

인체 신장피질과 신장수질에서 중금속류의 분포 및 특성

유영찬[#] · 이상기 · 양자열 · 김기욱 · 이수연 · 정규혁*

국립과학수사연구소, *성균관대학교 약학부

(Received September 7, 2001; Revised October 11, 2001)

Distribution and Characterization of Heavy Metals in Human Kidney Cortex and Kidney Medulla

Young Chan Yoo, Sang Ki Lee, Ja Youl Yang, Ki Wook Kim, Soo-Yeun Lee and Kyu Hyuck Chung*

National Institute of Scientific Investigation, Seoul 158-097, Korea

*College of Pharmacy Sung Kyun Kwan University, Suwon 440-746, Korea

Abstract — Heavy metals, such as Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Si, Sn, V and Zn, were analyzed on kidney cortex and medulla of Korean obtained from 154 forensic medical autopsy cadavers. Heavy metals were analysed by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. In kidney cortex, the concentrations of Al, Cd, Cu, Mn, Mo, Pb, Se, Si and Zn were significantly higher than in the kidney medulla (Cd, Cu, Mn, Mo, Zn : $p < 0.01$, Al, Pb, Se, Si : $p < 0.05$). No significant local differences were found between kidney cortex and kidney medulla in the concentrations of As, Cr, Fe, Hg, Ni, Sn and V. In kidney cortex and kidney medulla, Cd concentrations correlated positively with age, but Mn concentrations correlated negatively with age. A significantly positive correlation between Cd and Zn, Cd and Cu, Zn and Cu, Al and Si, Se and As was found in kidney cortex and kidney medulla. A significantly positive correlation between Hg and Se was only observed in kidney cortex. These results indicate that the distribution of hazardous heavy metals is similar to that of essential elements in the tissues.

Keywords □ Kidney cortex, kidney medulla, heavy metals, ICP-AES, age, interrelationship

산업활동의 결과 인체에 유해한 중금속이 환경에 배출되어 동물이나 사람에게 축적되고 있다.¹⁾ 중금속은 생물체가 정상적인 생리 기능을 유지하기 위해 꼭 필요로 하는 필수중금속과 환경공해물질로서 생체에 해로운 영향을 미치는 유해중금속으로 구분된다. 이러한 중금속류는 일반적으로 생체내로 흡수되면 생체내 물질과 결합하여 잘 분해되지 않는 유기복합체를 형성하기 때문에 몸밖으로 빨리 배출되지 않고 간장, 신장 등의 실질장기나 뼈에 축적되는 성질이 강한 물질이다. 신장은 체내에 쌓여있는 노폐물 배출 기능, 전해질의 조절기능, 호르몬의 생성기능 및 비타민 D의 활성화기

능을 담당하고 있는데, 외부에서 체내로 유입된 노폐물의 배출기능으로 인하여 축적성이 있는 중금속류가 다량 축적되게 된다. 또한 신장은 피질과 수질로 구분되어 있는데 피질에는 주로 모세혈관 덩어리인 사구체가 있고 수질에는 가늘고 긴 세뇨관이 있다. 따라서 중금속류의 축적정도도 피질과 수질에 따라 다르게 나타난다고 보고된 바도 있다.²⁻¹²⁾

중금속은 음식물이나 거주환경 및 작업환경 등 다양한 노출경로로부터 인체에 유입되어 축적되므로 생활 환경에 따라 축적정도가 달라질 수 있다. 따라서 인체에 정상적으로 존재하는 기본적인 축적량을 명확하게 설정하는 데는 큰 어려움이 따른다. 또한 인체내 중금속 함량은 Schmidt 등¹³⁾의 보고에서 보는 바와 같이 연령에 따라 변화가 있다. 더욱이 중금속은 종류에 따

[#] 본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로
(전화) 02-2600-4601 (팩스) 02-2600-4609

라 체내에서의 축적이 상관성을 가지고 있음이 알려지고 있다. 중금속 농도사이의 상관관계에 대한 연구로는 물개와 돌고래의 간장에서 수은에 대한 셀레늄의 보호효과와 관련하여 농도의 상관관계를 처음 보고한 이래 지속적으로 확증되고 있다.²¹⁻²⁴⁾ 그러므로 여러 선진국에서는 자국민을 대상으로 체내에 존재하는 중금속류의 분포 및 중금속류 농도간의 상관관계에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다.²⁻²⁰⁾ 본 연구에서는 서울경기 지역에서 사망한 사체 154구의 신장피질과 수질을 채취하여 microwave digestion system 방법으로 분해한 다음 ICP-AES로 Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Si, Sn, V 및 Zn 등 16종의 중금속함량을 측정하여, 한국인 체내에 정상적으로 존재하는 평균함량을 구하고, 신장피질과 신장수질에서 중금속 함량의 차이를 측정하였다. 또한 이들 중금속 함량의 연령증가에 따른 변화와 필수 및 유해 중금속 함량간의 상관관계를 조사하였다.

