

전주공업단지 주변 주민들의 모발내 Pb 및 Cd 함량에 관한 연구

이종섭 · 유일수 · 이기남*

원광대학교 의과대학 예방의학교실
* 원광대학교 한의과대학 예방의학교실

The Study on the Concentrations of Lead and Cadmium in Hair of the Inhabitants of Jeon-Ju Industrial Area

Jong Sub Lee · Il Sou You · Ki Nam Lee*

Dept. of Preventive Medicine and Public Health School of Medicine

** Dept. of Preventive Medicine, School of Herb Medicine,
Wonkwang University, Iri, Korea.*

Abstract

This study was carried out to evaluate the concentrations of heavy metal in hair of the inhabitants of Jeon-Ju industrial area.

The major findings of this study are as follows;

1. The average content of lead in hair of the inhabitants of Jeon-Ju industrial area was 15.06 ± 4.06 ppm and the content of lead of driver's hair showed higher than that of house wives and students, and showed significance statistically ($P < 0.05$).
2. The average content of cadmium by occupation in hair of inhabitants of Jeon-Ju industrial area was $0.76 \pm 0.21 \sim 0.52 \pm 0.16$ ppm and the cadmium concentration in hair of driver's showed the highest level among occupations and showed significance statistically ($P < 0.05$).
3. Lead and cadmium contents in the hair of the inhabitants of Jeon-Ju industrial area showed higher than that of control area residents and showed significance statistically ($P < 0.05$).
4. The contents between lead and cadmium in hair of Jeon-Ju industrial area residents revealed high degree of correlation ($r = 0.7938$).

실험대상으로 선정하였다.

I. 서론

산업의 발달과 더불어 인간과 관계를 맺어온 중금속은 산업의 발달이 진행 될수록 인간과의 밀착력이 증대되어 다양한 양상으로 독성⁴⁾을 나타내고 있다.

이러한 중금속중 Pb와 Cd는 인체내에 과잉축적에 의한 독성이 보고^{3,5)}되고 있는데 Pb는 간과 신장의 기능장애, 혈액의 헤모글로빈 감소, 정신장애, 생식기능장애 등을 유발하며 Cd는 폐기종, 신기능장애, 골연화증을 유발하는 것으로 보고^{1,2,6)}되고 있다.

인체내에 중금속 함량측정은 혈중 및 뇨중 중금속함량 측정 등 다양한 방법^{7,8,10)}이 있으나, 모발은 시료 채취가 용이하며 또한 다른 조직보다 중금속 함량축적이 많아 중금속 노출에 의한 여러가지 질병을 진단하고 인체내의 중금속 대사 및 오염정도를 알아 낼 수 있는 중요한 지표가 되고 있다.^{9,11,12,13)}

산업체의 밀집도가 큰 전주공단주변 주민들은 주위 공장에서 배출되는 중금속을 직접, 간접으로 접하고 있어 인체내에 중금속 노출이 있을 것으로 사료되어 본 연구를 시작하였으며 그 결과를 다음과 같이 보고 한다.

II. 재료 및 방법

1. 조사대상

1987년 10월부터 1988년 2월까지 전주공단 주변 주민中 운전사 27명, 제지업 27명, 섬유업 13명, 식품업 38명, 이용사 8명, 미용사 12명, 주부 16명, 학생 29명 등 총 170명의 모발을 실험대상으로 하였으며 대조군으로는 섬유업체 근로자중 시외거주자 12명 및 농촌지역인 완주군 이서면 주부 15명의 모발을 각각 무작위방법으로 표본을 추출하여

2. 실험방법

1) 시약 및 기기

모발내 Pb, Cd 함량 분석에 사용된 시약인 nitric acid, perchloric acid, sulfuric acid, acetone, ethylene diamine tetraacetic acid(E. D. T. A), ammonium sulfate, potassium sodium tartrate, brom thymol blue(B. T. B.) sodium diethyl dithiocarbamate(DDTC), methyl isobutyl ketone(MIBK), ammonia water 등은 GR급 시약을 사용하였으며 Pb 및 Cd의 standard solution은 Sigma 제를 사용하였다. 전처리시에 사용된 초자기구는 nitric acid로 세척하여 중금속을 제거한 후 사용하였으며 분석용 기기는 원자흡광광도계(Varian 875)을 Table 1과 같은 조건하에서 측정하였다.

