This Study

정덕등(1985)의 성적과 일치하였으나 PbB의 분포가 정규분포를 정한다는 유정식(1968)의 성적과 또한 그것이 비정규분포를 시현한다는 Clausen등(1977)과 운배중(1981)의 보고와는 일치되지 않고 있어 PbB의 분포에 관한 추후 연구가 요망된다고 사료된다.

Hb의 정상치는 남자의 경우 평균 15.17 ± 1.56 g/100 ml, 로 여자의 13.22 ± 1.51 g/100 ml 보다 높았고 ($p < 0.01$) PbB와 Hb사이의 상관성은 유정식(1968)의 조사에서와 같이 유의하지 아니하였으며 Hb의 분포는 정규분포를 정하였다.

ZPP의 정상치는 평균 32.61 ± 8.78 μ g/100 ml로 김정만등(1984)의 남자 26.54 μ g/100 ml, 여자 26.10 μ g/100 ml의 보고와 일본인의 정상치 26.4 μ g/100 ml (三浦創등, 1983), 미국인의 정상치 23.0 μ g/100 ml (Sugar 등, 1981)에 비해서는 약간 높았으나 불란서인의 정상치 39.6 μ g/100 ml (Gobbi 등, 1976)에 비해서는 다소 낮게 나타났다. ZPP와 타지표들 간의 상관성에 있어서 김정만등(1984)은 정상인에서도 ZPP와 PbB간에 가장 높은 상관을 나타낸다고 하였으나 본 조사에서는 ZPP와 PbB간의 상관성은 유의하지 않았으며 단지 CPU, ALAD와의 상관성에 있어서만 낮은 상관을 나타내었고 ($p < 0.01$) ZPP의 분포는 정규분포를 정하였다.

연흡수를 평가하기 위한 지표들 가운데 ZPP는 다른 지표들 보다 연에 의하여 초래된 신진대사 장애를 훨씬 직접적으로 반영할 뿐 아니라 PbB측정시 연의 오염으로 일어날 수 있는 실험오차를 격감시킬 수가 있으며 더우기 ZPP의 측정은 간편하고 신속하고 경제적이며 표본용량을 적게 사용함으로써 그 효용성이 크다고 한다 (Joselow 등, 1977) 다시 말해서 혈중 ZPP 농도는 다른 연폭로 지표들에 비하여 연폭로의 정도 (PbB)와의 상관성이 높고 만성적으로 연에 폭로된 경우 PbB보다도 체내 축적을 더 정확히 반영한다고 하여 연취급 부서 근로자 혹은 만성 연중독 의심자에 대한 조기 집단검사시 우선적으로 ZPP검사를 시행하는 것이 바람직하다고 한다 (김정만등, 1984).

ALAD의 정상치는 평균 30.20 ± 10.96 μ mol ALA/min./L of R.B.C. 로 Tomokuni(1974)의 33.8 μ mol ALA/min./L of R.B.C. 에 근사하였으며 ALAD의 분포는 비정규분포를 정하였다. ALAD는 연에 매우 민감하여 혈중연량이 조금만 높아져도 감소한다고 하며

(Goldwater 등, 1967; Tola 등, 1973) 본조사에서도 ALAD와 PbB는 유의한 상관($r = -0.219$)을 나타내었다.

CPU의 정상치는 평균 36.10 ± 24.54 μ g/L, 로 김인영(1976)의 61.4 μ g/L, 이세훈등(1979)의 20.7 μ g/L, 김정만등(1984)의 42.39 μ g/L, 김준연등(1985)의 34.30 μ g/L, 일본인 남자 73.3 μ g/L, 여자 44.1 μ g/L (田口徹也등, 1970)등과 다소의 차이를 보였다. CPU는 PbB($r = 0.185$), ZPP($r = 0.183$)등과 유의한 상관을 나타내었으며 CPU의 분포는 비정규분포를 정하였다.

ALAU의 정상치는 평균 1.94 ± 0.96 mg/L로 김인영(1976)의 3.0 mg/L, 이세훈(1979)등의 2.5 mg/L, 김정만등(1984)의 1.8 μ g/L, 일본인 남자 2.05 mg/L, 여자 1.59 mg/L (田口徹也등, 1970)등과 큰 차이가 없었으며 ALAU의 분포는 정규분포를 정하였다.

