

생선류 섭취양상에 따른 모발중 수은 함량

은종극 · 이원식
대구보건대학 보건위생과

Mercury Contents of Human Scalp Hair by the Consumption Pattern in Fish

Jong-Keug Eun · Won-Shik Lee
Department of Health Hygiene, Taegu Health College

Abstract

This paper was conducted to examine the level of total and organic mercury in the scalp hair by the consumption pattern of fish. The scalp hair samples were collected from the occipital part of 101 in coastal, 106 in rural. The total and organic mercury contents of adult scalp hair increased with age up to the forties and slightly decreased in the fifties. ($P < 0.01$)

The mercury contents of the persons who were favorite dishes of fish were most high, and who prefer fish were 2 times higher than those of the persons who prefer vegetables and broiled.

The contents of total and organic mercury in scalp hair showed a increasing tendency with the intake frequency of raw and cooked fish. ($P < 0.01$)

The total and organic mercury contents in the raw fishes were over 2 times higher than those in the boiled fishes.

I. 서 론

사람은 일상 생활을 통하여 여러가지 화학물질에 폭로되고 있으며 이들중 수은은 여러 경로를 통해 체내로 들어올 수 있으나, 식품, 수은 작업장 및 오염된 생활환경 등이 수은 폭로의 주된 요인으로 작용한다(Airey⁵⁾, 1983a). 그 중에서도 유기수은은 일차적으로 식사를 통하여 섭취되며, 대부분 어패류 및 생선통조림 등에 기인한다고 한다(Mykkänen¹⁰⁾ 등, 1986). 대부분의 일반생선 및 생선통조림은 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하의 유기수은이 검출되는데 비해 참치, 상어, 황새치와 같은 고단백의 어종

은 85 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이상으로 일반 생선제품의 4배 이상의 함량을 나타낸다고 한다.(WHO¹³⁾, 1989a) 보고에 의하면 인간은 모든 오염원으로 부터 매일 2.4 μg 의 유기수은을 섭취하며 그중 2.3 μg 이 혈액내로 흡수되는 것으로 추정하고 있으며, 생선 섭취빈도에 따른 두발의 유기수은 함량을 조사한 Airey (1983b)와 WHO¹³⁾(1989a)는 섭취빈도의 증가에 따라 축적정도가 높아짐은 물론, 어부들은 평균 생선 섭취량도 많기 때문에 다른 일반인에 비해 유기수은 함량이 현저히 높았다고 했다. 어류섭취를 통한 수은 폭로집단에서의 두발중 수은 함량을 조사한 연구(Sherlock와 Quinn¹¹⁾, 1988)은 식이의 양상, 어

류의 수는 오염정도에 따라 두발중 수는 함량을 다양하게 보고하고 있다.

일반집단에서의 수는 폭로수준은 일일의 식이양상으로 추정할 수 있으며, 시장바구니 조사(market basket survey), 또는 표준 식단(model menu) 조사와 같은 방법으로 조사된 일일의 유기수는 섭취량은 소비한 생선의 양과 생선조식중의 유기수는 함량으로 추정할 수 있다고 한다(池邊克彦⁴⁾ 등, 1990). 따라서 WHO에서는 1976년부터 식품오염 감시계획의 일환으로 식품오염물질에 대한 모니터링을 실시하고 있으며, 각국에서도 이 사업을 통해 식품오염의 실태와 추이변화를 관찰하여 오염의 근원을 밝히고 통제하는 동시에 오염된 식품이 소비자에게 도달되지 않도록 하고 인간의 건강에 직접적인 위협을 줄 정도로 높이지기 전에 허용기준을 설정하고 있다.

