

## 정상인의 요중 수은배설량 추정의 통계학적 연구

중앙대학교 의과대학 예방의학교실

박희숙·정규철

Abstracts=

### Some Statistical Considerations for the Estimation of Urinary Mercury Excretion in Normal Individuals

Hee-Sook Park and Kyou-Chull Chung

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

Purpose of this study is to find out proper means of estimating the urinary mercury excretion in the normal individuals. Whole void volume was collected every 2 hours beginning from 6 o'clock in the morning until 6 o'clock next morning. Mercury excretion in each urine specimen was measured by NIOSH recommended dithizone colorimetric method (Method No.: P & CAM 145).

Urinary concentration of mercury was adjusted by two means: specific gravity of 1.024 and a gram of creatinine excretion per liter of urine comparing the data with the unadjusted ones.

Mercury excretion in 24-hour urine specimen was calculated by adding the amounts measured with the hourly collected specimens of each individual.

Statistical analysis of the urinary mercury excretion revealed the following results:

1. Frequency distribution curve of mercury excreted in urine of hourly specimens was best fitted to power function expressed in the form of  $y=ax^b$ . Adjustment of the urinary mercury concentration by creatinine excretion was shown to be superior ( $y=1674x^{-1.52}$ ,  $r^2=0.95$ ) over nonadjustment ( $y=2702x^{-1.57}$ ,  $r^2=0.92$ ) and adjustment by specific gravity of 1.024 ( $y=4535x^{-1.66}$ ,  $r^2=0.93$ ).

2. Both log-transformed mercury excretion in hourly voided specimens and mercury excretion itself in 24 hour specimens showed the normal distributions.

3. The frequency distribution of mercury adjusting the urinary concentration of mercury by creatinine excretion was best fitted to a theoretical normal distribution with the sample means and standard deviation than those unadjusted or adjusted with specific gravity of 1.024.

4. Average urinary mercury excretions in 24-hour urine specimen in an individual were as follows:

a) Unadjusted mercury excretion

mean and standard deviation :  $18.6 \pm 13.68 \mu\text{gHg/l}$ .

median :  $16.0 \mu\text{gHg/l}$ .

range : 0.0-55.10  $\mu\text{gHg/l}$ .

b) Adjusted with specific gravity

mean :  $20.7 \pm 11.76 \mu\text{gHg/l} \times \frac{0.024}{\text{S.G.} - 1.000}$

median :  $20.7 \mu\text{gHg/l} \times \frac{0.024}{\text{S.G.} - 1.000}$

range : 0.0-52.9  $\mu\text{gHg/l} \times \frac{0.024}{\text{S.G.} - 1.000}$

c) Adjusted with creatinine excretion

mean and standard deviation :  $10.5 \pm 6.98 \mu\text{gHg/g creatinine/l}$

median :  $9.4 \mu\text{gHg/g creatinine/l}$

range : 0.0-26.7  $\mu\text{gHg/g creatinine/l}$

5. No statistically significant differences were found between means calculated from 24-hour urine specimens and those from hourly specimens transformed into logarithmic values. ( $P < 0.05$ ).

## I. 머리말

각종 유해물질에 전신중독이 되었을 때의 초기 증상은 비특이적인 것이어서 임상증상만으로는 이를 조기에 진단하기 어렵다. 특정한 유해물질에 의한 중독, 또는 흡수정도를 보다 정확하게 그리고 일찍 발견하여 적절한 예방의학적 조치를 강구하기 위하여는 폭로된 유해물질 또는 그 대사산물의 혈액중의 농도, 또는 오줌으로 배설되는 양을 측정하는 방법이 흔히 이용되고 있다. 그 중에서, 오줌으로 배설되는 유해물질 또는 그 대사산물의 양은 혈액중의 농도와 정비례하므로 혈중 농도를 측정하는 것보다는 오줌속의 배설량을 측정하는 것이 간편하기 때문에 많이 이용된다. 그러나 유해물질의 일일 배설량을 측정하기 위하여는 24시간 동안의 배설요량을 모아 그 속에 있는 유해물질 또는 그 대사산물의 총량을 알아내는 것이 원칙이다. 그러나 유해물질에 폭로되면서 일하고 있는 산업장 근로자들의 보건관리를 위하여 실시하는 정기 신체검사라든가 특수건강진단등 집단적인 요소전자 색출검사를 실시하는 경우에는 사실상 24시간 노를 채취하기 어려운 일이므로 수시 배뇨중의 유해물 또는 그 대사산물의 배설량을 측정하여 오줌 1 l당 24시간의 평균배설량으로 표시하고 있다. 이러한 점을 고려하여 정상인 성인 남자에게서 하루에 오줌으로 배설되는 수은량을 측정하는데 있어서 과연 1회 배설뇨중의 수은량을 측정하여 24시간 동안의 수은배설량으로 추정할 수 있을 것인가를 알아보기 위하여 이 연구를 시도하였다.

