

서울시 일부 임산부 모발중의 수은농도에 관한 조사연구*

김윤신 · 이의진* · 배성희* · 大塚柳太郎** · 鈴木 繼美**

한양대학교 의과대학
*서울시 성애병원
**동경대학 의학부 보건학과 인류생태학교실

Mercury Concentrations in Pregnant Women's Hair in the Seoul Area

Kim Yoon Shin · Lee Ey Jin* · Bae Seong Hee*
Ryutaro Ohtsuka** · Tsuguyoshi Suzuki**

College of Medicine, Hanyang University, Seoul
*Sung Ae Hospital, Seoul
**Dept. of Human Ecology, University of Tokyo, Tokyo

ABSTRACT

Fifty samples of pregnant women's hair during December 1990~April 1991 in the Seoul area were analyzed for mercury. Mean mercury concentrations for pregnant women were $0.65\mu\text{g/g}$ and varied from $0.21\mu\text{g/g}$ to $2.44\mu\text{g/g}$. The differences were believed to be due to diet, living area, and personal activity. Mean mercury concentrations were significantly different for the group that at twice a week ($0.67\mu\text{g/g}$) and once or less a week ($0.55\mu\text{g/g}$). Mean mercury concentrations were compared with the THI (Todai Health Index) Scores. The THI results suggested that the higher scores in MENT (Mental irritability) item had the higher mean mercury concentrations. The factors affecting mercury concentrations of pregnant women's hair must be considered further study. However, hair analysis seemed potentially useful in environmental medicine but its use in clinical investigation for basic diagnosis of mercury poisoning.

I. 서 론

최근의 급속한 산업화와 도시화로 인한 환경의 변화는 각종 오염물질의 발생을 심화시켰고 이러한 오염물질로 인한 인체의 피해는 급증하고 있다. 이러한 인체에 피해를 일으키는 오염물질 가운데 특히 중금속에 의한 인체피해는 심각한 것으로 알려졌으며 수많은 연구가 진행되고 있다. 중

금속은 인체에 축적됨으로써 각종 급성, 만성질환을 일으키는 등 심각한 건강장애를 일으키게 되는데 카드뮴은 위장장애 및 폐의 기능장애를 일으키는 중금속으로서 일본에서 발생한 이따이 이따이 (Itai-Itai disease) 병을 통해 그 독성이 널리 알려졌다. 납은 두통, 정신착란, 급성위장병 등을 일으키고 크롬은 피부궤양, 피부암 등을 일으키는 것으로 알려졌다. 본 연구의 중점목적인 수은에 의한 장애에는 60년대 일본에서 발생한 미나마타

(Minamata disease)병을 통해 그 독성이 널리 알려졌으며 인체에 축적됨으로써 의지선진진(intention tremor), 식욕부진, 구역질, 설사 등의 증상을 나타내며 더 나아가 언어장애, 지각이상, 신경쇠약 등을 수반하는 정신적, 정서적 불안정과 신장장애를 가져오며 유전학적인 기형발생과 발암성 등을 나타내는 것으로 알려져 있다.^{1,2)} 수은의 인체유입경로는 일상생활에서 흔히 사용하는 수용제기 및 전구 도료 등 각종 일상용품의 제조과정 중에서의 폭로에 의한 것과 음식물에 함유되어 있는 수은을 섭취하게 될때 유입되는 것으로 알려졌으나 국내에서는 수은의 인체영향에 관련된 연구는 미비한 실정이다. 인체에 축적된 수은의 양은 손톱, 발톱, 모발 등의 각종 생물학적 인자를 분석함으로써 그 양을 측정할 수 있으며 그 중 모발에 의한 분석은 수집과 검출의 용이성으로 수은의 폭로형태와 양을 평가하는데 매우 유용한 방법으로 알려졌다.³⁻⁵⁾