실험방법

시료의 채취 - 1998년 12월부터 2000년 11월까지 서울·경기 지역에서 부검의뢰된 사체중 154구를 무작위로 선정하여 신장피질 및 신장수질을 채취하여 -40°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 시료사체 154구는 남성 99구, 여성 55구였으며 연령은 12세에서 87세의 범위였고, 평균 40.6세였다.

분석방법 - 신장피질 및 신장수질의 분해 및 중금속류 측정은 전보²⁵⁾에 보고한 방법을 사용하였다. 즉 신장피질 및 신장수질 약 2g을 밀폐형 teflon vessel에 정확히 취한 다음 유해금속측정용 농질산 6 ml와 H₂O₂ 1 ml를 넣고 microwave digestion system (Milestone s.r.l. mls 1200 mega, Italy)으로 분해하였다. 분해액에 증류수를 가하여 20 ml로 눈금을 맞춘 다음 시험용액으로 하였으며, 시약만을 넣고 시료와 동일한 조건으로 처리하여 공시험용 시험용액으로 하였다. 중금속 측정에 사용된 유도결합형 플라즈마 원자 발광광도계(ICP-AES)는 Thermo Jarrell Ash 사(USA)의 AtomScan 25이었다.

통계학적 분석 - SPSS Program을 이용하여 신장피질 및 신장수질에서 측정된 중금속함량의 평균, 표준편차, 95% 신뢰구간 및 신장피질과 신장수질 사이의 중금속 함량간의 차이에 대한 유의성 검정을 실시하였

으며, 중금속 함량과 연령간의 상관관계, 조직내에서 중금속간의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨 상관계수를 측정하고, 이 상관계수에 대해 t-검정을 실시하였고 p값이 0.05보다 작을 때 유의성이 있는 것으로 판정하였다.

실험결과 및 고찰

서울·경기 지역에서 생활하다 사망한 한국인 사체중 무작위로 채취한 154구의 사체에서 신장피질과 수질을 채취하였다. 이들 시료의 연령별, 성별 분포는 Table I에서 보는 바와 같이 사망시 남성은 99구, 여성은 55구였으며 30대와 40대가 높은 비율을 차지하고 있었다.

간장에 각 중금속류를 일정량 가하여 microwave digestion system을 이용하여 분해한 후 측정된 회수율은 77% 이상이었으며 상대표준편차(RSD)도 5% 이하의 양호한 결과를 얻었다.²⁵⁾ Table II는 한국인 신장피질과 신장수질에 함유되어 있는 각 중금속의 평균 농도와 표준편차, 함량범위 및 95% 신뢰구간을 µg/g·wet weight로 표시한 것이다. 또한 신장 부위에 따른 중금속류의 함량차이를 조사하였다. 개별 중금속의 농도가 검출한계 미만일 경우에는 평균값 계산시 영으로 처리하였다. 알루미늄(Al), 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 망간(Mn), 몰리브덴(Mo), 납(Pb), 셀레늄(Se), 규소(Si) 및 아연(Zn)의 함량은 신장피질에서 신장수질에 비해 유의성있게 높게 나타났다(Cd, Cu, Mn, Mo, Zn: p<0.01, Al, Pb, Se, Si: p<0.05). 비소(As), 수은(Hg) 및 바나듐(V)의 함량은 신장피질에서 신장수질에 비해 높았으나 유의성은 없었으며, 크롬(Cr), 철(Fe), 니켈(Ni) 및 주석(Sn)의 함량은 신장피질과 신장수질 사이에 차이를 발견할 수 없었다. Yoshinaga 등³⁾은

Table I - Distribution of age and sex of individual subjects

Age group	Male	Female	Total
Teens	3	9	12
Twenties	10	7	17
Thirties	27	22	49
Forties	29	12	41
Fifties	19	4	23
Sixties	9	-	9
Seventies	2	1	3
Total	99	55	154

Table II - Elemental concentrations in Korean human kidney cortex and kidney medulla($\mu\text{g/g}$ · wet weight)

