

## 한국인 모발과 내부장기조직간 Cd, Hg, Pb 및 Zn함량의 상호관련성

유영찬\*, 이상기, 양자열, 김기욱, 이수연, 정규혁<sup>1</sup>

국립과학수사연구소, <sup>1</sup>성균관대학교 약학부

## Relationships in Cd, Hg, Pb and Zn Concentrations Between Hair and Internal Organs of Korean

Young-Chan Yoo\*, Sang-Ki Lee, Ja-Youl Yang,  
Ki-Wook Kim, Soo-Yeun Lee and Kyu-Hyuck Chung<sup>1</sup>

National Institute of Scientific Investigation, 331-1, Shinwol 7-dong, Yangcheon-gu,  
Seoul 158-707, Korea, <sup>1</sup>College of Pharmacy SungKyunKwan University, Chunchun-dong 300,  
Jangan-gu, Suwon, Gyeonggido 440-746, Korea

### ABSTRACT

In order to study the relationships between trace element concentrations of hair and internal organs, autopsy samples of hair, liver, kidney cortex, kidney medulla, heart, lung, spleen, cerebrum, testis and bone from 162 Korean subjects were analyzed for Cd, Hg, Pb and Zn by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. High significant positive correlations were found between the Cd concentration in hair and bone and Pb in hair and lung. Hair Hg levels were highly significantly correlated with organ Hg levels in the liver, kidney cortex, kidney medulla, heart, lung, spleen, cerebrum, testis and bone. And hair Zn levels were highly significantly correlated with organ Zn levels in the kidney cortex, kidney medulla, spleen, testis and bone.

**Key words :** Hair, Internal organs, Trace elements, Relationship, Korean

### 서 론

인간은 환경에 노출되어 있으므로 음식물이나 공기, 토양 등을 통해 중금속류의 섭취는 항상 이루어진다고 볼 수 있다. 섭취된 중금속은 생체에 쉽게 침착 되지는 않으나 금속에 따라 유기 혹은 무기화합물을 형성하게 되면 생체 내에서 이동이 용이하게 되어 여러 가지 영향을 미치게 된다. 중

금속류의 인체에 대한 영향은 흡수된 양뿐만 아니라 중금속류의 종류에 따라 다르며, 특이조직에 대한 친화성에 의해서도 달라지는 것이 일반적이다(Cappon *et al.*, 1981; Beijer *et al.*, 1986; Friberg *et al.*, 1986; Hirano *et al.*, 1996; Sugiyama *et al.*, 1996; 衛生試驗法註解, 2000).

따라서 인체 장기조직 중 미량금속의 함량은 인체에 대한 필수성과 독성에 관한 관점, 질병과의 관련, 중금속과 환경오염과의 관계 등으로 인하여 많은 관심을 가져왔다. 특히 모발은 인체 보전이라는 관점에서 환경오염물질의 평가를 위한

\* To whom correspondence should be addressed.

Tel: 02-2600-4601, E-mail: ycyoo@nisi.go.kr

중요한 지표로 많은 특징을 가지고 있으나 환경 보건 분야에서 모발분석자료의 해석에는, 모발중 중금속 함량과 내부 장기 사이의 중금속 함량간의 정량적 상관성과 같은 기초자료의 부족과 같은, 아직도 많은 불확실성이 있다. 따라서 이러한 기초자료를 얻기 위한 노력으로 국제원자력기구 (IAEA)에서는 1984년 환경내 중금속에 의한 내부 장기부하를 평가하기 위한 수단으로 모발중 중금속분석의 중요성을 인식하여 Coordinated Research Program을 시작하였다. 이후 모발이나 손톱에 함유되어 있는 중금속의 함량으로 내부 장기조직에 함유되어 있는 중금속의 함량을 예측하고자 조직간 중금속 함량에 대한 상관성을 측정하는 연구가 이루어지고 있다 (Ellis *et al.*, 1981; Muramatsu *et al.*, 1988; Zhuang *et al.*, 1990; Suzuki *et al.*, 1993). 그러나 이러한 연구는 일부 국가에서만 이루어지고 있으며 우리 나라 사람에 대한 자료는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 서울경기 지역에 거주하다 사망한 한국인 시체 162구의 모발 및 내부 장기조직을 채취하여 유도결합플라즈마 원자발광분석법에 의해 중금속 함량을 측정하여 한국인의 인체 부위별 Cd, Hg, Pb 및 Zn의 정상함량 범위를 제시하고, 모발과 내부장기 사이의 중금속 함량간에 대한 상관관계를 측정하여, 그 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료의 채취