본 연구는 아시아 주요도시 지역의 보건 생태학적 비교연구의 일환으로 서울시에 거주하는 임산부의 모발중 수은농도를 분석함으로써 수은으로 인한 인체에서의 오염경로를 추정하고자 하였다. 또한 동경대학 질문지건강조사표(Todai Health Index-이하 THI로 칭한다)를 이용한 건강조사를 실시하여 임산부의 건강상태를 파악하고자 하였다.⁶⁻⁸⁾

II. 연구내용 및 방법

1. 실험방법

본 연구는 1990년 12월부터 1991년 4월까지 5개월간에 걸쳐 실시하였다. 대상자의 선정은 서울시 영등포구 신길동에 위치한 S병원의 산부인과를 찾아온 외래환자중 2~9개월의 임산부 중 본 조사에 응한 50명을 대상으로 조사하였다. 모발의 '수집은 임산부의 내원시 모발을 깨끗한 스테인레스 가위를 사용하여 약 10cm 길이로 1~2g 가량 자른다. 수은(Hg)의 농도를 반영하기 위해서는 가장 최근에 자란 부분과 가장 오래된 말단부분이 함께 필요하므로 모발을 자를 때는 가능한한 표피에서 가장 근접한 부분을 자른다. 이것을 깨끗한 비닐봉지에 싸서 밀봉한 후 일련번호와 성명을 명

시한 Label을 부착하였다. 다음에 이들중 불순물을 제거한 후 잘 건조시켜 시료로 사용하였다. 본 조사에서 모발에 염색약이나 표백제를 사용한 임산부는 제외하였다.

또한 조사대상자 전원에게 THI질문지 건강조사표와 함께 일반사항(환경 및 영양학적 측면)에 관한 질문지를 배부하여 작성후 수거하였다.

2. 분석방법

수집된 모발은 동경대학 보건학과 인류생태학 교실로 보내어서 모발중 중금속분석방법에 따라 시료 적당량을 건식분해하고 시료내의 수은을 금속수은으로 환원시킨 후 수은환원기화장치를 사용하여 기화시킨 수은의 흡광도를 원자흡광광도계로 측정하였다. 또한 표준용액을 조제한 후 흡광도를 측정하여 검량선을 작성하고 이 검량선에 따라 시료의 수은함량을 계산하였다.⁹⁻¹¹⁾

THI 질문지는 김⁸⁾ 등에 의해 소개된 Personal Computer의 분석 Program을 이용하여 척도득점을 구하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 본 조사대상자의 특성 및 모발중 수은농도

본 연구에서 조사대상자인 임산부의 모발중 수은농도를 분석한 결과 Table 1과 같은 결과를 나타내었다. Table 1에 나타난 바와 같이 임산부의 평균임신 개월수는 4.6개월로 평균년령을 28.2세로 나타냈다. 또한 평균 가구원수는 2.7명으로 가구의 평균수입은 약 98만원으로 나타났고 임산부의 모발에 함유된 수은의 평균농도는 0.65 $\mu\text{g/g}$ 으로서 조 등의 연구¹²⁾에서 조사된 농도에 비해 상당히 낮은 수치를 보이고 있다. 이는 조 등¹²⁾의 연구에서 조사 대상자가 수은배출원으로 예상되는 제련소주변 거주자인 반면, 본 연구에서는 특정 수은배출원이 거의 없는 도시거주 임산부들을 대상으로 선정하였기 때문인 것으로 추정된다. 따라서 모발중 수은함유량이 거주자에 따라 다르게 나타난다고 가정하면 이에 대한 구체적인 연구가 필요한 것으로 시사된다.