Element	Kidney Cortex				Kidney Medulla			
	N	Mean(SD)	Range	95% CI	N	Mean(SD)	Range	95% CI
Al	153	4.0(4.3)*	≤ 31	3.3-4.7	147	3.1(3.2)	≤ 27	2.6-3.7
As	154	0.18(0.26)	≤ 2.1	0.14-0.22	148	0.14(0.21)	≤ 0.95	0.11-0.18
Cd	151	37(18)**	9.0-102	35-40	146	28(15)	4.7-74	26-31
Cr	153	0.12(0.11)	≤ 0.69	0.10-0.14	147	0.12(0.11)	≤ 0.68	0.10-0.14
Cu	154	2.6(0.96)**	0.16-6.9	2.4-2.7	148	2.3(0.88)	0.16-6.1	2.1-2.4
Fe	154	85(32)	14-157	80-90	148	87(33)	15-163	82-92
Hg	151	0.28(0.28)	≤ 2.1	0.23-0.32	147	0.25(0.28)	≤ 1.9	0.20-0.30
Mn	154	1.0(0.27)**	≤ 1.8	0.99-1.1	148	0.86(0.26)	≤ 1.5	0.82-0.90
Mo	154	0.28(0.15)**	≤ 0.98	0.26-0.30	148	0.21(0.13)	≤ 0.80	0.19-0.24
Ni	153	0.06(0.09)	≤ 0.37	0.04-0.07	148	0.06(0.09)	≤ 0.36	0.04-0.07
Pb	154	0.20(0.31)*	≤ 1.6	0.15-0.25	147	0.13(0.23)	≤ 1.0	0.10-0.17
Se	153	1.3(0.63)*	≤ 4.3	1.2-1.4	146	1.1(0.61)	≤ 4.7	1.1-1.2
Si	150	11(18)*	≤ 125	8.4-14	144	7.8(8.0)	≤ 54	6.5-9.1
Sn	154	0.12(0.27)	≤ 1.4	0.08-0.17	148	0.11(0.26)	≤ 1.7	0.07-0.16
V	154	0.41(0.18)	≤ 1.4	0.39-0.44	148	0.38(0.14)	≤ 1.1	0.36-0.40
Zn	152	50(20)**	24-131	47-54	146	41(15)	16-77	39-44

CI : 신뢰구간 (Confidence Interval)

Significant difference between kidney cortex and kidney medulla : * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

일본인 신장피질과 신장수질에서 중금속의 함량을 측정된 결과 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 및 아연(Zn)의 함량이 신장피질에서 높게 검출되었으며, 철(Fe)의 함량은 두 조직간에 차이가 없었다고 보고하였는데 이는 본 실험의 결과와 일치하였다.

알루미늄(Al)의 함량은 신장피질에 $4.0 \pm 2.3 \mu\text{g/g}$, 신장수질에 $3.1 \pm 3.2 \mu\text{g/g}$ 이 검출되어, 1980년 Yukawa 등¹⁶⁾이 보고한 일본인 신장에서의 평균값 $18 \pm 10 \mu\text{g/g}$ 보다는 4배 이상 낮게 나타났다. 비소(As)의 함량은 신장피질에 $0.18 \pm 0.26 \mu\text{g/g}$, 신장수질에 $0.14 \pm 0.21 \mu\text{g/g}$ 이 검출되어, 1980년 Yukawa 등¹⁶⁾이 보고한 일본인 신장에서의 평균값 $0.18 \pm 0.48 \mu\text{g/g}$ 과는 유사하였다. 카드뮴(Cd)은 신장피질에서 $37 \pm 15 \mu\text{g/g}$, 신장수질에서 $29 \pm 15 \mu\text{g/g}$ 의 고농도로 검출되어 카드뮴(Cd)이 신장에, 특히 신장피질에 고농도로 축적됨을 알 수 있었다. 한국인 신장피질에서 검출된 카드뮴(Cd)의 함량은 일본인 평균³⁾ $80.4 \pm 64.8 \mu\text{g/g}$ 에 비교해서는 1/2 이하로 낮았으나, 독일인($27.3 \pm 29.7 \mu\text{g/g}$)⁸⁾ 스페인인($14.6 \pm 5.9 \mu\text{g/g}$)⁵⁾에 비교해서는 높았다. 신장수질에서의 카드뮴(Cd) 함량은 신장피질과 마찬가지로 일본인 평균³⁾ $46.2 \pm 43.8 \mu\text{g/g}$ 에 비교해서는 낮았으나, 독일인($9.3 \pm 11.7 \mu\text{g/g}$)⁸⁾ 스페인인($8.6 \pm 4.3 \mu\text{g/g}$)⁵⁾에 비교해서는 높았다.