2) 모발세척

모발을 증류수 2회 세척 후에 중성세제로 3회 행군후에 3차 증류수로 2회 행군다. 이후 acetone으로 3회 세척후 65~70℃ EDTA 용액에 10분간 담근후 3차증류수로 3회 세척하여 105℃ dry oven에 5~6시간 건조하여 시료로 사용하였다.

3) 시료의 전처리 및 실험방법

시료 0.3g을 취하여 Kjeldahl flask에 넣

Table 1. Analytical condition of atomic absorption spectrophotometer

Material Condition	Pb	Cd
Lamp energy (mA)	5.0	3.5
Slit pass (nm)	1.0	0.5
Wave length (nm)	217.0	228.8
Air pressure (kg/cm ²)	3.5	3.5
Acetylene pressure (kg/cm ²)	1.1	1.1

Table 2. Lead concentration in hair by occupation

Age	Occupation	Driver	Paper manufacture	Food manufacture	Textiler	Barber	Beauty artist	House wife	Student	Mean \pm SD
0 ~ 9	—	—	—	—	—	—	—	—	6.19 \pm 0.44 (7)	6.19 \pm 0.44 (7)
10 ~ 19	—	—	—	—	12.19 \pm 2.59 (6)	—	—	—	8.47 \pm 3.52 (22)	10.33 \pm 3.14 (28)
20 ~ 29	16.02 \pm 3.73 (9)	14.42 \pm 3.90 (9)	15.54 \pm 6.93 (13)	13.42 \pm 4.91 (12)	13.67 \pm 3.24 (3)	13.19 \pm 0.88 (3)	9.75 \pm 4.15 (11)	—	—	13.71 \pm 5.34 (60)
30 ~ 39	22.15 \pm 7.96 (9)	18.62 \pm 4.79 (9)	16.66 \pm 8.53 (13)	16.21 \pm 3.38 (7)	15.80 \pm 5.00 (2)	15.45 \pm 1.19 (5)	12.18 \pm 5.75 (10)	—	—	16.72 \pm 7.18 (55)
40 ~ 49	25.94 \pm 7.32 (9)	21.96 \pm 6.02 (9)	19.92 \pm 10.55 (12)	16.54 \pm 3.16 (3)	16.91 \pm 6.82 (4)	—	12.74 \pm 6.71 (10)	—	—	19.00 \pm 8.62 (47)
Mean(Total)	21.37 \pm 7.45 (27)	18.33 \pm 6.33 (27)	17.30 \pm 9.25 (38)	13.90 \pm 4.38 (25)	15.27 \pm 4.50 (8)	15.24 \pm 2.63 (12)	11.49 \pm 5.52 (31)	7.91 \pm 2.17 (29)	15.06 \pm 9.13 (197)	

mean \pm SD
() ; Number of sample

고 conc-nitric acid, conc-sulfuric acid 및 perchloric acid를 가하여 습식탄화 방법으로 분해하였다. 유기물 분해가 끝난 시료에 증류수 10ml, 포화 ammonium oxalate 시약 2ml를 가하고 황산 백색 연기가 발생할때 까지 계속 가열한 후 방냉한 후 H₂O를 가하여 전체용량이 50ml가 되게하여 검액으로 하였다.

검액조제에서 얻어진 시료 50ml를 취하여 potassium sodium tartrate 용액(25%) 10ml brom thymol blue를 지시약으로 3방울 가하고 액의 색이 연녹색이 될때까지 ammonia water로 중화시킨 후 40% ammonium sulfate 용액 10ml, 10% Sodium diethyl dithio carbamate 용액 10ml를 넣고 혼화하여 수분간 방치한 후 methyl isobutyl ketone을 10ml 넣고 격렬하게 흔들어 정치한 후 methyl isobutyl ketone을 완전히 유거하여 증류수를 가해 50ml가 되게한 후 원자흡광도계(verian875)를 이용하여 Pb 및 Cd 함량을 측정하였다.^{12, 14, 15)}

III. 결과 및 고찰

1. 납의 함량분석 결과

Table 2에서 보는 바와 같이 운수업 근로자 모발내에서 21.37 ppm으로 가장 높은 값으로 나타났으며 섬유업, 이·미용업, 근로자 및 주부, 학생이 상대적으로 낮게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(P < 0.05).

