

수은 고노출지역 주민의 수은노출요인과 노출량 변화에 관한 연구

김대선 · 권영민[†] · 정희웅 · 최경희

국립환경과학원 환경보건연구과

Mercury Exposure Factors among Residents in the Highly Mercury Exposed Area, Seoksan-ri, Korea

Dae Seon KIM, Young Min Kwon[†], Hee-Ung Chung, and Kyunghee CHOI

Environmental Health Research Department, National Institute of Environmental Research

ABSTRACT

Objectives: The 2007 Korea National Survey for Environmental Pollutants in the Human Body found the highest blood mercury levels nationwide among residents in Seoksan-ri, Goro-myeon, Gunwi-gun, Gyeongsangbuk-do. With the aim to reduce the blood mercury levels of residents in this region, we conducted this study to identify the association between mercury exposure levels and shark meat consumption.

Methods: This survey was conducted with 118 participants in Seoksan-ri before the Chuseok festival and 113 residents were added afterwards. Information on participants was collected via questionnaires. Total mercury concentrations in biological samples were measured using a mercury analyzer with the gold-amalgam collection method.

Results: To identify this, we conducted mercury exposure level analysis before and after the Chuseok festival and found that blood and urinary mercury levels after Chuseok (GM of 6.9 µg/L in blood and 1.68 µg/g_cr in urine) were higher than those before (GM of 5.29 µg/L in blood and 1.44 µg/g_cr in urine). This area maintains a custom of using shark meat as one of the ancestral rite foods, and the performance of such rites and shark meat consumption have been identified as main sources of mercury exposure. Other than this, smoking, dental amalgam treatment and residential period in the area also contributed to an increase in mercury exposure levels. On the other hand, recent consumption of oriental medicine and vaccination did not have a significant influence on mercury levels.

Conclusion: The results were attributed to the local custom of consuming shark meat with high mercury concentrations during rituals taking place during the festival and ancestral rites. Given that the blood mercury levels in 23.2% of the residents exceeded the HBM II values recommended by the German Commission on Human Biological Monitoring, it is suggested that further appropriate actions and follow-up measures be taken to reduce the mercury exposure levels of the residents that exceeded the reference values.

Keywords: Exposure factor, Mercury, Shark meat intake

I. 서 론

2007년 「국민 생체시료 중 유해물질 실태조사」

결과 경남·북 일부지역 주민의 혈중 수은농도가 전국 평균 3.8 µg/L에 비해 높게 나타났는데, 그 중 경북 군위군 고로면 석산리 조사구가 29.6 µg/L, 경북

[†]Corresponding author: Environmental Health Research Division, Environmental Health Research Department, National Institute of Environmental Research, Hwangyong-ro 42, Seogu, Incheon, 22689, Korea, Tel: +82-32-560-7137, Fax: +82-32-568-2035, E-mail: u11023@korea.kr

Received: 5 October 2015, Revised: 12 October 2015, Accepted: 14 October 2015

영천시 신령면 완전리 조사구가 26.7 µg/L로 나타나 전국 80개조사구 가운데 가장 높게 나타났다.¹⁾ 이에 2009년 군위군 및 영천시 주민을 대상으로 실시한 수은 고농도에 대한 정밀조사 결과, 이들 지역에서 오래된 문화로써 명절 및 제사상에 올리는 「뚝배기」라는 상어고기 섭취가 주요 노출요인으로 추정되었다.²⁾ 동일한 시기에 질병관리본부에서 실시한 국민건강영양조사사업에서도 영천지역의 조사구(금호읍 2개 리)에서 조사대상자 13명중 12명의 수은고농도자가 발견이 되어 당시 환경부와 국립환경과학원으로 통보하게 되었다.

당시 이 지역 조사구는 15명 전후의 소수 인원을 대상으로 한 조사였으며, 「국민 생체시료 중 유해물질 실태조사」에 표본으로 선정된 이 두 지역 부근 및 동일지역 주민의 수은노출조사를 위해 2010년에 경북, 경남 전 지역에 걸쳐 4,000명의 성인을 대상으로 수은노출조사를 실시하기에 이르렀다.^{3,4)}

본 연구는, 「국민 생체시료 중 유해물질 실태조사」에서 생체시료 중 수은농도가 가장 높게 나타난 지역인 경북 군위군 고로면 석산리 주민 전수를 대상으로, 지역사회 주민 전체의 혈 중 수은농도를 낮추기 위한 목적으로 주민들의 수은노출과 상어고기 섭취에 따른 영향을 확인하기 위하여 수행하였으며, 부가적으로 주거환경, 생활습관, 식이습관과 같은 다양한 요인과의 비교를 통해 해당 지역의 구체적인 수은 노출요인을 확인하고자 본 조사를 실시하였다.

II. 연구방법

1. 대상지역

본 연구에서는 2007년 「국민 생체시료 중 유해물질 실태조사」사업의 결과, 혈중 수은농도가 가장 높았던 지역인 경상북도 군위군 석산리 주민을 전수 조사 하였으며, 추석 전(118명)과 추석 후(113명)로 1, 2차로 나누어 조사하였다(Table 1).