## II. 연구 방법

### 1) 연구상태와 시료의 채취

20~24세의 성인 남자 21명을 대상으로 하여 아침

6시 후의 첫번째 배뇨와 다음날 아침 6시까지 매 2시간마다 배뇨하는 오줌량을 농질산으로 씻은 채뇨병에 개별적으로 받아 배뇨량을 measuring cylinder로, 오줌의 비중을 노비중계로 측정하였다.

### 2) Creatinine 배설량의 측정

오줌으로 배설되는 creatinine량은 alkaline picrate법 즉, Jaffe reaction을 이용한 Folin micro-modification법 (Hawk et al, 1954)에 의하여 정량하였다.

오줌 0.5 ml를 100 ml들이 flask에 넣고 증류수 0.5 ml을 넣는다. 같은 용량의 다른 flask에는 1 ml의 증류수를 넣는다. 이 두 flask에 1% picric acid용액 20 ml씩을 넣고 이어서 10% NaOH용액 1.5 ml씩을 넣어 서서히 흔들어 섞고 15분동안 방치한 다음 증류수를 100 ml까지 채워서 희석한다. 공시험시료 및 피검시료를 각각 광도계용 cuvette에 담아 파장 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 즉 증류수로 광도계의 눈금을 0으로 맞추고 공시험시료와 피검시료의 흡광도를 측정하고 피검시료의 흡광도에서 공시험시료의 흡광도를 감하여 피검시료의 흡광도를 얻었다.

이와같이 하여 얻은 피검시료의 흡광도를 표준보정 곡선에 의하여 시료속에 들어있는 creatinine의 mg량을 산출하였다. 이 값을 2배하면 mg creatinine/ml of urine 또는 gm creatinine/l of urine으로 표시된다.

### 3) 오줌속의 수은배설량 측정

오줌속의 수은배설량은 미국의 국립산업안전보건연구원(National Institute of Occupational Safety and Health)에서 제정한 공정시험법(방법번호 P & CAM 145)인 dithizone 비색법(Taylor, 1977; Kudska, 1964)에 따라 정량분석하였다. 오줌 50 ml를 농질산 7 ml와  $\text{KMnO}_4$  2 gm과 함께 500 ml용적의 Kjeldahl flask에 넣고 1시간동안 가열하여 소화시켰다.

이때 Kjeldahl flask에 냉각기를 붙여 수은이 증발하는 것을 막는다. 소화된 시료가 식는 것을 기다려 20% hydroxylamine hydrochloride solution을 서서히 가하여 KMnO<sub>4</sub>를 환원시킨 다음 5 ml가량 더 가한다. 이어서 1N NaOH용액을 넣어 시료의 pH를 약 2에 맞추었다. 20 mg/l인 dithizone용액의 20배희석 chloroform용액으로 수은을 추출하고 여기에 0.1N HCl 50 ml와 40% KBr용액 10 ml를 가하고 2분동안 잘 흔들었다. 이때 수은은 산성 수용액속에 함유되며 이 수용액을 Mac Ilvaine's Buffer용액으로 pH 6으로 맞추고 10 mg/l dithizone용액 10 ml를 넣어 진탕하여 chloroform 층에 추출된 수은량을 파장 485 nm에서 그 흡광도를 측정하였다. 이 흡광도로부터 표준보정곡선을 이용하여 시료속의 수은량(μg)을 얻었다. 오줌속으로 배설되는 수은량은 다음 식에 의하여 오줌 1liter

당 수은량으로 표시하였다.

$$\text{mgHg/l of urine} = \frac{\mu\text{gHg}(\text{표준보정곡선에서 얻은 값})}{\text{ml of urine}}$$

오줌의 비중에 의한 보정은 오줌의 평균비중을 1.024로 보고(Elkins et al. 1974)다음과 같이 하였다.

$$\text{보정된 mgHg/l of urine} = \frac{0.024}{(\text{specific gravity} - 1.000)}$$

이 방법에 의한 수은량 정량의 범위는 오줌 100 ml을 시료로 사용하는 경우에 최소 4 μgHg, 최고 15 μgHg이다.

#### 4) 24시간 요중의 수은량의 산출

24시간 요량은 매 배뇨량을 합산하였고, 그 속에 함유된 수은배설량은 매 채뇨시마다 측정된 배뇨량과 수은 배설량의 가중평균을 산출하고 24시간 요중의 수은 배설량으로 하여 24시간 요 1 liter당 수은배설량 μg으로 표시하였다.