각 직업에서 연령이 증가할 수록 Pb 함량이 증가하는 것으로 나타났으며 연령에 대한 Pb의 상관계수(r)은 운수업(0.661), 제지업(0.635), 식품업(0.789), 섬유업(0.7561), 학생(0.8963)으로 각각 나타났으며 나이 증가(x)에 따른 Pb의 증가(y) 함수는 운수업(y = 2.54 + 0.53x) 제지업(y = -2.986 + 0.700x),

섬유업($y=6.822 + 0.256x$), 식품업($y=4.585 + 0.402x$), 이용업($y=1.218 + 0.361x$), 미용업($y=7.383 + 0.222x$), 주부($y=-3.204 + 0.462x$), 학생($y=2.487 + 0.416x$)으로 나타났다.

전체 근로자 모발내의 Pb 함량은 전체조사 대상의 76.6%가 5.0~19.9 ppm 범위에 있었으며 특히 34.5%가 10.0~14.9 ppm에 밀집되어 있었다. 또한 30 ppm 이상의 근로자도 운수업에서 11.1%, 제지업 7.4%, 식품업 5.3%로 나타났다(Table 3).

직업별 평균연령(x_1), 평균근무기간(x_2), 평균 납의 함량(y)는 Table 4 와 같이 나타

났으며, 연령 증가 및 근무기간 증가에 의한 납의 함량은 $y=14.00-0.160x_1 + 0.913x_2$ 함수로 나타났다.

2. Cd함량 분석결과

Table 4 에 나타난 바와 같이공단주변지역 주민의 모발내의 평균 Cd 함량은 0.65 ppm 으로 나타났으며 이값은 장등의 한국인 각장기조직중의 미량중금속 원소분포¹⁶⁾에서 나타난 0.48 ppm 보다 높은 값으로 나타났다. 또한 나이가 증가함에 따라서 모발내에 Cd 함량은 증가 하는 것으로 나타났으며, 특히 주부($r=0.832$), 학생($r=0.901$)으로 상관성이 큰 것

Table 3. Frequency distribution of lead concentration in hair

Occupation Lead concentration	unit ; %								
	Driver	Paper manufacture	Textile	Food manufacture	Barber	Beauty artist	House wife	Student	Total
0.00 ~ 4.99	—	—	—	—	—	—	3.2	10.4	2.0
5.00 ~ 9.99	3.7	—	8.0	18.4	12.5	8.3	45.2	58.6	21.8
10.00 ~ 14.99	18.6	26.0	60.0	36.8	50.0	50.0	25.8	31.0	34.5
15.00 ~ 19.99	22.2	37.0	24.0	18.4	25.0	33.4	16.1	—	20.3
20.00 ~ 24.99	22.2	22.2	80.0	15.8	12.5	8.3	6.5	—	11.7
25.00 ~ 29.99	22.2	7.4	—	5.3	—	—	3.2	—	6.1
30 ~	11.1	7.4	—	5.3	—	—	—	—	3.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Table 4. Mean duration of working age and lead concentration

Occupation	Age (x)	Number of sample	Working age (x_2)	Pb (r)
Driver	35.49	27	8.96	21.37
Paper manufacture	36.63	27	8.67	18.33
Textile	26.56	25	5.96	13.90
Food	28.16	38	5.48	17.30
Barber	35.50	8	11.88	15.27
Beauty artist	35.83	12	9.33	15.37
Mean	32.88	137	8.38	17.07

으로 나타났다.

상대적으로 운수업($r=0.543$), 식품업($r=0.580$)으로 상관성이 낮은 것으로 나타났다. 직업간의 모발내에 Cd 함량은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

Cd 함량에 따른 직업별 도수분포표 Table 5 를 보면 모발내에 Cd 함량이 비교적 적을 것으로 예상하는 주부 및 학생은 0.0000~0.5999 ppm 사이에 밀집도가 큰 것으로 나타났으며 기타 직업인들은 0.500~0.899 ppm 사이에 밀집도가 큰 것으로 나타났다.