CPU와 ALAU는 연이 체내 각 기관에 미친 영향을 나타내는 지표로서 Haeger Aronsen(1971)은 ALAU가 CPU보다도 감수성과 특이성이 더 높아 연근로자들의 생화학적 monitoring에 적절한 지표라 한 반면 Waldrons(1371)과 Tola 등(1973)은 CPU가 더 좋은 지표라고 하였다. 본 조사에서는 CPU의 경우 PbB 및 ZPP와 유의한 상관성을 나타내었고 ALAU는 다른 어떠한 연폭로 지표와도 상관성을 시현하지 않아 CPU가 ALAU보다도 연폭로의 정도를 보다 민감하게 반영하는 것 같으나 이에 대해서는 향후 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

이상과 같이 연폭로 혹은 연중독자를 선별하거나 진단함에 있어 여러가지 연폭로 지표들이 이용되고 있다는 것은 아직까지도 완전한 지표가 산정되지 않고 있다는 것을 의미하기도 한다. 그러므로 연폭로자들의 조기진단을 통한 건강 유지 증진을 위하여 정확하고 간편하며 경제적인 연폭로 지표를 취하기 위하여 연폭로 지표들에 대한 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결 론

연폭로로 인한 건강장해 예방을 위한 조기진단에 필요한 각종 지표들의 정상치를 얻을 목적으로 한국 정상인 258명(남자 134명, 여자 124명)을 대상으로 1986

년 4월 1일부터 동년 6월 30일까지 조사한 결과는 다음과 같다.

1) PbB 정상치의 평균은 $17.17 \pm 7.87 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 로 성별, 연령별로 유의한 차이는 없었으며 PbB의 분포는 대수정규분포를 정하였다.

2) 혈중 Hb 정상치의 평균은 남자의 경우 $15.17 \pm 1.56 \text{ g}/100 \text{ ml}$ 로 여자의 $13.22 \pm 1.51 \text{ g}/100 \text{ ml}$ 보다 높았으며 ($p < 0.01$), Hb의 분포는 정규분포를 정하였다.

3) 혈중 ZPP 정상치의 평균은 $32.61 \pm 8.78 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 로 성별, 연령별로 유의한 차이가 없었으며 ZPP의 분포는 정규분포를 정하였다. ZPP는 CPU ($r = 0.183$), ALAD ($r = -0.229$)와 유의한 상관성을 나타내었다.

4) 혈중 ALAD 정상치의 평균은 $30.20 \pm 10.96 \mu\text{mol ALA}/\text{min.}/\text{L of R.B.C.}$ 로 성별, 연령별로 유의한 차이가 없었으며 ALAD의 분포는 비정규분포를 정하였다. ALAD는 PbB ($r = 0.219$)와 유의한 상관성을 나타내었다.

5) CPU 정상치의 평균은 $36.10 \pm 24.54 \mu\text{g}/\text{L}$ 로 성별, 연령별로 유의한 차이가 없었으며 CPU의 분포는 비정규분포를 정하였다. CPU는 PbB ($r = 0.185$), ZPP ($r = 0.183$)와 유의한 상관성을 나타내었다.

6) ALAU 정상치의 평균은 $1.94 \pm 0.93 \text{ mg}/\text{L}$ 로 성별, 연령별로 유의한 차이가 없었으며 ALAU의 분포는 정규분포를 정하였다.

참 고 문 헌

경제기획원 조사통계국. 한국통계연감 1985; 32
권숙표, 정용, 임동구. 서울시 대기중 유해 부유분진의 성분-부유분진의 중금속에 관하여-. 예방의학회지 1979; 12(1):49-55
김인영. 정상 한국인의 요중 δ -aminolevulinic acid 와 coproporphyrin 배설량. 가톨릭대학 의학부 논문집 1976; 29(1):217-222
김정만, 이광목. 연폭로의 생물학적 지표로서 혈중 Zinc Protoporphyrin치의 의미. 가톨릭대학 의학부 논문집 1984; 37(4):939-951
김준연, 이채연, 전진호, 문덕환, 이명철, 김병수, 김용환. 연취급 근로자들의 생화학적 검사에 관한 연구. 인제 의학 1985; 6(3):427-436
박정덕, 정규철. 한국인 젊은이의 혈중 연농도. 중앙의대 잡지 1985; 10(4):353-361

