

## 어패류와 그 제품 섭취양상에 따른 두발중 총수은 및 유기수은 함량

이원식·김두희

경북대학교 대학원 보건학과

= Abstract =

### **Mercury Contents of Scalp Hair by Consumption Pattern of Fishes, Shellfishes and its Products**

Won Shik Lee, Doohie Kim

*Department of Public Health Graduate School, Kyungpook National University*

This study was conducted to examine the levels of total and organic mercury in the scalp hair of the elementary school children and adults, and their relationship with the consumption pattern of fishes and shellfishes.

The scalp hair samples were collected from the occipital part of 115 children and 131 adults in costal, urban and rural areas of Kyungpook province from June to August 1991. The mercury content was analysed by the atomic absorption spectrophotometer (model IL. 555) with atomic vapor accessory (model IL. 440).

The total and organic mercury contents of hair were significantly higher ( $p < 0.01$ ) among the children who prefer fish and/or shellfish (7.728 ppm, 6.610 ppm), and canned fish and/or fish pastes (6.969 ppm, 5.885 ppm) than those who prefer meat (4.822 ppm, 3.905 ppm) and vegetables (3.974 ppm, 3.224 ppm). The children who prefer to eat the canned fish without cooking showed a higher mercury content than the children who prefer to eat it as stew or mixed with vegetables ( $p < 0.01$ ). There was a dose-response relationship between the intake frequency of canned fish, raw fish and cooked fish and the content of total and organic mercury of hair; the children who eat fish almost everyday showed 2 times higher than those who eat rarely ( $p < 0.01$ ). The mercury content in the hair of the children who eat raw fish was significantly higher than that of the children who eat boiled or broiled fish ( $p < 0.01$ ).

The total and organic mercury contents of adult scalp hair increased with age up to the forties and slightly decreased in the fifties. The mercury contents of those who were engaged in the fishery and raw fish restaurant were 2 times higher than those of the farmers. The mercury content of the persons who were favorite dishes of fish and

shellfish were most high, and who prefer raw fish were 2 times higher than those of the persons who prefer vegetables and broiled fish. The contents of total and organic mercury in adult scalp hair showed also a increasing tendency with the intake frequency of raw and cooked fish.

**Key words:** organic mercury, total mercury, hair, consumption of fishes and shellfishes

## 서 론

인간은 모든 오염원으로부터 매일  $2.4\mu\text{g}$ 의 유기수은을 섭취하며 그중  $2.3\mu\text{g}$ 이 혈액내로 흡수되는 것으로 추정하고 있으며, Tollefson과 Cordle(1986)은 소량의 생선섭취도 혈중 유기수은 함량에 영향을 미친다고 하였다. 역시 두발의 유기수은 함량도 생선 섭취빈도의 증가에 따라 축적정도가 높아짐은 물론, 어부들은 평균 생선섭취량이 많기 때문에 다른 일반인에 비해 유기수은 함량이 현저히 높았다고 했다(Airey, 1983; WHO, 1989b).

어류섭취를 통한 수은 폭로집단에서의 두발중 수은 함량을 조사한 여러 연구들(Buchet 등, 1978; McKeown-Eyssen 등, 1983; Hansen 등, 1984; Capelli 등, 1986; Valciukas 등, 1986; Sherlock와 Quinn, 1988)은 식이의 양상, 어류의 수은 오염정도에 따라 두발중 수은 함량을 다양하게 보고하고 있으며, 특히 유기수은은 적은 양의 섭취에 의해서도 태아와 유아에게 신경장애를 유발할 수 있다는 보고도 있다(Tollefson과 Cordle, 1986).

한편 총수은과 무기수은 및 유기수은의 일일 섭취정도를 추정한 결과는 생선과 생선제품을 통한 총수은 섭취가  $3\mu\text{g}$ 이라고 할 때, 그 중 20% ( $0.6\mu\text{g}/\text{day}$ )는 무기수은이고, 80% ( $2.4\mu\text{g}/\text{day}$ )는 유기수은이라 한다. 또한 생선 이외의 대부분의 식품중에 함유된 수은은 주로 무기형태이며, 인체에 들어온 수은중 장관(腸管)을 통한 흡수량은 무기수은이 약 7%인데 비해, 유기수은은 95%라 한다(WHO, 1976; Walsh, 1982; Fang, 1980).

따라서 본 연구는 어패류 및 그 제품의 섭취양상에 따른 총수은 및 유기수은의 체내 축적정도를 관찰하기 위하여 두발중 수은 함량을 분석하여 다소의 성적을 얻었기에 보고하는 바이다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상 및 시료

조사 대상자는 표 1 과 같이 모두 246 명(해안지역 101, 도시지역 39, 농촌지역 106)이며 남자로 한정하여 목적에 따른 대상선정 방법(purposive sampling)으로 국민학생군과 성인군으로 구분하였다.

인체의 수은섭취 영향을 알아보기 위하여 국민학생군은 부모가 주로 어업에 종사하는 해안지역 거주학생(36명)과 산간오지지역 거주학생(39명) 및 대도시 거주학생(40명)으로 총 115명의 두발시료를 채취하였다.

성인군은 주로 어업에 종사하는 해안지역 거주자 65명과 내륙 산간지역 거주자 66명, 총 131명의 두발시료를 채취하였다.

두발시료는 1991년 6월부터 8월 사이에 사전에 교육을 받은 요원들이 설문조사 후 뒷머리 아래쪽 머리카락을 채취하였다.

### 2. 유기수은 및 총수은 분석 방법

두발중 총수은과 무기수은 함량은 L-cysteine을 사용한 Magos와 Clarkson(1972)의 선택적 환원기화법에 의하여 정량하였다. 먼저 외부 오염물질의 영향을 제거하기 위해 녹슬지 않은 스텐

**Table 1.** Age distribution, occupation and most favorite dish of the study subjects by residential area

(unit: Frequency(%))