직업별 모발내의 평균 Cd 함량은 운전업 종사자들이 0.76 ppm으로 가장 높은 값으로 나타났으며, 기타 직업인은 0.63~0.69 ppm으로 비슷하게 나타났다(Table 6).

연령 및 근무기간 증가에 따른 모발내의 Cd 함량(Table 7)은 $y=2.04 - 0.106 x_1 + 0.255 x_2$ 함수로 나타났다.

3. 생산직 및 관리직 근로자의 중금속 함량비교

제지업 종사자의 생산직 및 관리직 근로자를 각 14명, 13명을 대상으로 모발내에 중금속 함량 측정결과는 Table 8과 같이 나타났으며 그 결과 생산직 근로자가 전 연령계층에서

관리직 근로자보다 높은 값으로 나타났다.

또한 두집단간의 모발내에 Pb 및 Cd의 함량은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

4. 공업단지지역 주부와 농촌지역 주부간의 모발내 중금속 함량비교

오염폭로지역(전주공단주변) 주부와 비오염폭로지역(완주군 이서면) 주부 각각 16명, 15명을 대상으로 모발내 중금속 함량을 측정된 결과(Table 9) 전주 공단주변에 거주하는 주부가 Pb, Cd 함량이 높은 것으로 나타났으며 두 집단간에 Pb 및 Cd의 함량은 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$).

연령 증가에 따른 모발내에 Pb 및 Cd의 상관계수를 보면 전주 공단주변에 거주하는 주부가 0.735 및 0.803으로 나타났으며 완주군 이서면에 거주하는 주부가 0.856 및 0.812로 나타내 연령 증가에 의한 각각 중금속 증가의 상관성이 큰 것으로 나타났다.

5. 거주지역에 따른 모발내의 Pb과 Cd의 상관성

섬유업체 근로자 25명을 대상으로 퇴근 후 거주지역에 따라서 공단주변 거주자와 시외 거

Table 5. Frequency distribution of cadmium concentration in hair unit ; %

Occupation Cadmium concentration	Driver	Paper manuf- acture	Textile	Food manuf- acture	Barber	Beauty artist	House wife	Student	Total
0.00 ~ 0.399		7.4	12.0	10.5	—	—	19.3	20.7	10.7
0.400 ~ 0.499	7.4	7.4	8.0	10.5	12.5	8.3	19.3	31.0	13.7
0.500 ~ 0.599	7.4	33.4	28.0	15.8	50.0	41.8	22.7	17.2	22.8
0.600 ~ 0.699	33.4	22.2	24.0	21.1	—	25.0	12.9	10.4	19.8
0.700 ~ 0.799	11.1	7.4	8.0	18.4	12.5	8.3	12.9	13.8	12.2
0.800 ~ 0.899	14.8	—	16.0	18.4	25.0	8.3	12.9	6.9	12.2
0.900 ~ 0.999	14.8	7.4	4.0	—	—	8.3	—	—	4.0
1.00 ~	11.1	14.8	—	5.3	—	—	—	—	4.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Table 6. Cadmium concentration of hair by working age

Occupation Working age	unit ; ug/g								
	Driver	Paper manufacture	Textile	Food manufacture	Barber	Beauty artist	House wife	Student	Mean ± SD
0 ~ 9	—	—	—	—	—	—	—	0.47 ± 0.03 (7)	0.47 ± 0.03 (7)
10 ~ 19	—	—	0.57 ± 0.18 (6)	—	—	—	—	0.54 ± 0.19 (22)	0.55 ± 0.07 (28)
20 ~ 29	0.68 ± 0.15 (9)	0.60 ± 0.09 (9)	0.63 ± 0.15 (12)	0.61 ± 0.19 (13)	0.61 ± 0.10 (3)	0.63 ± 0.20 (3)	0.50 ± 0.22 (11)	—	0.61 ± 0.18 (60)
30 ~ 39	0.78 ± 0.19 (9)	0.64 ± 0.04 (9)	0.68 ± 0.18 (7)	0.68 ± 0.22 (13)	0.70 ± 0.34 (2)	0.63 ± 0.04 (5)	0.58 ± 1.93 (10)	—	0.67 ± 0.31 (55)
40 ~ 49	0.83 ± 0.28 (9)	0.82 ± 0.13 (9)	—	0.82 ± 0.16 (12)	0.64 ± 0.22 (3)	0.69 ± 0.22 (4)	0.62 ± 0.20 (10)	—	0.74 ± 0.32 (49)
Mean (Total)	0.76 ± 0.21 (27)	0.69 ± 0.23 (27)	0.63 ± 0.14 (25)	0.70 ± 0.17 (38)	0.64 ± 0.19 (8)	0.65 ± 0.15 (12)	0.56 ± 0.20 (31)	0.52 ± 0.16 (29)	0.64 ± 0.36 (197)