따라서 본 연구는 어류 및 그 제품의 섭취양상에 따른 총수은 및 유기수은의 체내 축적정도를 관찰하기 위하여 두발중 수는 함량을 분석하고 동시에 우리나라의 근해에 흔한 몇종의 어류들을 조리방법에 따라 총수은 및 유기수은 함량을 분석하여 다소의 성적을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 조사 및 시험방법

1. 대상 및 시료

조사 대상자는 Table 1과 같이 모두 207명(해안 지역 101, 농촌지역 106)이며 남자로 한정하여 선정

Table 1. Age distribution of the study subjects by residential area

Age(yrs.)	Unit : Frequency (%)		
	Coastal	Rural	Total
-19	36(35.6)	40(37.7)	76(36.7)
20-29	2(2.0)	11(10.4)	13(6.3)
30-39	20(19.8)	23(21.7)	43(20.8)
40-49	22(21.8)	10(9.4)	32(15.4)
50-	21(20.8)	22(20.8)	43(20.8)
Total	101(100.0)	106(100.0)	207(100.9)

하였다. 표본군은 생선류를 많이 섭취할 것으로 생각되는 주로 어업에 종사하는 해안지역 거주자와 생선류를 비교적 적게 섭취할 것으로 생각되는 농촌지역 거주자로서 설문지를 기입케 하여 성의 있게 답한 총 207명의 두발시료를 채취하였다.

2. 분석 방법

(1) 분석방법

두발과 어류의 근육조직중의 총수은과 무기수은 함량은 L-cysteine을 사용한 Magos와 Clarkson (1972)의 선택적 환원기화법에 의하여 정량하였다. 스텐레스 가위로 뒷머리카락을 채취하고, 일정량을 취하여 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 탈 이온수로 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% NaOH용액 2ml와 1% L-cysteine용액 1ml를 혼합한다. 이를 65°C의 항온조에 넣어서 1시간 가열 분해시킨 후 즉시 냉각시키고 그후 1% NaCl용액을 가하여 총 10ml로 만들어 sealing film으로 막고 3일 이내에 분석하였다.

① 총수은 분석

:2ml의 시료에 1% L-cysteine용액 1ml와 1% NaCl 용액 18ml를 넣고 16N-H₂SO₄ 용액 10ml를 가한 후 SnCl₂-CdCl₂ 용액 1ml를 넣고 45% NaOH 용액 20ml를 가하여 선택적 환원기화법으로 최고치를 측정한다.

② 무기수은 분석

:총수은 분석법과 같으나 SnCl₂-CdCl₂ 용액 대신 SnCl₂용액 1ml를 사용하였다.

(2) 분석기기 및 조건

분석기기는 Instrumentation Laboratory사의 원자 흡광분광광도계(Model, IL 551)를 본 체로 한 수은 분석장치(Atomic Vapor Accessory, Model IL440)를 사용하였으며 분석 시 기기조건은 다음과 같다.

Wave length	253.7nm
Light source	Hg EDL(electrodeless discharge lamp)
EDL light source power	4 Watts
Band width	1 nm
Readout mode	P/H(peak height)
Argon flow rate	2 liters/min
Reaction time	2 min

III. 결과 및 고찰

Table 2에서 나타난 바와 같이 연령에 따른 두 발중 수은함량은 총수은 및 유기수은 함량, 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율이 10대에서 40대까지는 연령이 증가함에 따라 그 수치가 높아졌으나, 50세 이상 군에서는 약간 낮아지는 경향을 보였으며, 연령에 따른 두발중 총 수은과 유기수은 함량, 총 수은에 대한 유기수은 함량의 비율 모두 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)(Table 2).

Table 2. Mercury contents in hair for samples.

Age(yrs.)	No.	Total(ppm)		Organic(ppm)		Organic/Total(%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
-19	76	3.556	1.0690	2.850	0.9253	79.45	4.271
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	207	p<0.05		p<0.05		N.S.	

Table 3. Mercury contents in hair by the kinds of most favorite fish in sample group

Most favorite dish	No.	Total(ppm)		Organic(ppm)		Organic/Total(%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Fish	64	8.045	1.718	6.821	1.512	84.619	1.760
Fish can	24	5.981	1.215	5.014	1.059	83.474	2.565
Meats	62	4.648	1.743	3.813	1.516	81.389	4.093
Vegetables	57	3.722	1.185	3.007	1.018	80.344	3.878
F-test		p<0.01		p<0.01		P<0.01	

표본군의 선호반찬 종류에 따른 두발중 총수은 및 유기수은 함량은 생선류를 선호하는 군(8.045±1.718ppm, 6.821±1.512ppm)이 생선통조림(5.981±1.2151ppm, 5.014±1.059ppm), 육류(4.648±1.743ppm, 3.813±1.516ppm), 야채류(3.722±1.185ppm, 3.007±1.018ppm)를 선호하는 집단보다 2배 정도 높은 함량을 보였으며, 야채류를 선호하는 집단이 가장 낮았다. 선호하는 반찬종류에 따른 두발중 총수은과 유기수은 함량, 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율은 유의한 차이를 나타내었다($p<0.01$)(Table 3).