	Coastal	Urban	Rural	Total
<b>Age (yrs.)</b>				
<b>Students</b>				
~ 9	20 ( 55.6)	19 ( 48.7)	8 ( 20.0)	47 ( 40.9)
10~13	16 ( 44.4)	20 ( 51.3)	32 ( 80.0)	68 ( 59.1)
Total	36 (100.0)	39 (100.0)	40 (100.0)	115 (100.0)
<b>Adults</b>				
20~29	2 ( 3.1)	-	11 ( 16.7)	13 ( 9.9)
30~39	20 ( 30.8)	-	23 ( 34.8)	43 ( 32.8)
40~49	22 ( 33.8)	-	10 ( 15.2)	32 ( 24.4)
50~	21 ( 32.3)	-	22 ( 33.3)	43 ( 32.8)
Total	65 (100.0)	-	66 (100.0)	131 (100.0)
<b>Occupation of adults</b>				
Fishery	52 ( 80.0)	-	-	52 ( 39.7)
Raw fish restaurant	4 ( 6.2)	-	-	4 ( 3.1)
Agriculture	3 ( 4.6)	-	66 (100.0)	69 ( 52.7)
Others	6 ( 9.2)	-	-	6 ( 4.6)
Total	65 (100.0)	-	66 (100.0)	131 (100.0)
<b>Most favorite dish (Students+Adults)</b>				
Fish & shellfishes	74 ( 73.3)	1 ( 2.6)	5 ( 4.7)	80 ( 32.5)
Fish can & fish pastes	9 ( 8.9)	2 ( 5.1)	13 ( 12.3)	24 ( 9.8)
Meats	13 ( 12.9)	19 ( 48.7)	50 ( 47.2)	82 ( 33.3)
Vegetables	5 ( 5.0)	17 ( 43.6)	38 ( 35.8)	60 ( 24.4)
Total	101 (100.0)	39 (100.0)	106 (100.0)	246 (100.0)

레스 가위로 약 0.5cm 길이로 잘라 잘 세척된 비이커에 넣고 0.3% Triton X-100 용액을 적당량 넣어 약 10분간 진탕한 후 진공펌프와 여과지(Whatman No. 540)를 사용하여 흡인 여과하였다. 이어 300ml 정도의 탈이온수로 3회, 10ml의 아세톤으로 다시 1회 세척하였다(Instrumentation Laboratory Inc., 1981).

이를 상온에서 24시간 건조시킨 후 전자천평을 사용하여 정확히 100mg을 0.1mg의 오차범위로 무게를 달고 시험관에 담아 45% NaOH 용액 2ml와 1% L-cysteine 용액 1ml를 혼합한다. 이를 65℃의 항온조에 넣어서 1시간 가열 분해시킨

후 즉시 냉각시키고 그후 1% NaCl 용액을 가하여 총 10ml로 하여 sealing film으로 막고 3일 이내에 분석하였다.

(1) 총수은 분석: 2ml의 시료에 1% L-cysteine 용액 1ml와 1% NaCl 용액 18ml를 넣고 16N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액 10ml를 가한 후 SnCl<sub>2</sub>-CdCl<sub>2</sub> 용액 1ml를 넣고 45% NaOH 용액 20ml를 가하여 선택적 환원기화법으로 최고치를 측정하였다.

(2) 무기수은 분석: 총수은 분석법과 같으나 SnCl<sub>2</sub>-CdCl<sub>2</sub> 용액 대신 SnCl<sub>2</sub>용액 1ml를 사용하였다.

(3) 유기수은 함량: 총수은 함량에서 무기수은

함량을 감하여 구했다.

(4) 총수은에 대한 유기수은의 비율(%): (유기수은 함량 ÷ 총수은 함량) × 100으로 했다.

분석기기는 원자흡광분광광도계 (Model, IL 551)를 본체로 한 수은분석장치 (Atomic Vapor Accessory, Model IL 440)를 사용였으며, Instrumentation Laboratory Inc. (1981)의 분석시 기기 조건에 따라 분석하였다.

### 3. 자료분석

대상은 어린이와 성인의 식습성이 다를 것으로 생각되어 국민학생군(13세 이하)과 성인군(20세 이상)으로 나누고 국민학생군에 대해서는 선호반찬 종류, 생선통조림 섭취빈도, 생선통조림 먹는 방법, 생선회 섭취빈도, 생선으로 조리한 반찬 섭취빈도, 생선을 먹는 방법에 따른 두발중 총수은 함량, 유기수은 함량 및 총수은 함량에 대한 유기수은 함량의 비율(%)을 구하고 이를 SPSS PC<sup>+</sup> 통계프로그램을 이용하여 t-test와 분산분석(F-test)으로 통계학적인 유의성을 검정하였으며, 섭취빈도에 따른 양-반응관계는 ANOVA에 의한 linearity로 보았다. 성인군에 대해서는 생선통조림에 관한 내용은 제외되었고 연령과 직업에 따른 내용을 추가하였다.

## 성 적

학생군에서의 선호반찬 종류에 따른 두발중 수은 함량을 보면, 총수은 및 유기수은 함량은 생선 및 조개류 선호군이 각각  $7.728 \pm 1.6492$  ppm,  $6.610 \pm 1.4743$  ppm으로 가장 높고, 그 다음이 생선 통조림 및 어묵류, 육류, 야채류 선호군의 순으로 낮아졌으며, 야채류 선호군의 경우 생선 및 조개류 선호군에 비해 절반에 가까운 수준을 보였다. 총수은에 대한 유기수은의 비율은 생선 및 조개류 선호군과 생선통조림 및 어묵류 선호군이 각  $85.32 \pm 2.060\%$ 와  $84.34 \pm 2.287\%$ 로 육류와 야채류 선호군의  $80.43 \pm 3.523\%$ ,  $80.47 \pm 3.884\%$ 에 비해 높은 편이었다. 선호반찬 종류에 따른 두발중 수은 함량의 차이는 3항목 모두 통계학적으로 유의하게 나타났다( $p < 0.01$ )(표 2-1).

학생군의 생선통조림 섭취빈도에 따른 두발중 수은 함량을 살펴본 결과 총수은 및 유기수은 함량은 거의 매일 먹는 군이 각각  $8.317 \pm 0.6567$  ppm,  $7.152 \pm 0.6120$  ppm으로 거의 먹지 않는 군의  $3.736 \pm 1.1594$  ppm과  $2.998 \pm 1.0420$  ppm에 비해 2배 이상 높은 수치를 보이며, 섭취빈도가 높아짐에 따라 총수은 및 유기수은 함량이 유의하게 증가하였다( $p < 0.01$ ). 총수은에 대한 유기수

**Table 2-1.** Hair mercury level by the kinds of most favorite dish in students group

Most favorite dish	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Fish & shellfishes	25	7.728	1.6492	6.610	1.4743	85.32	2.060
Fish can & fish pastes	15	6.969	1.1851	5.885	1.0640	84.34	2.287
Meats	44	4.822	1.6724	3.905	1.4342	80.43	3.523
Vegetables	31	3.974	1.2260	3.224	1.0906	80.47	3.884
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

은 함량의 비율도 거의 매일 먹는 군이  $85.98 \pm 1.881\%$ 로 가장 높고 차례로 감소하였다( $p < 0.01$ )(표 2-2).