Note; Mean ± SD
() ; Number of sample

주자 각각 13명 및 12명의 모발내의 Pb 및 Cd 함량을 측정된 결과 Table 10과 같이 나타났으며 두집단간에 유의한 차이는 없었다. (P > 0.05).

6. Pb 및 Cd의 상관성

전주공단지역 주민의 모발내 Pb과 Cd 함량간의 상관계수는 $r = 0.7938$ 로 상당히 상관성이 큰 것으로 나타났다(Fig. 1 참조).

IV. 결 론

전주 공단주변 거주자들을 대상으로 전주공단내의 업체 종사자(78명), 공단외 업체 종사자(92명), 섬유업 시외근무자(12명) 및 완주군 이서면 주부(15명)를 무작위 방법으로 표본을 추출하여 모발내에 Pb 및 Cd의 함량을 측정된 결과 아래와 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 모발중의 Pb 및 Cd의 함량은 연령이 증가할수록 증가(Pb ; $r = 0.750$, Cd ; $r = 0.714$) 하는 것으로 나타났다.

또한 연령(x_1) 및 근무연한(x_2) 증가에 의

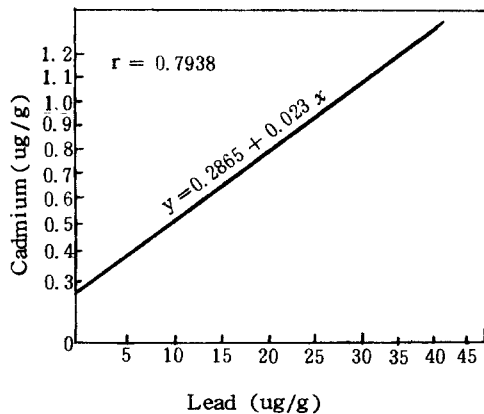


Fig. 1. Correlation of concentration of lead and cadmium in hair of the Jon-Ju industrial area residents

Table 7. Mean age, working age and cadmium concentration by occupation

Occupation	Age (x_1)	Number of sample	Working age (x_2)	Cd (r)
Driver	35.49	27	8.96	0.76
Paper manufacturer	36.63	27	8.67	0.69
Textile	26.56	25	5.96	0.63
Food manufacturer	28.16	38	5.48	0.70
Barber	35.50	8	11.88	0.64
Beauty artist	35.83	12	9.33	0.65
Mean	32.88	137	8.38	0.69

Table 8. Comparison of heavy metal contents in hair of Blue Color laborer and white color labor

(unit ; ug/g)

Age	Blue color laborer		White color laborer	
	Pb	Cd	Pb	Cd
20 ~ 29	17.18 ± 8.13	0.66 ± 0.32	11.66 ± 0.60	0.53 ± 0.05
30 ~ 39	22.01 ± 3.49	0.67 ± 0.14	15.24 ± 0.72	0.61 ± 0.16
40 ~ 49	26.21 ± 4.31	0.91 ± 0.20	17.70 ± 1.78	0.72 ± 0.11
mean ±	22.74 ± 5.69	0.76 ± 0.22	14.25 ± 2.85	0.56 ± 0.12