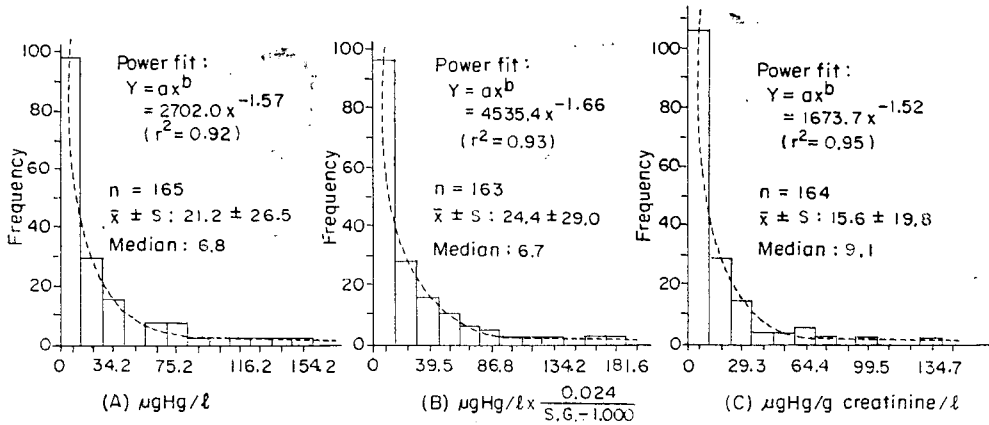


Fig. 1. Curve fitting to histograms of urinary excretion adjusted to urinary specific gravity of 1.024 (B) and to a gram of creatinine excretion per liter of urine (C), together with that unadjusted to urinary mercury concentration (A).

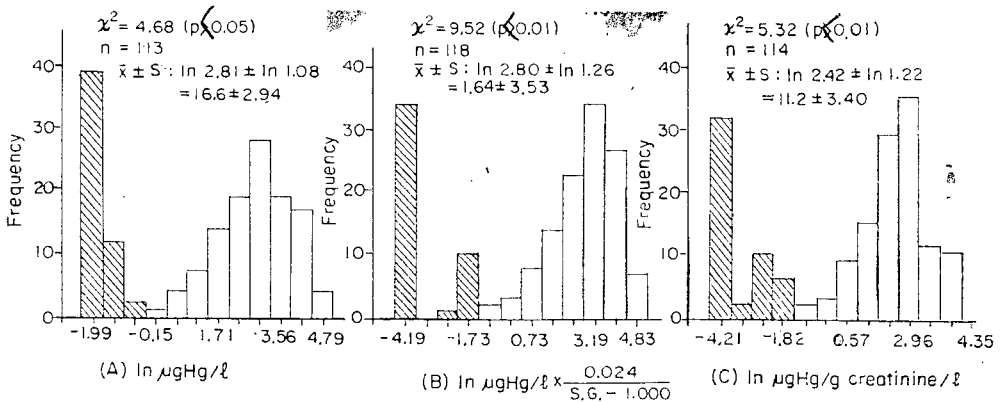


Fig. 2. Log-normal distributions of urinary mercury excretions in hourly voided specimens adjusted to specific gravity of 1.024 (B) and to a gram of creatinine excretion per liter of urine (C) together with that of the unadjusted (A). [Shaded areas are excluded in calculation of means and chi-square values for goodness of fit tests of the sample distribution to the corresponding theoretical normal distributions.

### III. 연구 성적

#### 1) 오줌으로 배설되는 수은량의 추정

배뇨시마다 오줌으로 배설되는 수은량 ( $\mu\text{gHg/l}$ )의 분포형은 정규형이 아니며, 그 도수분포곡선은  $y=2702x^{-1.57}$  ( $r^2=0.92$ )로 표시되는 멱함수(冪函數)에 따르며 (그림 1-A), 수은배설량의 대수변환치는 근사적으로 정규분포형이 된다는 것은(그림 2-A) 김영선과 정규철(1980)에 의하여 밝혀졌다. 이제 오줌 1 liter속에 배설되는 수은량( $\mu\text{g}$ )의 분포형과 함께 오줌의 비중 1.024로 보정한 수은배설량( $\mu\text{gHg/l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ )의 도수분포형과 오줌속의 creatinine 배설량으로 보정한 수은배설량 ( $\mu\text{gHg/g creatinine/l}$ )의 도수분포형을 보면 그림 1과 같다. 즉 오줌의 비중 1.024로 수정한 값의 분포곡선은 그림 1-B에서 보는 것과 같이  $y=4535x^{-1.66}$  ( $r^2=0.93$ )인 멱함수로 표시되며, 오줌속의 creatinine 배설량으로 수정한 수은배설량 ( $\mu\text{gHg/g creatinine/l}$ )의 도수분포곡선은 그림 1-C에서 보는 것과 같이  $y=1674x^{-1.52}$  ( $r^2=0.95$ )인 멱함수로 표시된다. 이들 수은배설량의 도수분포곡선에서 중앙치 및 변역을 계산하면 오줌의 비중으로 수정한 경우, 중앙치  $6.7 \mu\text{g/l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ 이고, 변역이  $0.0 \sim 189.5 \mu\text{g/l} \times$

$\frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ 였고, creatinine 배설량으로 수정한 경우 중앙치가  $9.0 \mu\text{g/g creatinine/l}$ , 변역이  $0.0 \sim 140.6 \mu\text{g/g creatinine/l}$ 였다. 오줌으로 배설되는 수은량의 분포는 멱함수에 따르고 있으므로 이들 수은배설량을 대수변환한 도수포로 하였더니 그림 2에서 보는바와 같이 쌍두형의 정규분포를 나타냈다. 이 대수정규분포에서 오줌의 비중으로 수정한 수은배설량의 중앙치는  $8.5 \mu\text{g/l} \times \frac{0.24}{\text{SG}-1.000}$ 였고, creatinine 배설량으로 수정한 수은배설량의 중앙치는  $6.9 \mu\text{g/g creatinine/l}$ 였다. 이들 중앙치는 아무런 수정을 하지 않고 계산한 수은배설량의 중앙치  $5.2 \mu\text{g/l}$ 보다 약간 높은 값이었다.

