

한국인의 간과 콩팥조직 내 수은 함유량의 참고치

최병선, 박영주, 권일훈¹, 홍연표, 박정덕*

중앙대학교 의과대학 예방의학교실, ¹국립과학수사연구소

Reference Value of Mercury in Liver and Kidney of Korean

Byung-Sun Choi, Yeong-Ju Park, Il-Hoon Kweon¹,
Yeon-Pyo Hong and Jung-Duck Park*

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea
¹Department of Forensic Medicine, National Institute of Scientific Investigation, Pusan 606-081, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the reference value of mercury (Hg) in liver and kidney of Korean population. The mercury concentration in 244 'sudden and unexpected death' autopsies (male: 180, female: 64) aged from 0 to 87 years was analyzed. The concentration of mercury was measured by atomic absorption spectrophotometer (Perkin-Elmer Model 5100) with mercury/hydride generating system (FIAS 400).

The contents of mercury in liver and kidney fitted well the log-normal distribution rather than normal distribution. Geometric mean concentration of mercury in liver and kidney was 0.115 µg/g wet weight and 0.149 µg/g wet weight, respectively. Geometric mean concentration of mercury in female was higher than in male ($p < 0.01$). The mercury content in liver and kidney increased with age up to the forties and slightly decreased thereafter. The regression model of mercury deposit in liver and kidney by age was predicted as the following equation : $\text{Log LHg} = -1.0576 + 0.0045 \cdot \text{Age} - 0.0001 \cdot \text{Age}^2 + 0.0873 \cdot \text{Sex}$, $\text{Log KHg} = -1.0576 + 0.0152 \cdot \text{Age} - 0.0002 \cdot \text{Age}^2 + 0.1935 \cdot \text{Sex}$. The liver burden of mercury was estimated to be 158.3~161.3 µg in male and 163.0~166.9 µg in female. The kidney burden of mercury was estimated to be 42.0~42.9 µg in male and 55.5~57.1 µg in female

Key words : Reference value, Mercury, Liver, Kidney, Korean

서 론

수은은 상온에서 액체상태로 존재하는 유일한 금속으로 고대로부터 널리 이용되어 왔으며 현재 의학적인 사용은 거의 중단되었으나 아직까지 산업장에서 다양한 용도로 사용되고 있다(Saryan &

Zenz, 1994).

수은은 금속, 무기 및 유기 수은의 형태로 분류되며 쉽게 기화될 수 있는 성질로 인해 금속 수은을 취급하는 공정에 종사하는 근로자들에서는 쉽게 급·만성 수은 중독을 일으킬 수 있다. 우리나라에서도 1980년대 수은 온도계와 형광등 제조 공장 근로자들에서 급·만성 수은중독이 발생하여 사회문제가 된 바 있다(장미영 등, 1989). 의약품의 제조에 많이 이용되어온 무기 수은의 사용

* To whom correspondence should be addressed.
Tel: 82-2-820-5668, E-mail: jdpark@cau.ac.kr

은 최근 현저히 감소되었으나, 농약, 방부제, 살균제 및 농작물 보관 등에 널리 이용되고 있는 유기수은의 사용량은 크게 감소되고 있지 않은 실정이다.

환경으로 배출된 유기수은은 생태계의 먹이연쇄과정을 거치면서 농축되는 성질이 있어 농·축산물 및 수산물의 오염원이 되고 있다. 직업적으로 수은에 특별히 폭로된 적이 없는 일반주민들이 수은에 오염된 지역에 거주함으로써 급·만성수은 중독이 발생되었으며(Putman, 1972), 미량의 수은이라도 장기간 폭로시 만성적인 독성작용이 있어, 수은은 인체에 유해한 영향을 주는 주요한 환경오염물질로 평가되고 있다.

수은은 체내에 흡수되면 주로 뇌, 간, 콩팥에 축적되며 콩팥에서 가장 높은 농도를 나타낸다. 또한 수은 폭로는 생활주변의 환경오염 정도, 식생활 양식과 기호 등의 영향을 받으므로 수은의 체내 흡수량은 국가나 지역적으로 많은 차이가 있을 수 있다. 그러므로 일반주민을 대상으로 표적장기에서 수은 부하량의 측정은 환경오염으로 인한 만성적인 수은 폭로상태와 독성학적 연구에 중요할 것으로 판단되나 국내에서 수은 폭로에 대한 조사는 주로 머리카락과 혈액에서 수은 농도를 제시한 것(김용선과 정규철, 1982; 이원식과 김두희, 1994)에 제한되어 있고 표적장기에서의 수은 부하량에 대한 조사는 거의 찾아 볼 수 없다.