모든 조사는 사전에 본 연구에의 참여의사를 확인한 후 동의서를 수령하고 희망자에 한하여 실시하였다.

2. 조사내용 및 방법

본 연구에서는 대상자의 주거환경, 사회경제적 수준, 식이습관, 아말감 여부 등 기타 수은 노출요인 및 건강영향요인을 파악하기 위하여 설문조사를 실

시하였고, 건강검진을 통하여 얻어진 혈액 및 요시료, 모발시료를 이용하여 수은의 생체 노출수준을 조사하였다. 또한 생체시료를 이용한 연구를 위하여 2010년 국립환경과학원의 IRB 승인을 받아 진행하였다.

1) 환경과 건강에 관한 설문조사

설문조사는 1:1 대면식 조사로 진행하였다. 1차 조사에서 인구, 사회, 경제적 특성과 거주환경, 생활습관, 식이습관 등의 항목이 포함된 '개인 생활환경 및 건강에 관한 설문서'를 배포하여 조사하였으며, 2차 조사에서는 제사 참여 및 최근 식이습관 등이 포함된 '개인 식이사항에 관한 설문조사' 설문서를 배포하여 조사하였다. 추석 전후의 수은노출 수준을 비교하기 위하여 제사참여 여부 및 최근 식이습관(상어고기 섭취 여부 등)을 이용하여 살펴보았다.

2) 생체시료 채취 및 보관

수은 분석을 위한 혈액 및 요 시료의 채취는 초등 학교별 학생들과 석산리 지역주민의 건강검진 시에 이루어졌다. 혈액은 vacutainer needle을 이용하여 채취하였고, 수은 분석을 위한 시료(3~5 ml)는 항응고제(헤파린)가 첨가된 vacutainer에 넣어 잘 흔들어 주었으며, 시료 분석 시까지 4°C온도를 유지하며 냉장 보관하였다. 요는 50 ml specimen cup에 일시요를 채취한 후 수은 분석을 위하여 증류수 오염의 우려가 없는 15 ml cornical tube에 분주하여 시료 분석까지 -70°C에서 냉동 보관하였다. 모발은 조사 대상자의 후두부 두피로부터 약 5 cm 이내의 모발을 일정량 채취하여 polyethylene bag에 넣어 차광한 후 실험실로 운반하여 시료 분석까지 데시케이터 안에서 보관하였다.

3) 혈액 및 요중 총수은 분석방법

혈중 수은 및 요중 수은분석에 사용된 기기는 자동수은분석기(DMA-80, Milestone)를 사용하였다. 모든 혈액 및 요는 실험 전에 roll-mixer를 이용하여 1시간 이상 교반하였다. 시료의 분석은 골드아말감법(가열기화법)을 이용하였으며, 1,000 ml volumetric flask에 10 mg의 L-cysteine과 2 ml의 질산을 첨가한 후 증류수로 표선을 채워 L-cysteine 용액을 만든 후, 검량선 작성을 위해 Wako사의 1,000 ppm Hg용액을 100 ml volumetric flask에 1 ml 넣고 L-cysteine

용액으로 희석하여 10 ppm용액을 만든 후, standard sample을 각각 100 ml volumetric flask에 2, 4, 6, 7 ppb로 희석하여 제조한 후 검량선을 작성하였다.

모든 시료는 사전혼합한 후 micropipet을 이용하여 sample boat에 100 µl씩 정량하여 주입하였다.

4) 모발 중 총수은 분석방법

a. 시료 전처리

채취한 모발 중에서 약 1 g을 취하여 모발 외부에 부착된 불순물을 증류수 및 아세톤으로 세척하여 완전 제거한 후 105°C의 드라이오븐에서 항량 유지될 때까지 건조시킨 후 데시케이터 내에 보관하여 실온으로 건조한 후 10 mg을 취하여 분석시료로 이용하였다.

모든 시료는 sample boat에 첨가제(MHT, BHT)를 넣고, 10 mg씩 정량하여 주입하여 자동수은분석기로 분석하였다.

b. 분석방법

자동수은분석기(SP-3DS, NIC co.)를 사용하여, 10~15 mg으로 정확히 평량한 모발시료와 첨가제를 sample boat에 취하여 분석하였다. 표준용액은 1,000 ppm의 수은 표준용액을 0.01% L-cysteine 용액으로 희석하여 사용하였다.

5) 통계처리 방법

본 연구에서 얻어진 생체시료의 수은농도는 기하평균값으로 표시하였다. 생체시료별 농도와 설문조사 결과 간 각 지표의 유의성은 SPSS 18.0 program을 이용하여 일원배치 분산분석(one way ANOVA)과 t-검정으로 확인하였으며, p값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

Table 1. Number of general characteristics of study subjects

		1 st survey ^a		2 nd survey ^b	
Gender	Male	53	(44.9%)	56	(49.6%)
	Female	65	(55.1%)	57	(50.4%)
Age	~9	3	(2.5%)	3	(2.7%)
	10~19	12	(10.2%)	11	(9.7%)
	20~29	4	(3.4%)	2	(1.8%)
	30~39	2	(1.7%)	4	(3.5%)
	40~49	11	(9.3%)	9	(8.0%)
	50~59	28	(23.7%)	22	(19.5%)
	60~69	23	(19.5%)	21	(18.6%)
	70~79	22	(18.6)	31	(27.4%)
	80~	13	(11.0%)	10	(8.8%)
Total		118	(100.0%)	113	(100.0%)

^a1st: before Chuseok festival

^b2nd: after Chuseok festival

III. 연구결과

1. 대상지역 주민의 수은노출수준

본 조사는 추석을 기준으로 추석 전·후 두차례에 걸쳐 진행되었으며, 추석 전 1차 조사 118명, 추석 후 2차 조사 113명이 조사되었다(Table 1). 참여자의 인구학적 특성을 보면, 성별은 여성이 남성에 비해 비교적 많았다.