생선회 섭취빈도에 따른 두발중 총수은과 유기수은 함량 및 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율은 섭취빈도가 높아짐에 따라 유의하게 증가함을 보였으며($p<0.01$), 총수은과 유기수은 함량은 거의 매일 먹는군(각각 8.643±1.646ppm, 7.371±1.414ppm)이 거의 먹지않는 군(각각 3.753±0.976ppm, 3.043±0.879ppm)에 비해 2배이상 높았다(Table 4).

Table 4. Mercury contents in hair by frequency of raw fish intake in sample group

Frequency of raw fish intake	No.	Total(ppm)		Organic(ppm)		Organic/Total(%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
everyday	42	8.643	1.646	7.371	1.414	85.270	1.124
Twice a week	33	7.868	0.982	6.615	0.860	84.030	1.714
Once a week	35	6.310	1.351	5.149	1.116	81.922	3.004
Rarely	97	3.753	0.976	3.043	0.879	80.520	3.973
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	
Linearity		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

Table 5. Mercury contents in hair by frequency of cooked fish intake in sample group

Frequency of cooked fish intake	No.	Total(ppm)		Organic(ppm)		Organic/Total(%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Almost everyday		8.224	1.319	7.010	1.134	85.180	1.446
Twice a week	47	6.668	1.763	5.610	1.580	83.902	3.479
Once a week	63	5.179	1.182	4.292	0.978	83.022	3.148
Rarely	47	3.579	1.066	2.864	1.517	79.794	3.357
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	
Linearity		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

Table 6. Mercury contents in hair by the preferred cooking method of fish in sample group.

Preferred cooking method of fish	No.	Total(ppm)		Organic(ppm)		Organic/Total(%)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Raw	57	7.947	1.9470	6.695	1.6861	84.12	1.818
Boiled	46	4.916	2.1347	4.127	1.8604	83.59	2.784
Broiled	38	4.040	1.8059	3.277	1.5407	80.52	4.268
No particular preference	66	5.292	2.5410	4.423	2.2228	82.53	4.128
F-test		p<0.01		p<0.01		p<0.01	

생선으로 조리한 반찬 섭취빈도에 따른 두발중 총수은 및 유기수은 함량의 경우, 거의 먹지않는 군이 각각 3.579 ± 1.066 ppm, 2.864 ± 1.517 ppm로 거의 매일 섭취군 8.224 ± 1.319 ppm, 7.010 ± 1.134 ppm 의 1/2 정도로 현저한 차이를 보였다. 총수은에 대한 유기수은 함량의 비율 역시 섭취빈도가 높아짐에 따라 높아졌으나 약간의 변화를 보였다. 섭취빈도에 따른 두발중 수은함량은 모두 유의한 차이를 나타내었다

($p < 0.01$)(Table 5).

생선 조리방법에 따른 두발중 총수은 및 유기수은함량은 회로 먹는 경우가 각각(7.947 ± 1.9470 ppm, 6.695 ± 1.6861 ppm)으로 가장 높게 나타났으며, 구워서 먹는 군(4.040 ± 1.8059 ppm, 3.277 ± 1.5407 ppm) 서는 탕으로 해서 먹는 군 (4.916 ± 2.1347 ppm, 4.127 ± 1.8604 ppm) 보다 더 낮은 함량을 보였으며, 회로 먹는 경우의 1/2로 현저히 감소되었다. 총수은과 유

기수는 함량, 총수은에 대한 유기수은함량의 비율은 회로, 닥치는 대로, 탕으로, 구워서 먹는 군의 순으로 그 함량이 낮았으며, 생선 조리방법에 따라 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$)(Table 6).