이번 연구는 특별히 수은에 폭로된 적이 없는 한국의 정상인을 대상으로 간과 콩팥내 수은량의 성별에 따른 차이와 연령에 따른 변화 및 수은 함유량의 정상치를 제시하고 간과 콩팥에서의 수은 부하량을 추정함으로써 향후 수은과 관련된 질환과의 인과관계 및 독성학적 연구를 위한 기초자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사대상

서울 및 인근 지역에서 1996/1997년에 '예기치 않은 갑작스런 사망(sudden and unexpected death)'으로 부검한 변사체중 중독증이나 특정 질환의 의심되는 것을 제외하고 부검 결과 정상인의 조

직에 해당되는 것으로 판단된 부검체중 244 예(남자: 180 예, 여자: 64 예)를 무작위 선택하여 조사 대상으로 하였다. 조사 대상자들의 사망 당시 확인이 가능하였던 사인상 특별히 수은에 폭로되었으리라 추정되는 과거력은 발견되지 않았으며, 이들의 직업력이나 식이 및 흡연력 등에 대해서는 조사되지 않았다.

2. 시료 채취 및 분석

1) 시료 채취

사체를 부검하는 즉시 간과 콩팥조직의 일부를 채취하여 시료로 사용하였다. 채취한 시료는 혈구를 제거한 후 polyethylene 채취병에 넣어 분석시까지 -20°C 에서 냉동·보관하였다.

2) 시료 분석

(1) 시료의 전처리

채취한 간과 콩팥은 Parker 등(1967)의 방법을 다소 수정하여 전처리하였다. 즉, 채취한 간과 콩팥조직 1g에 중금속 분석용 농질산(Junsei Chem. Co.)을 2ml 첨가한 다음 극초단파 회화기(Microwave Digestion System, MDS-2000, CEM Co.)를 이용하여 200-450 watt, 30-120 psi의 범위에서 단계별로 5분씩 5단계를 거쳐 습식분해하였다. 분해된 시료에 증류수를 첨가하여 분해액을 10 ml로 조정하였다.

(2) 중금속 정량

간과 콩팥조직이 분해된 시료에 함유된 수은량은 Hg/hydride generating system (FIAS 400)이 장착된 원자흡광분광광도계(Perkin-Elmer Model 5100)를 이용하여 총수은량을 분석하였다. 이때 carrier solution으로는 3% HCl을 이용하였고 reducing agent는 0.2% NaBH_4 (in 0.05% NaOH)를 이용하였다. 수은 표준용액은 1,000 ppm의 원자흡광분석용 용액(Sigma)을 희석하여 사용하였다. 시료는 반복 측정하였으며, 간과 콩팥 내 수은 농도는 $\mu\text{g/g wet weight}$ 로 나타내었다.

3. 통계처리

분석결과 얻은 간과 콩팥의 수은 함유량에 대한 통계적 분석은 SAS package (version 6.12)를 이용하였다. 조사대상자들의 간과 콩팥 내 수은 농

도의 분포는 정규분포보다는 대수정규분포에 더욱 적합하여 각 조직내 수은 농도의 측정치를 대수변환하여 통계처리하였다. 조직내 중금속 농도의 정규성은 Shapiro-Wilk 방법으로 검정하였고, 평균치의 비교는 t-검정과 ANOVA 및 Duncan 다중검정을 이용하였다. 한국인의 콩팥과 간조직내 수은 축적량과 장기별 부하량 및 간과 콩팥조직내 수은 축적량의 관계 등은 선형 및 비선형 회귀분석 (linear and non-linear regression analysis) 방법을 이용하였다.