2. 임신 개월수별 수은농도

Table 1. Statistical summary of pregnant subjects

Class	Mean	S.D.	Range
Number of sample	50		
Age(year)	28.2	3.91	20~40
Height(cm)	158.5	53.94	150~166
Weight(kg)	55.2	5.50	39~65
Income of household per month (ten thousand won)	97.5	74.21	47~500
Pressure of blood(mmHg)			
High	114.1	11.70	100~140
Low	72.0	8.43	60~90
Period of residencecd(month)	29.3	57.39	1~384
Term of pregnant(month)	4.6	1.43	2~10
Number of household members	2.7	0.84	2~5
Frequency of intake of food/WK			
Meat	1.4	1.09	0~4
Ham & Sausage	0.7	1.72	0~11
Fish	1.7	1.45	0~6
Milk	3.3	3.42	0~15
Egg	2.0	2.32	0~9
Conc. of Hg($\mu\text{g/g}$)	0.64	0.50	0.21~2.44

Table 2. Hg concentration by term of pregnant

Term (month)	Nunbe of sample	Concentration of Hg($\mu\text{g/g}$)		
		Mean	S.D.	Range
Less than 4	11	0.43	0.10	0.26~0.58
4~5	24	0.65	0.50	0.21~2.37
6 or more	15	0.80	0.64	0.27~2.44

한편 임신부의 임신 개월수별 수은농도는 Table 2와 같다. 표에서 보는 바와 같이 임신개월수가 4개월 이하인 임신부는 $0.44\mu\text{g/g}$, 4개월이상 5개월 이하의 임신부는 $0.65\mu\text{g/g}$, 6개월 이상의 임신부는 $0.80\mu\text{g/g}$ 을 나타내어 임신 개월수가 증가할수록 수은농도가 점차적으로 증가하는 경향을 보여주고 있다.

3. 음식섭취별 수은농도

임산부들이 1주일간 섭취한 음식물을 종류별(육류, 햄, 쏘세이지류, 생선류, 우유류, 계란류)로 분류하여 섭취횟수에 대한 수은 함량에 관한 분석결과는 Table 3과 같다. 생선류에 대한 섭취횟수와 모발중 수은함량을 살펴보면 거의 섭취하

지 않을 경우 $0.55\mu\text{g/g}$, 1회/주 섭취시는 $0.67\mu\text{g/g}$, 2회 이상/주 섭취시는 $0.67\mu\text{g/g}$ 로 나타났다. 이같은 결과는 1주일내 1회 이상 생선류를 섭취할 경우의 농도가 거의 섭취하지 않을 경우의 농도보다 1.2배 높은 것으로 생선을 섭취할 경우 생선을 섭취하지 않을 경우보다 수은농도가 높은 경향을 나타낸다. 이는 Yamaguchi 등¹³⁾에 의해 음식물중 수은함유원으로써 주목받고 있는 생선류중에 수은이 다량 함유되었던 것으로 사료된다. 본 결과에서 생선섭취가 많을수록 수은농도가 증가한다고 단정할 수는 없으나 생선류의 섭취량과 수은폭로정도에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다. 생선류를 제외한 다른 음식물의 섭취횟수와 수은농도와의 관계에서는 유의성을 나타내지 않음으로써 육류, 햄, 쏘세이지류, 우유류, 계란류 등의 음식물은 수은폭로 정도에 영향을 미치지 않는 것으로 추측된다.

4. 거주지역별 수은농도

Table 4은 임신부의 거주지역에 따른 수은의 평균농도를 나타낸 결과이다. 조사대상자인 임신부의 88%(50명중 44명)가 거주지역이 서울로 나타

Table 3. Hg concentration by frequency of intake of food per week

Frequency of intake food	Concentration of Hg ($\mu\text{g/g}$)									
	Meat		Ham& sausage		Fish		Milk		Egg	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Rare	0.77	0.72	0.65	0.51	0.55	0.48	0.69	0.46	0.82	0.73
1	0.63	0.60	0.66	0.64	0.67	0.60	0.73	0.63	0.65	0.41
2 or more	0.60	0.24	0.60	0.26	0.67	0.44	0.61	0.50	0.57	0.38

