

모발중 Pb, Cu 함량에 관한 폭로군 및 비폭로군 연구

한 돈 희

한림대학 의학부 예방의학교실

A Comparative Study on Lead and Copper Content in Hair of Exposed & Non-exposed Residents

Don Hee Han

*Dept. of Preventive Medicine, College of Medicine,
Hallym University*

Abstract

For the purpose of evaluating metal content in human hair, the auther carried out the comparative study of 55 samples of exposed residents surrounding lead & copper smelter and 55 samples of non-exposed. Hair samples were stingently washed before analysis for lead and copper by atomic absorption spectroscopy.

The results obtained were as follows;

1. Hair samples of exposed residents contained more lead than non-exposed but showed no significance statistically ($P>0.05$).
2. Also copper in the hair of exposed residents showed more content than non-exposed but no significance statistically ($P>0.05$).
3. Lead and copper in the hair of exposed residents revealed a high degre of correlation ($r = 0.8442, p<0.005$).
4. Lead did not accumulate in hair with age in two group residents and copper in the hair of non-exposed residents maintained in all age.
5. The content of lead and copper in the hair of two group residents showed very considerable variation from individual to individual.

I. 서 론

현대사회의 환경오염은 급격한 산업화와 교

통량의 증대 및 인구의 도시집중으로 날로 심화되고 있는 실정이며 특히, 중금속으로 인한 오염은 그 축적효과 때문에 더욱 심각하다고 할 수 있다.

중금속 오염중에서도 납으로 인한 중독은 독성이 대체로 잘 알려졌고 심하기 때문에 중요한 중금속오염의 한 인자로 평가되고 있다¹⁻³⁾. 연에 의한 인체장애중 가장 심각한 것은 조혈기능의 억제작용인데 이는 heme의 합성에 관여하는 delta-aminolevulinic acid dehydratase (ALAD)와 ferrochelatase 효소 등의 작용이 납에 의하여 방해를 받아 결국 hemoglobin(Hb)이 감소된다는 것이다^{4,5)}. 또한 태반을 통해서 태아에게도 전달되며⁶⁾ 모발중 납농도가 많은 어린이들에게서 지능수행에 장애를 준다고 하였다⁷⁾.

이렇게 인체에 막대한 영향을 주는 납중독의 인체 축적정도에 대한 연구는 혈중 및 요중 농도에 대한 연구가 많았지만^{8,9)}, 검체의 수집이 용이하고 유용성이 있다는 점과 혈액 및 요중의 금속들은 쉽게 배설되어 결과적으로 극히 미량만 남지만 모발에는 타 조직보다 다량 축적된다는 점에 비추어 혈중 농도 보다는 모발중 농도가 오염여부를 확인하는데 더 적합할지도 모른다고 하였다¹⁰⁾. 또 다른 조직보다 모발에서의 중금속의 축적정도가 크기 때문에 중금속의 오염에 대한 중요한 정보를 제공할 뿐만 아니라 질병에 관련된 대사 작용을 설명할 수 있다고 하였고⁶⁾, 납중독 환자의 모발중 농도와 혈액 및 요중 농도가 밀접한 관계가 있다는 보고¹¹⁾와 환경에서의 폭로가 모발중 농도와 관련이 있다고 하였다¹²⁾.

납폭로의 주요 발생원은 다양하지만 모든 연령군에 있어서 가장 강력한 위험인자는 대기중의 비산되고 있는 납이라고 하였고¹³⁾, 대기중 납의 90% 이상이 자동차 연료의 노킹 방지제로 첨가되는 4에틸렌(tetraethyl lead)라고 한다¹⁴⁾. 납을 취급하는 작업환경에서 주요 발생원은 납제련, 고납제생, 납용접, 축전지제조, 크리스탈 유리제조 등에서 납의 분진이나 흙(fume)이 발생한다.