오줌속의 수은배설량이  $0.64(\ln^{-0.44})\mu\text{g/l}$ ,  $0.27(\ln^{-0.31})\mu\text{g/l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ ,  $0.24(\ln^{-1.42})\mu\text{g/g creatinine/l}$  이하인 시료(그림 2에서 사선을 친 부분)를 계산에서 제외하면 각 수은배설량의 도수분포는 단두형의 정규분포를 하며 모두 이론적인 도수분포와 일치하고 있었다 ( $p < 0.05$  or  $p < 0.01$ ).

이때 각 분포곡선의 평균치와 표준편차는  $16.6 \pm 2.94 \mu\text{gHg/l}$ ,  $16.4 \pm 3.53 \mu\text{gHg/l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ , 그리고  $11.2 \pm 3.40 \mu\text{gHg/g creatinine/l}$ 이었다.

Table 1. Mercury excretion in 24 hour urine specimens

Mercury in urine	Class mid-value ( $x_i$ )	No. of specimen ( $f_i$ )	Theoretical frequency ( $E_i$ )			No. of specimen ( $f_i$ )		
				( $\mu\text{gHg/l}$ )	( $\mu\text{gHg/l} \times \frac{0.024}{\text{S.G.}-1.000}$ )		( $\mu\text{gHg/g creatinine/l}$ )	Theoretical frequency ( $E_i$ )
0.0- 5.9	3.0	4	3.58		3	2.11	6	5.02
6.0- 11.9	9.0	2	2.74		1	2.48	7	6.66
12.0- 17.9	15.0	6	3.37		2	3.59	4	5.48
18.0- 23.9	21.0	2	3.35		9	4.03	2	2.31
24.0- 29.9	27.0	3	2.90		2	3.50	1	0.53
33.0- 39.9	33.0	1	2.03		1	2.36	⋮	
38.0- 41.9	39.0	1	1.17		1	1.23	(1)*2	
42.0- 47.9	45.0	0	0.54	} 2	0	0.50	} 1.93*1	
40.0- 53.9	51.0	0	0.22		1	0.20		
54.0- 59.9	57.0	1	0.10		(1)*2			
108.0-113.9	111.0	(1)*2						
total		20	20.00		20	20.00	20	20.00

range : 0.0-55.1  
 $\bar{x} \pm s$  :  $18.6 \pm 13.68$   
 median : 16.0  
 $\chi^2=3.3721$  ( $p>0.10$ )  
 $\beta_1=1.11$ ,  $\beta_2=4.21$

range : 0.0-52.9  
 $\bar{x} \pm s$  :  $20.7 \pm 11.76$   
 median : 20.7  
 $\chi^2=9.5212$  ( $p>0.025$ )  
 $\beta_1=0.59$ ,  $\beta_2=3.76$

range : 0.0-26.7  
 $\bar{x} \pm s$  :  $10.5 \pm 6.98$   
 median : 9.43  
 $\chi^2=0.5271$  ( $p>0.10$ )  
 $\beta_1=0.73$ ,  $\beta_2=2.77$

\*1: Frequencies are combined to make the theoretical frequency more than 1.

\*2: Values are rejected by the Smirnov test.

2) 24시간 요 중의 수은배설량

매번 배뇨시마다 측정된  $\mu\text{gHg}/\text{l}$ ,  $\mu\text{gHg}/\text{l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$  및  $\mu\text{gHg}/\text{g creatinine}/\text{l}$ 로 표시한 수은배설량을 각각 매시배뇨량을 고려하여 가중평균하여 24시간 요중의 수은배설량으로 환산하여 도수분포표를 작성하였다(표 1).