났으며 각 구에 따른 수은의 평균농도를 살펴보면, 가장 높은 지역은 영등포구로서 $0.94\mu\text{g/g}$ 을 나타냈다. 이는 조사 대상지역인 동작구의 $0.59\mu\text{g/g}$ 보다 1.6배 높은 것으로서 동작구 이외에 본 연구에서 조사된 다른 모든 지역보다 1.7배 높은 것으로 나타났다. 한편 거주지역별 거주자와 수은 농도와의 상관관계를 살펴보면 4명이 $1.5\mu\text{g/g}$ 이상을 나타냈는데 이중 3명이 영등포구에 거주하는 사람들로 나타났다. 특히 $2.0\mu\text{g/g}$ 이상의 고농도를 나타낸 2명 모두가 영등포구의 거주자들로 거주지역의 특성이 수은농도에 영향을 미친 것으로 사료되며 영등포구에 고농도의 수은배출원이 있을 것으로 추정된다. 이에 따라 수은이 배출될 수 있는 각종 제조업체수를 조사한 결과 영등포구는 687개로서 동작구의 61개에 비해 11.3배가 많은 것으로 조사되었고 영등포구가 다른 조사 지역보다 제조업체수가 현저하게 많은 것으로 나타났다. 따라서 영등포구 거주 임산부들의 수은농도가 높은 것은 고농도의 수은배출원인 제조업체가 많기 때문인 것으로 사료된다. 한편 서울 이외의 지역인 경기, 인천지역에 거주하는 임산부(50명중 8명, 12%)는 모두 $1.0\mu\text{g/g}$ 이하의 수은에 폭로된 것으로 나타나 서울 인근지역의 환경대기중 수은 농도는 낮을 것으로 추측된다. 본 연구결과는 거주지역의 지역적 특성이 수은 함량에 뚜렷한 영향을 준다는 것을 시사하고 있다.

Table 4. Hg concentration by area of residence

Area	Number of sample	Concentration($\mu\text{g/g}$)		
		Mean	S.D.	Range
Dongjak-ku	13	0.59	0.44	0.22~1.86
Yongdungpo-ku	12	0.94	0.19	0.21~2.44
Other	25	0.54	0.20	0.27~1.03

5. 화장품사용 및 파마시기별 수은농도

수은이 함유되어 인체중 수은함량에 영향을 미칠 것으로 추측되어지는 화학약품에 의한 수은의 모발중 침투에 대한 영향에 관하여 조사하기 위하여 샴푸(또는 린스)와 모발용 화장품의 사용여부 및 파마한 시기에 대하여 조사하였다. 이 결과 대상자인 임산부 전원이 샴푸(또는 린스)를 사용하고 있었으며 모발용 화장품을 사용한 임산부가 사용하지 않은 임산부보다 모발중 수은 함량이 높은 것으로 나타났다. 이를 Table 5에서 나타냈는데 모발용 화장품은 사용할 경우 사용하지 않을 때보다 약 1.3배 높은 것으로 나타나 화학약품이라 할 수 있는 모발용 화장품이 모발 중 수은농도에 영향을 미치는 것으로 시사된다. 한편 파마한 시기에 따른 수은 농도를 조사한 결과는 Table 6에 나타난 바와 같다. Table 6에 나타난 것과 같이 파마한지 한달 미만인 임산부의 평균 수은농도가 $0.90\mu\text{g/g}$ 로 1~3달전 파마한 임산부의 $0.54\mu\text{g/g}$ 와 파마한지 3개월 이상된 임산부의 $0.73\mu\text{g/g}$ 보다 높았으나 3개월 이상된 임산부가 1~3달 전에 파마한 임산부보다 높게 나타났다. 또한 $1.51\mu\text{g/g}$ 이상의 높은 수은 농도를 나타낸 임산부 4명에 대한 파마시기와의 상관관계를 조사한 결과 각각 파마시기가 다른 것으로 나타나 파마로 인한 수은 농도의 변화는 볼 수 없었다. 따라서 본 결과에서는 파마시에 사용되는 약품이 모발중 수은 함량에 영향을

Table 5. Hg concentration by use of cosmetics

Use of cosmetics	Number of sample	Concentration($\mu\text{g/g}$)		
		Mean	S.D.	Range
Yes	22	0.75	0.63	0.26~2.44
No	28	0.57	0.37	0.21~2.00

미치지 않는다는 것을 시사한다. 이것은 수은이 파마약으로 인해 인체내 유입되었을지라도 모발에서 곧바로 검출되어지는 것이 아니라 장시간 축적되었다가 모발을 통해 검출될 수 있음을 가정할 수 있다.