석산리 주민의 생체시료 중 수은농도를 살펴본 결과, 혈액 및 요중 수은농도의 경우 추석 전 기하평균 농도(혈액 5.29 µg/L, 요 1.44 µg/g_cr)보다 추석 후 농도(혈액 6.90 µg/L, 요 1.68 µg/g_cr)가 높게 나타났다(Table 2).

대상지역 주민들의 HBM 및 EPA 참고치의 초과자 수를 살펴보면, 혈중 수은농도의 경우 추석 전보

Table 2. Mercury concentration of biological samples according to survey

	1 st survey					2 nd survey				
	N	A.M.	S.D.	G.M.	95% CI	N	A.M.	S.D.	G.M.	95% CI
Blood (µg/L)	114	6.59	4.48	5.29	4.68~6.00	112	10.57	10.50	6.90	5.80~8.22
Urine (µg/g_cr)	95	2.19	2.39	1.44	1.18~1.87	103	2.16	1.67	1.68	1.49~1.97
Hair (µg/g)	116	2.79	2.18	2.13	1.87~2.60	114	2.50	1.84	1.92	1.71~2.28

Table 3. Number of exceeds to mercury reference value

		N	A.M.	G.M.	HBM I		HBM II		EPA				
					Reference value	Exceed		Reference value	Exceed		Reference value	Exceed	
						N	(%)		N	(%)		N	(%)
Blood ($\mu\text{g/L}$)	1 st survey	114	6.59	5.29	5	59	(51.8)	15	8	(7.0)	5.8	54	(47.4)
	2 nd survey	112	10.57	6.90		67	(59.8)		26	(23.2)		62	(55.4)
Urine ($\mu\text{g/g_cr}$)	1 st survey	95	2.19	1.44	5	6	(8.5)	20	0	(0.0)		-	
	2 nd survey	103	2.16	1.68		8	(7.8)		0	(0.0)		-	
Hair ($\mu\text{g/g}$)	1 st survey	116	2.79	2.13		-			-			-	
	2 nd survey	114	2.50	1.92		-			-			-	

Table 4. Mercury concentration by each factors

	Classification	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.)	Smoker	Non-smoker	Total	p-value
			(G.M. \pm S.D.)	(G.M. \pm S.D.)	(G.M. \pm S.D.)	
Smoking	Blood ($\mu\text{g/L}$)		7.46 (28) (8.79 \pm 5.16)	5.37 (74) (6.48 \pm 4.06)	5.88 (102) (7.12 \pm 4.49)	0.019
	Urine ($\mu\text{g/g_cr}$)		1.30 (23) (1.92 \pm 1.98)	1.56 (60) (2.4 \pm 12.69)	1.49 (83) (2.27 \pm 2.51)	0.427
	Hair ($\mu\text{g/g}$)		3.09 (27) (3.8 \pm 12.90)	2.17 (74) (2.72 \pm 1.84)	2.38 (101) (3.0 \pm 12.21)	0.027
Alcohol consumption	Blood ($\mu\text{g/L}$)		6.19 (36) (7.27 \pm 4.09)	5.71 (66) (7.03 \pm 4.72)	5.88 (102) (7.12 \pm 4.49)	0.803
	Urine ($\mu\text{g/g_cr}$)		1.49 (32) (1.93 \pm 1.34)	1.48 (51) (2.49 \pm 3.02)	1.49 (83) (2.27 \pm 2.51)	0.326
	Hair ($\mu\text{g/g}$)		2.35 (37) (2.88 \pm 1.83)	2.40 (64) (3.08 \pm 2.42)	2.38 (101) (3.0 \pm 12.21)	0.667
Past history of amalgam treatment	Blood ($\mu\text{g/L}$)		5.82 (31) (6.88 \pm 4.01)	5.09 (72) (6.52 \pm 4.80)	5.30 (103) (6.63 \pm 4.56)	0.718
	Urine ($\mu\text{g/g_cr}$)		1.65 (23) (2.36 \pm 2.48)	2.02 (74) (1.9 \pm 11.74)	1.43 (84) (2.03 \pm 1.96)	0.357
	Hair ($\mu\text{g/g}$)		2.26 (30) (2.68 \pm 1.50)	2.02 (74) (2.78 \pm 2.43)	2.09 (104) (2.75 \pm 2.20)	0.822
Herbal medicine intake	Blood ($\mu\text{g/L}$)		4.99 (15) (6.45 \pm 4.50)	5.39 (99) (6.66 \pm 4.49)	5.33 (114) (6.63 \pm 4.49)	0.870
	Urine ($\mu\text{g/g_cr}$)		1.40 (11) (1.66 \pm 0.97)	1.48 (83) (2.29 \pm 2.52)	1.47 (94) (2.2 \pm 12.39)	0.416
	Hair ($\mu\text{g/g}$)		1.98 (15) (2.45 \pm 1.62)	2.14 (100) (2.82 \pm 2.26)	2.12 (115) (2.78 \pm 2.18)	0.543
Vaccination	Blood ($\mu\text{g/L}$)		3.93 (12) (4.96 \pm 3.67)	5.53 (102) (6.83 \pm 4.55)	5.33 (114) (6.63 \pm 4.49)	0.174
	Urine ($\mu\text{g/g_cr}$)		1.57 (10) (2.79 \pm 3.59)	1.46 (84) (2.15 \pm 2.23)	1.47 (94) (2.2 \pm 12.39)	0.428
	Hair ($\mu\text{g/g}$)		1.65 (13) (2.34 \pm 2.05)	2.19 (101) (2.84 \pm 2.21)	2.12 (114) (2.78 \pm 2.19)	0.440

