

우리나라 정상인의 혈중 수은량

중앙대학교 의과대학 예방의학교실

김 용 선 · 정 규 철*

= Abstract =

Mercury Contents in Normal Blood of Koreans

Yong-Sun Kim, and Kyou-Chull Chung,*

*Department of Preventive Medicine and Community Health,
College of Medicine, Chung-Ang University, Seoul 151, Korea*

Normal range of mercury contents in blood and its relationship with urinary mercury excretion were studied with 68 healthy male adults living in Seoul city, who had no obvious evidence of either occupational exposure to mercury or therapeutic use of mercurial agents. Mercury analysis was made by means of dithizone colorimetric method with coefficient of variation of 10.9% in an average ranging from 5.1% to 18.0%.

1. Mercury contents in normal human blood were both normally and log-normally distributed, and better fitted to the latter.
2. Geometric mean and standard deviation of the mercury contents were $24.0(\log^{-1} 1.38) \pm 1.66 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ ($\log^{-1} 0.22 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$) ranging from 7.2 to 79.7 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ with 95% confidence interval.
3. Mercury contents in normal human blood differed from person to person ($p < 0.01$), and the variability of the measurements was negligible ($p > 0.05$).
4. Mercury in the blood was contained much higher in erythrocytes than in plasma ($p < 0.01$), showing the geometric means of $21.0 \pm 1.25 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ in red blood cells and $14.3 \pm 1.62 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ in plasma, respectively.
5. Mercury contents in normal human blood had a relationship of power function with mercury excretion in urine corrected with a gram of creatinine excretion per liter of urine ($p < 0.10$).

I. 머리 말

수은은 비교적 일찍부터 인류가 사용했던 중금속의 하나로서 BC 1100에는 이미 중국에서 진사(辰砂; HgS)를 사용하였고, BC 4에는 스페인에 있는 Alma-

den 광산에서 대량의 수은을 채광하기 시작하였다. (Goldwater & Clarkson, 1972). 산업혁명 이후 근대에 이르기까지 각종 산업이 발달함에 따라 수은사용량이 급격하게 증가하여 수은취급 근로자 중에서 많은 사람이 중독되고 있다.

수은은 본래 우리 체내의 대사과정에 관여하지 않는

*Professor, Chairman of the Department

중금속의 하나이지만 자연계에 존재하는 수은과, 특히 각종 산업장에서 사용하는 무기 또는 유기수은제에 의한 환경오염으로 공기, 물, 흙과 각종 식품 중에는 상당량의 수은이 함유되고 있으며, 이들 수은이 인체 내에 흡수되어 혈액을 위시하여 각 장기 조직 속에 축적하게 된다. 따라서 직접적으로 수은을 취급하거나 수은에 폭로된 일이 없는 정상한 사람이라 할지라도 어느 정도의 수은량이 혈액과 각 장기조직 속에서 검출되지만 그 정도는 생활주변의 환경오염 정도, 식생활 양식과 기호 등의 영향을 받아 지역적 또는 개별적으로 많은 차이가 있을 것으로 생각된다.

그리하여 저자는 우리나라 사람들의 혈액속의 수은량이 얼마나 될 것인가를 알아보고, 아울러 혈액중의 수은량과 소변으로 배설되는 수은량과의 상관관계 유무를 알아보기 위하여 이 연구를 시도하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

20세에서 30세까지의 성인 남자로서 특별히 수은에 폭로된 일이 없는 건강한 사람 68명을 대상으로 하였다.

2. 시료의 채취

각 대상자로 부터 상오 11시에서 12시 사이에 10 ml의 혈액을 주정맥에서 채혈하였고, 아울러 24시간뇨를 채취하여 시료로 사용하였다.

3. 수은정량

혈액속의 수은량은 미국의 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH)에서 제정한 공정시험법(방법번호 P & CAM 145)인 dithizone비색법(Taylor, 1977; Kudsk, 1964)과 Snell and Snell (1959) 및 최호춘과 정규철(1981)의 방법을 종합 변경하여 분석하였다. 즉, 피 10 ml를 300 ml 용적의 Kjeldahl flask에 넣고, 여기에 농질산과 농황산을 각각 5ml 씩 넣고 2 시간 동안 가열한 후 $KMnO_4$ 2 g을 함께 넣어 다시 가열하였다. 만일 이때에 $KMnO_4$ 가 완전히 소비되어 시료가 무색으로 변할 때에는 다시 0.5~1.0 g씩의 $KMnO_4$ 를 연분홍색을 나타낼 때까지 더 넣었다.