결 과

1. 조사대상자들의 일반적 특성

조사대상자들의 성, 연령 및 지역별 분포는 Table 1과 같다. 즉, 성별로는 남자 180 예 (73.8%), 여자 64 예 (26.2%)로서 남자가 많았다. 연령별로는 남자의 경우 20~39세인 군이 85 예 (47.2%)로서 가장 많았고, 40~59세인 군이 77 예 (42.8%), 0~19세인 군이 12 예 (6.7%)였고 60세 이상 군이

6 예 (3.3%)이었다. 여자에서는 20~39세인 군이 36 예 (56.2%)로서 가장 많았고 60세 이상인 군이 12 예 (18.8%), 그리고 0~19세 군과 40~59세 군이 각각 8 예 (12.5%)로서 조사 대상자들의 연령별 분포는 남·녀간에 차이가 있었다 ($p < 0.01$). 지역별로는 서울지역에 거주하였던 사람이 113 예 (46.3%)이었고, 경인 지역에 거주하였던 사람이 131 예 (53.7%)이었다.

2. 간과 콩팥 내 수은 농도

조사대상자 244 예의 간과 콩팥 내 수은의(기하) 평균 농도는 Table 2와 같다. 즉, 한국인의 간과 콩팥 내 수은 농도는 각각 0.115 $\mu\text{g/g}$ wet weight와 0.149 $\mu\text{g/g}$ wet weight로서 장기간에는 콩팥 내 수은 축적량이 간에 비해 높게 나타났다 ($p < 0.01$). 성별로는 간에서는 조직 내 수은 농도가 남자는 0.110 $\mu\text{g/g}$ wet weight, 여자는 0.128 $\mu\text{g/g}$ wet weight로서 여자에서 높았고 ($p < 0.05$), 콩팥에서도 여자의 경우 0.193 $\mu\text{g/g}$ wet weight로서 남자의 0.136 $\mu\text{g/g}$ wet weight보다 유의하게 높았다 ($p < 0.01$). 간과 콩팥 내 수은 농도의 거주지역에 따른 차이

Table 1. Demographic characteristics of subjects

		Male		Female		Total	
		No.	%	No.	%	No.	%
Age (years)	0~19	12	6.7	8	12.5	20	8.2
	20~39	85	47.2	36	56.2	121	49.6
	40~59	77	42.8	8	12.5	85	34.8
	Above 60	6	3.3	12	18.8	18	7.4
District	Seoul	81	45.0	32	50.0	113	46.3
	Suburban area	99	55.0	32	50.0	131	53.7
Total		180	100.0	64	100.0	244	100.0

Table 2. Mean concentration of mercury by sex and district in the liver and kidney

		No.	(unit : $\mu\text{g/g}$ wet weight)			
			Liver		Kidney	
			GM	GSD	GM	GSD
Sex	Male	180	0.110	1.681	0.136	1.820
	Female	64	0.128	1.702	0.193	2.739
District	Seoul	113	0.111	1.649	0.149	2.024
	Suburban area	131	0.117	1.730	0.149	2.174
Total		244	0.115	1.692	0.149	2.102

GM: geometric mean, GSD: geometric standard deviation

는 보이지 않았다 ($p > 0.1$).

3. 연령에 따른 간과 콩팥 내 수은 축적량

조사대상자들의 간과 콩팥 내 수은 축적량의 연령에 따른 변화는 Fig. 1과 같다. 간과 콩팥 내 수은 축적량은 남자에서는 40 대까지는 연령에 따른 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 그 이후에는 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 여자의 경우 연령이 많아짐에 따라 약 40대까지는 두 장기 내 수은 축적량이 증가하였으나 40대 이후에는 감소되는 양상으로 관찰되었다. 연령별 조직 내 수은 축적량의 성별에 따른 차이는 간 내 수은 축적량은 30대와 40대에서 여자가 남자보다 높았고 ($p < 0.01$ in thirties, $p < 0.05$ in forties), 콩팥 조직내 수은 축적량은 30대에서 여자가 남자보다 통계적으로 유의하게 높은 것으로 관찰되었다 ($p < 0.01$). 이번 자료로부터 한국인에 있어서 성별로 각 연령별 간과 콩팥의 조직내 수은 축적량을 추정할 수 있는 예측식이 간의 경우 $\text{Log LHg} = -1.0576 + 0.0045 \cdot \text{Age} - 0.0001 \cdot \text{Age}^2 + 0.0873 \cdot \text{Sex}$ ($r =$