Table 6. Hg concentrations by permanent wave time(When did you permanent wave?)

Time (month)	Number of sample	Concentration($\mu\text{g/g}$)		
		Mean	S.D.	Range
Less than 1	8	0.90	0.77	0.35~2.37
1~3	28	0.54	0.24	0.21~1.11
More than 3	14	0.73	0.66	0.26~2.44

Table 7과 8은 임신부들의 THI 설문지를 분석하여 각 척도에 대한 득점과 이 척도득점들 수은 농도와 비교분석한 결과이다. Table 7에 보는 바와 같이 THI에 나타난 12가지의 각 척도는 多呼訴(Multiple Subjective Symptoms : SUSY), 호흡기(Respiratory : RESP), 눈과 피부(Eye and Skin : EYSK), 구강과 항문(Mouth and Anus : MOUT), 소화기(Digestive : DIGE), 直情徑行性(Impulsive:IMPU), 허구성(Lie-Scale:LISC), 정서불안정(Mental-Irritability : MENT), 우울성(Depression : DEPR), 공격성(Aggressiveness : AGGR), 신경질(Nervousness : NERV), 생활불규칙성(Irregular Life : LIFE)으로 구성되었다. Table 8에서 보는 바와 같이 특히 정서불안정(Mental Irritability : MENT)의 척도별 수은농도를 보면 MENT(J)의 득점이 20보다 적은 경우 $0.38\mu\text{g/g}$, 21~25에서 $0.54\mu\text{g/g}$, 26 이상일 경우 $0.76\mu\text{g/g}$ 을 나타내어 정서불안정의 증상이 강할수록 수은농도가 높아짐을 나타낸 것이다. 이는 Doull 등¹¹⁾이 수은 중독의 증상으로 발표한 정서불안정이 수은폭로에 의한 대표적 증상이라는 것을 입증한 것으로 사료된다. 그 외의 다른 척도에서는 득점과 수은 농도와의 유의한 차를 나타내지 않음으로써 수은의 농도가 THI의 각 척도에 해당하는 증상(정서불안정을 제외한 11가지 증상)과는 연관성을 나타내지 않음을 시사한다. 본 연구 결과에서는 정서불안정 외에 다른 증상과 수은 농도가 관계가 없는 것으로 시사되었으나 지금까지

보고된 다른 많은 연구에서는 수은이 각종 심각한 건강 장애를 나타내는 것으로 발표되었다.^{14~15)}

본 연구는 모발중 수은분석 결과만을 나타내고 있으나 모발중 납을 비롯한 중금속 농도의 분석이 진행중임으로 차후 모발 중 다른 중금속 농도에 따라 본 연구결과의 뒷받침이 따를 것으로 사료된다. 특히 서울시 대기중의 납농도와 모발 중 납농도와의 관련성을 비교하는 일부 지역주민의 중금속 함유량에 따른 건강 상태를 파악할 수 있는 예로서 모발을 비롯한 생물학적 인자에 함유된 보다 광범위한 중금속 함유량의 분석이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Table 7. Average of THI category score

Class	Mean \pm S.D.
SUSY	36.54 \pm 5.084
RESP	15.82 \pm 3.578
EYSK	16.48 \pm 3.352
MOUT	15.78 \pm 2.902
DIGE	15.64 \pm 3.299
IMPU	17.90 \pm 3.177
LISC	19.48 \pm 3.303
MENT	26.80 \pm 5.087
DEPR	15.98 \pm 3.359
AGGR	13.32 \pm 1.421
NERV	17.24 \pm 3.734
LIFE	20.60 \pm 2.799
Psychosomatics	-0.093 \pm 1.120
Neurotics	-2.831 \pm 1.477
Schizophrenics	-0.723 \pm 2.046

IV. 결 론

아시아 주요도시의 건강생태학적 비교연구의 일환으로 서울지역 일부 병원에 내원하는 임신 3개월 이상의 임신부 50명을 대상으로 1990년 12월부터 1991년 4월에 걸쳐 모발중 수은 농도 함유량을 측정하고 그들의 건강상태를 파악한 결과는 다음과 같다.