표본평균치와 표준편차는 각각  $18.6 \pm 13.68 \mu\text{gHg}/\text{l}$ ,  $20.7 \pm 11.76 \mu\text{gHg}/\text{l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ , 그리고  $10.5 \pm 6.98 \mu\text{gHg}/\text{g creatinine}/\text{l}$ 였다. 이들 표본평균치와 표본표준편차를 가지는 이론적인 정규분포를 상정하여 이론적인 도수분포의 기대치를 산출하여 표본분포와 이론분포와의 적합성검정을 하였더니 24시간 요중의 수은배설량을  $\mu\text{gHg}/\text{l}$ 로 표시할때는  $\chi^2=3.37$ (자유도 4)로써 이론적인 정규분포와 일치하였고( $p>0.05$ ),  $\mu\text{gHg}/\text{l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$  및  $\mu\text{gHg}/\text{g creatinine}/\text{l}$ 로 표시할때는 각각  $\chi^2=9.52$ (자유도 4) ( $p>0.01$ ),  $\chi^2=0.53$ (자유도 1) ( $p>0.05$ )로써 모두 이론적인 정규분포와 일치하였다(그림 3). 이들 24시간 요중의 수은배설량의 표본분포의 왜도(歪度,  $\beta_1$ )와 첨도(尖度,  $\beta_2$ )를 계산하여 보면  $\mu\text{gHg}/\text{l}$ 로 표시하는 경우  $\beta_1=1.11$ ,  $\beta_2=4.21$ 로써 좌경(左傾), 급첨(急尖)형 분포이고,  $\mu\text{gHg}/\text{l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ 로 표시하는 경우  $\beta_1=0.59$ ,  $\beta_2=3.76$ 이고,  $\mu\text{gHg}/\text{g creatinine}/\text{l}$ 로 표시하는 경우는  $r_1=0.73$ ,  $\beta_2=2.77$ 였다.

수은배설량의 각 표본분포의 상대적 누적도수를 정규확률지에 옮겨보면(그림 4)  $\mu\text{gHg}/\text{l}$  및  $\mu\text{gHg}/\text{l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ 로 표시한 경우에는 상대누적도수곡선은 대체로 직선을 이루고 있으며, 수은배설량의 변역은 전자의 경우,  $0.0 \sim 55.1 \mu\text{g}/\text{l}$ , 후자의 경우  $0.0 \sim 52.9 \mu\text{g}/\text{l}$ 로써 서로 비슷하였으나  $\mu\text{gHg}/\text{g creatinine}/\text{l}$ 로 표시할때는 상대누적도수곡선은 거의 직선에 가까웠고 수은배설량의 변역은  $0.0 \sim 26.7 \mu\text{gHg}/\text{g creatinine}/\text{l}$

로서  $\mu\text{gHg}/\text{l}$  또는  $\mu\text{gHg}/\text{l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ 로 표시하는 경우보다 훨씬 작아졌다.

IV. 고 찰

산업장에서 각종 화학적 유해물질에 폭로되면서 일하고 있는 근로자의 수는 날로 늘어나고 있다. 이들 근로자들의 건강관리 즉 특정한 화학적 유해물질에 의한 중독내지는 건강장해를 막기 위하여 정기적으로 특수건강진단을 실시하게 된다. 이때 흔히 적용되는 검사방법의 하나로서 오줌으로 배설되는 화학적 유해물질 또는 그 대사산물의 농도를 측정한다. 이러한 경우에 화학적 유해물질의 인체내 흡수량을 정확하게 판단하기 위하여는 24시간 뇨를 채뇨하여 분석하는 것이 바람직하지마는 사실상 다수의 근로자를 대상으로 하는 산업장의 정기신체검사에서는 실지로 적용되기 어려워서 1회 배뇨량을 가지고 분석하는 경우가 많다.

김영선과 정규철(1980)은 정상인에서 매회 배뇨하는 수은량의 분포형을 검토하여 그 도수분포는  $y=2702x^{-1.57}$ 이라는 멱함수로 표시되나 수은배설량의 대수치의 분포형은 평균치가  $3.8 \pm 10.49$  ( $\ln 1.34 \pm \ln 2.35$ )  $\mu\text{gHg}/\text{l}$ 인 쌍두분포를 한다고 하였다. 그러나 오줌으로 배설되는 중금속과 유기용제 등 각종 화학적 유해물질의 배설량을 측정하는 경우에는 오줌의 농도에 따라 크게 영향을 받게 되므로 오줌의 농도를 표준화할 필요가 있다. 이러한 뜻에서 저자는 오줌의 비중 1.024(Elkins, et al., 1974)와 creatinine 배설량  $\text{g}/\text{l}$ 를 기준으로 하여 오줌의 농도를 표준화하여 수은배설량을 산출하여 오줌농도를 수정하지 않은 경우의 수은배설량과 비교 고찰하면 다음과 같다.

매 배뇨시마다 오줌으로 배설되는 수은량의 분포는 오줌의 농도의 표준화 여하를 막론하고 정규분포를 하지 않으며 일반적으로  $y=ax^b$ 로 표시되는 멱함수에

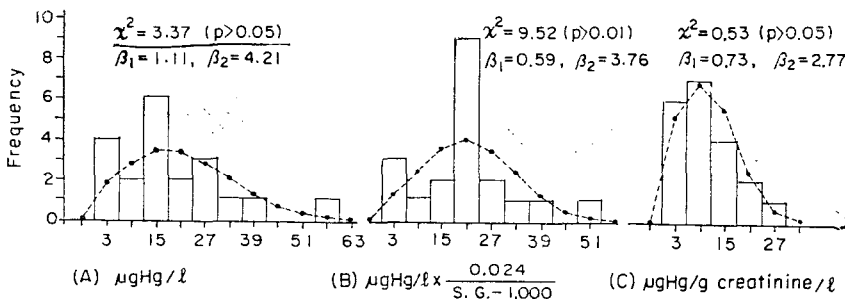


Fig. 3. Histograms of mercury excretions per liter of 24-hour urine specimens: unadjusted to urinary concentration (A), and adjusted either to specific gravity (B) or creatinine excretion. Chi-square values for goodness of fit test of the sample distribution to the corresponding theoretical normal distributions, and skewness( $\beta_1$ ) and kurtosis( $\beta_2$ ) are shown.