크롬(Cr)의 함량은 신장피질과 신장수질에서 $0.12 \pm 0.11 \mu\text{g/g}$ 로 같았으며, 일본인의 평균값¹⁶⁾인 $0.08 \pm 0.28 \mu\text{g/g}$ 보다는 약간 높게 나타났다. 구리(Cu)의 함량은 신장피질에서 $2.6 \pm 0.96 \mu\text{g/g}$, 신장수질에서 $2.3 \pm 0.88 \mu\text{g/g}$ 로 검출되어, 한국인 신장피질 및 신장수질에서 검출된 구리(Cu)의 함량은 1990년 보고된 일본인 평균³⁾ $3.97 \pm 2.58 \mu\text{g/g}$, $3.58 \pm 3.03 \mu\text{g/g}$ 에 비교해서는 낮았으나, 1980년 보고된 신장에서의 일본인 평균³⁾ $2.4 \pm 1.0 \mu\text{g/g}$ 과는 유사하였다. 철(Fe)의 함량은 신장피질에서 $85 \pm 32 \mu\text{g/g}$, 신장수질에서 $87 \pm 33 \mu\text{g/g}$ 로 검출되어, 일본인 평균³⁾ $94.9 \pm 57.0 \mu\text{g/g}$, $92.9 \pm 65.1 \mu\text{g/g}$ 에 비해 약간 낮았다. 수은(Hg)의 함량은 신장피질에서 $0.28 \pm 0.28 \mu\text{g/g}$, 신장수질에서 $0.25 \pm 0.28 \mu\text{g/g}$ 이 검출되어, 일본인 평균³⁾ $1.47 \pm 4.44 \mu\text{g/g}$, $0.95 \pm 2.66 \mu\text{g/g}$ 에 비해 낮았으나, 독일인 신장피질의 평균¹⁸⁾ $0.17 \pm 0.24 \mu\text{g/g}$ 보다는 높았다. 신장조직중 수은(Hg)의 함량은 일본인²⁶⁾은 $0.55 \pm 0.02 \mu\text{g/g}$, 미국인²⁷⁾은 $0.757 \pm 0.246 \mu\text{g/g}$, 스웨덴인²⁰⁾은 $0.229 \mu\text{g/g}$ 을 함유한다는 보고와 비교할 때 한국인의 신장에서 수은(Hg)의 함량은 일본인과 미국인보다는 낮았으나, 유럽인보다는 높았다. 망간(Mn) 및 몰리브덴(Mo)의 함량은 신장피질이 신장수질보다 유의성있게 높았으며, 니켈의 함량은 신장 두 부위간에 차이가 없었다. 납(Pb)의 함량은 신

Table III – Correlation coefficients of elemental concentration with age

	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn
Kidney cortex	-	-	0.329**	-	-	-	-	-0.321**
Kidney medulla	-	-	0.290**	-	-	-	-	-0.253**
	Mo	Ni	Pb	Se	Si	Sn	V	Zn
Kidney cortex	-	-	-	-	-	-	-	-
Kidney medulla	-	-	-	-	-	-	-	-

Figures in the table are coefficients between elemental concentration and age : *p<0.05; **p<0.01
 (-) means not significant.

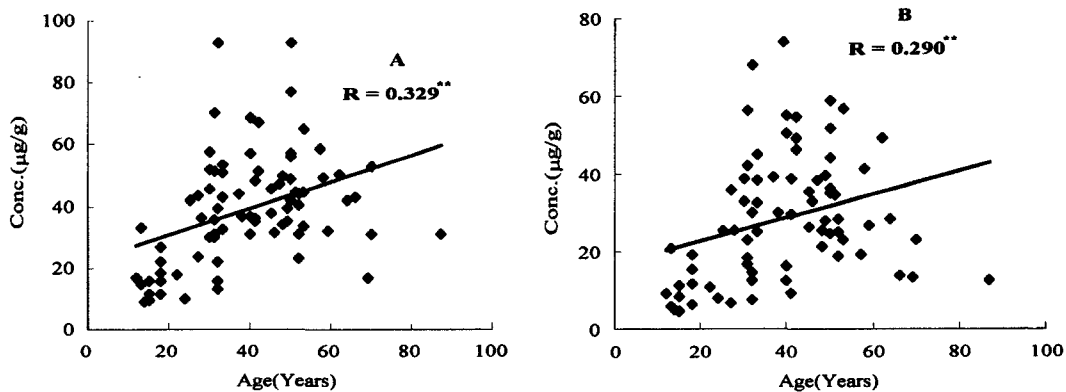


Fig. 1 – Correlation between age and Cd concentration in kidney cortex(A) and kidney medulla(B) (**p<0.01). Significantly positive correlations between age and Cd concentration in kidney means Cd is accumulated in kidney as the increase of age.

장피질에서 $0.20 \pm 0.31 \mu\text{g/g}$, 신장수질에서 $0.13 \pm 0.23 \mu\text{g/g}$ 이 검출되어, 일본인¹⁵⁾ $0.47 \pm 0.23 \mu\text{g/g}$, 미국인¹³⁾ $2.2 \pm 2.5 \mu\text{g/g}$ 보다 낮게 나타났다. 셀레늄(Se)의 함량은 신장피질에서 $1.3 \pm 0.63 \mu\text{g/g}$, 신장수질에서 $1.1 \pm 0.61 \mu\text{g/g}$ 이 검출되어, 일본인 평균³⁾ $1.14 \pm 0.76 \mu\text{g/g}$, $1.10 \pm 1.76 \mu\text{g/g}$ 과는 매우 유사한 분포를 보여주었으나, 미국인 신장의 평균²⁸⁾ $1.81 \mu\text{g/g}$ 보다는 낮았다. 규소(Si)는 신장피질의 함량이 신장수질보다 약간 높았으며, 주석(Sn)과 바나듐(V)의 함량은 두 부위간에 차이가 없었다. 아연(Zn)의 함량은 신장피질에서 $50 \pm 20 \mu\text{g/g}$, 신장수질에서 $41 \pm 15 \mu\text{g/g}$ 의 고농도로 검출되어 아연(Zn)의 함량은 카드뮴(Cd)과 같이 신장에, 특히 신장피질에 고농도로 축적됨을 알 수 있었다. 한국인 신장피질에서 검출된 아연(Zn)의 함량은 일본인 평균³⁾ $72.0 \pm 30.5 \mu\text{g/g}$ 에 비교해서는 낮았으나, 스페인인 $38 \pm 10 \mu\text{g/g}$ ⁵⁾에 비교해서는 높았다. 신장수질에서의 카드뮴(Cd) 함량은 신장피질과 마찬가지로 일본인 평균³⁾ $49.8 \pm 27.3 \mu\text{g/g}$ 에 비교해서는 낮았으나, 스페인인 $25 \pm 7.7 \mu\text{g/g}$ ⁵⁾에 비교해서는 높았다.