1. 임신부 모발 수은농도는 평균농도는 $0.65\mu\text{g/g}$ 으로 $0.21\mu\text{g/g}$ 에서부터 $2.44\mu\text{g/g}$ 까지 광범위한 분포를 나타냈다.

2. 조사대상 임신부의 생선류 섭취횟수에 따른

Table 8. Hg concentrations by THI category score

Category	Score	Concentration of Hg($\mu\text{g/g}$)			
		Number of sample	Mean	S.D.	Range
SUSY(I)	Less than 35	21	0.75	0.64	0.27~2.44
	36~40	17	0.67	0.44	0.21~2.00
	More than 41	12	0.44	0.15	0.22~0.75
RESP(A)	Less than 15	25	0.65	0.50	0.22~2.44
	16~20	19	0.70	0.59	0.21~2.37
	More than 21	6	0.50	0.12	0.32~0.64
EYSK(B)	Less than 15	20	0.79	0.60	0.21~2.37
	16~20	26	0.50	0.20	0.26~1.04
	More than 21	4	0.92	1.02	0.22~2.44
MOUT(D)	Less than 15	24	0.76	0.62	0.26~2.44
	16~20	23	0.55	0.36	0.21~2.00
	More than 21	3	0.49	0.08	0.43~0.58
DIGE(C)	Less than 15	24	0.71	0.59	0.21~2.44
	16~20	23	0.63	0.44	0.26~2.37
	More than 21	3	0.37	0.13	0.22~0.45
IMPU(H)	Less than 15	10	0.37	0.13	0.22~0.45
	16~20	27	0.65	0.50	0.22~2.44
	More than 21	13	0.60	0.44	0.32~2.00
LISC(I)	Less than 15	7	0.49	0.17	0.26~0.84
	16~20	24	0.73	0.58	0.21~2.44
	More than 21	19	0.61	0.47	0.26~2.37
MENT(J)	Less than 20	6	0.38	0.14	0.21~0.55
	21~25	15	0.54	0.22	0.27~1.03
	More than 26	29	0.76	0.62	0.22~2.44
DEPR(K)	Less than 15	28	0.73	0.53	0.21~2.37
	16~20	16	0.45	0.15	0.22~0.84
	More than 21	6	0.79	0.81	0.35~2.44
AGGR(F)	Less than 12	15	0.60	0.44	0.21~2.00
	13~15	32	0.69	0.54	0.22~2.44
	More than 16	3	0.41	0.09	0.32~0.49
NERV(E)	Less than 15	16	0.64	0.39	0.26~1.86
	16~20	22	0.74	0.66	0.21~2.44
	More than 21	12	0.49	0.21	0.28~1.03
LIFE(G)	Less than 15	3	1.03	1.16	0.27~2.37
	16~20	21	0.80	0.60	0.22~2.44
	More than 21	26	0.48	0.18	0.21~1.11

수은농도는 생선류를 거의 섭취하지 않을 때 0.55 $\mu\text{g/g}$, 1회/주 섭취시 0.66 $\mu\text{g/g}$, 2회이상/주 섭취시 0.67 $\mu\text{g/g}$ 으로 나타났다.

3. 거주지역별로 임신부의 모발중 수은 농도를

살펴 본 결과, 동작구 0.59 $\mu\text{g/g}$, 영등포구 0.94 $\mu\text{g/g}$, 기타 지역 0.54 $\mu\text{g/g}$ 으로 나타나 영등포구 지역 임신부의 모발중 수은농도는 동작구와 그외 지역의 거주자에 비해 각각 1.6배, 1.7배 높았다.