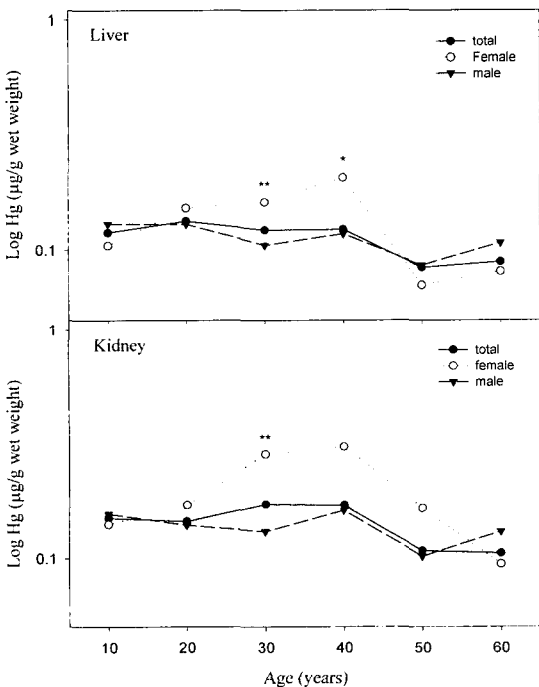


Fig. 1. Age-dependent pattern of mercury in the liver and kidney.

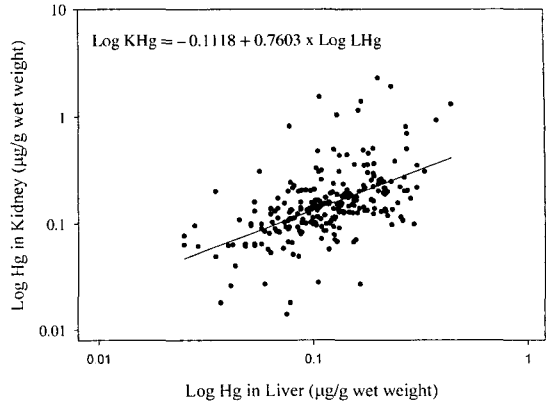


Fig. 2. The relationship of mercury concentration between liver and kidney.

0.3017 , $p < 0.01$), 콩팥에서는 $\text{Log KHg} = -1.2859 + 0.0152 \cdot \text{Age} - 0.0002 \cdot \text{Age}^2 + 0.1935 \cdot \text{Sex}$ ($r = 0.3275$, $p < 0.01$)로 각각 산출되었다.

4. 간과 콩팥의 총 수은 부하량 추정

20세 이상에서는 간과 콩팥의 무게가 성별에 따른 차이는 있으나 연령에 따른 변화는 거의 없는 것으로 관찰된 우상덕 등(1965)이 제시한 20세 이상 한국인에서의 남·녀별 두 장기 표준 평균무게를 이용하여 추정된 결과 한국인에서의 간의 수은 총 부하량은 남자가 158.3~161.3 µg, 여자가 163.0~166.9 µg이었고, 콩팥의 수은 총 부하량은 남자가 42.0~42.9 µg, 여자가 55.5~57.1 µg으로 추정되었다.

5. 간과 콩팥조직내 수은 축적량의 관계

조사대상자들의 두 장기내 수은 농도간에는 통계적으로 매우 유의한 양의 상관관계가 있어 ($r = 0.5283$, $p < 0.01$), 양자간에는 직선적인 회귀관계 즉, $\text{Log KHg} = -0.1118 + 0.7603 \cdot \text{Log LHg}$ 가 성립되었다 (Fig. 2).

고찰

수은에 대한 주요 폭로경로는 수은을 취급하는 공정에 종사하는 산업장 근로자에서는 주로 호흡

기계이나 수은에 폭로되지 않은 일반 주민들에서는 소화기계는 주요 폭로경로이다(WHO, 1976). 콩팥은 여러 경로를 통해 체내에 흡수된 수은의 주요 표적 장기이다. 인구집단에 있어서 급·만성 수은 중독에 대한 관리방안의 하나로 폭로량의 정확한 평가가 필요하다. 이때 혈액, 요 및 머리카락의 수은 농도가 흔히 이용되고 있으나 표적장기에 축적된 수은량이 수은에 대한 폭로량을 반영하는데 있어 더욱 민감하고 특이적이다(Mottet & Body, 1974; Muramatsu & Parr, 1988).

