

일부 지역 초등학생의 요중 수은 농도의
영향요인에 관한 연구

Factors influencing Urinary Mercury
Concentration in Schoolchildren

연세대학교 보건대학원

환경보건학과

안 승 철

일부 지역 초등학생의 요중 수은 농도의
영향요인에 관한 연구

Factors influencing Urinary Mercury
Concentration in Schoolchildren

지도 신 동 천 교수

이 논문을 보건학석사 학위논문으로 제출함

2005 년 6 월 일

연세대학교 보건대학원

환경보건학과

안 승 철

안승철의 보건학석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ (인)

심사위원 _____ (인)

심사위원 _____ (인)

연세대학교 보건대학원

2005년 6월 일

감사의 글

대학원에 들어와서 “환경보건”이라는 학문에 대해 공부하기 시작한 것이 엇그제인 것만 같은데 어느덧 시간이 흘러 졸업을 앞두고 있습니다. 부족한 것이 많지만 한 제가 여기까지 올 수 있게 많은 도움을 주셨던 분들께 글로나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

많이 부족해서 항상 기대에 못 미치기만 했던 제자를 자상한 지도와 격려로써 이끌어 주신 신동천 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 바쁘신 가운데에서도 조언을 아끼지 않으셨던 정용 교수님께도 감사를 드립니다. 또한 많은 학문적인 지도를 해주신 임영욱 선생님, 양지연 선생님께도 감사의 말씀을 드립니다. “환경보건”이라는 학문을 처음 접한 학부 때부터 많은 지도를 해주신 박종안 교수님, 한성현 교수님, 이종화 교수님, 손부순 교수님, 장봉기 교수님께도 감사를 드립니다.

환경연구원의 바쁜 업무 중에도 대학원 생활을 하도록 많은 배려를 해주신 김대선 과장님, 자상하게 논문 지도까지 해 주신 유승도 연구관님, 황동진 연구관님, 김정현 연구관님, 박충희 연구사님께도 감사의 말씀을 전하며, 연구원 생활 시작부터 일도 많이 알려주고 술도 많이 사준 정훈이형, 재성이형에게도 감사의 마음을 전합니다. 그동안 논문 쓴답시고 업무를 다 떠넘겨버린 강택신 연구원, 히스테리컬한 모습만 보여준 선배를 묵묵히 도와준 종화에게도 감사의 마음을 전합니다. 또 연구원에서 같이 밤새며 많은 도움을 주었던 미량물질과 창희, 석영이, 동훈이에게도 감사의 말을 전합니다.

대학원 생활을 하면서 많은 일을 함께 해나갔던 동기인 최병락 사무관님, 관희형, 준수형, 재운, 택수에게도 감사드립니다. 처음 접하는 대학원 생활에 많은 도움을 준 환경공해연구소 식구들인 김호연 선생님, 이용진 선생님, 호문기 선생님께도 감사의 마음을 전하며, 1학기 때부터 지금까지 많은 도움을 준 대학원 식구들인 김수찬 사무관님, 박만승 선생님, 방영길 선생님, 김영중 선생님, 신경희 선생님, 조성연 선생님, 양선화 선생님, 문원숙 선생님, 이강석 사무관님, 최상철 선생님, 권병창 선생님께도 감사의 말씀을 전하며, 영겹결에 조교가 되어서 이번 학기 내내 우리들 때문에 정신없었던 길용이에게도 감사의 마음을 전합니다.

학부 때부터 많은 힘이 되어준 동기들인 병남, 진영, 병욱이형, 대섭, 영민, 재훈, 진엽, 일웅, 희웅에게도 감사드리며, 요산요수 친구들인 희복, 준수, 종현, 주희, 동훈, 충경, 명훈, 명일, 재석, 성환에게도, 선배랍시고 귀찮은 부탁을 할 때마다 묵묵히 도와주었던 후배 현정, 현민, 화숙, 남규에게도 감사의 마음을 전합니다.

항상 철없이 행동하기만 했던 막내아들 때문에 하루도 편하실 날이 없으셨던 아버님과 어머님께도 깊은 감사를 드리며, 항상 제게 힘이 되어 주셨던 매형, 누나, 형님, 형수님께도 감사드립니다. 그리고 사랑하는 조카인 재현이와 준모가 항상 건강하게 자라길 바랍니다. 또한 귀한 딸 데려와서 고생만 시키는 것 같아 항상 죄송스럽기만 한 장인어른과 큰 처제, 작은 처제에게도 감사의 마음을 전하며, 군에 있는 처남도 무사히 전역하길 바랍니다.