4. 임산부의 샴푸(또는 린스) 및 모발용 화장품 사용여부의 조사결과 조사 대상자인 모든 임산부가 샴푸를 사용하고 있었으며 모발용 화장품을 사용한 임산부가 사용하지 않은 임산부보다 모발중 수은 함량이 높았다.

5. 임산부의 파마시기에 따른 수은 농도를 살펴보면 파마한지 1개월미만일 경우 $0.90\mu\text{g/g}$, 1개월에서 3개월일 경우 $0.54\mu\text{g/g}$, 3개월 이상일 경우 $0.73\mu\text{g/g}$ 으로 파마 후 시간이 짧을수록 수은농도 함유량이 높게 나타났다.

6. 조사대상 임산부 THI의 각 척도특점과 수은 함유량을 살펴본 결과 정서불안정의 척도에서 특점이 20 이하일 경우 $0.38\mu\text{g/g}$, 21에서 25일 경우 $0.54\mu\text{g/g}$, 26 이상일 경우 $0.76\mu\text{g/g}$ 으로 나타나 모발중 수은 함량이 높을수록 정서불안정의 척도 특점이 높았다.

이상의 결과에서 모발중 수은 함량을 음식물중 생선의 섭취 및 모발용 화장품의 사용과 거주지의 지역적 특성의 영향을 받으며 수은함량이 정신건강장애와 관련이 있을 수 있는 것을 시사하였다. 따라서 인체에 흡수된 수은 함량에 관한 환경역학조사 및 영양학적 조사가 보다 계속적이고 장기적으로 연구되어야 할 과제이다.

참 고 문 헌

1. John Doull, Curtis D. Klaassen, Mary O. Amodur : Toxicology. second edition, Macmillan publishing Co., Inc. 1980.
2. 이광목 : 중금속과 환경, 한국의 산업의학, **22**, 29~32, 1983.
3. S. Yamaguchi, J. Matsumoto et al. : Factors affection the amount of mercury in human scalp hair, *AJPH* **65**, 484, 1986.
4. D. E. Vance, W. D. Ehmann, W. R. Markesbery : Trace element content in fingernails and hair of a nonindustrialized US control population, biological trace element research **17**, 1988.
5. T. Suzuki, S. Watanabe, T. Hongo et al. : Mercury on scalp hair of papusans in the fly estuary, papua new guinea, *Asia-Pacific journal of public health* **12**, 1988.
6. 김윤신의 2인 : 질문지 건강조사표에 관한 고찰-THI건강조사표의 실용화-, 한국의 산업의학 **18**, 18~28.
7. 한혜진 : THI에 의한 생명보험 가입자의 건강 실태조사, 한양대 행정대학원 석사논문, 1987.
8. 김윤신의 1인 : Todai Health Index(THI) 건강조사표의 분석방법에 관한 고찰, 한국의 보건통계학회지, **14**, 1989.
9. 환경처 : 환경오염공정시험법, 1983.
10. 岩島清外 人 : 환경오염분석법 4. 5, 大日本圖書(株), 1973.
11. U. Ebbestad, N. Gundersen, T. Torgrimsen et al. : A simple method for the determination of mercury, *atomic absorption newsletter* **14**, 142, 1975.
12. 조운승의 4인 : 특정유해물질에 대한 생체 폭로도의 조사연구(2), 국립환경연구원보, **3**, 305~316, 1986.
13. Yamaguchi, S. Matsumoto, H., Matsuo, S., Kaku, S., and Hoshide, M. : Relationship between mercury content of hair and amount of fish consumed. *HSMHA health rep.* **86**, 904~909, 1971.
14. 김만호외 1인 : 일부지역주민의 중금속 함량에 관한 연구, 국립환경연구소보, 189~198, 1981.
15. Hammer, D. I., Hendricks, R. H., Horton, R. J. M. : Hair trace metal levels and environmental exposures. *am. J. Epidemiol* **93**, 84~92, 1971.