회화과정에서는 Kjeldahl flask에 냉각기를 붙여 수은이 증발하는 것을 막았다. 회화된 시료가 실온에서 식기를 기다려 냉각기를 통하여 50 ml의 증류수를 넣어 냉각기에 붙은 수은을 씻어 내렸다. 그리고 40% w/v hydroxylamine hydrochloride 수용액을 조금씩 가하여 $KMnO_4$ 를 환원시키고, 5 ml 가량 여분으로 가하였다.

시료를 계속 식힌 다음, 0.05 % w/v m-cresol purple을 지시약으로 하여 2 N NaOH용액으로 시료의 pH를 약 2에 맞추었다.

이와 같이 회화시킨 시료를 250 ml용적의 분액여두(separatory funnel)에 옮기고, 20 mg/liter dithizone용액을 넣어 여러번 수은을 추출하고, 이 추출용액에 50 ml의 0.25 N H_2SO_4 와 40 % KBr용액 10 ml를 넣어 진탕기에 걸어 1분 동안 잘 흔들었다. 이때 수은은 H_2HgBr_4 로 되어 산성 수용액 속에 있게 된다. 이 수용액에 MacIlvain완충액 약 10 ml를 넣어 수용액의 pH를 6에 맞추고, dithizone용액 10 ml를 넣고 다시 진탕기에 걸어 2분 동안 잘 흔들어 chloroform층에 추출된 수은량을 파장 490 nm에서 그 흡광도를 측정하였다. 이 흡광도로부터 표준정량곡선을 이용하여 시료속에 함유된 수은량을 얻었고, 100 ml당 μg 수은량으로 표시하였다.

뇨 속의 수은량은 박희숙·정규철(1980)의 방법으로 정량하였다.

수은 정량에 사용된 유리기구는 농질산으로 씻고, 증류수로 헹군 후, 다시 dithizone용액으로 씻어서 수은에 의한 오염여부를 확인하였다.

4. 통계적 방법

혈액속의 수은량의 정규분포 여부는 표본에서 얻은 산술평균치와 표준편차를 가지는 이론적인 표준정규분포를 산정(算定)하여 관찰된 도수 분포와의 적합성을 χ^2 -검정법으로 검정하였다(鄭英鎭, 1964).

혈액 속의 수은량의 측정오차 및 개체차의 유무는 일원배치법에 의한 분산분석으로 F-검정하였다(Armittage, 1973). 수은량의 측정오차는 변이계수로 나타냈다.

혈액속의 수은량과 오줌으로 배설되는 수은량과의 상관관계를 알아보기 위하여 상호간의 대수함수곡선, 지수함수곡선 및 멱함수곡선과의 적합도 검정을 Programmable Hewlett-Packard Hp-67 전자계산기로 계산하여 실시하였다.

III. 성 적

1. 혈중 수은량의 분포형

오줌으로 배설되는 수은량이 대수정규분포(log-normal distribution)를 한다는 것이 밝혀진 바 있다(김영선·정규철, 1980).

혈액속의 수은량은 과연 어떠한 분포를 하는지를 알아보기 위하여 정상적인 성인 남자 68명에서 얻은 혈중 수은량의 히스토그램을 그렸더니 그림 1에서 보는 바와 같이 도수분포는 표본평균치 $26.2 \pm 13.68 \mu g/l$

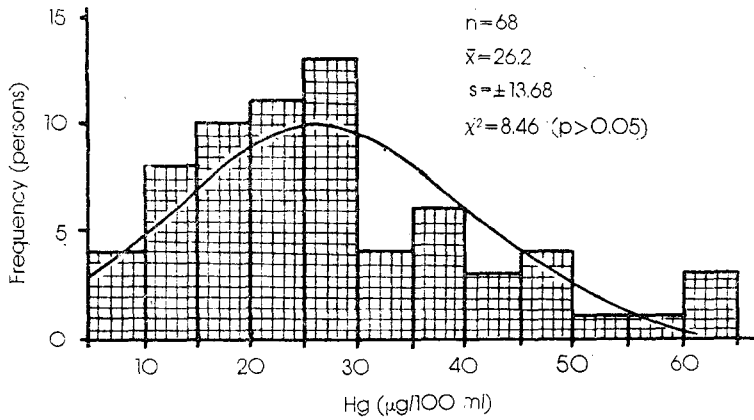


Fig. 1. Histogram and frequency distribution curve of mercury contents in blood of 68 urban adult males free from mercury exposure expressed in terms of arithmetic values.