Table III은 신장조직에서 중금속의 농도와 연령에 관한 상관관계를 나타낸 것이다. 카드뮴(Cd)의 함량은 연령의 증가에 따라 신장피질 및 신장수질에서 증가하는 경향을 보여주었으며(Fig. 1), 망간(Mn)의 함량은 연령의 증가에 따라 신장피질 및 신장수질에서 감소하는 경향을 보여주었다(Fig. 2). 알루미늄(Al), 비소(As), 크롬(Cr), 구리(Cu), 철(Fe), 수은(Hg), 몰리브덴(Mo), 니켈(Ni), 납(Pb), 셀레늄(Se), 규소(Si), 주석(Sn), 바나듐(V) 및 아연(Zn)의 함량은 신장조직에서 연령의 증가에 따른 유의성있는 농도변화가 관찰되지 않았다. Livingston²⁹⁾은 성인과 유아의 신장피질에서 카드뮴(Cd)의 농도를 측정하여, 카드뮴(Cd)농도와 연령간의 관련성을 보고하였으며, Elinder 등³⁰⁾은 신장피질, 간장 및 췌장에서 카드뮴(Cd)농도를 연령별, 성별로 비교 분석하였는데 카드뮴(Cd)농도는 연령증가 및 흡연과 밀접한 관계가 있음을 보고하였다. Yoshinaga 등⁸⁾도 간장과 신장중 카드뮴(Cd)의 농도는 연령과 밀접한 관계가 있다고 보고하였다. 본 연구에서 연령과 신장조직중 카드뮴(Cd)의 농도사이의 상관계수는 신장피질이

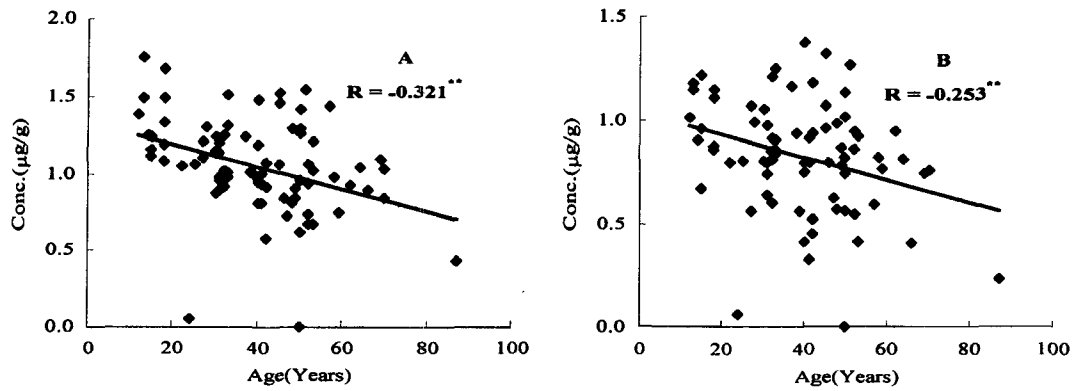


Fig. 2 - Correlation between age and Mn concentration in kidney cortex(A) and kidney medulla(B) (** $p < 0.01$).

Table IV - Correlation coefficients between heavy metals in kidney cortex and kidney medulla

Correlation	Se/Hg	Se/As	Cd/Zn	Cd/Cu	Zn/Cu	Al/Si
Kidney cortex	0.238**	0.187*	0.568**	0.426**	0.517*	0.530**
Kidney medulla	-	0.205*	0.695**	0.507**	0.484**	0.402**

Figures in the table are coefficients between elemental concentrations : * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$
 (-) means not significant.

신장수질보다 약간 높게 나타났으며 신장조직중 카드뮴(Cd)의 농도는 50대에서 가장 높았고, 그 이후에는 약간 감소하였는데 이는 간장 및 신장중 카드뮴(Cd)의 농도는 40대나 50대에서 가장 높고, 그 이후의 연령에서는 감소한다는 보고^{3,30-32})와 일치하였다.