서울경기지역에 거주하다 사망한 한국인 장기 조직은 1999년 1월부터 2000년 11월까지 국립과학수사연구소에 부검 의뢰된 사체 162구에 대하여 각 부위별 장기(간장, 신장피질, 신장수질, 대뇌, 심장, 비장, 폐, 고환, 뼈 및 모발)를 채취하여 -40°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 시료는 약물중독에 의해 사망하지 않은 사람을 선정하였으며, 162구에 대한 성별, 연령별 분포는 Table 1에 표시하였다.

### 2. 시료의 분해 및 측정

각 냉동된 시료는 실온이 될 때까지 방치하여

**Table 1.** Distribution of Age and Gender of Individual Subjects who had lived in Seoul and Kyonggi do

Age group	Female	Male	Total
Teens	10	3	13
Twenties	7	10	17
Thirties	26	28	54
Forties	12	30	42
Fifties	4	20	24
Sixties	-	9	9
Over Seventies	1	2	3
Total	60	102	162

외부에 묻은 혈액을 여과지로 제거한 후 전보 (Yoo, 1998; Lee *et al.*, 1999)에 따라 실험하였다. 즉 시료인 간장, 신장피질, 신장수질, 대뇌, 심장, 비장, 폐, 고환, 뼈 및 모발 약 1~2g을 정밀히 취하여 농질산(유해금속추정용, 65%) 6ml와 과산화수소(특급, 35%) 1ml를 넣고 microwave digestion system (Milestone s.r.l., mls 1200 mega, Italy)을 사용하여 다음의 조건으로 분해한 다음 분해액을 20ml 용량플라스크에 옮기고 증류수를 가하여 정확히 20ml로 하여 중금속 측정용 시료로 하였다. 따로 농질산 6ml와 과산화수소 1ml를 넣고 microwave digestion system으로 시료와 동일하게 처리하여 대조용 시료로 하였다.

#### [Microwave digestion system의 조건]

Step	Time	Power	Press	Temp1	Temp2
1	00:02:00	250	0	0	0
2	00:02:00	0	0	0	0
3	00:06:00	250	0	0	0
4	00:05:00	400	0	0	0
5	00:05:00	650	0	0	0

중금속 측정용 시료는 ICP원자발광도계 (ICP-AES; Thermo Jarrell Ash Co., Atomscan 25, USA)를 이용하여 Cd, Hg, Pb 및 Zn의 함량을 측정하였다. 이때 ICP-AES의 측정조건은 Table 2와 같다.

### 3. 통계학적 분석

각 시료에서 측정된 금속원소 함량에 대해 SPSS program을 이용하여 성별 및 연령별에 따른 인체

**Table 2.** Analytical conditions of ICP-AES

Gas Flow Rate
Torch Gas : High Flow
Auxiliary Gas : Medium (1.0L/min)
Nebulizer Gas : ON (PSI) : 30.1
Approximate RF Power (w) : 1,350
Slit Height (mm) : 3
Observation Height (mm) : 14.9
Peristaltic Pump Parameters
Pump Rate (RPM) : 100
Relaxation Time (sec) : 10
Pump Tubing Type : EP-19
Wavelength (nm) : Cd (228.802), Hg (184.950), Pb (220.353), Zn (213.856)

장기조직과 부위별 금속원소 함량을 평균, 표준편차, 함량범위 그리고 95% 신뢰구간으로 통계처리하였다. 신뢰구간은 t-검정 결과 p값이 0.05 이하인 경우만 표기하였다.

**결과 및 고찰**

서울경기지역에 거주하다 사망한 한국인 162명 (남성 100명, 여성 62명)은 13~87세의 연령범위였으며, 약물중독에 의해 사망하지 않은 사람을 선정하였다. 한국인 162명에 대한 모발 및 내부 장기조직에 함유된 중금속의 함량은 Table 3과 같다. 각 중금속의 평균농도와 표준편차는  $\mu\text{g/g} \cdot \text{wet weight}$ 로 표시하였으며, 개별 중금속의 농도가 검출한계 미만일 경우에는 평균값 계산시 영으로

처리하였다.