故 정채봉님의 “만남”이라는 시에 보면 여러 종류의 만남이 나옵니다. 만날수록 비린내가 묻어오는 생선과 같은 만남, 피어 있을 때는 환호하다가 시들면 버리는 꽃송이 같은 만남, 금방의 만남이 순식간에 지워져 버리는 지우개 같은 만남... 그 중 가장 아름다운 만남은 손수건 같은 만남이라고 합니다. 그 이유는 힘이 들 때는 땀을 닦아 주고 슬플 때는 눈물을 닦아 주기 때문이라고 합니다. 지금까지 30여년을 살아오면서 가진 수많은 만남 중에는 생선과 같은 만남도 있었으며, 지우개 같은 만남도 있었습니다. 하지만 언제부터인지 만남 하나하나가 모두 소중한 것이며 손수건 같은 만남이 되었습니다. 제가 만나고 알고 있는 모든 분들이 제가 힘이 들 때 땀을 닦아 주고 슬플 때 눈물을 닦아 주셨기 때문입니다. 일일이 열거하지는 못하였지만, 그 모든 분들께 이 자리를 빌어서 감사의 마음을 전합니다.

마지막으로, 논문 쓴답시고 집에도 잘 못 들어가고, 피곤하다며 막내아들 특유의 투정만 부린 저를 묵묵히 지켜준, 세상에서 제일 친한 친구이자 영원한 인생의 동반자인 사랑하는 아내 현진에게도 깊은 감사의 마음을 전하며 무럭무럭 자라고 있는 우리들의 2세가 건강하게 무사히 태어나길 기도합니다.

2005년 6월 비 내리는 창가에 기대어...

안 승 철 사뤼

차 례

국문요약	vii
I. 서론	1
II. 이론적 배경	4
1. 수은의 특성 및 영향요인	4
가. 특성	4
나. 내적용량지표	8
다. 영향요인	9
2. 다중회귀분석	10
가. 다중회귀모형(Multiple Regression Model)	10
나. 독립변수의 선택	11
(1) 가변수(Dummy Variable)	13
다. 부분상관계수(Partial Correlation Coefficient)	13
라. 회귀진단(Regression Diagnostics)	13
(1) 오차항의 가정검토	14
(2) 다중공선성(Multicollinearity) 검토	15
(3) 영향력 분석(Influence Analysis)	15
III. 연구내용 및 방법	16

1. 분석 자료	16
가. 조사대상 및 내용	16
나. 수은의 생체노출수준 조사	17
2. 다중회귀분석	19
가. 설문조사	19
나. 독립변수의 선택	20
다. 영향요인의 선정	22
라. 영향요인의 보정	23
IV. 결과	24
1. 조사대상자의 특성	24
가. 설문조사 결과	25
나. 중금속 생체노출수준 조사 결과	32
(1) 요중 수은의 농도 분포	32
(2) 연령에 따른 요중 수은 농도 비교	35
(3) 부모님 최종학력에 따른 요중 수은 농도 비교	35
(4) 거주환경에 따른 요중 수은 농도 비교	36
(5) 건강상태 등에 따른 요중 수은 농도 비교	38
(6) 식습관에 따른 요중 수은 농도 비교	39
(7) 신장, 체중 및 BMI와 요중 수은 농도와의 상관성	40
다. 다중회귀분석	42
(1) 다중회귀모형의 구성	42
라. 요중 수은 농도의 영향요인 보정	44

V. 고찰	46
VI. 결론	53
참고문헌	55
ABSTRACT	62

표 차 례

표 2-1. 혈액 및 요중 수은농도의 참고치 및 기준치	7
표 2-2. WHO/FAO 및 여러 국가들의 어류내 수은 농도의 권고치	7
표 3-1. 원자흡광광도계의 기기 및 분석조건(요중 Hg)	18
표 3-2. 조사대상 초등학생들의 수	19
표 3-3. 설문서의 구성	20
표 3-4. 요중 수은 농도 분석에서 고려할 요인들	21
표 3-5. 질적변수의 가변수	21
표 4-1. 조사대상 초등학생들의 지역별 성별 분포	24
표 4-2. 조사대상 초등학생들의 지역별 연령, 신장, 체중	25
표 4-3. 초등학생 보호자의 인적특성 및 사회·경제적 상태	26
표 4-4. 초등학생들의 거주환경	27
표 4-5. 초등학생들의 생활습관 및 간접흡연상태	28
표 4-6. 초등학생들의 사용식수	29
표 4-7. 초등학생들의 음식물 섭취빈도	30
표 4-8. 초등학생의 기타 건강상태	32
표 4-9. 요중 수은 측정결과	33
표 4-10. 연령에 따른 요중 수은 농도	35
표 4-11. 아버지 최종학력에 따른 요중 수은 농도	36
표 4-12. 어머니 최종학력에 따른 요중 수은 농도	36
표 4-13. 거주환경에 따른 요중 수은 농도	37

표 4-14. 건강상태 등에 따른 요중 수은 농도	38
표 4-15. 사용식수에 따른 요중 수은 농도	39
표 4-16. 음식물 섭취에 따른 요중 수은 농도	40
표 4-17. 연구 대상자들의 다중회귀분석 결과(Ⅰ)	43
표 4-18. 연구 대상자들의 다중회귀분석 결과(Ⅱ)	43
표 4-19. 영향요인 보정 후의 요중 수은 농도	45