Table 5. Mercury concentration by residence period in survey area

Classification		Below 10 year	10~19 year	20~29 year	30~39 year	More than 40 year	Total	p-value
Blood ($\mu\text{g/L}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.)	4.31 (39) (5.50 \pm 4.18)	6.60 (24) (7.8 \pm 14.43)	5.26 (18) (6.05 \pm 3.50)	5.32 (9) (6.44 \pm 4.48)	6.17 (24) (7.78 \pm 5.38)	5.33 (114) (6.63 \pm 4.49)	0.198
Urine ($\mu\text{g/g}_{\text{cr}}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.)	1.28 (32) (1.82 \pm 2.02)	2.31 (18) (3.67 \pm 3.74)	1.36 (14) (1.73 \pm 1.23)	1.36 (9) (1.73 \pm 1.22)	1.34 (21) (2.10 \pm 2.10)	1.47 (94) (2.2 \pm 12.39)	0.071
Hair ($\mu\text{g/g}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.)	1.56 (41) (2.02 \pm 1.53)	2.83 (23) (3.37 \pm 2.02)	2.04 (18) (2.45 \pm 1.55)	2.20 (9) (2.53 \pm 1.55)	2.86 (24) (3.83 \pm 3.21)	2.11 (115) (2.78 \pm 2.18)	0.011

Table 6. Mercury concentration by participation of ancestral rites

Classification		Yes	No	Total	p-value	
1 st survey	Blood ($\mu\text{g/L}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.)	5.81 (71) (7.40 \pm 5.11)	4.58 (16) (5.54 \pm 3.27)	5.56 (87) (7.06 \pm 4.87)	0.168
	Urine ($\mu\text{g/g}_{\text{cr}}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.)	1.57 (64) (2.48 \pm 2.48)	1.27 (13) (1.54 \pm 1.06)	1.51 (77) (2.26 \pm 2.32)	0.222
	Hair ($\mu\text{g/g}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.)	2.32 (71) (3.07 \pm 2.42)	1.86 (17) (2.45 \pm 1.82)	2.22 (88) (2.95 \pm 2.32)	0.327
2 nd survey	Blood ($\mu\text{g/L}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.)	7.40 (72) (10.92 \pm 10.37)	4.32 (15) (7.63 \pm 9.68)	6.75 (87) (10.35 \pm 10.28)	0.263
	Urine ($\mu\text{g/g}_{\text{cr}}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.)	1.66 (69) (2.12 \pm 1.60)	1.47 (15) (1.99 \pm 1.84)	1.63 (84) (2.10 \pm 1.63)	0.779
	Hair ($\mu\text{g/g}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.)	1.99 (73) (2.53 \pm 1.84)	1.30 (16) (1.74 \pm 1.40)	1.85 (89) (2.38 \pm 1.79)	0.109

다 추석 후 초과자 수가 증가했으나, 요중 수은농도의 초과자 수는 추석 전·후 큰 차이를 보이지 않았다(Table 3).

2. 수은노출요인 조사

수은 노출에 영향을 주는 여러 요인에 대해 주민 전수를 대상으로 조사해 본 바, 흡연, 음주, 아말감 치료, 한약복용, 예방접종 등은 Table 4에, 거주기간, 제사참여여부 등은 Table 5와 6에, 생선 및 육류섭취 등은 Table 7에 정리하였다.

해당 지역 대상자들의 흡연 유무에 따른 생체시료 중 수은농도를 살펴본 결과, 흡연자가 비흡연자에 비해 혈액 및 모발 중 수은농도가 높은 것으로 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 치아 아말감 치료여부에 따른 결과에서는 혈액 및 모발 중 수은의 경우 치료를 받은 경험이 있는 군이 치료받지 않은 군에 비해 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 음주여부, 지난 6개월

간 한약섭취여부, 예방접종여부에 따른 결과에서는 특별한 경향을 발견할 수 없었다.