한국인 장기조직간 Cd, Hg, Pb 및 Zn의 함량에 대한 상관관계는 Table 4-7에서 보는 바와 같다.

Cd은 신장피질과 신장수질에 평균  $37.5 \pm 17.9 \mu\text{g/g}$ ,  $28.2 \pm 14.5 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많이 함유되어 있으며, 간장에는 평균  $2.72 \pm 1.97 \mu\text{g/g}$ 이 함유되었다. 그 외의 장기조직에는 함량이 낮아서 폐에는 평균  $0.459 \pm 0.526 \mu\text{g/g}$ , 비장, 심장, 고환, 대뇌에는 각각 평균  $0.424 \pm 0.347 \mu\text{g/g}$ ,  $0.338 \pm 0.382 \mu\text{g/g}$ ,  $0.297 \pm 0.235 \mu\text{g/g}$  및  $0.199 \pm 0.291 \mu\text{g/g}$ 이 함유된 것으로 나타났다. 뼈에는 평균  $0.087 \pm 0.100 \mu\text{g/g}$ , 모발에는 평균  $0.050 \pm 0.077 \mu\text{g/g}$ 을 함유하고 있는 것으로 조사되었다. 1990년 중국인 24명의 부검사체를 대상으로 모발중 중금속의 함량을 측정 한 결과 Cd의 함량은 평균  $0.2 \mu\text{g/g}$ 이었으며, Cd의 함량은 모발과 신장피질 ( $p < 0.05$ ) 사이에 유의성이 있었으나, 모발과 간장 및 모발과 폐 사이에는 유의성이 없었다고 보고하였으며 (Zhuang et al., 1990), Liu는 Cd오염지역인 나가사키지역 주민의 모발중 Cd함량은 1979년  $0.109 \mu\text{g/g}$ 에서 1996년  $0.055 \mu\text{g/g}$ 으로 유의성있게 감소하였으며, 모발중 Cd함량과 소변중 Cd함량 사이에는 순상관관계가 있다고 보고하였다 (Liu, 1999). 한국인에 대한 이번 연구에서 모발중의 Cd함량은 뼈 ( $p < 0.01$ ), 신장피질, 폐 및 비장 ( $p < 0.05$ )에서의 함량과 상관성이 관찰되었으며, 타 장기 조직과는 유의성이 나타나지 않았다.

Hg는 alkyl mercury와 분리하지 않고 총 mercury로서 함량을 측정하였다. 장기별로 보면 뼈에

**Table 3.** Elemental concentrations in internal organs and hair of Korean ( $\mu\text{g/g} \cdot \text{wet weight}$ )

Element	Liver		Kidney Cortex		Kidney Medulla		Heart		Lung	
	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)
Cd	159	2.72 (1.97)	159	37.5 (17.9)	154	28.2 (14.5)	160	0.338 (0.382)	154	0.459 (0.526)
Hg	159	0.176 (0.183)	158	0.271 (0.247)	154	0.243 (0.252)	162	0.107 (0.210)	158	0.146 (0.179)
Pb	161	0.145 (0.281)	159	0.167 (0.256)	155	0.126 (0.224)	162	0.171 (0.267)	159	0.233 (0.315)
Zn	157	48.3 (17.7)	156	48.8 (14.7)	154	41.5 (14.5)	151	26.2 (5.96)	154	11.9 (4.01)
Element	Spleen		Cerebrum		Testis		Bone		Hair	
	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)
Cd	155	0.424 (0.347)	158	0.199 (0.291)	85	0.297 (0.235)	154	0.087 (0.100)	147	0.050 (0.077)
Hg	157	0.146 (0.156)	156	0.085 (0.114)	86	0.070 (0.109)	161	2.27 (2.02)	157	0.843 (0.629)
Pb	158	0.127 (0.236)	159	0.069 (0.172)	86	0.139 (0.230)	160	1.48 (1.36)	147	2.09 (2.21)
Zn	157	16.9 (4.79)	159	12.3 (4.05)	84	12.0 (3.74)	158	56.0 (17.7)	140	148 (32.9)