한편, 납제련소 부근의 주민들로부터 혈액

중 납의 농도가 다량 검출되었다는 보고¹⁵⁾가 있기 때문에 저자는 납제련소 부근 주민의 모발중 납함량에 대한 연구를 하게 되었다. 연구대상으로 삼은 곳은 서해안에 위치한 인구 약 3만의 도시로 40년전부터 해안선에 인접한 제련소를 갖고 있으며 주로 납과 동을 제련하여 왔기 때문에 장기간에 걸쳐 납과 동으로 폭로되어 왔을 것으로 추정된다.

따라서 저자는 제련과정에서 비산되는 납과 동으로 인한 인체의 축적효과를 알아보기 위하여 제련소 부근 주민을 폭로군으로 하고 거의 동일한 환경의 타도시 주민을 비폭로군으로 하여 모발중 납 및 동의 함량을 분석 연구한 바 약간의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 대상 및 시료의 채취

폭로군으로는 제련소 부근에서 적어도 10년이상 계속해서 거주한 건강한 남자로서 납제련이나 기타 납과 동의 폭로가 우려되는 작업환경에서 근무한 경험이 없는 사람을 택하였다. 또 비폭로군으로는 거의 동일한 조건을 갖추고 10년이상 비폭로군 도시에서 계속해서 거주한 남자를 택했으며 폭로군 및 비폭로군 각각 55명의 모발을 각 도시의 거의 전지역에 걸쳐 채취하였다. 또 여자는 10대와 20대에서 이동이 심하고 성별에 의한 차이를 줄이기 위하여 대상에서 제외시켰다. 연령별 시료채취는 Table 1과 같다.

2. 실험방법

1) 모발의 세척

모발의 표면에 묻어 있는 중금속과 기름 및 먼지를 제거하기 위하여 acetone 및 EDTA 방법¹⁶⁾을 응용하여 사용하였다.

우선 모발을 0.5cm 이하로 자른 다음 증류

Table 1. Sample numbers by age, sex

Age	Exposed male	Non-exposed male
0 - 9	3	3
10 - 19	12	12
20 - 29	7	7
30 - 39	4	4
40 - 49	13	13
50 - 59	10	10
60 -	6	6
Total	55	55

수로 1회, 탈이온수로 1회 행구고 세제로 씻고 2회 행군다. Acetone으로 2회 씻어낸 다음 60°C - 70°C의 EDTA로 5분간 담그고 탈이온수로 다시 행군다. 향량이 될 때까지 dry oven에 말린 다음에 0.2g-1.0g을 0.1mg까지 평량한 후 시료로 사용하였다 (Fig. 1 참조).

2) 시료의 전처리 및 실험방법

시료의 전처리 방법은 질산-과염소산을 이용한 습식 회화방법으로 분해하였다. 유기물 분해가 끝나면 증류수를 가하여 50ml로 만들어 250ml 분액 깔대기에 옮기고 ammonium citrate 용액(25%) 10ml, B. T. B 용액 2-3 방울을 가하고 액의 색이 황색에서 녹색으로 변할때까지 암모니아수를 한방울씩 떨어뜨리고 40% ammonium sulfate 용액을 10ml, 증류수를 가하여 전량을 100ml로 만든다. 여기에 sodium diethyl-dithiocarbamate (DDTC) 용액 10ml를 넣고 수분간 방치한 다음 methyl isobutyl ketone (MIBK) 용액 20ml를 정확히 가하여 세차게 흔들어 chelate 화시킨 다음 이것을 원자 흡광광도계로 측정하였다.¹⁷⁾