거주하는 집의 형태에 따른 생체시료 중 수은농도를 살펴본 결과, 양옥집에 산다고 응답한 군이 한옥집, 기타 등에서 산다고 응답한 군에 비해 생체시료 중 수은농도가 비교적 높은 것으로 나타났다. 거주기간에 따른 생체시료 중 수은농도를 살펴본 결과, 특이적으로 10~19년간 거주한 군에서 가장 높았다. 또한 거주기간이 길어질수록 생체시료 중 수은농도가 높게 나타나는 경향을 보였으며, 모발 중 수은에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

추석 전·후 2회의 조사에 모두 참여한 90명의 대상자에 대하여 제사참여 여부에 따른 생체시료 중 수은농도를 살펴본 결과, 통계적인 유의성은 없었지만 제사에 참여하는 군이 참여하지 않는 군에 비하여 수은노출수준이 높은 경향을 보였다. 또한 제사에 참여하는 빈도에 따른 결과를 보면 참여빈도가 많을수록 생체시료 중 수은농도가 증가하는 경향을 보였다.

Table 7. Mercury concentration by dietary habits

Classification		Like	Common	Don't Like	Total	p-value	
Fish intake preference	Blood (µg/L)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	5.96 (41) (7.23±4.25)	4.85 (32) (5.90±4.47)	5.05 (42) (6.50±4.74)	5.30 (115) (6.59±4.48)	0.451
	Urine (µg/g_cr)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	1.58 (32) (2.57±3.00)	1.43 (30) (2.09±2.31)	1.32 (33) (1.92±1.72)	1.44 (95) (2.19±2.39)	0.526
	Hair (µg/g)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	2.41 (42) (2.99±1.75)	1.77 (32) (2.53±2.90)	2.17 (42) (2.79±1.72)	2.13 (116) (2.79±2.18)	0.675
Classification		No intake	<1time weekly	1time weekly	Total	p-value	
Fish intake frequency	Blood (µg/L)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	5.38 (8) (6.2±14.00)	5.42 (73) (6.90±4.87)	5.58 (28) (6.59±3.81)	5.46 (109) (6.77±4.53)	0.896
	Urine (µg/g_cr)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	1.13 (5) (1.52±1.18)	1.50 (62) (2.4±12.79)	1.37 (23) (1.8±11.33)	1.44 (90) (2.2±12.44)	0.489
	Hair (µg/g)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	2.37 (9) (2.77±1.76)	2.27 (71) (3.08±2.48)	2.02 (30) (2.4±11.44)	2.21 (110) (2.87±2.20)	0.374
Classification		No intake	<1time weekly	1time weekly	Total	p-value	
Meat intake frequency	Blood (µg/L)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	5.04 (9) (6.82±5.58)	5.64 (71) (6.93±4.50)	5.17 (30) (6.32±4.30)	5.46 (110) (6.76±4.51)	0.823
	Urine (µg/g_cr)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	1.64 (7) (2.10±1.58)	1.36 (62) (2.24±2.73)	1.57 (22) (2.08±1.71)	1.43 (91) (2.19±2.43)	0.960
	Hair (µg/g)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	2.22 (9) (2.88±2.20)	2.42 (73) (3.09±2.28)	1.68 (29) (2.24±1.92)	2.19 (111) (2.85±2.20)	0.210
Classification		No intake	<1time weekly	1time weekly	Total	p-value	
Processed meat intake frequency	Blood (µg/L)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	6.17 (74) (7.4±14.42)	4.45 (30) (5.79±4.76)	3.08 (5) (3.23±1.05)	5.46 (109) (6.77±4.53)	0.050
	Urine (µg/g_cr)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	1.58 (60) (2.5±12.77)	1.32 (25) (1.73±1.49)	0.75 (5) (0.96±0.79)	1.44 (90) (2.2±12.44)	0.203
	Hair (µg/g)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	2.59 (73) (3.23±2.30)	1.74 (32) (2.34±1.88)	0.99 (5) (1.04±0.37)	2.21 (110) (2.87±2.20)	0.025

Table 8. Mercury concentration by shark meat intake

Classification		No intake group	Intake group	Total	p-value	
1 st survey	Blood (µg/L)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	4.13 (28) (5.23±4.52)	6.40 (59) (7.92±4.82)	5.56 (87) (6.59±4.48)	0.015
	Urine (µg/g_cr)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	1.16 (24) (1.90±2.56)	1.71 (53) (2.42±2.21)	1.51 (77) (2.26±2.32)	0.364
	Hair (µg/g)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	1.74 (29) (2.48±2.89)	2.51 (59) (3.18±1.98)	2.22 (88) (2.95±2.32)	0.191
Classification		No intake group	Intake group	Total	p-value	
2 nd survey	Blood (µg/L)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	4.07 (37) (5.64±6.45)	9.80 (50) (13.83±11.21)	6.75 (87) (10.35±10.28)	0.000
	Urine (µg/g_cr)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	1.38 (37) (1.82±1.56)	1.85 (47) (2.32±1.67)	1.63 (84) (2.10±1.63)	0.161
	Hair (µg/g)	G.M. (N) (A.M.±S.D.)	1.42 (40) (1.8±11.36)	2.28 (49) (2.86±1.96)	1.85 (89) (2.38±1.79)	0.005