**Table 4.** Correlation coefficient (r) of Cadmium concentrations between tissues

	Li	Kc	Km	He	Lu	Sp	Ce	Te	Bo	Ha
Li	1	0.409**	0.334**	0.119	0.195*	0.366**	0.075	0.372**	0.220**	0.018
Kc		1	0.877**	0.222**	0.349**	0.441**	0.284**	0.459**	0.421**	0.197*
Km			1	0.288**	0.333**	0.515**	0.324**	0.459**	0.408**	0.148
He				1	0.438**	0.479**	0.547**	0.237*	0.141	0.106
Lu					1	0.350**	0.491**	0.237*	0.215**	0.185*
Sp						1	0.433**	0.480**	0.257**	0.170*
Ce							1	0.334**	0.172*	0.137
Te								1	0.434**	0.052
Bo									1	0.355**
Ha										1

Li : Liver, Kc : Kidney Cortex, Km : Kidney Medulla, He : Heart, Lu : Lung, Sp : Spleen, Ce : Cerebrum, Te : Testis Bo : Bone, Ha : Hair  
 Figures in the table are correlation coefficients between tissues which are significant at 5% (\*) and 1% (\*\*), respectively.

**Table 5.** Correlation coefficient (r) of Mercury concentrations between tissues

	Li	Kc	Km	He	Lu	Sp	Ce	Te	Bo	Ha
Li	1	0.397**	0.331**	0.270**	0.398**	0.459**	0.515**	0.433**	0.295**	0.480**
Kc		1	0.848**	0.402**	0.289**	0.232**	0.233**	0.324**	0.261**	0.285**
Km			1	0.512**	0.345**	0.270**	0.313**	0.415**	0.242**	0.266**
He				1	0.374**	0.404**	0.454**	0.794**	0.309**	0.334**
Lu					1	0.509**	0.518**	0.716**	0.464**	0.454**
Sp						1	0.397**	0.485**	0.477**	0.373**
Ce							1	0.737**	0.214**	0.495**
Te								1	0.386**	0.572**
Bo									1	0.278**
Ha										1

Li : Liver, Kc : Kidney Cortex, Km : Kidney Medulla, He : Heart, Lu : Lung, Sp : Spleen, Ce : Cerebrum, Te : Testis Bo : Bone, Ha : Hair  
 Figures in the table are correlation coefficients between tissues which are significant at 5% (\*) and 1% (\*\*), respectively.

서 평균  $2.27 \pm 2.02 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많이 검출되었으며, 신장피질  $0.271 \pm 0.247 \mu\text{g/g}$ , 신장수질  $0.243 \pm 0.252 \mu\text{g/g}$ , 간장  $0.176 \pm 0.183 \mu\text{g/g}$ , 비장  $0.146 \pm 0.156 \mu\text{g/g}$ , 폐  $0.146 \pm 0.179 \mu\text{g/g}$ , 심장  $0.107 \pm 0.210 \mu\text{g/g}$  및 대뇌  $0.085 \pm 0.114 \mu\text{g/g}$ 을 함유된 것으로 나타났다. 모발에는 평균  $0.843 \pm 0.629 \mu\text{g/g}$  함유하고 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서 측정된 한국인 모발중 수은의 함량은 중국인의 모발에서의 평균 수은 함량  $1.18 \pm 0.65 \mu\text{g/g}$ 보다는 낮았으나 (Zhuang *et al.*, 1990), 북부 폴란드지역 주민 모발에서의 평균 수은함량  $0.379 \pm 0.314 \mu\text{g/g}$  (Hac *et al.*, 2000)보다는 높게 나타났다.

모발과 장기조직간의 Hg 함량에 대한 상관성을 보면, 중국인을 대상으로 한 실험결과 모발과 신장피질, 모발과 간장 및 모발과 폐 사이에서 모두

유의성이 관찰되지 않았다고 보고되었으나 (Zhuang *et al.*, 1990), 스웨덴인을 대상으로 한 연구결과에서는 Hg함량이 모발과 신장피질 사이에 강한 상관성이 있고, 신장피질과 간장 사이에는 약한 상관성이 있다고 보고하였으며 (Muramatsu *et al.*, 1988), 일본인을 대상으로 한 연구에서 모발중 총수은 또는 유기수은의 함량을 장기 조직중 총수은 또는 유기수은의 함량과 비교하여 보았을 때, 모발중 Hg의 함량은 대뇌, 소뇌, 심장, 비장, 간장, 신장피질 및 신장수질중 수은의 함량과 매우 유의성있는 상관성이 있다고 보고하였다 (Suzuki *et al.*, 1993).