3) 시약 및 기기

사용된 시약은 중금속 분석용 특급시약을 사용하였으며 standard solution으로는 일본

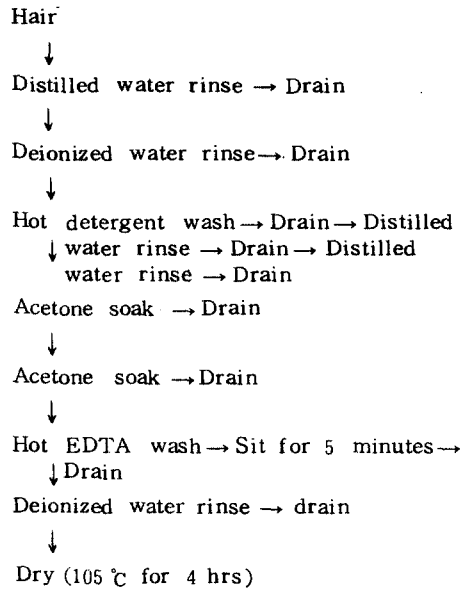


Fig. 1. Schematic diagram for hair washing procedure.

Table 2. Analytical conditions of atomic absorption spectrophotometer.

Items	Metal	Pb	Cu
Wave length (nm)		283.3	324.8
Lamp current (mA)		5	5
Slit width (nm)		0.7	0.7
Flame condition	Air & Acetylene	Air & Acetylene	Air & Acetylene

(Note) Instrument type: Perkin Elmer 2380

의 Junsei 사 제품을 사용하였다. 사용전 초자기구는 질산으로 세척하여 중금속을 씻어내고 측정용 원자흡광광도계로는 atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer 2380)을 사용하였다. 측정시 기기의 조건은 Table 2와 같다.

Table 3. Lead Concentrations of hair of exposed and non-exposed residents

Age	No. tested	Exposed	Non-exposed
0 - 9	3	10.42± 9.41 (0.72 - 19.51)	7.05± 3.35 (4.07 - 10.68)
10 - 19	12	2.29± 3.07 (0.00 - 10.75)	5.74± 2.78 (2.85 - 12.89)
20 - 29	7	10.98± 15.26 (2.04 - 41.33)	3.36± 1.93 (0.00 - 6.41)
30 - 39	4	24.55± 28.71 (0.00 - 58.90)	3.30± 0.34 (2.85 - 3.56)
40 - 49	13	11.31± 14.39 (0.93 - 36.00)	10.83± 12.71 (0.00 - 42.04)
50 - 59	10	22.31± 33.03 (1.21 - 101.10)	6.01± 2.87 (2.85 - 11.88)
60 -	6	4.30± 5.41 (0.00 - 12.97)	6.43± 11.03 (1.21 - 28.29)
Total	55	11.24± 19.11 (0.00 - 101.10)	6.66± 7.59 (0.00 - 42.04)

(Note) concentration unit : $\mu\text{g/g}$.
Mean \pm S.D. (Range)

$z = 1.65$
 $p > 0.05$

III. 성 적

1. 연의 함량비교 분석

폭로군과 비폭로군의 연의 함량을 비교한 것은 Table 3 과 같이 폭로군에서의 산술평균은 $11.24 \mu\text{g/g}$, 비폭로군에서의 산술평균은 $6.66 \mu\text{g/g}$ 으로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). 이것은 송¹⁸⁾(1979), 박 등¹⁹⁾(1982)의 농촌주민들로부터 $5.32 \mu\text{g/g}$, $9.33 \mu\text{g/g}$ 그리고 도시주민들로부터 $8.65 \mu\text{g/g}$, $7.57 \mu\text{g/g}$ 에 비교하면 폭로군인 경우에 약간 높은 것으로 나타났으나 장 등²⁰⁾(1982)의 한국인 모발중 함량 $16.12 \mu\text{g/g}$ 에 비하면 낮은 것이다. 비폭로군의 경우 다른 연구와 큰 차이는 없었다.