학생군을 대상으로 생선통조림을 먹는 방법에 따라 두발중 수은 함량을 알아본 결과, 총수은 및 유기수은 함량은 조리를 않고 그대로 먹는 군이 각각  $7.987 \pm 0.8603$  ppm과  $6.812 \pm 0.7704$  ppm으로 야채와 섞어 먹는 군, 찌개로 해서 먹는 군 그리고 거의 먹지 않는 군보다 뚜렷이 높게 나타났으며 이러한 차이는 통계적으로 유의한 것이었

다( $p < 0.01$ ). 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율은 그대로 먹는 군이  $85.27 \pm 2.585\%$ 로 가장 높은 비를 나타냈고, 다른 3가지 먹는 방법은 비슷한 비인 약 81%로 통계학적으로 유의하였다( $p < 0.01$ )(표 2-3).

학생군의 생선회 섭취빈도에 따른 두발중 총수은 및 유기수은 함량은 거의 매일 먹는 군이 각각  $8.408 \pm 0.6422$  ppm,  $7.238 \pm 0.5895$  ppm으로 거의 먹지 않는 군의  $4.009 \pm 1.0494$  ppm 및  $3.258 \pm 0.9727$  ppm에 비해 2배 이상 높은 수준을 나타냈

**Table 2-2.** Hair mercury level by frequency of canned fish intake in students group

Frequency of canned fish intake	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Almost everyday	17	8.317	0.6567	7.152	0.6120	85.98	1.881
Every other day	16	7.608	0.8998	6.371	0.8495	83.68	3.776
Twice a week	10	6.960	1.0598	5.876	0.8553	84.56	3.516
Once a week	6	5.758	1.0312	4.648	0.8466	80.67	3.688
Occasionally	20	4.699	1.0458	3.862	0.9158	81.89	2.327
Rarely	46	3.736	1.1594	2.998	1.0420	79.64	3.362
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	
Linearity		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

**Table 2-3.** Hair mercury level by the cooking method for eat of canned fish in students group

Cooking method	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Raw	27	7.987	0.8603	6.812	0.7704	85.27	2.585
Mixed with vegetables	10	5.710	1.9008	4.673	1.5657	81.83	3.518
Stew	36	4.803	1.7867	3.937	1.5848	81.22	3.383
Rarely consume	42	4.462	1.6050	3.641	1.4472	80.65	3.933
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

으며, 섭취빈도가 증가함에 따라 수은 함량도 증가하였고 이러한 경향은 통계적으로 유의한 것이었다( $p < 0.01$ ). 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율도 거의 매일 먹는 군이  $86.08 \pm 1.959\%$ 로 거의 먹지 않는 군의  $80.57 \pm 3.682\%$ 에 비해 높았으며 섭취 빈도에 따라 유의한 차이를 보였다( $p < 0.01$ )(표 2-4).

학생군에서 생선으로 조리한 반찬 섭취빈도에 따른 두발중 수은 함량을 보면, 총수은 및 유기수은 함량은 거의 매일 먹는 군이 각각  $8.316 \pm 0.7452$  ppm,  $7.180 \pm 0.6266$  ppm으로 가장 높게 나타나고 있으며, 섭취빈도가 낮아짐에 따라 차츰 그 함량이 감소하였다. 총수은에 대한 유기수은 비율도 거의 매일 먹는 군이  $86.37 \pm 1.083\%$ 로 가장 높은 비를 보였으며, 섭취빈도가 감소함에 따라 유의하게 낮아졌다( $p < 0.01$ )(표 2-5).

학생군에서 생선조리방법에 따른 두발중 수은 함량은 총수은 및 유기수은 모두 회로 먹는 경우가 각각  $7.935 \pm 1.0617$  ppm,  $6.728 \pm 1.9827$  ppm으로 가장 높은 수준을 나타냈으며, 탕으로, 구워서 또는 경우에 따라 먹는 군의 순으로 낮았으며, 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율도 회로 먹

을 경우와 탕으로 먹는 군은 각각  $84.86 \pm 2.688\%$ 와  $84.19 \pm 3.534\%$ 로 비슷하게 높은 수치를 보이거나 구워서 먹는 군은  $80.31 \pm 3.950\%$ 로 약간 낮았다( $p < 0.01$ )(표 2-6).

학생군에서 조사된 각 변수간(생선통조림 섭취빈도, 생선회 섭취빈도, 생선반찬 섭취빈도)의 상관성을 보면 서로 유의한 정상관관계를 나타내었으며( $p < 0.01$ ), 이들은 두발중 총수은, 유기수은 함량 및 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율과도 유의한 정상관관계를 나타냈다(각각  $p < 0.01$ ). 총수은, 유기수은 함량 및 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율간에도 유의한 정상관관계를 보였다( $p < 0.01$ )(표 3).

성인군에서의 연령에 따른 두발중 수은 함량은 총수은 및 유기수은 함량, 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율이 20대에서 40대까지는 연령이 증가함에 따라 그 수치가 높아졌으나, 50세 이상 군에서는 약간 낮아지는 경향을 보였으며, 연령에 따른 두발중 총수은과 유기수은 함량, 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율 모두 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ )(표 4-1).

성인군에서의 직업별 두발중 수은 함량을 보면

**Table 2-4.** Hair mercury level by eating frequency of raw fish intake in students group

Frequency of raw fish intake	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Almost everyday	8	8.408	0.6422	7.238	0.5895	86.08	1.959
Every other day	8	8.293	1.0186	7.108	0.9020	85.67	0.920
Twice a week	13	7.869	0.9667	6.699	0.8954	85.03	1.648
Once a week	7	7.079	1.2565	5.631	1.0343	79.57	3.241
Occasionally	14	6.218	1.4107	5.163	1.2696	82.72	3.606
Rarely	65	4.009	1.0494	3.258	0.9727	80.57	3.682
F-test		$p < 0.01$		$p < 0.01$		$p < 0.01$	
Linearity		$p < 0.01$		$p < 0.01$		$p < 0.01$	

**Table 2-5.** Hair mercury level by eating frequency of cooked fish intake in students group

Frequency of cooked fish intake	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Almost everyday	15	8.316	0.7452	7.180	0.6266	86.37	1.083
Every other day	18	7.397	1.1104	6.233	0.9868	84.24	3.667
Twice a week	13	6.874	1.6842	5.765	1.5329	83.51	3.861
Once a week	9	5.587	1.2070	4.598	0.9776	82.42	2.665
Occasionally	22	4.192	1.0100	3.413	0.8828	81.02	3.205
Rarely	38	3.772	1.0916	3.000	1.8981	79.21	2.783
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	
Linearity		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