한국인에 대한 이번 연구에서 모발중의 Hg함량은 간장, 신장피질, 신장수질, 심장, 폐, 비장, 대뇌, 고환 및 뼈 ( $p < 0.01$ )에 함유된 Hg함량과 강한 상관성이 있음을 보여주어 일본인을 대상으로 시험

**Table 6.** Correlation coefficient (r) of Lead concentrations between tissues

	Li	Kc	Km	He	Lu	Sp	Ce	Te	Bo	Ha
Li	1	0.567**	0.556**	0.477**	0.489**	0.469**	0.582**	0.525**	0.327**	0.115
Kc		1	0.529**	0.650**	0.516**	0.603**	0.485**	0.480**	0.390**	0.160
Km			1	0.684**	0.655**	0.504**	0.460**	0.615**	0.389**	0.073
He				1	0.735**	0.539**	0.482**	0.728*	0.459**	0.233
Lu					1	0.514**	0.474**	0.792*	0.490**	0.231**
Sp						1	0.435**	0.442**	0.220**	0.151
Ce							1	0.539**	0.288**	0.082
Te								1	0.558**	0.117
Bo									1	0.177*
Ha										1

Li : Liver, Kc : Kidney Cortex, Km : Kidney Medulla, He : Heart, Lu : Lung, Sp : Spleen, Ce : Cerebrum, Te : Testis Bo : Bone, Ha : Hair  
 Figures in the table are correlation coefficients between tissues which are significant at 5% (\*) and 1% (\*\*), respectively.

**Table 7.** Correlation coefficient (r) of Zinc concentrations between tissues

	Li	Kc	Km	He	Lu	Sp	Ce	Te	Bo	Ha
Li	1	0.124	0.055	0.289**	0.447**	0.460**	0.427**	0.430**	0.107	0.003
Kc		1	0.839**	0.478**	0.377**	0.479**	0.418**	0.369**	0.423**	0.272**
Km			1	0.424**	0.341**	0.400**	0.380**	0.305**	0.467**	0.262**
He				1	0.420**	0.698**	0.612**	0.544*	0.313**	0.155
Lu					1	0.669**	0.619**	0.651**	0.360**	0.211*
Sp						1	0.785**	0.740**	0.454**	0.300**
Ce							1	0.852**	0.443**	0.193*
Te								1	0.407**	0.368**
Bo									1	0.327**
Ha										1

Li : Liver, Kc : Kidney Cortex, Km : Kidney Medulla, He : Heart, Lu : Lung, Sp : Spleen, Ce : Cerebrum, Te : Testis Bo : Bone, Ha : Hair  
 Figures in the table are correlation coefficients between tissues which are significant at 5% (\*) and 1% (\*\*), respectively.

한 결과와 유사하였다.

Pb는 뼈에 평균  $1.48 \pm 1.36 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많이 함유된 것으로 나타났고 장기 중에서는 폐에서 평균  $0.233 \pm 0.315 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많이 함유된 것으로 조사되었다. 그 외 각 장기별로 보면 평균 함량은 심장  $0.171 \pm 0.267 \mu\text{g/g}$ , 신장피질  $0.167 \pm 0.256 \mu\text{g/g}$ , 간장  $0.145 \pm 0.281 \mu\text{g/g}$ , 고환  $0.139 \pm 0.230 \mu\text{g/g}$ , 비장  $0.127 \pm 0.236 \mu\text{g/g}$ , 신장수질  $0.126 \pm 0.224 \mu\text{g/g}$ , 대뇌  $0.069 \pm 0.172 \mu\text{g/g}$ 이 검출되었으며, 모발에는 평균  $2.09 \pm 2.21 \mu\text{g/g}$ 이 검출되었다.

본 연구에서 측정된 한국인 모발에서의 납 함량은 오염지역에 거주한 폴란드인 모발에서의 평균 함량  $4.8 \mu\text{g/g}$  (Nowak *et al.*, 2000) 및 그리스의 비오염지역에서 농업에 종사하는 사람의 모발에서의 평균함량  $4.4 \mu\text{g/g}$  (Leotsinidis *et al.*, 1990)과

비교해서 매우 낮았으나, 폴란드 루블린지역의 학생평균  $1.84 \mu\text{g/g}$  (Zaborowska *et al.*, 1997)에 비해서는 약간 높았다.