한편, 표준편차를 보면 개인별 편차가 다른 연구에서와 같이 큰 차이를 보이고 있는데 특히 본 연구에 더욱 큰 차이를 보이고 있다(Table 3 참조). 폭로군의 경우 0.00 -

$3.99 \mu\text{g/g}$ 사이의 분포가 58.2%로 가장 많으며 $20.00 \mu\text{g/g}$ 이상의 고농도군도 21.8%로 상당한 분포를 차지하고 있다(Table 4 참조). 따라서 실제 산술평균의 값이 높은 것은 $20.00 \mu\text{g/g}$ 이상의 고농도가 차지하는 비중이 높기 때문이다. 반면에 비폭로군의 경우에는 $4.00 - 7.99 \mu\text{g/g}$ 군의 비중이 가장 많아 47.2%를 차지하고 있고 $20.00 \mu\text{g/g}$ 이상의 고농도군은 5.5%로 그다지 높지가 않

Table 4. Frequency distribution of lead concentrations in hair

Concentration ($\mu\text{g/g}$)	Exposed No. (%)	Non-exposed No. (%)
0.00 - 3.99	32(58.2)	20(36.4)
4.00 - 7.99	4(7.3)	26(47.2)
8.00 - 11.99	4(7.3)	4(7.3)
12.00 - 15.99	2(3.6)	1(1.8)
16.00 - 19.99	1(1.8)	1(1.8)
20.00 -	12(21.8)	3(5.5)
Total	55(100.0)	55(100.0)

아 폭로군 보다 산술평균이 낮아졌다. 이것은 비폭로군의 분포가 폭로군보다 일정하다는 것을 보여 주고 있다. 또 두 분포간의 분산간에는 통계적으로 유의한 차이가 있어서 두 분포는 서로 다른 분포임을 설명하여 주고 있다($p < 0.01$) (Fig. 2 참조).

2. 동의 함량비교 분석

동의 함량을 보면 Table 5와 같다. 폭로군에서 산술평균이 $16.24 \mu\text{g/g}$ 으로 검출되었고 비폭로군에서 산술평균이 $10.66 \mu\text{g/g}$ 으로 나타났다. 송¹⁸(1979), 박 등^{19,21}(1982, 1984)의 도시거주주민에서 $15.80 \mu\text{g/g}$, $9.12 \mu\text{g/g}$ 과 농촌 주민에서 $11.15 \mu\text{g/g}$, $10.33 \mu\text{g/g}$ 보다 폭로군에는 높은 것으로 나타났으나 비폭로군에서는 대동소이 하였다. 또 장 등²⁰(1982) $10.36 \mu\text{g/g}$ 보다도 폭로군의 경우는 높았으나 비폭로군의 경우는 거의 동일한 값이었다.

그러나 폭로군 및 비폭로군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).