**Table 2-6.** Hair mercury level by the preferred cooking method for eat of fish in students group

Preferred cooking method of fish	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Raw	26	7.935	1.0617	6.728	1.9827	84.86	2.688
Boiled	15	6.148	1.5551	5.204	1.4247	84.19	3.534
Broiled	39	4.606	1.9041	3.738	1.6465	80.31	3.950
No particular preference	36	4.523	1.5174	3.701	1.3795	81.12	3.284
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

총수은 및 유기수은 함량은 농업에 종사하는 군이  $3.765 \pm 1.3072$  ppm,  $3.083 \pm 1.1340$  ppm로서 어업(각각  $8.137 \pm 1.7161$  ppm,  $6.869 \pm 1.5042$  ppm), 횃집(각각  $7.620 \pm 3.0536$  ppm,  $6.415 \pm 2.6822$  ppm), 기타군(각각  $7.530 \pm 0.9988$  ppm,  $6.385 \pm 0.9551$  ppm)보다 현저히 낮았다. 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율도 농업에 종사하는 군이 81.34%로 가장 낮은 수준을 나타냈다. 총수은 및 유기수은 함량의 직업에 따른 차이도 유의하게 나타났다( $p < 0.01$ )(표 4-2).

성인군의 선호반찬 종류에 따른 두발중 총수은 및 유기수은 함량은 생선 및 조개류를 선호하는 군(각각  $8.189 \pm 1.7486$  ppm,  $6.917 \pm 1.5298$  ppm)이 생선통조림 및 어묵류( $4.334 \pm 1.2661$  ppm,  $3.562 \pm 1.0506$  ppm), 육류( $4.447 \pm 1.8254$  ppm,  $3.707 \pm 1.6113$  ppm), 야채류( $3.453 \pm 1.1413$  ppm,  $2.776 \pm 0.9413$  ppm)를 선호하는 집단보다 2배정도 높은 함량을 보였으며, 야채류를 선호하는 집단이 가장 낮았다. 선호하는 반찬종류에 따른 두발중 총수은과 유기수은 함량, 총수은에 대한 유

**Table 3.** Correlation matrix for variables in students group

	Raw	Cooked	T-Hg	O-Hg	O/T-Hg
Canned	0.788**	0.856**	0.868**	0.869**	0.559**
Raw		0.787**	0.823**	0.824**	0.485**
Cooked			0.837**	0.848**	0.602**
T-Hg				0.996**	0.608**
O-Hg					0.671**

\*\* : p<0.01

Canned: Frequency of canned fish intake

Code as (6; Almost everyday, 5; Every other day, 4; Twice a week, 3; Once a week, 2; Occasionally, 1; Rarely)

Raw: Frequency of raw fish intake

Code as (6; Almost everyday, 5; Every other day, 4; Twice a week, 3; Once a week, 2; Occasionally, 1; Rarely)

Cooked: Frequency of cooked fish intake

Code as (6; Almost everyday, 5; Every other day, 4; Twice a week, 3; Once a week, 2; Occasionally, 1; Rarely)

T-Hg: Total mercury contents (ppm) in hair

O-Hg: Organic mercury contents (ppm) in hair

O/T-Hg: (Organic mercury contents/Total mercury contents) × 100 (%)

**Table 4-1.** Hair mercury level by age in adults group

Age (yrs.)	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
20~29	13	4.539	1.8864	3.727	1.6530	81.21	4.540
30~39	43	5.272	2.3425	4.387	2.0472	82.35	3.677
40~49	32	6.563	2.5981	5.515	2.2423	83.49	3.584
50 and over	43	6.112	2.9381	5.122	2.5481	82.97	3.539
F-test		p<0.05		p<0.05		N.S.	
Linearity		p<0.05		p<0.05		N.S.	

**Table 4-2.** Hair mercury level by the occupations in adults group

Occupation	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Fishery	52	8.137	1.7161	6.869	1.5042	84.24	1.8526
Raw fish restaurant	4	7.620	3.0536	6.415	2.6822	83.63	2.7714
Agriculture	69	3.765	1.3072	3.083	1.1340	81.34	4.3840
Others	6	7.530	0.9988	6.385	0.9551	84.66	1.7266
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	



기수는 함량의 비율은 유의한 차이를 나타내었다 ( $p < 0.01$ ) (표 4-3).

성인군의 생선회 섭취빈도에 따른 두발중 총수은과 유기수은 함량, 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율은 섭취빈도가 높아짐에 따라 유의하게 증가함을 보였으며 ( $p < 0.01$ ), 총수은과 유기수은 함량은 거의 매일 먹는군(각각  $8.721 \pm 1.981$  ppm,  $7.415 \pm 1.6885$  ppm)이 거의 먹지 않는 군(각각  $3.444 \pm 0.8875$  ppm,  $2.784 \pm 0.7671$  ppm)에 비해 2배이상 높았다(표 4-4).

성인군에서 생선으로 조리한 반찬 섭취빈도에 따른 두발중 총수은 및 유기수은 함량의 경우, 거의 먹지 않는 군이 각각  $3.231 \pm 1.0189$  ppm,  $2.618 \pm 0.8264$  ppm으로 2일에 1번 섭취군의  $8.318 \pm 2.0076$  ppm,  $6.996 \pm 1.7551$  ppm까지는 섭취빈도가 높아짐에 따라 그 함량이 높아졌으나, 거의 매일 먹는 군은 2일에 1번 먹는 군보다 약간 낮았다. 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율 역시 섭취빈도가 높아짐에 따라 높아졌으나 약간의 변화를 보였다. 섭취빈도에 따른 두발중

**Table 4-3.** Hair mercury level by the kinds of most favorite dish in adults group

Most favorite dish	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Fish & shellfishes	55	8.189	1.7486	6.917	1.5298	84.30	1.624
Fish can & fish pastes	9	4.334	1.2661	3.562	1.0506	82.03	3.027
Meats	38	4.447	1.8254	3.707	1.6113	82.50	4.753
Vegetables	29	3.453	1.1413	2.776	0.9413	80.21	3.872
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

**Table 4-4.** Hair mercury level by eating frequency of raw fish intake in adults group

Frequency of raw fish intake	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Almost everyday	24	8.721	1.9811	7.415	1.6885	85.00	0.846
Every other day	22	8.042	1.2745	6.847	1.1397	84.99	1.407
Twice a week	10	7.867	1.0013	6.505	0.8129	82.73	1.800
Once a week	8	5.638	1.4346	4.728	1.1877	83.98	2.797
Occasionally	13	4.811	1.8255	4.005	1.5117	83.24	3.340
Rarely	54	3.444	0.8875	2.784	0.7671	80.46	4.323
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	
Linearity		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

수은 함량은 모두 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.01$ ) (표 4-5).