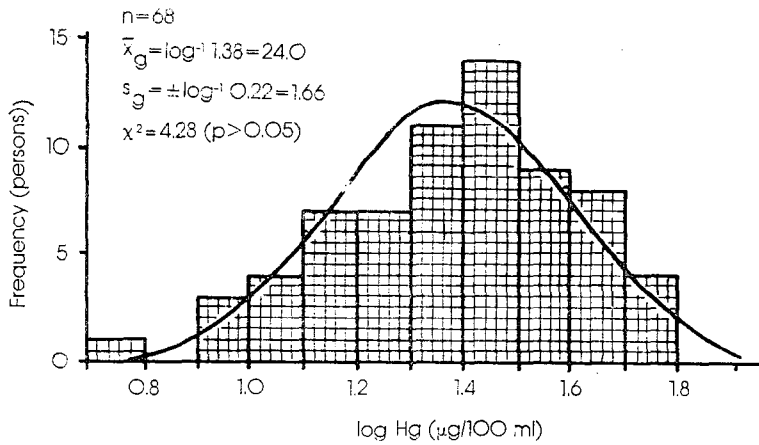


Fig. 2. Histogram and frequency distribution curve of mercury contents in blood of 68 urban adult males free from mercury exposure expressed in terms of logarithmic values.

100 ml을 가지는 이론적인 정규분포곡선에 잘 적합하였다($\chi^2=8.46$; $p>0.05$).

또한 혈중 수은량의 대수변환치($\log X$)를 취하여 히스토그램을 그리고, 이 도수분포와 이때의 표본평균치인 $\log^{-1} 1.38 \pm \log^{-1} 0.22$ 를 가지는 이론적인 정규분포곡선과의 적합도검정을 하였다.

이때에도 $\chi^2=4.28$ 로서 5%의 유의수준에서 혈중 수은량의 대수변환치가 정규분포에 따르고 있었다(그림 2).

2. 혈중 수은량의 개인차 및 실험오차

혈중 수은량의 개인차 유무와 수은정량의 실험오차를 알아보기 위하여 4명에서 채혈한 혈액을 각각 4등분하여 반복측정한 결과는 표 1과 같다. 이 자료를 가지고 일원배치법(一元配置法)에 의한 분산분석을 하였

Table 1. Mercury in blood ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$) obtained from 4 different subjects

Measurement	Subject			
	A	B	C	D
1	13.7	20.1	30.3	45.2
2	16.3	18.7	26.0	40.9
3	15.3	17.8	20.8	32.6
4	15.3	19.3	21.4	38.3
Total	60.6	75.9	98.5	157.0
Mean \pm S.D.	15.2 \pm 1.08	19.0 \pm 0.97	24.6 \pm 4.44	39.3 \pm 5.27
C.V.	7.1%	5.1%	18.0%	13.4%

던 바(표 2) 특별히 수은에 폭로된 일이 없는 정상인에 있어서도 개인에 따라 혈중 수은량에 현저한 차이

가 인정되었다($F=52.63$; $P<0.01$). 그러나 수은측정의 실험오차는 인정되지 않았다($P>0.05$). 즉, dithizone 비색법에 의하여 혈중 수은량을 정하는 경우 측정치의 변이계수는 5.1~18.0%였으며(표 1), 자동측정법에 의하여 뇨의 수은량을 정량하였을 때의 평균변이계수 12%(Richardson, 1976)와 비슷하였다.

3. 혈구 및 혈장 속의 수은량

혈액 속의 수은은 혈구 및 혈장에 각각 어느 만큼이 함유되어 있는가를 알아보기 위하여 9개의 수혈용 혈액에서 각각 혈구와 혈장을 원심분리하여 이들 속에

Table 2. Variance analysis of mercury in blood ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$) by two way method obtained from 4 different subjects with 4 repeated measurements for each specimen

Factor	S.S.	D.F.	M.S.	F
Between individuals	1,342.41	3	447.37	52.63**
Between measurements	72.21	3	24.07	2.83
Residual	72.46	9	8.50	
Total	1,490.78	15		

** : $P<0.01$

함유된 수은량을 측정하고, 각 100 ml속의 수은량으로 표시한 결과는 표 3과 같다. 즉, 적혈구내의 수은량의 기하평균치는 $21.0 \pm 1.25 \mu\text{g}/100\text{ ml}$ ($\log^{-1} 1.3213 \pm \log^{-1} 0.0978 \mu\text{g}/100\text{ ml}$)이고 혈장 내의 수은량의 기하평균치