Table 9. Mercury concentration by time trend after shark meat intake

Classification		Within 1 month	After 1 month	Total	p-value
1 st survey	Blood ($\mu\text{g/L}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.) 7.54 (8) (9.1 \pm 15.60)	5.39 (79) (6.85 \pm 4.78)	5.56 (87) (7.06 \pm 4.87)	0.212
	Urine ($\mu\text{g/g}_{\text{cr}}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.) 2.68 (6) (2.19 \pm 2.38)	1.44 (71) (2.19 \pm 2.38)	1.51 (77) (2.26 \pm 2.32)	0.405
	Hair ($\mu\text{g/g}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.) 2.76 (8) (3.17 \pm 1.77)	2.17 (80) (2.92 \pm 2.38)	2.22 (88) (2.95 \pm 2.32)	0.775
Classification		Within 1 month	After 1 month	Total	p-value
2 nd survey	Blood ($\mu\text{g/L}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.) 9.78 (51) (14.14 \pm 11.60)	3.99 (36) (4.99 \pm 4.11)	6.74 (87) (10.35 \pm 10.27)	0.000
	Urine ($\mu\text{g/g}_{\text{cr}}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.) 1.87 (49) (2.37 \pm 1.73)	1.34 (35) (1.73 \pm 1.43)	1.63 (84) (2.10 \pm 1.63)	0.078
	Hair ($\mu\text{g/g}$)	G.M. (N) (A.M. \pm S.D.) 2.23 (51) (2.83 \pm 1.98)	1.43 (38) (1.78 \pm 1.28)	1.85 (89) (2.38 \pm 1.79)	0.006

식품 섭취 행태에 따른 수은노출수준을 살펴본 결과, 통계적으로 유의한 결과를 얻을수 없었지만 생선류를 선호할수록 생체시료 중 수은농도가 높은 것을 알 수 있었으며, 생선류 섭취빈도가 많을수록 혈중 수은농도가 높은 경향을 보였다. 또한 가공육류 섭취빈도가 낮을수록 혈액 및 모발에서 수은노출수준이 높았으며 통계적으로 유의한 결과를 나타냈다 ($p<0.05$). 육류 섭취빈도에 따른 결과에서는 특별한 경향을 보이지 않았다.

주민전수 중 1,2차 조사에 모두 참여한 90명을 대상으로 상어고기 섭취여부에 따른 구분은 Table 8에, 가장 최근 상어고기 섭취시점에 따른 농도차이는 Table 9에 정리하였다. 추석 전 조사에서 섭취군이 비섭취군에 비해 수은노출수준이 높은 것을 알 수 있으며 혈 중 수은에서 통계적으로 유의한 결과가 나타났다($p<0.05$). 추석 후 조사에서도 섭취군이 비섭취군에 비해 생체시료 중 수은농도가 높은 경향을 보였으며 혈액 및 모발 중 수은에서 통계적으로 유의하였다($p<0.05$). 또한 섭취군의 농도가 추석 전에 비해 추석 후 조사에서 높아진 것을 알 수 있었다.

상어고기 섭취시기에 따른 결과를 살펴보면, 추석 전 조사에서 1개월 이내에 섭취한 군이 섭취한지 1개월이 지난 군에 비해 수은노출수준이 높은 경향을 보였으며, 추석 후 조사에서도 이와 같은 경향을 나타내었다. 또한 1개월 이내 섭취군의 농도가 추석 전에 비해 추석 후 조사에서 높은 것으로 나타났다. 따라서 상어고기섭취가 가장 큰 요인으로 추정되었다.

IV. 고 찰

경상북도 군위군 고로면 석산리는 주민 대다수가 농업에 종사하는 전형적인 농촌지역이며, 공장 등 인근에 특별한 오염원이 될 만한 시설이 없는 지역이었다. 2007년 『국민 생체시료 중 유해물질 실태조사』에서 혈중 수은농도가 가장 높게 나타난 바 있는 해당 지역은 명절 및 제사상에 제수용으로 상어고기(구이, 산적 등)를 사용하며, 해당지역 주민이 수은함량이 많은 상어고기를 섭취하게 되는 계기인 명절 전후의 수은노출수준을 파악한 결과, 혈액 및 요 중 수은농도의 경우 추석 전에 비해 추석 후에 생체시료 중 수은농도가 높게 나타났다. 또한 상어고기를 섭취한 경우 혈중 수은이 증가하였으며, 섭취하지 않은 경우 감소하는 양상을 보였으며, HBM 참고치 초과자도 추석 전에 비해 추석 후에 증가하는 것으로 나타남으로써, 해당지역 주민들의 주요 수은노출요인은 주로 제수용으로 이용되는 상어고기 섭취로 판단된다. 일반적으로 상어는 수생동물의 먹이사슬에 있어 최상의 포식성 어종에 위치하고 있으며, 다른 어류들에 비해 수은농도가 높다고 알려져 있다. 섭취하는 어류종류 및 상어의 어체 길이·나이 등에 따라 상어별로 수은농도가 다르게 나타난다.⁵⁾

본 조사에서는 수은노출요인을 알아보기 위해 흡연 여부, 음주여부, 지난 6개월간 한약섭취여부 및 예방접종 여부, 치아 아말감 치료여부, 해당지역 거주기간 및 거주환경, 식습관 등을 조사하였다. 또한

상어고기를 제수용으로 사용하게 되는 계기인 제사 참여 및 참여빈도 등을 함께 조사했다.