특히 수은에 폭로된 적이 없으며, '예기치 않은 갑작스런 사망(sudden and unexpected death)'으로 인해 부검한 244 예를 대상으로 한국인에 있어서 생활환경을 통해 폭로된 수은량을 평가하기 위해 간과 콩팥 내 수은량을 분석한 결과, 한국인의 간내 평균 수은 농도는 $0.115 \mu\text{g/g wet weight}$ 이었고 콩팥에서는 $0.149 \mu\text{g/g wet weight}$ 이었다. 이번 연구결과는 국내 연구로서 유명찬 등(2002)이 보고한 간 $0.176 \mu\text{g/g wet weight}$, 콩팥 피질 $0.271 \mu\text{g/g wet weight}$, 콩팥 수질 $0.243 \mu\text{g/g wet weight}$ 보다는 다소 낮았다. 국내의 인체 조직내 수은 농도에 대한 보고가 많지 않으며, 조직내 수은 농도는 조사 대상자들의 생활 행태, 주거지역 및 시료의 채취시기 및 보고자에 따른 통계학적 분석방법(기하평균 또는 산술평균) 등에 따라 차이가 있을 수 있어 직접적인 비교에는 다소 어려움이 있다. 일반 지역주민을 대상으로 한 외국의 보고와 비교해 볼 때, 일본인을 대상으로 한 자료 즉, 부검체 35 예에서 간이 $0.78 \mu\text{g/g wet weight}$, 콩팥이 $1.1 \mu\text{g/g wet weight}$ (Yukawa *et al.*, 1980)와 도쿄 지역에서의 부검체 46 예의 간이 $0.354 \mu\text{g/g wet weight}$, 콩팥이 $0.597 \mu\text{g/g wet weight}$ (Suzuki *et al.*, 1993) 보다는 낮은 수준이었으며 스웨덴인을 대상으로 한 Weiner와 Nylander(1993)의 콩팥내 수은 농도 $0.229 \mu\text{g/g wet weight}$ 및 독일인에서의 간의 $0.058 \mu\text{g/g wet weight}$, 콩팥의 $0.096 \mu\text{g/g wet weight}$ (Schiele *et al.*, 1981)와는 비슷한 수준으로 나타났다. 두 장기내 수은 농도가 보고자 또는 국가에 따라 차이가 있는 것은 종족에 따른 차이(대사 등)와 지역별로 수은에 오염된 정도의 차이 등으로 일부 설명되고 있다. 또한 식생활 습관의 차이, 즉 일본과 한국인의 장기 내 수은 농도의 차이는 해산물 섭취량의 차이가 주요 요인으로

작용하였으리라 판단되며, 개인의 생활양상과 치아의 amalgam 유무 등도 주요 요인이 될 수 있다(이원식과 김두희 등, 1994; Herrstrom *et al.*, 1994). Kevorkian 등(1972)은 1913~1970년 범위에서 얻은 부검체를 대상으로 약 60년간에 걸쳐 조직내 수은량의 변화에 대한 종단적인 연구에서 조직내 수은 농도의 산출방법이 dry weight를 기준으로 하여 이번 연구와 직접적인 비교를 하기 어려우나 시간이 지남에 따라 콩팥내 수은량이 감소된다고 보고하여 조직내 수은 농도의 국가간 또는 보고자에 따른 비교에 있어 조사시기도 고려되어야 할 요인으로 생각된다.

이번 연구에서 콩팥 내 수은 농도가 간 내 수은 농도보다 유의하게 높게 관찰되었는데 ($p < 0.01$), 이는 다른 연구자의 결과와 일치하며 (Joselow *et al.*, 1967; Kevorkian *et al.*, 1972; Mottet & Body, 1974; Schiele *et al.*, 1981; Matsuo *et al.*, 1989), 콩팥이 수은의 표적장기로서 타당한 결과였다. 이번 결과로부터 20세 이상 한국인의 간과 콩팥 표준 무게를 이용하여 산출한 장기 내 수은의 부하량은 간의 경우 남자가 $158.3 \sim 161.3 \mu\text{g}$, 여자가 $163.0 \sim 166.9 \mu\text{g}$ 이었고, 콩팥에서는 남자가 $42.0 \sim 42.9 \mu\text{g}$, 여자가 $55.5 \sim 57.1 \mu\text{g}$ 로 나타나서, 각 장기의 단위 무게당 수은 농도는 콩팥이 높았으나 장기별 수은 부하량은 콩팥보다 간이 더 많은 것으로 나타났다.