성인군의 생선 조리방법에 따른 두발중 총수은 및 유기수은 함량이 회로 먹는 경우가 각각  $7.947 \pm 1.9470$  ppm,  $6.695 \pm 1.6861$  ppm 으로 가장 높게 나타났으며, 탕으로 해서 먹는 경우(각각  $4.916 \pm 2.1347$  ppm,  $4.127 \pm 1.8604$  ppm)는 이보다 절반에 가깝게 낮았으며, 구워서 먹는 군(각각  $4.040 \pm 1.8059$  ppm,  $3.277 \pm 1.5407$  ppm)에서는 탕으로 주로 먹는 군 보다 더 낮은 함량을 보였으며, 닥치는 대로 먹는 경우(각각  $5.292 \pm 2.5410$  ppm,  $4.423 \pm 2.2228$  ppm)는 탕으로 먹는 경우보다 약간 높았다. 총수은과 유기수은 함량, 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율은 회로, 닥치는 대로, 탕으로, 구워서 먹는 군의 순으로 그 함량이 낮았으며, 생선 조리방법에 따라 유의한 차이를 보였다( $p < 0.01$ ) (표 4-6).

## 고 찰

수은의 사용량이 증가됨에 따라 수은화합물은 대기, 토양 뿐만 아니라 하천과 호수 및 해양에

축적되고 세균들과 동·식물성 플랑크톤에 섭취되어져 유기수은 화합물인 메틸수은으로 전환되며, 식품연쇄계를 통하여 어패류 체내에 농축되는 것으로 알려져 있다(喜田村正次, 1971; Handerson 등, 1972).

어류 조직중에 축적된 수은은 대부분 유기수은의 형태로 되어 있으나 이들이 섭취한 수은의 근원은 무기수은 형태이다(Huckabee 등, 1979). 이에 대해 여러 가설이 있으나 다음 3가지로 대별된다(Thellen 등, 1981; WHO, 1989a). ① 환경중의 미생물에 의한 생물학적 메틸화의 산출물인 유기수은은 무기수은 보다 쉽게 어류에 섭취 축적된다. ② 어류의 기관지 점막과 위장관에 서식하는 미생물에 의해서도 메틸화가 이루어진다. ③ 어류의 간장에서도 메틸화가 이루어진다.

따라서 다른 식품중의 수은은 무기수은 형태가 대부분이므로 사람이 섭취하는 식품중 유기수은의 주된 원천은 어류라 생각되며, Vostal과 Clarkson(1973)은 어류를 많이 먹는 집단에서 인체에 축적되는 수은 함량은 어류소비량과 직접 상관이 있다고 지적하고 있다.

수은중독 증상의 발현은 두발과 혈액에서 총수

**Table 4-5.** Hair mercury level by eating frequency of cooked fish intake in adults group

Frequency of cooked fish intake	No.	Total (ppm)		Organic (ppm)		Organic/Total (%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Almost everyday	35	8.185	1.5651	6.937	1.3520	84.67	1.602
Every other day	19	8.318	2.0076	6.996	1.7551	83.90	1.557
Twice a week	8	6.333	1.8922	5.358	1.6576	84.54	2.854
Once a week	8	4.719	1.1545	3.948	0.9783	83.70	3.692
Occasionally	40	3.944	1.4470	3.218	1.2759	80.87	4.305
Rarely	21	3.231	1.0189	2.618	0.8264	80.85	4.397
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	
Linearity		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

**Table 4-6.** Hair mercury level by the preferred cooking method for eat of fish in adults group

Preferred cooking method of fish	No.	Total(ppm)		Organic(ppm)		Organic/Total(%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Raw	37	7.947	1.9470	6.695	1.6861	84.12	1.818
Boiled	11	4.916	2.1347	4.127	1.8604	83.59	2.784
Broiled	23	4.040	1.8059	3.277	1.5407	80.52	4.268
No particular preference	60	5.292	2.5410	4.423	2.2228	82.53	4.128
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

은 함량이 각각 50 ppm, 0.2 ppm 이상에서 일어날 수 있다고 하며(Kyle 과 Ghani, 1982), 유기수은은 전신계 독소로 작용하여 인체 전반에 영향을 미칠 수 있으나, 특히 신경조직에 지대한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(WHO, 1976).

인체중에서도 머리카락에 축적되는 수은 함량은 생체 각 조직의 함량에 비례할 뿐만 아니라, 혈액에 비해 약 250배 높은 비율로 축적되며, 수은 함량을 측정하기 위해 두발시료를 이용하는 이유는 시료채취가 쉽고, 보관이 용이하며, 이들 재료의 미량분석이 정밀하고 재현성이 있기 때문이다(Howard, 1977).

총수은 및 무기수은 함량은 원자흡광법에 의해, 그리고 유기수은 화합물은 gas chromatography(GC)법에 의해 주로 분석 하나(Giovanoli-Jakubczak와 Berg, 1974), 총수은 함량에서 무기수은 함량을 빼면 유기수은 함량이 되므로 원자흡광법으로도 유기수은 함량을 정량할 수도 있다. 본 연구에서는 총수은과 무기수은 함량을 Kacprzak 과 Chvojka(1976)에 의해 채택된 Magos(1971)의 선택적 환원방법을 보완한 Magos와 Clarkson(1972)의 원자흡광법에 의하여 정량하였다. 이 방법은 Giovanoli-Jakubczak 등(1974)이 gas chromatography법과 비교한 바 상관성이  $r=0.99$ 이며 회수율이 99.4%로서 GC법의 95.6%보다 더 우수한 것으로 평가했다.

선호반찬 종류에 따른 두발중 평균 수은 함량을 보면 학생군의 경우, 생선 및 조개류, 생선통조림 및 어묵류, 육류, 야채류를 선호하는 순으로 두발중 총수은 및 유기수은 함량이 높게 나타났으며, 생선 및 조개류와 생선통조림 및 어묵류를 선호하는 군이 육류나 야채를 좋아하는 군보다 월등히 높게 나타나고 있다. 성인군의 경우 생선 및 조개류를 선호하는 군의 총수은과 유기수은 함량이 생선통조림 및 어묵류, 육류, 야채류를 선호하는 집단보다 현저히 높게 나타나고 있으며 학생군에서와는 달리 생선통조림 및 어묵류를 선호하는 군이 육류를 선호하는 군보다 약간 떨어지고 있음은 성인군의 경우는 생선통조림 및 어묵류를 많이 먹지 않을 뿐 아니라 생선통조림이나 어묵류중에서도 참치 통조림 이외의 생선통조림이나 어묵류를 먹었으며, 학생군은 참치통조림을 주로 먹기 때문이 아닌가 생각된다.