Koeman 등²¹⁾이 물개와 돌고래의 간장에서 수은(Hg)과 셀레늄(Se) 농도의 상관관계를 처음 보고한 이래 장기조직 내에서 중금속류 농도의 상관관계 및 그 기전에 관한 연구가 많이 이루어져 왔다.^{2,3,13,20-24,28,33} 아직 그 기전이 명백하게 입증되지는 않았으나 유해금속의 독성을 감소시키기 위하여 필수금속이 저해물질

로 작용하여 장기조직내에 이들 금속이 공동으로 축적되고 있는 것으로 알려져 있다.

한국인 신장조직중 중금속 농도간의 상관관계는 Table IV와 같다. 본 연구에서 수은(Hg)과 셀레늄(Se)의 농도 사이에는 신장피질에서는 유의성있는 상관관계를 보여주었으나 신장수질에서는 유의성있는 상관관계를 나타내지 않았다.

Cappon 등²⁸⁾은 사람과 동물의 장기조직에서 수은(Hg)과 셀레늄(Se)의 농도간에는 유의성있는 상관관계가 없었다고 보고하였으나, 수은중독 희생자나 동물³³⁾의 간장 및 신장에서 수은(Hg)과 셀레늄(Se)의 농도 사

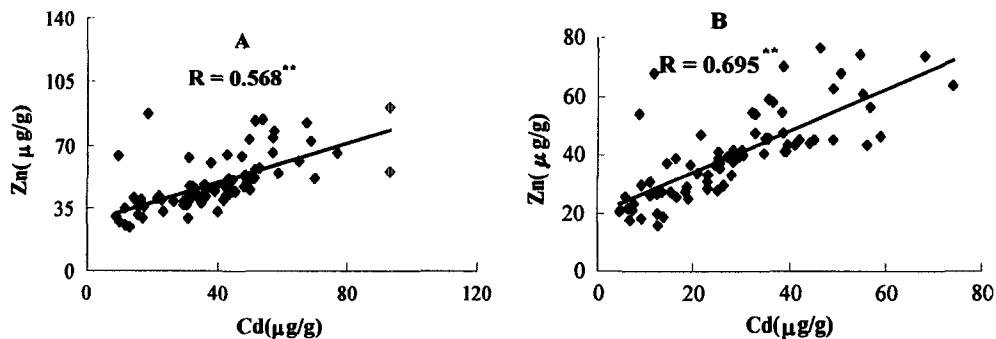


Fig. 3 - Correlation between the concentrations of Cd and Zn in kidney cortex(A) and kidney medulla(B) (** $p < 0.01$). Significantly positive correlations between Cd and Zn in kidney reflect the protective effects of zinc against toxic effects of Cd in human organs.

이에 유의성있는 상관관계는 지속적으로 관찰되었다. 본 연구의 결과 한국인의 신장조직에서 검출된 수은(Hg)의 함량이 낮아 수은(Hg)과 셀레늄(Se)사이의 상관관계가 신장피질에서만 나타난 것으로 사료된다. Kido 등²⁾은 이따이.이따이병에 걸린 환자 즉 카드뮴(Cd)에 노출된 사람과 노출되지 않은 사람의 간장 및 신장에서 카드뮴(Cd)과 아연(Zn)농도사이의 상관관계를 보고하였는데, 카드뮴(Cd)과 아연(Zn) 농도사이에는 카드뮴(Cd)에 노출된 사람과 노출되지 않은 사람에게서 공히 신장피질 및 수질에서 유의성을 관찰하였다. 본 연구에서는 카드뮴(Cd)과 아연(Zn) 농도사이에는 신장수질과 신장피질(Fig. 3)에서 모두 유의성이 관찰되어 이들 장기조직에서 카드뮴(Cd)은 아연(Zn)과 유사한 분포를 보이고 있음을 알 수 있었다. 셀레늄(Se)과 비소(As)농도 사이에는 신장피질과 신장수질에서 유의성이 관찰되었다. 이는 셀레늄(Se)과 비소(As)가 장기조직중에 고르게 분포되어 셀레늄(Se)이 비소(As)의 독성을 감소시키는 저해물질로 작용할 수 있음을 시사한다. 아연(Zn)과 구리(Cu)농도 사이에는 신장피질 및 신장수질에서 유의성있는 상관관계가 관찰되었는데 아연(Zn)과 구리(Cu)가 장기조직중에서 유사한 분포양상을 보이기 때문인 것으로 사료된다.