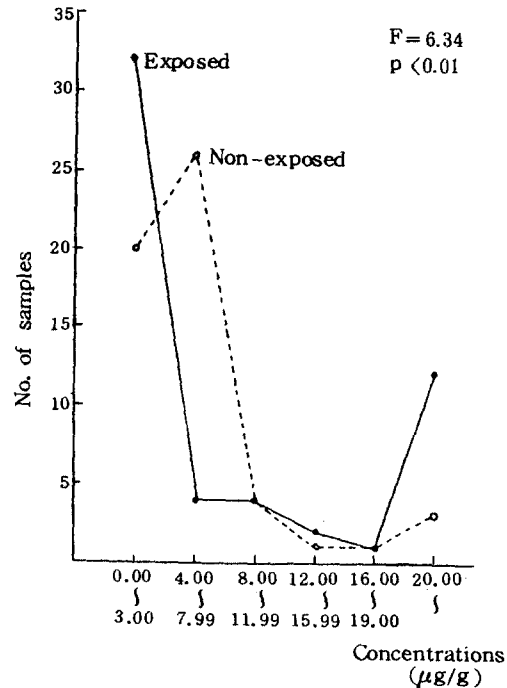


Fig. 2. Frequency distribution of lead concentrations in hair

Table 5. Copper concentrations of hair of exposed and non-exposed residents

Age	No. tested	Exposed	Non-exposed
0 - 9	3	4.88 ± 0.69 (4.33-5.65)	10.92 ± 1.68 (9.06-12.34)
10 - 19	12	6.43 ± 2.23 (3.50-9.97)	12.45 ± 2.89 (8.96-19.10)
20 - 29	7	8.60 ± 6.25 (4.49-29.12)	10.46 ± 1.66 (9.07-12.93)
30 - 39	4	47.14 ± 55.34 (11.60-127.14)	10.23 ± 1.01 (8.78-11.12)
40 - 49	13	16.82 ± 17.54 (0.92-56.49)	9.73 ± 2.11 (7.49-14.94)
50 - 59	10	28.76 ± 65.94 (1.15-125.99)	10.58 ± 2.73 (5.39-14.51)
60 -	6	3.36 ± 2.44 (0.92-6.15)	9.60 ± 1.75 (7.84-11.34)
Total	55	16.24 ± 33.51 (0.92-127.14)	10.66 ± 2.40 (5.39-19.10)

(Note) Concentration unit : $\mu\text{g/g}$

$z = 1.18$

Mean \pm S. D. (Range)

$p > 0.05$

한편, 개인 개인의 편차가 다른 연구와 같이 많이 났으며 특히 폭로군의 경우 상당한 편차를 보이고 있다(Table 5 참조). 농도별 빈도를 알아 보면 폭로군의 경우 3.00-5.99 $\mu\text{g/g}$ 가 30.0%로 가장 높았으며 18.00 $\mu\text{g/g}$ 이상의 고농도가 16.4%나 되어 이들에 의해 산술평균이 높아졌음을 알 수 있다(Table 6 참조). 그러나 비폭로군의 경우에는 9.00-11.99 $\mu\text{g/g}$ 의 비중이 45.5%로 거의 절반

Table 6. Frequency distribution of copper concentrations in hair

Concentration ($\mu\text{g/g}$)	Exposed No. (%)	Non-exposed No. (%)
0.00 - 2.99	5 (9.1)	0 (0.0)
3.00 - 5.99	17 (30.0)	1 (1.8)
6.00 - 8.99	14 (25.5)	14 (25.5)
9.00 - 11.99	6 (10.9)	25 (45.5)
12.00 - 14.99	3 (5.5)	13 (23.6)
15.00 - 17.99	1 (1.8)	1 (1.8)
18.00 -	9 (16.4)	1 (1.8)
Total	55 (100.0)	55 (100.0)

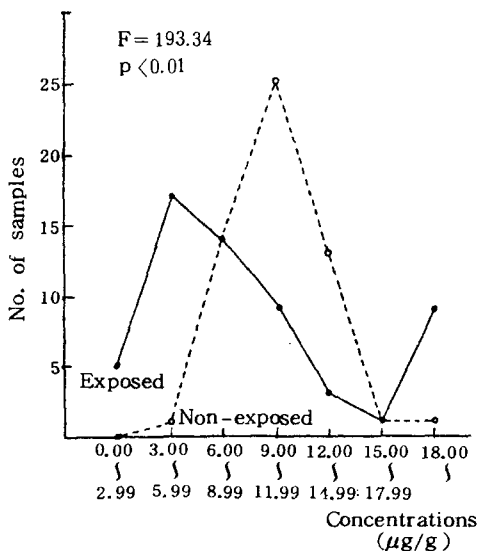


Fig. 3. Frequency distribution of copper concentrations in hair

을 차지하고 있으며 이상적인 정규분포를 하고 있다(Fig. 3 참조). 이들의 분포양상 역시 납의 경우와 같이 폭로군의 경우 저농도와 고농도에 치우쳐 연의 분포와 매우 흡사한 분포를 하고 있으며 분산간의 차이도 유의한 차이가 있어서 서로 다른 분산을 갖고 있었다($p < 0.01$).