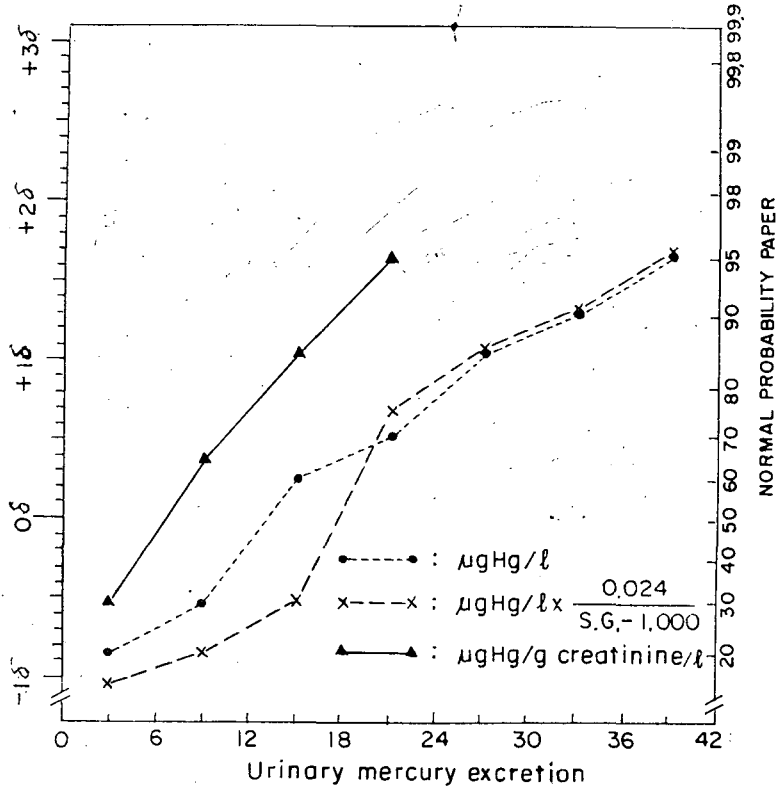


Fig. 4. Relative cumulative frequency distribution of urinary mercury excretion in 24-hour urine specimens plotted on the normal probability paper.

따르고 있다. 따라서 수은배설량을 대수변환하였던 바 쌍두분포를 이루었다. 이와같이 쌍두분포를 이루는 이유로서, 첫째로 대상자중에 일상생활에서 수은의 흡수가 많은 사람과 그렇지 않은 사람이 섞여 있을 가능성을 생각할 수 있으나 24시간 요중의 수은배설량 분포가 단두형의 정규분포이고 또한 대상으로 선정된 사람들은 특별히 수은에 폭로된 사실이 없는 서울지역 거주자를 선택하였다.

둘째, 이유로는 수은정량방법의 민감도를 생각할 수 있다. 본 연구에서 적용한 수은정량방법의 지적측정 범위가  $4\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이므로(Taylor, 1977) 오줌의 농도를 보정하지 않은 경우  $(0.64 \ln^{-0.44}) \mu\text{gHg/l}$  이하인 시료, 오줌의 비중으로 보정한 경우  $0.27\mu\text{gHg/l} \times \frac{0.024}{\text{S.G.}-1.000}$  이하인 시료, 그리고 creatinine배설량으로 보정하는 경우  $0.24\mu\text{gHg/g creatinine/l}$  이하인 시료(그림 2의 사선친 부분)는 측정오차로 보고 이를 무시하여도 무방하리라고 생각된다. 그리하여 나머지 시료중의 수은배설량의 분포형은 단두형의 정규분포를 이루고 있었으며 이들 분포형은 오줌의 비중으로 보정한 경우에는  $p > 0.01$ , 오줌의 농도를 보정하지 않은 경우와 creatinine배설량으로 보정한 경우에는  $p > 0.$

05로서 모두 이론적인 정규분포와 일치하고 있음을 알 수 있었다.