이번 연구에서 장기내 수은 농도의 성별에 따른 차이는 두 장기 모두에서 여자가 남자보다 높게 관찰되어 다른 연구자들의 보고와 일치된 결과였다 (Gabica *et al.*, 1975). 또한, 산출된 두 장기 각각의 수은 부하량도 남자에 비해 여자에서 높은 것으로 나타났다.

조사대상자들의 연령에 따른 두 장기 내 수은 농도의 양상도 남녀간에 따른 차이가 있었으나, 40대를 기준으로 연령이 높아짐에 따라 조직내 수은농도가 감소되는 양상으로 관찰되었다. 이는 조직내 수은농도가 중년기를 기점으로 감소한다는 Mottet와 Body(1974)의 연구와 이원식과 김두희(1994)의 두발 중 수은 농도를 관찰한 연구에서 50세 이후 감소되는 것과 비슷한 결과였다. 이번 연구에서 한국인에 있어서 연령에 따른 간과 콩팥 내 수은 농도를 추정할 수 있는 예측식이 간의 경우 $\text{Log LHg} = -1.0576 + 0.0045 \cdot \text{Age} -$

$0.0001 \cdot \text{Age}^2 + 0.0873 \cdot \text{Sex}$ ($r = 0.3017, p < 0.01$),
 콩팥에서는 $\text{Log KHg} = -1.2859 + 0.0152 \cdot \text{Age} -$
 $0.0002 \cdot \text{Age}^2 + 0.1935 \cdot \text{Sex}$ ($r = 0.3275, p < 0.01$)
 로 각각 산출되었다.

간과 콩팥 내 수은 농도는 양자간에 매우 유의
 한 양의 상관($r = 0.5283, p < 0.01$)이 있어 콩팥 내
 수은 농도는 수은의 배설 기전에 미루어 볼 때
 간 내 수은 농도에 의해 영향을 받는 것으로 추
 정되었다.

결 론

한국인에 있어서 간과 콩팥 내 수은 함유량의
 참고치를 마련하기 위하여 '예기치 않은 갑작스런
 사망'으로 인해 부검한 244 예(남자: 180 예, 여자:
 64 예)를 대상으로 간과 콩팥 내 수은 농도를 분
 석하였다. 조직내 수은 농도는 Hg/hydride generat-
 ing system (FIAS 400)이 장착된 원자흡광분광광
 도계 (Perkin-Elmer Model 5100)를 이용하여 정량
 하였다.

간과 콩팥 내 수은 농도는 대수정규분포하였다.
 한국인의 간과 콩팥 내 수은 농도의 기하평균치
 는 각각 $0.115 \mu\text{g/g}$ wet weight와 $0.149 \mu\text{g/g}$ wet
 weight이었고, 성별로는 간과 콩팥 내 수은 농도
 는 여자가 남자보다 높았다($p < 0.01$). 연령에 따
 른 두 장기 내 수은 농도는 40대 이후에는 감소
 되는 것으로 관찰되었고, 연령에 따른 수은 축적
 량을 추정할 수 있는 예측식이 간의 경우 Log
 $\text{LHg} = -1.0576 + 0.0045 \cdot \text{Age} - 0.0001 \cdot \text{Age}^2 +$
 $0.0873 \cdot \text{Sex}$ ($r = 0.3017, p < 0.01$), 콩팥에서는 Log
 $\text{KHg} = -1.2859 + 0.0152 \cdot \text{Age} - 0.0002 \cdot \text{Age}^2 +$
 $0.1935 \cdot \text{Sex}$ ($r = 0.3275, p < 0.01$)로 산출되었다. 간
 과 콩팥 내 수은 농도로부터 산출한 20 세 이상
 한국인에서의 간의 수은 부하량은 남자가 158.3
 $\sim 161.3 \mu\text{g}$, 여자가 $163.0 \sim 166.9 \mu\text{g}$ 이었고, 콩팥의
 수은 부하량은 남자가 $42.0 \sim 42.9 \mu\text{g}$, 여자가 55.5
 $\mu\text{g} \sim 57.1 \mu\text{g}$ 으로 추정되었다.