3. 연과 동의 상관관계

비폭로군에서는 납과 동 의 상관관계가 전혀 없었으나($r = -0.102, p > 0.05$) 폭로군인 경우에는 상관계수 $r = 0.8442$ 이며 회귀방정식 $y = 2.6294 + 1.0668x$ 인 관계가 성립되었다. 또한 통계적으로도 매우 유의하였다($p < 0.005$) (Fig. 4 참조).

4. 연령과 연 및 동 의 모발중 농도

연령과 납의 모발중 농도를 보면 Table

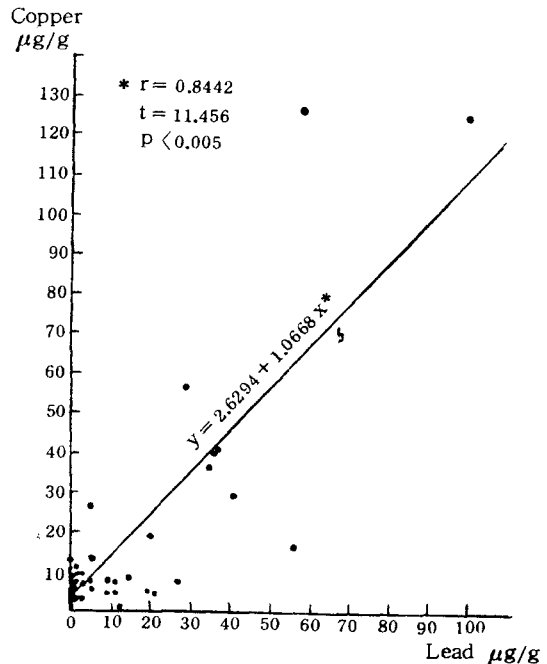


Fig. 4. Correlation of concentrations of Lead and copper in hair of exposed residents.

3에서 보는 바와 같이 폭로군이나 비폭로군 모두에서 아무런 일정성을 보이지 않고 있다. 동의 함량과의 관계를 보면 폭로군에서는 아무런 일정성을 보이지 않고 있으나 비폭로군에서는 10대에서 12.45 $\mu\text{g/g}$ 로 약간 높았을 뿐 모든 연령층에서 10.00 $\mu\text{g/g}$ 주위에서 거의 일정한 값을 갖고 있었다 (Table 5 참조).

IV. 고 찰

납은 생물체내에서 비필수금속으로서 delta-aminolevulinic acid dehydratase (δ -ALAD) 효소의 활성을 억제하여 hemoglobin의 생성을 방해하는 것으로 잘 알려져 있다⁵⁾. 반면에 동은 대부분의 생물체에 필수 금속으로서 경구를 통해 과도한 양을 흡수하지 않는한 인간을 포함한 대부분의 포유동물에게는 항상성기전(homeostatic mechanism)이 잘 발달되어 있어 해가 없다고 하였으며 인체에 축적되지도 않는다¹⁾.

본 연구에서는 인체에 극히 위대한 납과 인체에 필수금속이며 그다지 해롭지 않은 동에 대하여 그들 발생원으로부터 인체의 축적 정도를 알아 보고자 모발중 함량을 분석 비교하였다. 환경오염의 주요 중금속인 납의 모발중 함량은 혈액과 뼈의 함량을 잘 반영한다고 Kopito¹¹⁾(1967)는 주장하는 반면 Schroeder²²⁾(1968)는 뼈에서 함량은 연령에 따라 증가하지만 모발의 함량은 증가하지 않기 때문에 조직내의 함량을 반영할 수 없다고 하였다. 또 Hammer¹²⁾(1971)는 모발중의 중금속 함량은 인체의 0.5% - 1% 만을 반영하고 모발내에서 독자적으로 변화하기 때문에 모발의 함량으로 인체의 함량을 완전하게 알 수는 없다고 하였다. 그러나 많은 연구자들이 모발내에서의 중금속함량은 환경오염의 정도를 반영할 수 있다고 하였다.^{6,11,12,23)}