이들 수은배설량의 대수변환치의 도수분포에서 산출한 평균치들(그림 2)과 대수변환하지 않은 수은배설량의 도수분포(그림 1)에서 산출한 중위수를 비교하여 보면 오줌의 농도를 creatinine배설량으로 보정한 경우에 전자  $11.2 \pm 3.40 \mu\text{gHg/g creatinine/l}$ , 후자  $9.1 \mu\text{gHg/g creatinine/l}$ 로 가장 비슷하였고 오줌의 비중으로 보정한 경우에는 전자  $16.4 \pm 3.53 \mu\text{gHg/l} \times \frac{0.024}{\text{S.G.}-1.000}$ 이고, 후자  $6.7 \mu\text{gHg/l} \times \frac{0.024}{\text{S.G.}-1.000}$  그리고 오줌의 농도를 보정하지 않는 경우에는 전자  $16.6 \pm 2.94 \mu\text{gHg/l}$ , 후자  $6.8 \mu\text{gHg/l}$ 로서 양자간의 차이는 서로 비슷하여 각각  $9.7 \mu\text{gHg/l} \times \frac{0.024}{\text{S.G.}-1.000}$ 와  $9.8 \mu\text{gHg/l}$ 였다. 이러한 점으로 볼때 오줌의 농도를 오줌의 비중으로 보정하는 것보다는 creatinine 배설량으로 보정하는 것이 합리적임을 알 수 있다. 오줌의 비중으로 보정하는 경우에 주의할 것은 오줌에 당 또는 단백질이 배설되는 경우에는 오줌의 비중이 크게 영향을 미치게 되므로 오줌의 비중으로 오줌의 농도를 보정할 때는 당뇨 또는 단백뇨 여부를 검사 할 필요가 있다.

24시간요 중의 수은배설량의 분포는 오줌의 농도를 표준화하던 아니하던 모두 정규분포를 하고 있었으나 대칭도( $\beta_1$ ) 또는 첨도( $\beta_2$ )로 볼때 오줌의 농도를 보정하는 경우가 그렇지 않은 경우 보다 훨씬 정규곡선에 가까웠다(그림 3). 특히 오줌의 농도를 creatinine배설량으로 보정하는 경우에 오줌의 비중으로 보정하는 경우보다 적합도검정의 신뢰구간이 좁고( $p>0.05$ ) 첨도( $\beta_2$ )가 보다 3에 가까웠으며 또 정규확률지에 상대누적도수를 그렸을 때 보다 직선적이었다. 24시간 요중의 수은배설량의 평균치와 매 배뇨시의 수은배설량의 대수변환치의 평균치를 비교하여 보건대, 오줌의 농도를 보정하지 않은 경우  $t=0.5988$  ( $p>0.05$ ) 오줌의 비중으로 보정한 경우  $t=1.4576$  ( $p>0.05$ ) 그리고 creatinine 배설량으로 보정한 경우  $t=0.3723$  ( $p>0.05$ )으로 각각 두 평균치 사이에는 유의한 차이가 인정되지 않았다. 따라서 오줌으로 배설되는 수은량을 측정하여 개개인의 수은정도를 판정하고자 할 때에는 반드시 24시간 요중의 수은량을 측정하여야 하며 수은폭로자들의 수은흡수 정도를 집단적으로 판단하고자 할 때에는 매 배뇨시의 수은배설량을 측정하되 반드시 그 측정치를 대수변환하여 통계적인 처리를 하여야 할 것이다. 또 어느 경우에 있어서나 오줌의 농도를 보정할 필요가 있으며 creatinine배설량으로 보정하는 것이 가장 바람직하다고 생각한다.

수은에 폭로된 일이 없는 정상인에서 오줌으로 배설되는 수은량에 대하여 지금까지 발표된 자료를 보면, 10  $\mu\text{g}/24\text{hr}$  urine (Moeschlin 1965), 6~16  $\mu\text{g}/\text{l}$  (Patty 1967), 100  $\mu\text{g}/24\text{hr}$  urine 이하 (Hamilton & Hardy 1974), 60~70  $\mu\text{g}/\text{l}$  (Gledhill & Hopkins 1972) 등 여러 가지이며 또한 Smith 등 (1970)에 의하면 142명의 정상인에서 조사하였던 바 10  $\mu\text{g}/\text{l}$ 인 사람이 35.2%, 10~100  $\mu\text{g}/\text{l}$ 인 사람이 62.7%였고 110~300  $\mu\text{g}/\text{l}$ 인 사람도 2.1%가 있어서 오줌으로 배설되는 수은량의 변역이 상당히 크다는 것을 보여주고 있다.

이번 연구성적에서 보면 매 배뇨시의 수은배설량의 변역은 0~164.0  $\mu\text{g}/\text{l}$ , 0~189.5  $\mu\text{g}/\text{l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ , 0~140.6  $\mu\text{g}/\text{g}$  creatinine/l였으며, 24시간 요중의 수은배설량은 0~55.1  $\mu\text{g}/\text{l}$ , 0~52.9  $\mu\text{g}/\text{l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ , 0~26.7  $\mu\text{g}/\text{g}$  creatinine/l였다. 그리고 24시간 요중의 수은배설량의 평균치는 18.6 $\pm$ 13.68  $\mu\text{g}/\text{l}$ , 20.7 $\pm$ 11.76  $\mu\text{g}/\text{l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ , 10.5 $\pm$ 6.98  $\mu\text{g}/\text{g}$  creatinine/l였다. 오줌 1l 속에 배설되는 creatinine량의 평균치는 1.8 $\pm$ 0.47 g였으므로 creatinine배설량으로 수정한 24시간 요중의 수은배설량은 18.9  $\mu\text{g}/\text{g}$  creatinine/l로 추산된다. 그리고 24시간동안의 오줌으로 배설되는 총수은량은 24시간동안의 평균배뇨량 1.2 $\pm$ 0.35l를 곱하여 추산할 수 있다. 24시간 요중의 수은배