이상의 결과로부터 한국인의 간과 콩팥내 수은
 농도는 일본인에 비해서는 다소 낮았으나 서구지
 역과는 비슷한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 김용선, 정규철. 우리나라 정상인의 혈중 수은량. 예방의
 학회지. 1982; 15(1): 75-82.
- 우상덕, 이민규, 황우전, 윤중진, 민병혁, 윤성구. 국립과학
 수사연구소연보. 1965; 4: 129-149.
- 유영찬, 이상기, 양자열, 김기욱, 이수연, 정규혁. 한국인 모
 발과 내부장기조직간 Cd, Hg, Pb 및 Zn 함량의 상호
 관련성. 환경독성학회지. 2002; 17(1): 21-27.
- 이원식, 김두희. 어패류와 그 제품 섭취양상에 따른 두발
 중 총수은 및 유기수은 함량. 예방의학회지. 1994; 27
 (1): 44-58.
- 장미영, 김광중, 염용태. 직업성 수은중독 집단발생에 관
 한 실험역학적 연구. 고려의대는집. 1989; 26(1): 67.
- Gabica J, Benson W, Loomis M. Total mercury levels in se-
 lected human tissues, Idaho-1973-74(1, 2). Pestic. Mon-
 nit. J. 1975; 9(2): 59-63.
- Herrstrom P, Holmen A, Karlsson A, Raihle G, Schutz A,
 Hogstedt B. Immune factors, dental amalgam and low-
 dose exposure to mercury in Swedish adolescents. Arch.
 Environ. Health. 1994; 49(3): 160-164.
- Joselow MM, Goldwater LJ, Weinberg SB. Absorption and
 excretion of mercury in man. XI. Mercury content of
 "normal" human tissues. Arch. Environ. Health. 1967;
 15(1): 64-66.
- Kevorjian J, Cento DP, Hyland JR, Bagozzi WM, Van Hol-
 lebeke E. Mercury content of human tissues during the
 twentieth century. Am. J. Public Health. 1972; 62(4):
 504-513.
- Matsuo N, Suzuki T, Akagi H. Mercury concentration in or-
 gans of contemporary Japanese. Arch. Environ. Health.
 1989; 44(5): 298-303.
- Mottet NK, Body RL. Mercury burden of human autopsy
 organs and tissues. Arch. Environ. Health. 1974; 29(1):
 18-24.
- Muramatsu Y, Parr RM. Concentrations of some trace ele-
 ments in hair, liver and kidney for autopsy subjects-re lati-
 onship between hair and internal organs. Sci. Total Env-
 iron. 1988; 76(1): 29-40.
- Parker MM, Humoller FL, Mahler DJ. Determination of co-
 pper and zinc in biological material. Clin. Chem. 1967;
 13(1): 40-48.
- Putman JJ. Quicksilver and slow death. Natl. Geogr. Mag.
 1972; 144: 507
- Saryan LA, Zenz C. Lead and its compounds. In: Zenz C,
 editors. Occupational Medicine. 3rd ed. St. Louis: Mos-
 by; 1994; p.547-582.

- Schiele R, Freitag EM, Schaller KH, Schellmann B, Weltle D. Study on the normal mercury concentrations of human organs. *Zentralbl. Bakteriolog. Mikrobiol. Hyg.* 1981; 173(1-2): 45-62.
- Suzuki T, Hongo T, Yoshinaga J, Imai H, Nakazama M, Matsuo N, Akagi H. The hair-organ relationship in mercury concentration in contemporary Japanese. *Arch. Environ. Health.* 1993; 48(4): 221-229.
- Weiner JA, Nylander M. The relationship between mercury concentration in human organs and different predictor variables. *Sci. Total Environ.* 1993; 138(1-3): 101-115.
- WHO. Environmental Health Criteria 1: Mercury. Geneva: World Health Organization; 1976; p.131.
- Yukawa M, Amano K, Suzuki-Yasumoto M, Terai M. Distribution of trace elements in the human body determined by neutron activation analysis. *Arch. Environ. Health.* 1980; 35(1): 36-44.