결 론

1998년 12월부터 2000년 11월까지 국립과학수사연구소에 부검의뢰된 서울경기지역에 거주한 한국인 사체 154구(남성 99구, 여성 55구)에 대하여 신장피질과 신장수질중 중금속류의 함량, 연령에 따른 상관관계와 유해금속과 필수금속간의 상호관련성을 규명하기 위하여 중금속 함량을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 알루미늄(Al), 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 망간(Mn), 몰리브덴(Mo), 납(Pb), 셀레늄(Se), 규소(Si) 및 아연(Zn)의 함량은 신장피질에서 신장수질에 비해 유의성 있게 높게 나타났다(Cd, Cu, Mn, Mo, Zn : $p < 0.01$, Al, Pb, Se, Si : $p < 0.05$).

2. 비소(As), 수은(Hg) 및 바나듐(V)의 함량은 신장피질에서 신장수질에 비해 높았으나 유의성은 없었으며, 크롬(Cr), 철(Fe), 니켈(Ni) 및 주석(Sn)의 함량은 신장피질과 신장수질사이에 차이를 발견할 수 없었다.

3. 카드뮴(Cd)은 신장피질 및 신장수질에서 연령의

증가에 따라 유의성있는 농도의 증가가 관찰되었으며, 망간(Mn)은 신장피질 및 신장수질에서 연령의 증가에 따라 유의성있는 농도의 감소가 관찰되었다.

4. 알루미늄(Al), 비소(As), 크롬(Cr), 구리(Cu), 철(Fe), 수은(Hg), 몰리브덴(Mo), 니켈(Ni), 납(Pb), 셀레늄(Se), 규소(Si), 주석(Sn), 바나듐(V) 및 아연(Zn)의 함량은 신장조직에서 연령의 증가에 따른 유의성있는 농도변화가 관찰되지 않았다.

4. 카드뮴(Cd)과 아연(Zn), 카드뮴(Cd)과 구리(Cu), 아연(Zn)과 구리(Cu), 알루미늄(Al)과 규소(Si), 셀레늄(Se)과 비소(As) 농도사이에는 신장피질 및 신장수질에서 모두 유의성있는 상관성이 관찰되었으며, 수은(Hg)과 셀레늄(Se)의 농도 사이에는 신장피질에서만 유의성있는 상관관계가 관찰되었다.

감사의 말씀

이 연구는 국립환경연구원의 환경기술연구개발사업의 공공기반기술 개발사업 연구비에 의해 수행되었습니다.

문 헌

- 1) Katz, A. : Mercury pollution : The making of an environmental crises. *Critical Rev. Env. Contr.* **2**, 517 (1972).
- 2) Kido, T., Tsuritani, I., Honda, R., Yamaya, H., Ishizaki, M., Yamada, Y. and Nagawa, K. : Selenium, zinc, copper and cadmium concentration in livers and kidneys of people exposed to environmental cadmium. *J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis.* **2**, 101 (1988).
- 3) Yoshinaga, J., Matsuo, N., Imai, H., Nakazawa, M., Suzuki, T., Morita, M. and Akagi, H. : Interrelationship between the concentrations of some elements in the organs of Japanese with special reference to selenium-heavy metal relationships. *Sci. Total Environ.* **91**, 127 (1990).
- 4) Yoshida, M., Ohta, H., Yamauchi, Y., Seki, Y., Sagi, M., Yamazaki, K. and Sumi, Y. : Age-dependent changes in metallothionein levels in liver and kidney of the Japanese. *Biol. Trace Elem. Res.* **63**, 167 (1998).
- 5) Torra, M., To-Figueras, J., Rodamilans, M., Brunet,