어류 조직중에 축적된 수은은 대부분 유기수은의 형태로 되어 있으나 생선 이외의 대부분 식품중에 함유된 수은은 주로 무기형태이며, 인체에 들어온 수은중 장관을 통한 흡수량은 무기수은인 7%인데 비해, 유기수은은 95%라 한다.(Airey⁵¹, 1983a) 다른 식품중의 수은은 무기수은 형태가 대부분이므로 사람이 섭취하는 식품중 유기수은의 주된 원천은 어류라 생각되며, 어류를 많이 먹는 집단에서 인체에 축적되는 수은 함량은 어류소비량과 직접상관이 있다고 지적하고 있다(Vostal과 Clarkson¹⁵¹, 1973). 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 때문이라고 한다(Howard¹⁶¹, 1977).

본 연구에서는 두발과 어류의 근육조직중의 총수은과 무기수은 함량을 Magos¹⁷¹(1971)의 선택적 환원방법을 보완한 Magos와 Clarkson¹⁸¹(1972)의 원자흡광법에 의하여 정량하였다. Airey⁵¹(1983a)가 조사한 생선섭취 빈도에 따른 두발중 평균 수은농도를 보면 1개월에 1회 미만 섭취시 1.4ppm, 주 2회 섭취는 1.9ppm, 주 1회 섭취시는 2.5ppm, 하루 1번 이상 섭취시는 11.6ppm으로 생선섭취 빈도가 높아짐에 따라 두발중 수은 함량도 크게 높아졌다고 했고, Papua New Guinea인을 대상으로 한 연구(Kyle¹⁹¹ 등, 1982)에서, 어류를 주식으로 하는 사람들의 두발중 평균 수은 함량이 15.5ppm인 반면, 적은 양을 낮은 빈도로 섭취하는 대조군에서는 2.4ppm으로 나타나 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보였다. 아울러 생선회 섭취빈도에 따른 두발중 평균 수은 함량도 생선으로 조리한 반찬 섭취빈도별 두발중 수은 함량과 더불어 비슷한 양상을 보이고 있음은 생선회와 생선 조리반찬의 섭취빈도 간에 상관관계가 높기 때문으로 여겨진다. 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)이 농촌지역주민의 두발중 중금속함량에 관한 조사 결과 (10세 미만은 3.00 ± 1.69 ppm, 10대는 3.13 ± 2.02 ppm, 20대는 3.61 ± 1.43 ppm, 30대는 4.01 ± 1.47 ppm, 40대는 7.06 ± 3.10 ppm, 50대는 5.05 ± 2.24 ppm)에서 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 매일 평균 수은섭취실태를 조사 보고한 연구(Szprengier-Juszkiewicz²⁰¹, 1988)를 보면, 1-6세군에서는 $5.08 \mu\text{g/day}$, 10-19세군에서는 $5.43 \mu\text{g/day}$, 성인군에서 $15.8 \mu\text{g/day}$ 로 연령이 증가함에 따라 그 섭취량이 증가한다고 하였다. 본 연구에서도 연령이 높아짐에 따라 수은 함량이 높아짐은 섭취량의 증가 때문이라 생각된다.

생선조리 방법에 따른 두발중 수은 함량은 회로 먹는 경우가 탕으로 또는 구워서 먹는 경우보다 현저히 높았다. 이는 생선중 수은 함량이 조리 과정에서 승화되어 감소되었으리라고 여겨진다. 이상의 결과로 볼 때 두발중 수은 함량은 어류의 섭취량이 많을 수록 증가하는 양상을 보였지만 본 조사에서 두발중 수은 함량이 가장 높게 나타난 군이 거의 매일 먹는군(8.643 ± 1.646 ppm)으로 수은 중독 증상을 나타낼 수 있다고 하는 50ppm에는 크게 못 미치고 있으나, 미국의 경우, 어패류에서의 허용기준은 0.5ppm, 잠정적 위험 한계량은 0.2ppm으로 정하고 있어 각별한 관심의 대상이 된다. 따라서 날로 증가되고 있는 환경오염에 대비하여 어패류의 법적인 수은 허용기준치를 설정하고 생선의 수은 함량을 지속적으로 monitoring하여 영양가치가 높은 어패류를 모든 국민이 안심하고 섭취할 수 있도록 해야 할 것이다.