일본에서 이와 유사한 연구(Yamaguchi 등, 1975)가 이루어진 바, 어류를 많이 섭취하는 어부나 그 가족이 어류를 많이 섭취하지 않는 채식주의 집단에 비해 상대적으로 수은 함량이 높게 나타나고 있다고 하며, 이는 생선이 육류나 야채류에 비해 수은 함량이 높을 뿐만 아니라 흡수 및 배설의 기전에서도 차이가 나기 때문이라고 지적되고 있음은 본 연구 결과를 지지하는 것으로 생각된다.

학생군의 생선통조림 섭취빈도에 따른 두발중 평균 수은 함량과 생선회 섭취빈도에 따른 두발중 수은 함량 및 생선으로 조리한 반찬 섭취빈도별에 따른 수은 함량을 함께 살펴보면, 거의 매일 먹는 군, 2일에 1번, 1주에 2번, 간혹, 거의 먹지 않음 순으로 총수은 및 유기수은 함량이 점차 감소하고 있으며, 생선통조림을 매일 먹는 집단의 두발중 총수은 및 유기수은 함량이 각각  $8.317 \pm 0.6567$  ppm 및  $7.152 \pm 0.6120$  ppm으로 거의 먹지 않는 군의  $3.736 \pm 1.1594$  ppm,  $2.998 \pm 1.0429$  ppm에 비해 2배 이상 높게 나타났으며 생선회 섭취빈도에 따른 두발중 수은 함량과 생선으로 조리한 반찬 섭취빈도에 따른 수은 함량도 거의 비슷한 현상을 보이고 있음은 세 변수사이에 높은 상관관계가 있기 때문으로 여겨진다. Airey (1983)가 조사한 생선섭취 빈도에 따른 두발중 평균 수은농도를 보면 1달에 1회 미만 섭취시 1.4 ppm, 주 2회 섭취는 1.9 ppm, 주 1회 섭취시는 2.5 ppm, 하루 1번 이상 섭취시는 11.6 ppm으로 생선섭취 빈도가 높아짐에 따라 두발중 수은 함량도 크게 높아졌다고 했고, Papua New Guinea 인을 대상으로 한 연구(Kyle와 Ghani, 1982)에서, 어류를 주식으로 하는 사람들의 두발중 평균 수은 함량이 15.5 ppm인 반면, 적은 양을 낮은 빈도로 섭취하는 대조군에서는 2.4 ppm으로 나타나 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보였다. 아울러 성인군의 생선회 섭취빈도에 따른 두발중 평균 수은 함량도 생선으로 조리한 반찬 섭취빈도별 두발중 수은 함량과 더불어 학생군에서와 비슷한 양상을 보이고 있음은 생선회와 생선조리반찬의 섭취빈도간에 상관관계가 높기 때문으로 여겨지나 성인군에서 2일에 1번 먹는 군이 거의 매일 먹는 군 보다 약간 높은 함량을 나타낸 것은 정확한 양적인 조사가 아니고 섭취빈도로 표현되었기 때문으로 생각된다. Finland의 어느 정도 오염된 지역을 대상으로 한 Erkki(1975)의 연구에서 생선을 많이 먹는 사람의 두발중 총 수은 함량이 12.9 ppm인 반면에, 거의 먹지 않는 집단에서는

1.5~2.6 ppm으로 보고한 바, 섭취량이 정확히 나타나 있지 않으나 식습관상 많이 먹은 집단은 본 연구에서 많이 먹은 집단 보다 더 많은 생선을 먹었거나, 먹은 생선에 수은 함량이 더 높기 때문으로 생각된다.

학생군의 생선통조림을 먹는 방법에 따른 두발중 수은 함량은 그대로 먹는 경우가 야채사라다와 섞어 먹을 때와 찌개로 먹을 때보다 훨씬 높을 뿐 아니라 총수은에 대한 유기수은의 비도 85.27%, 81.83%, 81.22%, 80.65%로 차이가 나고 있음은 통조림을 그대로 먹는 경우는 야채와 섞어 먹을 때와 찌개로 먹을 때보다 통조림의 절대섭취량이 달라지기 때문일 것이다. 생선을 먹는 방법에 따른 두발중 수은 함량도 회로 먹을 경우가 탕으로, 또는 구워서 먹을 경우보다 훨씬 높고 성인군에서도 주로 회로 먹는 경우 두발중 총수은 함량은  $7.947 \pm 1.9470$  ppm이나 구워서 먹을 경우  $4.040 \pm 1.8059$  ppm으로 2배 정도 차이가 나며 유기수은 함량도 같은 양상을 보였다. 이것은 생선중의 수은이 조리과정을 거치면서 승화되어지기 때문이 아닌가 생각된다.

성인군의 연령별 두발중 수은 함량은 20대, 30대, 40대로 연령이 높아짐에 따라 차츰 총수은 및 유기수은 함량이 증가하나 50세 이상군에 가서는 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 박재주 등(1982)의 농촌지역주민의 두발중 중금속함량에 관한 조사 결과 보고의 수은 함량은 4개지역중 명주군의 남자 경우, 10세 미만은  $3.00 \pm 1.69$  ppm, 10대는  $3.13 \pm 2.02$  ppm, 20대는  $3.61 \pm 1.43$  ppm, 30대는  $4.01 \pm 1.47$  ppm, 40대는  $7.06 \pm 3.10$  ppm, 50대는  $5.05 \pm 2.24$  ppm으로 40대까지는 연령이 증가함에 따라 점차 그 함량이 증가하였으나 50대 이후에 가서는 감소하는 경향을 보인 것과 비슷한 경향이었다. 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율(%)도 연령이 높아짐에 따라 20대에서는 81.21%이나 40대에 가서는 83.49%로 높아졌다가 50대에서는 82.97%로 약간 낮아지는 경향을 보이고 있다. Poland에서 매

일 평균 수은섭취실태를 조사 보고한 연구 (Szprengier-Juskiewicz, 1988)를 보면, 1~6세군에서는  $5.08\mu\text{g}/\text{day}$ , 6~18세군에서는  $5.43\mu\text{g}/\text{day}$ , 성인군에서  $15.8\mu\text{g}/\text{day}$ 로 연령이 증가함에 따라 그 섭취량이 증가한다고 하였다. 본 연구에서도 연령이 높아짐에 따라 수은 함량이 높아짐은 섭취량의 증가 때문이라 생각된다.