납과 동의 모발중 함량에서 폭로군에서 비폭로군 보다 산술평균값은 모두 높았으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않은 것은 두 집단간의 표준편차 특히, 폭로군에서 표준편차가 대단히 크기 때문이며 (Table 3, 5 참조) 또 두 집단간의 분산의 차이가 유의하여 ($p < 0.01$) 두 집단의 분포가 다름을 알 수 있다. 납이나 동 모두에게서 폭로군에서는 저농도쪽으로 치우친 반면에 일부 고농도로 치우친 값들(납 21.8%, 동 16.4%)이 전체 산술평균의 값을 높이는 결과를 가져왔다. 이것은 결국 폭로군에서 고농도군의 주민은 오염원의 영향을 받았을 가능성이 많으며 저농도군의 주민은 비폭로군으로 잡은 도시보다 제련소가 있는 도시의 지형적인 영향 즉, 해안선의 소유지역이므로 도시의 주 오염원인 자동차 배기가스나 기타의 오염원으로부터 덜 영향받았다고 할 수 있다. 따라서 오염원으로 부터의 영향을 보다 확실하게 하기 위해서는 제련소가 있는 도시의 지형적인 특성, 오염원과의 거리, 기상조건을 고려해야 할 것이다. 또 개인간의 차이가 많이 난 것은 다른 여러 연구들과 일치하고 있는데 각 개인의 대사기능이나 항상성기전의 차이가 중요한 역할을 했을 것으로 생각된다.

납과 동의 함량에 대한 상관관계를 알아본 결과 비폭로군에서는 $r = -0.102 (p > 0.05)$ 로 상관관계가 없는 것으로 나타난 반면에 폭로군에서는 $r = 0.844 (p < 0.005)$ 로 나타나 동일 오염원으로부터 영향을 받고 있음을 설명하여 주고 있어서 제련소의 영향이 있음을 시사해 주고 있다.

모발중 납의 함량과 연령의 관계에서 Petering¹⁰⁾(1973)은 어떤 일정성을 보이고 있다고 한 반면에 Schroeder²⁴⁾(1969)는 전혀 일정성을 보이고 있지 않다고 하였는데 본 연구에서는 폭로군이나 비폭로군 모두에서 전혀 일정성을 보이지 않았다. 동의 모발중 함량

과 연령과의 관계는 Schroeder²²⁾(1966)에 의하면 10대 이후에는 거의 일정한 값을 유지한다고 하였는데 폭로군에서는 일정치가 않았으나 비폭로군에서는 전연령군에 걸쳐 거의 일정한 값을 유지하고 있다.

이상을 종합하여 보면 제련과정에서 비산되는 납과 동으로 인하여 인근 주민에게 인체축적효과를 보기 위하여 모발 중 납과 동의 함량을 알아 본 결과 국내외 연구들과 실험 data에는 큰 차이가 없었으며 오염원으로서 인체에 대한 영향은 간접적으로 시사해 주고 있으나 보다 정확한 결과를 얻기 위해서는 지형적인 요인, 기상요인 등을 고려해서 보다 많은 sample을 대상으로 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

납, 동제련과정에서 비산되는 납, 동으로 인한 인체의 축적효과를 알아 보기 위하여 제련소 부근의 주민을 폭로군으로, 거의 동일한 환경의 다른 도시주민을 비폭로군으로 하여 각각 남자 55명의 모발중 납과 동의 함량을 측정하여 본 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모발중 납의 함량을 폭로군에서 산술평균 및 표준편차 $11.24 \pm 19.11 \mu\text{g/g}$, 비폭로군에서 $6.66 \pm 7.59 \mu\text{g/g}$ 로 검출되었으나 유의한 차이는 아니었다($p > 0.05$).