IV. 결 론

표본군의 경우 연령에 따른 두발중 수은 함량은 총수은과 유기수은 함량 모두 40대까지는 연령증가에 따라 증가했으나, 50대 이후는 약간 감소하였다. 또한 선호하는 반찬 종류에 따라서는 생선을 선호하는 군이 가장 높았으며, 생선회, 생선조리반찬 섭취빈도에 따른 두발중 총수은 및 유기수은 함량은 섭취빈도가 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다(각각 $p < 0.01$). 생선을 먹는 방법에 따른 두발중 수은 함량은 회로 먹는 군이 탕이나 구워서 먹는 군보다 2배에 가까운 높은 수준을 나타내었다.

이상의 결과로 볼 때 두발중 수은 함량은 어류의 섭취빈도가 높을 수록 증가하는 양상을 보였지만 본 조사에서의 생선중 수은 함량이 일본의 잠정적 허용치인 0.4ppm에 크게 못 미치고 있으며 두발중 수은 함량도 수은중독 증상을 나타낼 수 있다고 하는 50ppm에도 크게 못 미치나 날로 가증되고 있는 환경오염에 대비하여 어패류의 법적 인 수은 허용기준치 설정이 조속히 이루어져야 할 것이며, monitoring system이 확립되어야 할 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

1. 서윤수, 이홍재, 박종검, 이문호, 이창희. 해양 환경중 중금속 함량에 관한 조사 연구. 국립환경 연구원보 1988; 10: 165-171
2. 조태웅, 김주원, 주덕관, 이길봉, 이숙자, 유덕열, 신부현. 어류의 가식부위중의 중금속함량에 관한 조사연구. 경기도 보건환경연구소보 1986; 2: 46-58
3. 최한영. 어류통조림중의 중금속함량에 관한 연구. 대한위생학회지 1991; 6: 95-102
4. 池邊克彦, 西宗高弘, 田中涼一. モデル獻立における 15金屬元素の一日攝取量. 食衛誌 1990; 31(3): 280-284
5. Airey, D. Mercury in human hair due to environment and diet: a review. Environ Health Perspect 1983a; 52: 303-316

6. 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
7. 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
8. Instrumentation Laboratory Inc. Atomic absorption methods manual, Volume II-Flameless operations. Mass., 1981
9. McKeown-Eyssen GE, Ruepy J, Neims A. Methylmercury exposure in northern Quebec -II, neurological findings in children. Am J Epidem 1983; 119: 470-479
10. Mykkänen H, Räsänen L, Ahola M, Kimppa S. Dietary intakes of mercury, lead, cadmium and arsenic by Finnish children. Human Nutrition; Applied Nutrition 1986; 40A: 32-39
11. 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
12. Thellen C, Joubert G, Van Coillie R. Comparasion des repartitions a long terme et a court terme pour le mercure methyle et le mercure inorganique chez la truite *S. gairdneri*. Can Tech Rep Fish Aquat Sci 1981; 990: 86-107
13. WHO. Environmentals health cirteria 86: Mercury - Environmental aspects -. Geneva, World Health Organization 1989a, p. 25
14. WHO. Environmentals health cirteria 101: Methylmercury, World Health Organization, Geneva, 1990, p. 36
15. Vostal JJ, Clarksen TW. Mercury as an environmental hazard. Journal of Occupational Medicine 1973; 15(8): 649-656
16. Howard C, Hopps. The biologic for using

- hair and nail for analysis of trace elements. *Sci Total Environ* 1977;7:71-89
17. Magos L. Selective atomic-absorption determination of inorganic mercury and methylmercury in undigested biological samples. *Analyst* 1971;96:847-853
18. Magos L. Clarkson TW. Atomic absorption determination of total, inorganic and organic mercury in blood. *J Assoc Off Anal Chem* 1972;55:966-971
19. 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
20. Szprengier-Juszkiewicz T. Evaluation of daily intake of mercury with food stuffs in Poland. *Bromatol Chem Toksykol* 1988;21:228-232