성인군의 직업에 따른 평균 수은 함량은 어업에 종사하는 군의 총수은 및 유기수은 함량(각각  $8.137 \pm 1.7161\text{ ppm}$ ,  $6.869 \pm 1.5042\text{ ppm}$ )은 농업에 종사하는 군(각각  $3.765 \pm 1.3072\text{ ppm}$ ,  $3.083 \pm 1.1340\text{ ppm}$ )보다 2배 이상 높은 함량을 나타낸 것은 역시 어업이나 횡집에 종사하는 경우는 해안 지역 거주자로서 농촌지역에 비해 생선섭취 빈도가 높았기 때문으로 보여지며, 이는 Paccagnella와 Prati(1974)의 보고에서 Italy 내륙지방 사람들의 혈중 수은량은 해산물을 많이 먹는 해안지역 주민들에 비하여 4~10배 낮았다는 결과와 혈중 수은량은 해산물 섭취 횟수와 밀접한 관계가 있다는 Pallotti 등(1979)의 보고가 이를 뒷받침 하는 것 같다. WHO(1989b)의 Greece, Italy, Yugoslavia에서 212명의 어부와 918명의 어부가 아닌 사람을 대상으로 조사한 연구보고에서 두발중 수은 함량을 보면 어부중 33%가 10ppm 이상을 나타냈으나 어부가 아닌 사람들중 0.33%만이 10ppm 이상을 나타났다고 하였다. 이는 본 연구에서 어업에 종사하는 군에서 수은 함량이 나타난 높은 결과와 유사했다.

WHO(1990)에서 human health risks의 평가를 위한 폭로수준 및 경로에 관한 연구에 나타난 결과를 보면, 인체에 대한 유기수은의 주된 폭로는 식사를 통한 생선 및 그 제품 섭취이며, 대부분의 나라에서 가장 중요한 식용생선은 가식부위에서 0.2~0.3ppm을 초과하지 않고 있으나 식이양상이나 오염정도에 따른 유기수은 폭로수준을 정확히 계산하기는 어렵다고 했다. 또한 0.2ppm의 유기수은을 함유한 비육식성 생선을 매일 20g 섭취한다고 가정할 때,  $4\mu\text{g}$ 의 유기수은을 섭취한 결

과가 된다고 하며, 이러한 수준의 장기적 섭취로 인한 두발중 수은 함량 증가치는 1ppm이라고 추정하고 있다. 몇몇 나라에서는 평균 생선소비량이 하루 100g 정도 된다고 했으며, 이 경우 유기수은 섭취가 하루  $20\mu\text{g}$ , 두발중 유기수은 함량은 5ppm으로 추정하고 있다. 우리나라의 경우 농촌경제연구원(1984) 집계에 의한 1인 1일 어류섭취량은 61.7g이며, 한국인의 평균 체중을 49g으로 계산하여 WHO(1989b)의 식품중의 중금속 오염물질에 대한 1일 섭취허용량(ADI; Acceptable Daily Intake for man)과 잠정적 주간섭취 허용량(PTWI; Provisional Tolerance Week Intake)를 기초로 한 한국인의 어류섭취를 통한 수은의 하루 섭취량은  $5.4\mu\text{g}$ 이며, 패류의 1일 섭취량은 14.8g으로 이를 통한 수은의 하루 섭취량은  $0.4\mu\text{g}$ 으로 추정하고 있다. 본 조사에서는 정확한 섭취량이 계산되지 않았으나 두발중 유기수은 함량이 10ppm을 초과 한 사람이 거의 없음을 비추어 볼 때 하루평균 약 200g 이상의 어류를 섭취하지는 않은 것으로 추정된다.

모발중 총수은 함량의 정상범위는 미국의 Doctor's Data(1981)에서는 3.0ppm이라 하며, OECD(1974)는 5.0ppm을 정상범위라고 기술하고 있고, 핀란드에서는 6ppm이라 하여 인종이나 국가에 따라 많은 차이가 있으며 본 연구에서의 평균 총수은 함량인 5.657ppm은 핀란드의 정상범위에만 속하나 본 연구의 대상중에 어류를 극단적으로 많이 먹는 사람이 다수 포함되므로서 두발에서의 평균 총수은 함량이 Doctor's Data나 OECD의 정상범위를 초과한 것으로 여겨지며 일반인을 무작위 포집하여 조사할 경우는 이보다 낮을 것으로 생각된다.

이상의 결과로 볼 때 두발중 수은 함량은 어류의 섭취량이 많을 수록 증가하는 양상을 보였지만 본 조사에서 두발중 수은 함량이 가장 높게 나타난 사람이 12.23ppm으로 수은중독 증상을 나타낼 수 있다고 하는 50ppm에는 크게 못 미치고 있으나 날로 증가되고 있는 환경오염에 대비하여

어패류의 법적인 수는 허용기준치를 설정하고 생선의 수는 함량을 지속적으로 monitoring 하여 영양가치가 높은 어패류를 모든 국민이 안심하고 섭취할 수 있도록 해야 할 것으로 여겨진다.

## 요 약

어패류 섭취양상에 따른 총수은 및 유기수은의 체내 축적정도를 조사하기 위하여 1991년 6월부터 8월 사이에 경북지방의 해안지역, 도시지역 및 산간지역에서 남자 국민학생 115명과 남자 성인 131명, 총 246명의 두발중 총수은 및 유기수은 함량을 수은분석장치(Model IL 440)를 갖춘 원자흡광분광도계(Model IL 551)로 선택적 환원기화법에 의해 분석하였다.

학생군의 경우 생선 및 조개류와 생선통조림 및 어묵류를 선호하는 군의 두발중 총수은(각각 7.728 ppm, 6.969 ppm) 및 유기수은 함량(각각 6.610 ppm, 5.885 ppm)이 육류(총수은; 4.822 ppm, 유기수은; 3.905 ppm)나 야채류(총수은; 3.974 ppm, 유기수은; 3.224 ppm)를 선호하는 집단보다 현저히 높았다(각각  $p < 0.01$ ). 생선통조림을 먹는 방법에 따른 두발중 총수은 및 유기수은 함량은 그대로 먹는 경우가 야채사라다와 섞어서 또는 찌개로 먹는 경우보다 높게 나타났다( $p < 0.01$ ). 생선통조림, 생선 조리반찬 및 생선회 섭취빈도가 많을 수록 두발중 총수은과 유기수은 함량이 많아 거의 매일 먹는 군이 거의 먹지 않는 군에 비해 2배 이상 높게 나타났으며( $p < 0.01$ ), 생선을 주로 먹는 방법에 따라서는 회로 먹는 경우가 탕이나 구워서 먹는 경우 보다 현저히 높았다( $p < 0.01$ ).