납제련소에서 근무하다 사망한 스웨덴 사람의 장기조직과 모발에서 납함량을 측정된 결과 모발과 간장, 모발과 신장에 함유된 Pb의 함량에 유의성있는 상관성이 있다는 보고 (Gerhardsson *et al.*, 1995)가 있으나, 본 시험에서 한국인에 대한 모발 중 Pb의 함량은 폐 ( $p < 0.01$ ) 및 뼈 ( $p < 0.05$ )에 함유된 Pb의 함량과 유의성있는 상관성이 있었다.

Zn은 신장피질, 신장수질 및 간장에 평균  $48.8 \pm 14.7 \mu\text{g/g}$ ,  $41.5 \pm 14.5 \mu\text{g/g}$ ,  $48.3 \pm 17.7 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많이 함유되어 있었다. 그 외의 장기조직에서의 함량을 보면 심장에 평균  $26.2 \pm 5.96 \mu\text{g/g}$ , 비장에 평균  $16.9 \pm 4.79 \mu\text{g/g}$ , 대뇌에 평균  $12.3 \pm 4.05 \mu\text{g/g}$ , 고환에 평균  $12.0 \pm 3.74 \mu\text{g/g}$  및 폐에 평

균  $11.9 \pm 4.01 \mu\text{g/g}$ 의 순서로 함량이 낮았다. 뼈에는 평균  $56.0 \pm 17.7 \mu\text{g/g}$ , 모발에는 평균  $148 \pm 32.9 \mu\text{g/g}$ 을 함유하고 있는 것으로 조사되었다.

모발에서의 평균함량은 검출되어 북미지역 남성의 평균 함량  $119.6 \pm 4.6 \mu\text{g/g}$  (Strain *et al.*, 1966) 보다는 높았으나, 그리스의 비오염지역에서 농업에 종사하는 사람의 모발에서의 평균함량  $182.5 \mu\text{g/g}$  (Leotsinidis *et al.*, 1990) 및 1969년도에 측정된 건강한 남성  $167 \pm 5 \mu\text{g/g}$ , 건강한 여성  $172 \pm 9 \mu\text{g/g}$  (Schroeder *et al.*, 1969) 보다는 낮았다.

한국인 모발중 Zn함량은 신장피질, 신장수질, 비장, 고환, 뼈 ( $p < 0.01$ ), 폐 및 대뇌 ( $p < 0.05$ )에 함유된 Zn함량과 강한 상관성이 나타났다.

이상의 시험결과 모발과 장기조직중 중금속의 함량은 측정시기 및 지역에 따라 차이가 있었으며, 모발의 중금속 함량과 장기조직에 함유된 중금속 함량간에는 강한 상관성이 관찰되었으며, 모발 이외의 타 장기조직 사이의 중금속 함량간에도 유의성있는 상관성이 관찰되었다.

## 결 론

모발과 내부장기에 함유된 중금속 함량간의 상관성을 살펴보기 위하여 1999년 1월부터 2000년 11월까지 국립과학수사연구소에 부검 의뢰된 사체 162구에 대하여 각 부위별 장기(간장, 신장피질, 신장수질, 대뇌, 심장, 비장, 폐, 고환, 뼈 및 모발)를 채취하여 microwave를 이용하여 시료를 분해한 다음 유도결합플라즈마 원자발광광도법(ICP-AES)에 의해 카드뮴, 수은, 납 및 아연의 함량을 측정하였다. 그 결과 모발중의 Cd함량은 뼈 ( $p < 0.01$ ), 신장피질, 폐 및 비장 ( $p < 0.05$ )에서의 함량과 상관성이 관찰되었으며, 모발중 Pb의 함량은 폐 ( $p < 0.01$ ) 및 뼈 ( $p < 0.05$ )에 함유된 Pb의 함량과 유의성있는 상관성이 있었다. 모발중의 Hg함량은 간장, 신장피질, 신장수질, 심장, 폐, 비장, 대뇌, 고환 및 뼈 ( $p < 0.01$ )에 함유된 Hg함량과 강한 상관성이 있음을 보여주었으며, 모발중 Zn함량은 신장피질, 신장수질, 비장, 고환, 뼈 ( $p < 0.01$ ), 폐 및 대뇌 ( $p < 0.05$ )에 함유된 Zn함량과 강한 상관성이 나타났다.