흡연 유무에 따른 생체시료 중 수은농도를 살펴본 결과, 흡연자가 비흡연자에 비해 혈액 및 모발 중 수은농도가 높은 것으로 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 이는 흡연자가 비흡연자에 비해 수은노출수준이 비교적 높다는 다른 연구 결과와 일치하였다.^{6,8)} 또한 혈액 및 모발 중 수은의 경우 치료를 받은 경험이 있는 군이 치료받지 않은 군에 비해 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았으며, 음주여부, 지난 6개월간 한약섭취여부, 예방접종여부에 따른 결과에서는 특별한 경향을 발견할 수 없었다.

거주하는 집의 형태에 따른 생체시료 중 수은농도를 살펴본 결과, 양옥집에 산다고 응답한 군이 한옥집, 기타 등에서 산다고 응답한 군에 비해 생체시료 중 수은농도가 비교적 높은 것으로 나타났으나 특별한 경향을 보이지는 않았으며, 해당지역에 거주기간이 길수록 생체시료 중 수은농도가 높게 나타나는 경향을 보였으며, 모발 중 수은에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

식품 섭취 행태에 따른 수은노출수준을 살펴본 결과, 통계적으로 유의한 결과를 얻을 수 없었지만 생선류를 선호할수록 생체시료 중 수은농도가 높은 것을 알 수 있었으며, 생선류 섭취빈도가 많을수록 혈중 수은농도가 높은 경향을 보였다. 이는 생선류를 섭취할수록 수은노출이 통계적으로 유의하게 증가한다는 다른 연구결과와 유사한 경향을 보였다.^{8,11)} 육류 및 가공육류 섭취빈도에 따른 결과에서는 특별한 경향을 보이지 않았다.

추석 전후 2회의 조사에 모두 참여한 90명의 대상자에 대하여 상어고기 섭취여부에 따른 결과를 살펴보면, 섭취군이 비섭취군에 비해 수은노출수준이 높은 것을 알 수 있다. 또한 섭취군의 농도가 추석 전에 비해 추석 후 조사에서 높아진 것을 알 수 있었다. 상어고기 섭취시기에 따른 결과를 살펴보면, 1개월 이내에 섭취한 군이 섭취한지 1개월이 지난 군에 비해 수은노출수준이 높은 경향을 보였으며, 1개월 이내 섭취군의 농도가 추석 전에 비해 추석 후 조사에서 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 여러 연구에서 수은함량이 많다고 알려진 상어고기의 섭취로 인한 영향이라고 판단되며,^{11,12)} 국내 일부 연

구에서도 이와 유사한 결과를 발표한 바 있다.¹³⁻¹⁵⁾ 상어고기의 섭취와 관련하여 외국의 경우, 임신부나 임신가능성이 있는 여성의 경우뿐만 아니라 어린이들도 상어고기 섭취를 자제하도록 하고 있다.¹⁶⁾ 국내의 경우 상어고기 섭취와 관련된 권고는 없으나, 식품의약품안전청에서는 일반 어류의 총수은 함량 기준을 $0.5 \mu\text{g/g}$, 심해성 어류의 메틸수은 함량 기준을 $1.0 \mu\text{g/g}$ 으로 정하고 있다.¹⁷⁾ 비직업적인 수은 노출의 주요 원인은 어류의 섭취로 알려져 있다. 일반 어류는 연안 오염 등에 의해 수은이 체내에 축적되기 쉬운 반면, 참치를 포함한 심해성 어류는 먹이사슬 등에 의해 자연적으로 수은 함량이 높아지므로 일반어류에 비해 기준치를 상대적으로 높게 정해 별도로 관리하는 것이 세계적 경향이며, 심해성 어류는 일반 어류와 달리 자주 섭취하지 않는다는 특성도 고려된 것으로 보인다.¹⁸⁾

추석 전·후 조사에 모두 참여한 대상자에 대하여, 상어고기를 섭취하는 계기가 되는 제사참여 여부에 따른 생체시료 중 수은농도를 살펴본 결과, 통계적인 유의성은 없었지만 제사에 참여하는 군이 참여하지 않는 군에 비하여 수은노출수준이 높은 경향을 보였다. 또한 제사에 참여하는 빈도에 따른 결과를 보면 참여빈도가 많을수록 생체시료 중 수은농도가 증가하는 경향을 보였다.

이와 같은 결과들을 종합하여 보면, 대상지역의 거주기간, 생선류 섭취 등의 요인에 의해 수은노출수준이 증가하는 경향을 보였지만, 추석 전후 2차례의 조사결과를 살펴보았을 때 상어고기를 제수용으로 사용하는 제사참여 여부와 빈도 및 상어고기 섭취가 해당지역에서의 주요 노출요인인 것을 알 수 있었다. 또한 본 조사대상자의 혈중 수은농도의 경우, 우리나라만 19세 이상 성인 평균인 $3.08 \mu\text{g/L}$ 에 비해 높았으며,¹⁹⁾ 독일 인체모니터링 위원회에서 제시하는 건강검진과 의료감시가 필요한 기준(HBM II)을 초과하는 대상자가 상당수 발견되었으므로, 이 지역 주민의 수은노출을 줄이기 위한 노력이 필요하며, 본 연구결과를 고려한 위해소통 등의 전략이 필요하다고 판단된다.