성인군의 경우 연령에 따른 두발중 수은 함량은 총수은과 유기수은 함량 모두 40대까지는 연령증가에 따라 증가했으나, 50대 이후는 약간 감소하였다. 직업별로는 어업 및 횃집 종사자가 농부에 비해 2배 이상 높았다. 또한 선호반찬 종류에 따라서는 생선 및 조개류를 선호하는 군이 가

장 높았으며, 생선을 먹는 방법에 따른 두발중 수은 함량은 회로 먹는 군이 탕이나 구워서 먹는 군보다 2배 이상 높은 수준을 나타내었다. 생선회, 생선조리반찬 섭취빈도에 따른 두발중 총수은 및 유기수은 함량은 섭취빈도가 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다(각각  $p < 0.01$ ).

이상의 결과로 보아 두발중 수은 함량은 어패류와 생선통조림의 섭취빈도가 높을 수록 증가하였으나 중독증상을 나타낼 수 있는 농도에는 크게 못 미쳤다.

## 참 고 문 헌

- 농촌경제연구원. 식품수급표. 1984
- 박재주, 조윤승, 정성웅, 신동영, 이우석, 서정현, 김만호. 농촌지역주민의 중금속 함량에 관한 조사연구. 국립환경연구소보 1982; 4: 255-266
- 喜田村正次. 食品中の微量金属について 公衆衛生の立場から. 食品衛生協會 1971; 21(6): 579-619
- Airey, D. Total mercury concentration in human hair from 13 countries in relation to fish consumption and location. *Sci Total Environ* 1983; 31: 157-180
- Buchet JO, Roles H, Hubermont G, Lauwerys R. Prenatal transfer of lead, mercury, cadmium and carbon monoxide in women. *Environ Res* 1978; 15: 494-503
- Capelli R, Minganti V, Semino G, Bertarini W. The presence of mercury (total and organic) and selenium in human placenta. *Sci Total Environ* 1986; 48: 69-79
- Doctor's Data. P. O. Box III, 30 W 101, Roosevelt Road, West Chicago, IL 60185, U. S. A. 1981
- Erkki H. The effectiveness of the Finish anti-mercury measurements in the moderately polluted area of Hameenkyro. *Ymparisto Ja Terveys* 1975; 6(8): 611-635
- Fang SC. Comparative study of uptake and tissue distribution of methylmercury in female rats by inhalation and oral routes of administration. *Bull Environ Contam Toxicol* 1980; 24: 65-72
- Giovanoli-Jakubczak T, Berg G. Measurement of mercury in human hair. *Arch Environ Health* 1974; 28: 139-144
- Giovanoli-Jakubczak T, Greenwood MR, Smith JC, Clarkson TW. Determination of total and inorganic

- mercury in hair by flameless atomic absorption, and of methylmercury by gas chromatography. *Clin Chem* 1974; 20 (2) : 222-229
- Hansen TC, Kromann N, Wulf HC, Alboge K. Selenium and its interrelation with mercury in whole blood and hair in an east Greenlandic population. *Sci Total Environ* 1984; 38 : 33-40
- Howard CH. The biologic bases for using hair and nail for analysis of trace elements. *Sci Total Environ* 1977; 7 : 71-89
- Huckabee JW, Elwood JW, Hildebrand SG. Accumulation of mercury in fresh water biota. In Nriagu JO ed. *The biogeochemistry of mercury in the environment*, Amsterdam, Elsevier North Holland, 1979, pp. 277-302
- Instrumentation Laboratory Inc. *Atomic absorption methods manual, Volume II-Flameless operations*. Mass., 1981
- Kacprzak JL, Chvojka R. Determination of methylmercury in fish by flameless atomic absorption spectroscopy and comparison with acid digestion method for total mercury. *J Assoc Off Anal Chem* 1976; 59 : 153-157
- Kyle JH, Ghani N. Methylmercury in human hair; a study of a Papua New Guinean population exposed to methylmercury through fish consumption. *Arch Environ Health* 1982; 37 : 266-270
- Magos L. Selective atomic-absorption determination of inorganic mercury and methylmercury in undigested biological samples. *Analyst* 1971; 96 : 847-853
- Magos L, Clarkson TW. Atomic absorption determination of total, inorganic and organic mercury in blood. *J Assoc Off Anal Chem* 1972; 55 : 966-971
- McKeown-Eyssen GE, Ruepy J, Neims A. Methylmercury exposure in northern Quebec-II, neurological findings in children. *Am J Epidem* 1983; 119 : 470-479
- OECD. *Mercury and environment-Studies of mercury, use, emission, biological impact and control*, Paris, 1974
- Paccagnella B, Prati L. Total mercury in the blood and hair of Italian people. *Ig Mod* 1974; 67 : 369-380
- Pallotti G, Bencivenga B, Simonetti T. Total mercury levels in whole blood, hair and fingernails for a population group from Rome (Italy) and its surroundings. *Sci Total Environ* 1979; 11 : 69-72
- Sherlock JC, Quinn M. Underestimation of dose-response relationship with particular reference to the relationship between the dietary intake of mercury and its concentration in blood. *Hum Toxicol* 1988; 7 : 129-132
- Szprengier-Juszkiewicz T. Evaluation of daily intake of mercury with food stuffs in Poland. *Bromatol Chem Toksykol* 1988; 21 : 228-232
- Thellen C, Joubert G, Van Coillie R. Comparasion des répartitions à long terme et à court terme pour le mercure méthyle et le mercure inorganique chez la truite *S. gairdneri*. *Can Tech Rep Fish Aquat Sci* 1981; 990 : 86-107
- Tollefson L, Cordle F. Methylmercury in fish: a review of residue levels, fish consumption and regulatory action in the United States. *Environ Health Perspect* 1986; 69 : 203-208
- Valciukas JA, Levin SM, Nicholson WJ, Selikoff IJ. Neurobehavioural assessment of Mohawk Indians for sub-clinical indications of methylmercury neurotoxicity. *Arch Environ Health* 1986; 41 : 269-272
- Vostal JJ, Clarksen TW. Mercury as an environmental hazard. *Journal of Occupational Medicine* 1973; 15 (8) : 649-656
- Walsh CT. The influence of age on the gastrointestinal absorption of mercuric chloride and methylmercury chloride in the rat. *Environ Res* 1982; 27 : 412-420
- WHO. *Environmentals health criteria 1; Mercury*. World Health Organization, Geneva, 1976, p. 132
- WHO. *Environmentals health cirteria 86; Mercury-Environmental aspects-*. Geneva, World Health Organization 1989a, p. 25
- WHO. *Evaluation of certain food additives and contaminants. Thirty-third Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive*, Geneva, World Health Organization (WHO technical report series 776), 1989b
- WHO. *Environmentals health cirteria 101; Methylmercury*, World Health Organization, Geneva, 1990, p. 36
- Yamaguchi H, Matsumoto S, Tayaishi M. Factors affecting the amount of mercury in human scalp hair. *Am J Public Health* 1975; 65 (5) : 484-488