- M. and Corbella, J. : Cadmium and zinc relationships in the liver and kidney of humans exposed to environmental cadmium. *Sci. Total Environ.* **170**, 53 (1995).
- 6) Stewart, D. J., Dulberg, C., Molepo, J. M., Mikhael, N. Z., Montpetit, V. A., Redmond, M. D. and Goel, R. : Factors affecting human autopsy kidney cortex and kidney medulla platinum concentrations after cisplatin administration. *Cancer Chemother Pharmacol.* **34**, 14 (1994).
 - 7) Hardell, L., Wing, A. M., Ljungberg, B., Dreifaldt, A. C., Degerman, A. and Halman, G. : Levels of cadmium, zinc and copper in renal cell carcinoma and normal kidney. *Eur. J. Cancer Prev.* **3**, 45 (1994).
 - 8) Angerer, P., Kessel, R., Bencze, K., Tewordt, M., Mauermayer, R. and Friesen, A. : The cadmium content of human tissues from biopsies. *Zentralbl. Bakteriolog. Mikrobiol. Hyg. [B].* **187**, 18 (1988).
 - 9) Scott, R., Aughey, E., Fell, G. S. and Quinn, M. J. : Cadmium concentrations in human kidneys from the UK. *Hum. Toxicol.* **6**, 111 (1987).
 - 10) Thurauf, J., Schaller, K. H., Valentin, H., Weltle, D., Grote, K. and Schellmann, B. : Cadmium concentrations in autopsy material from differently polluted areas of West Germany(FRG). *Zentralbl. Bakteriolog. Mikrobiol. Hyg. [B].* **182**, 33 (1986).
 - 11) Svartengren, M., Elinder, C. G., Friberg, L. and Lind, B. : Distribution and concentration of cadmium in human kidney. *Environ. Res.* **39**, 1 (1986).
 - 12) Feustel, A., Wennrich, R. and Dittrich, M. : Studies of Cd, Zn and Cu levels in human kidney tumours and normal kidney. *Urol. Res.* **14**, 105 (1986).
 - 13) Schmidt, R. and Wilber, C. G. : Mercury and lead content of human body tissues from a selected population. *Med. Sci. Law*, **18**, 155 (1978).
 - 14) Liebscher, K. and Smith, H. : Essential and nonessential trace elements. A method of determining whether an element is essential or nonessential in human tissue. *Arch. Environ. Health*, **17**, 881 (1968).
 - 15) Sumino, K., Hayakawa, K., Shibata, T. and Kitamura, S. : Heavy metals in normal Japanese tissues. *Arch. Environ. Health*, **30**, 487 (1975).
 - 16) Yukawa, M., Amano, K., Yasumoto, M. S. and Terai, M. : Distribution of Trace Elements in the Human Body Determined by Neutron Activation Analysis. *Arch. Environ. Health*, **35**, 36 (1980).
 - 17) Yamamoto, Y., Ushiyama, I. and Nishi, K. : Neutron Activation Analysis of trace elements in human organs. *Evaluation and Statistics*, **73** (1997).
 - 18) Drasch, G., Müller, R. K., Grasemann, F., Adang, M., Roeder, G. and Wowra, D. : Comparison of the burden of the population in the region of Leipzig and Munich with the heavy metals cadmium, lead and mercury-an investigation on human tissues. *Gesundheitswesen*, **56**, 263 (1994).
 - 19) Oldereid, N. B., Thomassen, Y., Attramadal, A., Olaisen, B. and Purvis, K. : Concentrations of lead, cadmium and zinc in the tissues of reproductive organs of men. *J. Reprod. Fertil.* **99**, 421 (1993).
 - 20) Weiner, J. A. and Nylander, M. : The relationship between mercury concentration in human organs and different predictor variables. *Sci. Total Environ.* **138**, 101 (1993).
 - 21) Koeman, J. H., Peeters, W. H. M., Koudstaal-Hol, C. H. M., Tjioe, P. S. and de Goeji, J. J. M. : Mercury-selenium correlations in marine mammals. *Nature*, **245**, 385 (1973).
 - 22) Koeman, J. H., van de Ven, W. S. M., de Goeji, J. J. M., Tjioe, P. S. and van Haaften, J. L. : Mercury and selenium in marine mammals and birds. *Sci. Total Environ.* **3**, 279 (1975).
 - 23) Norstrom, R. J., Schweinberg, R. E. and Collins, B. T. : Heavy metals and essential elements in livers of the polar bear (*Ursus maritimus*) in the Canadian Arctic. *Sci. Total Environ.* **48**, 195 (1986).
 - 24) Kari, T. and Kauranen, P. : Mercury and selenium contents of seals from fresh and brackish waters in Finland. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **19**, 273 (1978).
 - 25) 유영찬 : 인체장기 조직중 미량 유해 금속 원소의 신속 정량법에 관한 연구, 국립과학수사연구소보, **30**, 33 (1998).
 - 26) Matsuo, N., Suzuki, T. and Akagi, H. : Mercury concentration in organs of contemporary Japanese. *Arch. Environ. Health*, **44**, 298 (1989).
 - 27) Norman, K. M. and Ralph, L. B. : Mercury Burden of Human Autopsy Organs and Tissues. *Arch. Environ. Health*, **29**, 18 (1974).
 - 28) Cappon, C. J. and Smith C. : Mercury and selenium content and chemical form in human and animal

- tissue. *J. Anal. Toxicol.* **5**, 90 (1981).
- 29) Livingston, H. D. : Measurement and distribution of zinc, cadmium, and mercury in human kidney tissue. *Clin. Chem.* **18**, 67 (1972).
- 30) Elinder, C. G., Kjellstrom, T., Friberg, L., Lind, B. and Linnman, L. : Cadmium in kidney cortex, liver and pancreas from Swedish autopsies. *Arch. Environ. Health*, **31**, 292 (1976).
- 31) Kjellstrom, T. : Exposure and accumulation of cadmium in populations from Japan, the United States, and Sweden. *Environ. Health Perspect.* **28**, 169 (1979).
- 32) Spickett, J. T. and Lazner, J. : Cadmium concentrations in human kidney and liver tissues from western Australia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **23**, 627 (1979).
- 33) Ujioka, T. : Analytical studies on methylmercury in animal organs and foodstuffs. *J. Kumamoto Med. Sci.* **34**(suppl. 1), 383 (1960).