Table 3. Mercury in erythrocytes and plasma ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$) obtained from 9 bags of transfusion blood

Mercury Blood	R.B.C.		Plasma	
	X	log X	X	log X
1	18.1	1.2577	7.6	0.8808
2	18.1	1.2577	10.4	1.0170
3	15.3	1.1847	10.5	1.0212
4	17.7	1.2480	7.8	0.8921
5	20.3	1.3070	17.5	1.2430
6	26.3	1.4216	22.2	1.3464
7	30.4	1.4900	21.5	1.3324
8	21.3	1.3284	16.3	1.2122
9	24.9	1.3962	28.1	1.4487
Mean	21.4	$\log^{-1} 1.3213$	15.8	$\log^{-1} 1.1549$
\pm S.D.	± 5.02	$\pm \log^{-1} 0.0978$	± 7.21	$\pm \log^{-1} 0.2082$
		$= 21.0 \pm 1.25$		$= 14.3 \pm 1.62$

는 $14.3 \pm 1.62 \mu\text{g}/100\text{ ml}$ ($\log^{-1} 1.1549 \pm \log^{-1} 0.2082 \mu\text{g}/100\text{ ml}$)였고, 혈구 및 혈장내의 수은량을 대응(對應)시켜 t-검정하였더니 $t=3.61$ 로서 혈장내의 수은량과 적혈구 내의 수은량 사이에는 매우 유의한 차이가 있었다($P<0.01$).

4. 혈중 수은량과 뇨 속의 수은량과의 상관관계

혈중 수은량과 뇨로 배설되는 수은량 사이에 상관관

Table 4. Relationship between mercury concentrations in blood (Y: $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) and in urine (X) in terms of $\mu\text{g}/\text{L}$ corrected with specific gravity of 1.024, and corrected with a gram of creatinine excretion per liter of urine (n=58)

Hg in urine	Fit	Logarithmic curve ($Y=a+b \log X$)	Exponential curve ($\log Y=\log a+bX$)	Power curve ($\log Y=\log a+b \log X$)
		Hg in urine(X) on Hg in blood(Y)		Hg in blood(Y) on Hg in urine(X)
$\mu\text{g}/\text{L}$		$Y=22.96+4.03 \log X$ $r=0.0782$	$\log Y=\log 23.58+4.3 \times 10^{-4} X$ $r=0.0232$	$\log Y=\log 22.36+2.80 \times 10^{-2} \log X$ $r=0.0317$
$\mu\text{g}/\text{L} \times \frac{0.024}{\text{S.G.}-1.000}$		$Y=22.99+3.43 \log X$ $r=0.0578$	$\log Y=\log 23.20+5.67 \times 10^{-4} X$ $r=0.0372$	$\log Y=\log 21.86+3.18 \times 10^{-2} \log X$ $r=0.0311$
$\mu\text{g}/\text{g} \cdot \text{creat.}$		$Y=40.27-10.13 \log X$ $r=0.1994$	$\log Y=\log 27.86-2.39 \times 10^{-3} X$ $r=0.1775$	$\log Y=\log 41.79-1.90 \times 10^{-1} \log X$ $r=0.2164 (p<0.10)$
		Hg in urine(X) on Hg in blood(Y)		Hg in blood(Y) on Hg in urine(X)
$\mu\text{g}/\text{L}$		$X=13.71+1.04 \log Y$ $r=0.0232$	$\log X=\log 11.35+1.28 \times 10^{-3} Y$ $r=0.0782$	$\log X=\log 11.18+3.60 \times 10^{-2} \log Y$ $r=0.0317$
$\mu\text{g}/\text{L} \times \frac{0.024}{\text{S.G.}-1.000}$		$X=19.07+2.03 \log Y$ $r=0.0372$	$\log X=\log 17.89+3.62 \times 10^{-4} Y$ $r=0.0578$	$\log X=\log 17.26+3.04 \times 10^{-2} \log Y$ $r=0.0311$
$\mu\text{g}/\text{g} \cdot \text{creat.}$		$X=37.63-10.96 \log Y$ $r=0.1775$	$\log X=\log 24.0-3.27 \times 10^{-3} Y$ $r=0.1994$	$\log X=\log 41.16-2.46 \times 10^{-1} \log Y$ $r=0.2164 (p<0.10)$

계가 있는가를 알아보기 위하여 뇨로 배설되는 수은량에 관한 혈중 수은량의 회귀, 그리고 혈중 수은량에 관한 뇨로 배설되는 수은량의 회귀관계 유무를 계산하여 표 4에 표시하였다.