V. 결 론

수은 고노출지역 주민의 혈 중 수은농도를 낮추기 위한 시범연구를 추진하기에 앞서, 현 상황을 파악

하기 위하여 2007년 『국민 생체시료 중 유해물질 실태조사』에서 혈중 수은농도가 가장 높게 나타난 경상북도 군위군 고로면 석산리 조사구(29.6 µg/L)의 지역주민 전수를 대상으로 수은노출조사를 실시하였다. 당시 원인으로 추정되었던 명절 및 제사 때의 상어고기 섭취를 지역 전체로 확인하기 위하여, 추석 전후의 수은노출수준을 비교하였다.

그 결과, 혈액 및 요 중 수은농도의 경우 추석 전 농도(기하평균 혈액 5.29 µg/L, 요 1.44 µg/g_cr)에 비해 추석 후 농도(혈액 6.90 µg/L, 요 1.68 µg/g_cr)가 높게 나타났다. 기타 노출요인으로는 흡연에 따라 수은노출 수준이 증가한 경향을 보였으며, 해당 지역 거주기간이 길수록 수은노출수준이 높은 것으로 나타났다. 또한 본 조사지역은 제사상의 제수용 상어고기 섭취가 주요 수은노출요인으로 재확인되었다.

혈 중 수은농도의 경우, 추석 후 조사에서 건강검진과 의료감시가 필요한 기준인 HBM II를 초과하는 대상자가 23.2%로 확인되었기에, 향후 이런 특성을 고려한 수은노출 저감전략과 관리가 필요하다고 사료된다.

References

1. National Institute of Environmental research. The Korea National survey for environmental pollutants in human body, 2007.
2. National Institute of Environmental research. Assessment of mercury exposure and health in Gyeongsangbuk-do. 2009.
3. National Institute of Environmental research. Survey of mercury exposure level and related factors in Gyeongnam province(I). 2011.
4. National Institute of Environmental research. Assessment of mercury exposure and health in Daegu and Gyeongsangbuk-do(I). 2011.
5. De Pinho AP, Guimaraes JRD, Martins AS. Total mercury in muscle tissue of five shark species from Brazilian offshore waters: effects of feeding habit, sex, and length. *Environ Res.* 2002; 89(3): 250-258.
6. Ho MK, Lim YW, Lim JH, Yang JY, Shin DC. Association between blood mercury concentration and factor of health/life. *J Environ Toxicol.* 2006; 21(3): 229-238.
7. Jo EM, Kim BG, Kim YM, Yu SD, You CH, Kim JY, et al. Blood mercury concentration and related factors in an urban coastal area in Korea. *Journal of Preventive Medicine and Public Health.* 2010; 43(5): 377-386.
8. Lee JW, Lee CK, Moon CS, Choi IJ, Lee KJ, Yi SM, et al. Korea national survey for environmental pollutants in the human body 2008: heavy metals in the blood or urine of the Korean population. *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 2012; 215: 449-457.
9. Chien LC, Gao CS, Lin HH. Hair mercury concentration and fish consumption: risk and perceptions of risk among women of childbearing age. *Environmental Research.* 2010; 110: 123-129.
10. Benefice E, Monrroy SL, Rodriguez RL. Fishing activity, health characteristics and mercury exposure of Amerindian women living alongside the Beni River (Amazonian Bolivia). *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 2010; 213(6): 458-464.
11. Zahir F, Rizwi SJ, Haq SK, Khan RH. Low dose mercury toxicity and human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology.* 2005; 20: 351-360.
12. World Health Organization. Mercury: Assessing the environmental burden of disease at national and local level. Environmental Burden of Disease Series. 2008.
13. Wilhelm M, Wittsiepe J, Schrey P, Junge LL, Busch V. Dietary intake of arsenic, mercury and selenium by children from a German North Sea island using duplicate portion sampling. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.* 2003; 17(2): 123-132.
14. Kim HY, Chung SY, Sho YS, Oh GS, Park SS, Suh JH, et al. The study on the methylmercury analysis and the monitoring of total mercury and methylmercury in fish. *Korean Journal of Food Science and Technology.* 2005; 37(6): 882-888.
15. Kim CW, Kim YW, Chae CH, Son JS, Park SH, Koh JC, et al. The effects of the frequency of fish consumption on the blood mercury levels in Koreans. *Korean J Occup Environ Med.* 2010; 22(2): 114-121.
16. Grigg J. Environmental toxins: their impact on children's health. *Arch Dis Child.* 2004; 89: 244-250.
17. Ministry of Food and Drug Safety. Methylmercury in foods. 2007.
18. World Health Organization. International programme on chemical safety, 1997.
19. Korean Statistical Information Service. Korean National Environmental Health Survey. Available: http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_OTI_TLE&parmTabId=M_01_02#SubCont [accessed 15 October 2015].