안규동, 김영희, 무기연 폭로시 혈중연과 뇨중연의 변화. 한국의 산업의학 1982; 21(1):11-15
연세대학교 환경공해연구소. 환경대책과 자연보호. 1985 연용태, 배은상, 윤배중. 농작물중 중금속 오염도와 1일 섭취량 및 허용 기준 설정에 관한 연구. 예방의학회지 1980; 13(1):3-12
오세민. 연중독에 관한 연구. 공중보건잡지 1968; 5(2):135-138
유정식. 연중독에 관한 연구. 공중보건잡지 1968; 5(2):129-134
윤배중. 자동차공장 근로자중 납땀공의 혈중 카드미움과 연함량에 관한 조사연구. 예방의학회지 1981; 14(1):111-116
이민희, 심용기, 김광균, 한의정, 원양수, 신찬기, 정해동, 한자경. 대기중 부유분진의 성분에 관한 조사연구 (IV). 국립환경연구소보 1985; 7:165-176
이세훈, 이광목. Aminolevulinic acid 활성치 측정시 완충액의 PH와 기질 농도의 영향. 가톨릭대학의학부 논문집 1979; 32(1):37-44
한국공업규격(2612)
田中徹也, 鈴木庄亮, 横橋五郎. 非鉛作業者 スホット尿中の鉛, デルタフミルリン酸, およびユプロホルフイリンの農度 について 産業醫學 1970; 12:482-483
田中之雄外. 食品中の 重金属の 含有量について(第二報) 食衛誌 1974; 15:313
三浦創. 鉛の 生體影響 量反應關係. 金屬中毒學 1983. 東京. 醫齒藥出版社, pp. 123-137
寺本敬子, 二宮楠子, 黒野俊茂, 堀口俊一, 金塚均. 韓國および 日本産の 數種の 食品中の銅, 鉄, マンガン, 亞鉛および鉛量, 生活衛生 1981; 26(4):221-223
Clausen J, Rastogi SC. Heavy metal pollution among autoworkers. I Lead. Brit J of Ind Med 1977; 34:208-215
Clayton GD. Clayton FE. Patty's industrial hygiene and toxicology 3rd ED. New York, John Wiley & sons 1982, pp. 1687-1724
Fernandez FJ. Micromethod for lead determination in whole blood by atomic absorption with use of the graphic furnace. Clin Chem 1975; 21(4):558-561
Gobbi A, Cambiaghi G, Secchi GC. Initial exposure to lead. Arch Environ Health 1976; 31:73-78
Goldwater LJ, Hoover AW. An international study of "Normal" levels of lead in blood and urine. Arch Environ Health 1967; 15(7):60-63
Goyer RA, Chisolm JJ. In Metallic Contaminants and Human Health, D.H.K. Lee. Ed. New York, Acadmic Press, 1972, pp. 57-95
Haeger-Aronson B. An Assessment of the laboratory

- tests used to monitor the exposure of lead workers. *Brit J of Ind Med* 1971; 28:52-58
- John ML. *Maxy-rosenau public health and preventive medicine*. 11th Ed. New York. Appleton-Century-Crofts, 1980; pp. 648-654
- Joselow MM, Flores JC. Application of zinc protoporphyrin(ZP) tests as a monitor of occupational exposure to lead. *Am Ind Hyg Asso J* 1977; 18:63-66
- Kleinfeld MJ. Lead intoxication from an unexpected source. *J Occup Med* 1982; 24:146-147
- Kubota J, Earl JE. Lead aerosols in the atmosphere increasing concentrations. *Science* 1970; 169:577-580
- Mahaffey KR, Annett JL, Roberts J, Murphy RS. *National Estimates of Blood Lead Levels: United States, 1976-1980*. *New England J of Med* 1982; 307(10):573-579
- Perkins HC. *Air pollution*. McGraw Hill 1974, pp. 354-355
- Pocock SJ. Factors influencing household water lead: A british national survey. *Arch Environ Health* 1980; 35(1):45-51
- Popovac D, Graziano J, Seaman C, Kaul B, Colakovic B, Popovac R, Osmani I, Haxhiu M, Begeraca M, Bozovic Z, Mikic M. Elevated blood lead in a population near a lead smelter in Kosovo, Yugoslavia. *Arch Environ Health* 1982; 37(1):19-23
- Prince AL. Trace element delivering capacity of ten new jersey soil types as measured by spectrographic analysis of soil and nature corn Leaves. *Soil Sciences* 1957; 84:413-418
- Soulsby J, Smith RL. *Brit J of Ind Med* 1974; 31:72-74
- Sugar RS, Fischinger AJ, Knoch FW. Establishment of normal value in adults for zinc protoporphyrin(ZPP) using hematofluorimeter; correlation with normal blood lead level. *Am Ind Hyg Assoc J* 1981; 42:637-642
- Tola S, Hernberg S, ASP S, Nikkanen J. Parameters indicative of absorption and biological effect in new lead exposure: a prospective study. *Brit J of Ind Med* 1973; 30:134-141
- Tomokuni K. New method for determination of aminolevulinate dehydratase activity of Human Erythrocytes as an index of Lead Exposure. *Clin Chem* 1974; 20(10): 1287-1281
- Tomokuni K, Ogata M. Simple method for determination of Urinary δ -aminolevulinic acid as an index of lead exposure. *Clin Chem* 1972; 18:1534-1536
- Toshikazu K. Lead content in Japan in the early 1980's with the Estimation of its daily intake. *Osaka City Medical Journal* 1983; 29(1):15-41
- Waldron HA. Correlation between some parameters of lead absorption and lead intoxication. *Brit J of Ind Med* 1971; 28:195-199