뇨로 배설되는 수은량은 대수정규분포를 하고 있고 (김영선·정규철, 1980; 박희숙·정규철, 1980), 혈중 수은량은 정규 또는 대수정규분포에 따르고 있으므로 대수합수, 지수합수 및 멱함수관계의 유무를 검토하였다.

혈중 수은량과 뇨로 배설되는 수은량 사이에는 뇨로 배설되는 수은량을 creatinine 배설량으로 보정한 경우에 한하여 멱함수관계가 성립된다. 즉, 뇨로 배설되는 수은량($\log X: \mu\text{g/g} \cdot \text{creatinine}$)에 관한 혈중 수은량($\log Y: \mu\text{g}/100 \text{ ml}$)과의 사이에는 $\log Y = \log 41.79 - 1.90 \times 10^{-1} \log X$ 또는 $\log X = \log 41.16 - 2.46 \times 10^{-1} \log Y$ 의 회귀관계가 성립되며, 이때의 상관계수는 0.2164 ($p < 0.10$)이었다.

IV. 고 찰

지금까지 연구된 정상인의 혈중 수은량에 관한 보고는 그다지 많지 않다. Benning (1958)과 Stock (1936)은 정상인의 혈중수은량을 혈액 100 ml당 각각 0.00~0.30 μg 과 0.3~0.7 μg 이라고 보고하였다. Goldwater et al. (1964)이 16개국에서 수집한 609개의 정상혈액

을 분석한 결과를 보면 그 중 75%의 혈액에서 수은량(0.5 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 이하)이 검출되지 않았고, 나머지 25% 중에서 1례가 31.5 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 를 나타냈고, 나머지는 최고 9.0 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 를 나타냈으며, 그 중 90%가 2.0 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 였다.

이번 저자가 68명의 정상한 성인 남자에서 얻은 혈중 수은량의 기하평균치는 $24.0 \pm 1.66 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 로서 위에 말한 여러 학자들의 성적에 비하면 훨씬 높은 값을 나타내고 있으며, 또한 그 변역(變域)도 최소 5.5 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$, 최고 62.8 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 로서 컸다.

이와 같이 혈중 수은량이 높은 값을 나타내는 이유로서 오늘날 농약, 도료, 아말감보철, 의약품 등 유기 및 무기 수은제제의 사용량이 증가하고, 또한 산업장에서 유출되는 폐기와 폐수에 의하여 공기, 물 및 흙이 오염되어 직접, 또는 음식물을 통하여 간접적으로 체내에 흡수되는 수은량이 많아지기 때문이라고 생각된다. 혈중 수은량의 혈중 정상치의 상판에 대하여는 학자에 따라 2.0, 3.0, 4.0, 6.0 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 등 의견이 다르나 Goldwater et al. (1964)은 수은에 폭로되지 않은 사람들에서는 7.5%에서 혈중 수은량을 검출할 수 없었고, 이들의 혈중 정상수은량의 상한으로 3.0 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 를 제시하였다. 지금까지 여러학자들에 의하여 보고된 정상인의 혈중 수은량(표 5)은 대체로 이 한계치 이하이지만 유독 일본인의 정상치 $46 \pm 26 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ (Ohta

Table 5. Summary of average normal concentrations of mercury in blood reported by various authors

Authors	Mercury in blood ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	Source of specimen
Ohta & Terai (1971)	46 ± 26	8 Japanese in Tokyo
Hecker et al. (1974)	1.43	Unacculturated (Indians of southern Venezuela)
	0.95	Acculturated (Ann Arbor blood donors)
Paccagnella & Prati (1974)	2.0	95 normal inhabitants of inland Italian Province
Wiadrowska & Syrowatka (1974)	0.312~1.872	Warsaw residents
Gaister (1976)	3.9(max. 7.8)	Cord blood of Alaska Eskimo
Wiadrowska et al. (1976)		Warsaw residents:
	1.4	Adults
	0.6	Children
Fujita & Takabatake (1977)		Tokyo, Japan:
	2.5	maternal blood
	2.6	neonatal blood
Clarkson et al. (1977)	0.7	Rochester, N. Y.
Gowdy et al. (1977)	1.42(0.3~29.8)	Washington, D.C.
Lindstedt et al. (1979)	3.0~5.0	Stockholm, Sweden
Palloti et al. (1979)	2.0	80 Roman residents