설량의 분포는 정규형에 따르는데 매 배뇨시의 수은배설량은 그 대수변환치가 정규형을 이루고 있는것은 아마도 수은배설량의 시간적인 일내변동이 있기때문이라고 생각되며 이 문제는 앞으로 계속 추구하고자 한다.

## V. 결 론

오줌으로 배설되는 수은량을 추정하기 위하여 20~24歳の 성인남자 21명의 매 배뇨시마다 배설되는 수은량을 dithizone 비색법으로 정량하고, 오줌의 농도를 비중과 creatinine배설량으로 보정하여 24시간 요중의 수은배설량과 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 매 배뇨시마다 배설되는 수은량의 분포는  $y=ax^b$ 로 표시되는 멱함수로 표시된다. 오줌의 농도를 비중 1.024 또는 creatinine 배설량 g/l로 보정하면 오줌의 농도를 보정하지 않은 경우보다 멱함수의 결정계수( $r^2$ )가 1에 가까워진다.

2. 매 배뇨시의 수은배설량 측정치의 대수변환치 및 24시간 요중의 수은배설량의 측정치는 그대로가 정규분포에 따른다.

3. 수은배설량의 분포곡선은 오줌의 농도를 보정함으로써 이론적인 정규분포에 더욱 가까워졌으며 오줌의 농도를 비중 1.024로 보정하는 경우보다는 creatinine배설량 g/l로 보정하는 것이 더욱 합리적이었다.

4. 정상인에서 24시간 요중의 수은배설량은 오줌의 농도를 보정하지 않은 경우 평균치 18.6 $\pm$ 13.68, 중위수 16.0, 변역 0.0~55.10  $\mu\text{g}/\text{l}$ 였고, 오줌의 농도를 비중 1.024로 보정하는 경우에는 평균 20.7 $\pm$ 11.76, 중위수 20.7, 변역 0.0~52.9  $\mu\text{g}/\text{l} \times \frac{0.024}{\text{SG}-1.000}$ , 그리고 creatinine배설량으로 보정하였을 경우에는 평균 10.5 $\pm$ 6.98, 중위수 9.4, 변역 0.0~26.7  $\mu\text{g}/\text{g}$  creatinine/l였다.

5. 이상의 24시간 요중의 수은 배설량의 평균치들은 각각 매 배뇨시의 수은배설량의 대수변환치에서 산출한 값들과 같았다.

## 참 고 문 헌

- 김영선, 정규철(1980). 정상인에서 오줌으로 배설되는 수은량의 분포형, 중앙의대잡지 5, 15~20.  
 Elkins, H.B., Pagnott, L.D., and Smith, H.L. (1974). Concentration Adjustment in Urinalysis. *Amer. Ind. Hyg. J.* 35, 559~565  
 Gledhill, R.F. and Hopkins, A.P. (1972). Chronic Inorganic Mercury Poisoning Treated with N-Acetyl-D-Penicillamine. *Brit. J. Industr. Med.* 29, 225~228  
 Hamilton, A. and Hardy, H. (1974). *Industrial Toxicolishing* 3rd. ed., Acton, Massacchuset-

- tes, Publishing Science Group.
- Hawk, P.B., Oser, B.L. and Summerson, W.H. (1955). *Practical Physiological Chemistry. Urine: Quantitative Analysis*, pp. 899~902. New York and Toronto, Blakiston.
- Kudsk, F.N. (1964). Determination of mercury in biological materials. A specific and sensitive dithizone method. *Scan. J. Chin. Lab. Invest.* **16**, 575~583.
- Moeschlin, S. (1965). *Poisoning: Diagnosis and treatment*, p. 95, New York and London, Grune and Stratton.
- Patty, F.A. (1967). *Industrial Hygiene and Toxicology*, 2nd ed., Vol. II. Toxicology, edited by Fassett, D.W. and Irish D.D., 1096, New York, London and Sydney, Interscience Publishers.
- Smith, R.G., Vorwald, A.J., Patil, L.S., and Mooney, T.F. (1970). Effects of exposure to mercury in the manufacture of chlorine, *Amer. Ind. Hyg. Ass. J.* **31**, 687~700.
- Taylor, D.G. (1977). Analytical Method, Mercury in Urine, Method No: P & CAM 145 In *NIOSH Manual of Analytical Methods*, 2nd ed., Part 1. *NIOSH monitoring Methods*, Vol. 1, 145-1~145-7. Cincinnati, Ohio, NIOSH U.S. Dept. of H.E.W.
-