2. 모발중 동의 함량에 있어서는 폭로군 $16.24 \pm 33.51 \mu\text{g/g}$, 비폭로군에서 $10.66 \pm 2.40 \mu\text{g/g}$ 로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).

3. 납과 동의 상관관계는 비폭로군에서는 상관이 없었으나 폭로군에서는 밀접한 상관관계가 있었다($r = 0.8442$, $p < 0.005$).

4. 모발중 납과 연령과의 관계는 두 군 모두에서 일정성이 없었고 동과의 관계에서는

비폭로군에서 연령에 관계없이 전연령층에서 거의 동일한 값이 검출되었다.

參 考 文 獻

1. Doull, et al. Casarett and Doull's Toxicology 2nd ED. Macmillan, 409-467, 1980
2. Forni A, Sciame A. Chromosome and Biochemical Studies in Women Occupationally Exposed to Lead. Arch Environ Health, 35(3), 139-146, 1980
3. Penzien D, et al. The Effects of Lead Toxication on Learning in Rats. Arch Environ Health, 37(2), 85-87, 1982
4. Clayton GD. Patty's industrial hygiene and toxicology 3rd ED. John Wiley and sons, 1687-1724, 1982
5. John ML. Maxcy-Rosenau Public Health and Preventive Medicine 11th ED. Appleton Century Crofts, 648-654, 1980
6. Baumslag N, et al. Trace Metal Content of Maternal and Neonate Hair. Arch Environ Health, 29, 186-191, 1974
7. Thatcher RW, et al. Effects of Low Level of Cadmium and Lead on Cognitive Functioning in Children. Arch Environ Health, 37(3), 159-166, 1982
8. Francis S. Blood Lead Level and Age. Arch Environ Health, 35(2), 110-116, 1980
9. Manton WI. Source of Lead in Blood. Arch Environ Health, 32, 149-152, 1977
10. Petering HG, et al. Trace Metal Content of Hair. Arch Environ Health, 27, 327-330, 1973
11. Kopito L, et al. Lead in Hair of Children with Chronic Lead Poisoning. The New England J. of Med. 276(17), 949-953, 1967

12. Hammer DI, et al. Hair Trace Metal Level and Environmental Exposure. *American J. of Epidemiology*, 93(2), 84-93, 1971
13. Walter SD, Yankel AJ. Age-Specific Risk Factors for Lead Absorption in Children. *Arch Environ Health*, 35(1), 53-58, 1980
14. Perkins HC. Air pollution. McGraw Hill, 354-355, 1974
15. Popovac D, et al. Elevated Blood Lead in a Population Near a Lead Smelter in Kosovo, Yugoslavia. *Arch Environ Health* 32(1), 19-23, 1982
16. Clarke AN, et al. Preparation of Hair for Lead Analysis. *Arch Environ Health*, 28, 292-296, 1974
17. 公害關係の分析法と解説, 神奈川縣, 公害對策事務局, 1974.
18. 송동빈, 한국인 모발중의 미량중금속 함량에 관한 연구, *예방의학지*, 12(1):79-87, 1979
19. 박재주 등. 농촌지역주민의 중금속 함량에 관한 조사연구, *국립환경연구소보*, 4, 255-266, 1982
20. 장성길 등, 한국인의 각 장기조직내중의 미량중금속 원소분포 ; 연, 카드뮴, 동의 함량, *예방의학지*, 15(1), 95-110, 1982
21. 조윤승 등, 대도시 주민의 모발중 미량중금속 함량에 관한 조사연구, *국립환경연구소보*, 6, 239-249, 1984
22. Schroeder HA, et al. Essential trace metal in man: Copper. *J. Chro. Dis*, 19, 1007-1009, 1966
23. Yurachek JP, et al. Analysis of Human Hair by spark source mass spectrometry. *Anal Chem*, 41 1666-1668, 1969
24. Schroeder HA, Nason AP. Trace Metal in Human Hair. *The J. of Invert. Dermatology*, 53(1), 71-78, 1969