& Terai, 1971)는 다른 나라 사람들의 정상치의 약 20배 이상을 나타내었다. 그 이유로서는 첫째로 피검자의 수가 8명에 불과하였으므로 정상치로서의 신빙성이 낮기는 하지만 수은에 의한 환경오염, 특히 해산물을 좋아하는 일본인의 식생활의 기호 때문이라고 생각된다. 이러한 사실을 뒷받침하는 것으로 수은은 모든 음식물에 들어있으나, 특히 해산물 속에 많이 들어있다는 점(National Research Council, 1978), 비교적 오염이 적은 지방에 살고 있으면서 해산물을 많이 섭취하는 Alaska Eskimo인의 배설 혈액 중의 수은량이 비교적 높다는 점(Gaister, 1976), Italy 내륙지방 사람들의 혈중 수은량은 해산물을 많이 먹는 해변지역 주민들에 비하여 4~10배 낮다는 점(Paccagnella & Prati, 1974; Nishima et al., 1976), 혈중 수은량은 해산물 섭취 횟수와 밀접한 관계가 있다(Pallotti et al. 1979)는 점들을 들 수 있다.

이번 연구에서 우리나라 성인 남자의 혈중 수은량의 산술평균이 $26.2 \pm 3.68 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 이고, 기하평균이 $\log^{-1} 1.38 (=24.0) \pm \log^{-1} 0.22 (=1.66) \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 로서 서양사람들의 혈중 수은량 보다는 높은 값을 보였으나, 일본사람 평균치에 비하면 약 $\frac{1}{2}$ 에 해당하였다.

이상의 사실을 종합하여 볼 때 정상치의 의미를 재고할 필요가 있다고 생각된다. 즉, 특별히 수은에 폭로된 일이 없는 경우의 수은량을 정상치로 볼 것인지, 그렇지 않으면 환경조건을 무시하고 기왕에 발표된 정상치의 한계를 넘는 것을 이상자로 볼 것인지에 대하여는 앞으로 계속 연구 검토해야 할 문제라고 생각한다.

체내에 흡수된 수은의 일부는 혈액에서, 일부는 조직에서 산화되어 독성을 나타내며, 혈액에서는 주로 적혈구 속에서 산화된다고 한다(Magos, 1967, 1968; Clarkson et al., 1961). 혈장 내의 수은은 혈장단백과 결합하고 있으며(Cember et al., 1968), 적혈구 내의 수은은 혈색소와 결합되어 있다(Clarkson et al., 1961; Berlin & Gibson, 1963). 적혈구 내의 수은량과 혈장내의 수은량의 비(比)는 정상에서 1:1이지만(Lundgren et al., 1967) 수은에 폭로된 후에는 이 비가 높아지고 혈장내에는 확산할 수은이온은 거의 존재하지 않는다고 하였다(Clarkson et al., 1961; Berlin & Gibson, 1963).

이번 연구결과에서 혈구 내의 수은량과 혈장내 수은량의 기하 평균치는 각각 $21.0 \pm 1.25 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 와 $14.3 \pm 1.62 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 로 적혈구 내의 수은량이 많게 나타나($t=3.61, p<0.01$), Lundgren들(1967)의 결과와 달랐다.

혈중 수은량과 뇨로 배설되는 수은량과의 관계에 대하여는 학자에 따라 의견이 많다. Benning(1958)은 양자간에 상관관계가 없다 하였고, Goldwater et al. (19

62)은 혈액 및 뇨의 수은량이 정규분포를 하지 않으므로 Spearman의 순위상관계수를 계산하여 개인적으로는 양자간에 아무런 상관도 없으나, 집단적으로 볼 때는 상관관계가 인정되나 확실한 것은 아니라고 하였다. 그 이유는 체내의 수은량이 많아지면 신장기능이 장애되어 수은 배설이 잘 되지 않아 체내 장기조직에 수은 축적을 초래하게 된다고 풀이하였다. 그 후, Goldwater et al. (1964)와 Lindstedt et al. (1979)은 고농도의 수은에 폭로된 사람들에서는 양자간에 깊은 상관 관계가 인정되나, 저농도의 수은에 폭로된 사람들에서는 비록 상관관계가 인정된다 하더라도 그 유의성은 0.05 이하이거나 전혀 상관을 나타내지 않는다고 하였다. 이러한 점에 비추어 공기중의 수은농도의 허용한계인 $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$ (ACGIH, 1980)의 수은에 폭로되는 경우, 혈중 수은량은 개인차는 있으나 $0.5 \sim 3 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ 이라고 한다.