## 감사의 말씀

이 연구는 국립환경연구원의 환경기술연구개발사업의 공공기반기술 개발사업 연구비에 의해 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 衛生試驗法註解. 日本藥學會編, 金原出版(株), 2000.
- Beijer K and Jernelov A. Sources, transport and transformation of metals in the environment, Handbook of the Toxicology of Metals, 2nd ed., General Aspects. Vol 1, p68. In Friberg L., Nordberg G.F. and Vouk V.B. (eds), Elsevier, Amsterdam, 1986.
- Cappon CJ and Smith JC. Mercury and Selenium Content and Chemical Form in Human and Animal Tissue. J. Anal. toxicol. 1981; 5(2): 90-98.
- Ellis KJ, Yasumura S and Cohn S. Hair cadmium content: is it a biological indicator of the body burden of cadmium for the occupationally exposed worker?. Am. J. Ind. Med. 1981; 2(4): 323-330.
- Friberg L, Elinder CG, Kjellstrom T and Nordberg GF. Cadmium and Health, A toxicological and Epidemiological Appraisal. General Aspects. Effects and Response. vol 1, 2, CRC Press, Boca Raton, FL, 1986.
- Gerhardsson L, Englyst V, Lundstrom NG, Nordberg G, Sandberg S and Steinvall F. Lead in tissues of deceased lead smelter workers. J. Trace Elem. Med. Biol. 1995; 9: 136-143.
- Hac E, Krzyzanowski M and Krechniak J. Total mercury in human renal cortex, liver, cerebellum and hair. Sci. Total Environ. 2000; 248(1): 37-43.
- Hirano S. Evaluation of Pulmonary Toxicity of Heavy Metal Compounds. Jpn. J. Hyg. 1996; 50(6): 1013-1025.
- Lee SK, Yoo YC, Yang JY, In SW and Chung KH. Concentration of heavy metals in normal Korean tissues. Kor. J. Env. Hlth. Soc. 1999; 25(4): 7-14.
- Leotsinidis M and Kondakis X. Trace metals in scalp hair of Greek agricultural workers. Sci. Total Environ. 1990; 95: 149-156.
- Liu XJ. Cadmium concentrations in hair, urine and blood among residents in a cadmium-polluted area, Nagasaki, Japan: a 18-year follow-up after soil replacement. Nippon Eiseigaku Zasshi. 1999; 54: 544-551.

- Muramatsu Y and Parr RM. Concentrations of some trace elements in hair, liver and kidney from autopsy subjects—relationship between hair and internal organs. *Sci. Total Environ.* 1988; 76(1) : 29–40.
- Nowak B and Chmielnicka J. Relationship of lead and cadmium to essential elements in hair, teeth, and nails of environmentally exposed people. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2000; 46(3) : 265–274.
- Schroeder HA and Nason AP. Trace metals in human hair. *J. Invest. Dermatol.* 1969; 53(1) : 71–78.
- Strain WH, Steadman LT, Lankau CA, Berliner WP. and Pories WJ. Analysis of zinc levels in hair for the diagnosis of zinc deficiency in man. *J. Lab. Clin. Med.* 1966; 68(2) : 244–249.
- Sugiyama S, Noda H, Tatsumi S, Yamaguchi M, Furutani A, Yasui M. and Yoshimura M. Comparison of heavy metal Concentrations in human Umbilical cord in 1980 and 1990. *Jpn. J. Legal Med.* 1996; 50(6) : 412–415.
- Suzuki T, Hongo T, Yoshinaga J, Imai H, Nakazawa M, Matsuo N and Akagi H. The hair–organ relationship in mercury concentration in contemporary Japanese. *Arch. Environ. Health.* 1993; 48(4) : 221–229.
- Yoo YC. Rapid determination of toxic elements in human tissue. *Annual Report of N.I.S.I.* 1998; 30 : 33–42.
- Zaborowska W and Wierci ski J. Content of lead, cadmium, copper and zinc in hair of school children from selected rural areas in greater Lublin. *Rocz. Panstw. Zakl. Hig.* 1997; 48 : 337–342.
- Zhuang GS, Wang YS, Tan MG, Zhi M, Pan WQ and Cheng YD. Preliminary study of the distribution of the toxic elements As, Cd, and Hg in Human hair and tissues by RNAA. *Biol. Trace Elem. Res.* 1990; 26–27 : 729–736.