Table 9. Lead and cadmium concentrations in hair of industrial area and rural residents

unit ; ug/g

Age	House wife of industrial area		House wife of Woen Ju kun, I Soe myeon	
	Pb	Cd	Pb	Cd
20 ~ 29	12.21 ± 4.03	0.58 ± 0.26	6.79 ± 1.59	0.45 ± 0.14
30 ~ 39	15.28 ± 6.10	0.64 ± 0.23	8.03 ± 2.32	0.48 ± 0.10
40 ~ 49	18.82 ± 7.05	0.70 ± 0.23	9.32 ± 1.75	0.52 ± 0.09
Mean	15.44 ± 6.52	0.64 ± 0.24	8.05 ± 1.86	0.48 ± 0.12

Table 10. Correlation of concentration of lead and cadmium in hair by resident areas.

Age	Industrial area residents		Residents out of Jeon-Ju city	
	Pb	Cd	Pb	Cd
10 ~ 19	12.54	0.59	11.49	0.54
20 ~ 29	16.14	0.62	12.34	0.58
30 ~ 39	18.34	0.80	15.32	0.63
Mean	15.70	0.67	13.12	0.59

한 $Pb(y_1)$ 및 $Cd(y_2)$ 의 증가 함수는

$$Y_1 = 14.00 - 0.160 x_1 + 0.913 x_2 \text{ 로}$$

$Y_2 = 2.04 - 0.106 x_1 + 0.255 x_2$ 로 나타났다.

2. 모발중 Pb의 함량은 각 직업별로 볼때 $21.37 \pm 7.45 \sim 7.35 \pm 2.17$ ppm으로 나타났으며, 직업간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

3. 모발중의 Cd의 함량은 운전업 종사자가 가장 높게 (0.76 ± 0.21 ppm) 나타났으며, 주부 및 학생이 0.56 ± 0.20 , 0.52 ± 0.16 ppm으로 낮은 값으로 나타났다.

4. 제지업 생산직 근로자 (Pb; 22.74 ± 5.69 , Cd; 0.76 ± 0.22)는 관리직 근로자 (Pb; 14.25 ± 2.85 , Cd; 0.56 ± 0.12)보다 모발내에 Pb 및 Cd 함량이 높은 값으로 나타났으며 두 직업간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

5. 전주공단주변 주부와 비오염지역 주부(완주군 이서면 주부)간에 모발내의 Pb 및 Cd 함량은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

6. 섬유업체 근로자의 시외거주자 및 공단 주변 거주자간에 모발내에 Pb 및 Cd 함량은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($P > 0.05$).

7. Pb와 Cd의 모발내 함량간에는 상관계수가 $r = 0.794$ 로 나타나 상관성이 큰 것으로 나타났다.

參考文獻

1. Pulid, P.K. Fu Wa and B.L. Vallee, Anal.

Biochem., 14, 393, 1966.

2. Ferm. V.H. and Carpenter, S.J., Lab Invest., 18, 429, 1968.

3. Schroeder, H.A. and Balassa, J.J., J. Chronic Dis., 14, 236, 1961.

4. Berson. S.A., Am. J. Med. 20, 653, 1956.

5. Duggan, R.E. and Lipscomb, G.Q., Pestic. Monit. J., 2, 153, 1969.

6. Williams, C.H. and David, D.J., Aust. J. Soil Res., 11, 43, 1973.

7. King, B.G., Amer. J. Dis. Child., 122, 337, 1971.

8. Forbes, G.B. and J.C. Reina, J. Nutr., 102, 647, 1971.

9. Weiss, D.B. Whitten and D. Leddy, Science, 178, 69, 1972.

10. Woedich, H., et al., Die Nahrung 21, 685, 1977.

11. Horiuchi, K., Osaka City Med. J., 11, 265, 1965.

12. Association of Official Analytical Chemist Official Methods of Analysis; 26-29, 1980.

13. Wester, P.O., Atherosclerosis, 20, 207, 1972.

14. Bate, L.C. and Dyer, F.F., Nucleonics, 23, 74, 1965.

15. Groot, A.P., de, Food Cosmetic Toxicol., 11, 955, 1973.

16. 장성길 : 한국인의 각 장기조직중의 미량 중금속 원소 분포; 납, 카드뮴 및 동 의 함량, 예방의학회지, 15(1), 1982.