이 연구결과에서 보면 오줌으로 배설되는 수은량 단위 creatinine 배설량으로 보정하였을 경우에 한하여, 혈액 속의 수은량과 먹합수관계가 있음이 확인되었으나($r=0.2164$), 낮은 유의성을 ($P<0.10$) 보였다. 이와 같이 양자간에 상관도가 낮게 나타난 것은 연구대상이 정상이었기 때문으로 Goldwater et al. (1964) 및 Lindstedt et al. (1979)의 성적과 일치한다고 볼 수 있다. 또한 본 성적에서 혈액 속의 수은량의 분포형이 정규분포 및 대수정규분포에 다같이 적합하고 있었으나, 적합도 검정에서의 χ^2 -값이 대수정규분포의 경우 적었고, 또 상관관계에서도 혈액 속의 수은량과 뇨로 배설되는 수은량을 모두 대수변환하는 경우에 한하여 비록 그 상관의 정도는 낮다 하더라도 상관관계가 인정되었다는 점으로 보아 집단적으로 혈액 속의 수은량을 추정하고자 할 때에는 그 측정치를 대수변환하는 것이 바람직하다.

V. 결 론

20세에서 30세까지의 도시거주 성인 남자로서 특별히 수은에 폭로된 일이 없는 건강한 사람 68명을 대상으로 하여 혈중 수은량의 정상범위와 오줌으로 배설되는 수은량과의 상관관계를 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 혈액 속의 수은량은 정규분포 및 대수정규분포를 하고 있었다.
2. 혈액 속의 수은량의 산술평균치는 $26.2 \pm 3.68 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ (95% 신뢰한계 : $53.6 \sim 1.2 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$), 기하평균치는 $\log^{-1} 1.38 \pm \log^{-1} 0.22 \mu\text{g}/100 \text{ ml} = 24.0 \pm 1.66 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ (95% 신뢰한계 : $79.7 \sim 7.2 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$)였다.
3. 혈액중의 수은량은 개인에 따라서 유의한 차이가 인정되었으며($p<0.01$), 혈액중의 수은량 측정의 변이

계수는 5.1~18.0%였다.

4. 혈구 및 혈장 속의 수은량의 기하평균치는 각각 $21.0 \pm 1.25 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ of RBC와 $14.3 \pm 1.62 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ of plasma로서 혈구 속의 수은량이 많았다($p < 0.01$).

5. 혈액 속의 수은량과 노로 배설되는 수은량 사이의 상관관계 유무를 대수합수, 지수합수 및 멱함수에 적합시켜 검정하였던 바, 오줌으로 배설되는 수은량을 creatinine배설량으로 보정한 경우에 한하여 멱함수관계가 인정되었으나 ($r=0.2164$), 그 유의수준은 10% 이하였다.

—References—

- 김영선·정규철(1980). 정상인에서 오줌으로 배설되는 수은량의 분포형, 中央醫大雜誌 5, 15~20.
- 박희숙·정규철(1980). 정상인에서 요중 수은 배설량 추정의 통계학적 연구, 大韓豫防醫學會誌 13, 27~34.
- 鄭英鎭(1964). 近代統計學의 理論과 實際, 再版, 서울, 寶晉齋.
- 최호춘·정규철(1981). 무기수은 미량정량의 정도에 미치는 측정조건, 中央醫大誌 6, 113~120.
- ACGIH (1980). *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1980*. Cincinnati, Ohio, ACGIH.
- Armitage, P. (1973). *Statistical Methods in Medical Research*, 2nd ed., Oxford, Edinburgh, Melbourne, Blackwell Scien. Publ.
- Benning, D. (1958). Outbreak of mercury poisoning in Ohio. *Industr. Med. Surg.* 27, 354. Cited from Goldwater, L.J., Ladd, A.C. and Jacobs, M.R. (1964). Absorption and excretion of mercury in man: VII. Significance of mercury in blood. *Arch. Environ. Health* 9, 735~741.
- Berlin, M. and Gibson, S. (1963). Renal uptake, retention and excretion of mercury: I. Study on the rabbit during infusion of mercuric chloride. *Arch. Environ. Health* 6, 617~625.
- Cember, H., Callagher, P. and Faulkner, A. (1968). Distribution of mercury among blood fractions and serum proteins. *Am. Industr. Hyg. Assoc. J.* 29, 233~237.
- Clarkson, T.W., Greenwood, M.R. and Magos, L. (1977). Atomic absorption determination of total inorganic and organic mercury in biological fluids. *Dev. Toxicol. Environ. Sci.* 1, 201~204.
- Clarkson, T.W., Gatzky, J. and Dalton, C. (1961). Studies on the equilibration of mercury vapor with blood. Univ. of Rochester, Rochester, N.Y., AEC Report No. 582.
- Fujita, M. and Takabatake, E. (1977). Mercury levels in human maternal and neonatal blood, hair and milk. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 18, 205~209.
- Gaister, W. (1976). Mercury in Alaskan Eskimo mothers and infants. *Environ. Health. Prospect.* 15, 135~140.
- Goldwater, L.J. and Clarkson, T.W. (1972). *Mercury*, In *Metallic Contaminants and Human Health*, Lee, D.H.K. (ed). p.17~55, New York and London, Academic Press.
- Goldwater, L.J., Ladd, A.C. and Jacobs, M.R. (1964). Absorption and excretion of mercury in man: VII. Significance of mercury in blood. *Arch. Environ. Health.* 9, 735~741.
- Goldwater, L.J., Jacobs, M.B. and Ladd, A.C. (1962). Absorption and excretion of mercury in man. I. Relationships of mercury in blood and urine. *Arch. Environ. Health.* 5, 537~541.
- Gowdy, J.M., Yates, R., Demers, F.X. and Woodward, S.C. (1977). Blood mercury concentration in an urban population. *Sci. Total Environ.* 8, 247~251.
- Hecker, L.H., Allen, H.E., Dinman, B.D. and Neel, J. (1974). Heavy metal levels in acculturated and unacculturated populations. *Arch. Environ. Health.* 29, 181~185.
- Kudsk, F.N. (1964). Determination of mercury in biological materials: A specific and sensitive dithione method. *Scand. J. Clin. & Lab. Invest.* 16, 575~583.
- Lindstedt, G., Gottberg, I., Holmgren, B., Jonsson, T. and Karlsson, G. (1979). Individual mercury exposure of chloralkali workers and its relation to blood and urinary mercury levels. *Scand. J. Work. Environ. Health.* 5, 59~69.
- Lundgren, K.D., Swensson, A. and Ulfvarsson, U. (1967). Studies in humans on the distribution of mercury in the blood and the excretion in urine after exposure to different mercury compounds. *Scand. J. Clin. Invest.* 20, 164~166.
- Magos, L. (1968). The uptake of mercury by the brain. *Brit. J. Indust. Med.* 25, 315~318.
- Magos, L. (1967). Mercury-blood interaction and

- mercury uptake by the brain after vapour exposure. *Environ. Res.* 1, 323~337.
- National Research Council (1978). *An Assessment of Mercury in the Environment*, Washington, D.C., National Academy of Sciences.
- Nishima, T., Ikeda, S., Tada, T., Yagyu, H. and Mizoguchi, I. (1976). Total mercury and methylmercury concentrations in blood and hair and their interrelations. *Tokyo Toritsu Eisei Kenkyusho Nempo.* 27, 258~263.
- Ohta, N. and Terai, M. (1971). 人體結石の水銀含量, 日本化學雜誌 92, 519~521.
- Paccagnella, B. and Prati, L. (1974). Total mercury in the blood and hair of Italian people. *Ig. Mod.* 67, 369~380.
- Palloti, G., Bencivenga, B. and Simonetti, T. (1979). Total mercury levels in whole blood, hair and fingernails for a population group from Rome (Italy) and its surroundings. *Sci. Total. Environ.* 11, 69~72.
- Richardson, R.A. (1976). Automated method for determination of mercury in urine. *Clin. Chem.* 22, 1604~1607.
- Snell, F.D. and Snell, C.T. (1959). *Colorimetric Methods of Analysis*, Vol. 2, p.63~71, New York, Van Nostrand.
- Stock, A. (1936). Die chromische Quecksilber und Amalgamvergiftung. *Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg.* 7, 388. Cited from Goldwater, L.J., Ladd, A.C. and Jacobs, M.R. (1964). Absorption and excretion of mercury in blood: *Arch. Environ. Health.* 9, 735~741.
- Taylor, D.G. (1977). *Mercury in Urine*, Method No.: P & CAM 145. In *NIOSH Manual of Analytical Methods*, Vol. 1, 145-1~145-7, Cincinnati, NIOSH, U.S. Dept. HEW.
- Wiadrowska, B. and Syrowatka, T. (1974). Determination of total mercury by atomic absorption spectrophotometry. *Rocz. Panstw. Zakl. Hig.* 25, 701~707.
- Wiadrowska, B., Syrowatka, T., Tulczynski, A. and Tulczynski, K. (1976). Determination of total mercury content in human tissues from the general population and from people with occupational exposure. *Rocz. Panstw. Zakl. Hig.* 27, 337~344.