그림 차례

그림 3-1. 조사대상 지역	16
그림 4-1. 지역별 요증 수은의 농도분포	34
그림 4-2. 성별 요증 수은의 농도분포	34
그림 4-3. 연구 대상자의 신장과 요증 수은과의 상관성	41
그림 4-4. 연구 대상자의 체중과 요증 수은과의 상관성	41
그림 4-5. 연구 대상자의 BMI와 요증 수은과의 상관성	42

국문요약

저농도 중금속의 지속적인 노출은 생체 내에서 축적이 되고 이로 인해서 여러 건강 영향이 나타나게 된다. 중금속 오염으로 인한 인체 중독을 예방하기 위해 여러 나라에서는 주로 작업환경을 대상으로 생물학적 모니터링을 하고 있으며, 주요 모니터링 항목으로서는 일반적으로 혈액 및 요, 모발 등에서의 농도로서 폭로정도를 평가하고 있다. 본 연구에서는 초등학생을 대상으로 요중 수은 농도 분석과 설문조사를 통해 파악된 영향요인들에 관한 분석을 통하여 요중 수은 농도와 어떤 요인들이 관련이 있고, 이러한 영향요인들이 요중 수은 농도에 어느 정도 영향을 미치는지를 검토하고자 한다.

현지조사는 2003년 10월 25일부터 11월 22일까지 이루어 졌으며, 총 272명의 아동을 대상으로 채뇨 및 설문 조사를 실시하였다. 요시료의 채취는 조사 당일 일시뇨를 채취하였으며, 설문조사로는 요중 수은 농도에 영향을 줄 수 있는 요인들로 성별, 연령, 신장, 체중, 간접흡연 여부, 식이습관 등을 조사하였다. 요중 수은의 측정은 수소화물 발생장치(hydride vapor generator, Shimadzu HVG-1, Japan)가 부착된 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer, Shimadzu AAS-6800, Japan)를 이용하여 분석하였다. 요중 수은 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 고려된 영향변수는 연령, 신장, 체중, 식품섭취 등이었다. 자료의 통계분석은 SPSS 프로그램을 이용하여 다중회귀분석을 실시하였다.

요중 수은 농도는 대상자 전체 평균이 $2.88\mu\text{g/g-creatinine}$ 이었으며, 전체적으로 분포의 꼬리부분이 오른쪽으로 치우친 우향왜곡 분포를 나타내었으며, 대부분이 일반적으로 비직업성 폭로자의 요중 수은 농도로 알려진 $5\mu\text{g/g-creatinine}$ 미만으로 나타났으나, 일부에서 $10\mu\text{g/g-creatinine}$ 을 초과하는 농도수준을 보였다.

연구 대상자의 요중 수은 농도와 영향요인간의 다중회귀분석 결과, 요중 수은

농도에 영향을 미치는 요인으로 어패류 섭취빈도가 유의한 변수로 선정되었으며 ($p < 0.05$), 요중 수은의 총 분산에 대해 2.4%가 설명되었다.

다중회귀분석을 통하여 선정된 영향요인(어패류 섭취빈도) 보정 후의 요중 수은 농도는 남여 모두 유의한 차이를 보이지 않았으나, 집단간의 사후분석 결과 농촌지역에 거주하는 남학생($1.62\mu\text{g/g-creatinine}$)에 비해 어촌지역($2.52\mu\text{g/g-creatinine}$)에 거주하는 남학생의 요중 수은 농도는 통계적으로 유의한 수준으로 높게 나타났다. 이는 어패류 섭취 빈도 외에도 연구대상자들의 수은 농도에 영향을 미치는 요인이 있는 것으로 사료되며 본 연구에서는 조사되지 않은 다른 영향요인에 대한 다각적인 접근과 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구 결과, 어패류 섭취 빈도가 요중 수은 농도에 관련성 있는 인자로 나타났다. 인구학적 요인, 사회·경제적 요인, 거주환경, 생활 습관 및 건강상태, 식이습관 등에 따라 요중 수은 농도가 달라지는 것으로 관찰되었다. 이와 같은 결과로서 환경오염으로 인한 중금속 노출 및 영향을 비교평가하기 위한 연구에서는 이들 영향요인을 포함한 잠재적인 요인들에 대한 보다 세밀한 고려가 필요할 것으로 사료되며, 이에 대한 지속적인 연구와 모니터링이 이루어져야 할 것이다.

핵심어 : 요중 수은, 영향요인, 아동

I. 서론

현재 인류가 사용하고 있는 금속은 크게 생체의 생존에 필요한 필수 금속과 필요하지 않은 오염 금속으로 분류할 수 있다.

일반적으로 중금속의 양-반응관계는 sigmoid type(S자형)으로 생각될 수 있고, 필수금속의 경우에는 결핍과 과잉에 의한 신체장애를 볼 수 있어 이중적 폭로-반응관계를 나타내는 반면, 오염금속의 경우에는 결핍증상이 없고 과잉증상이 조기에 출현하는 것으로 알려져 있다(이영환 등, 1993).

대표적인 해외 중금속 중독 사례로는 1950년대 일본 큐슈 및 니가타에서 발생하여 미나마타병으로 명명된 수은 중독 사건과 1960년대 일본 도야마 현에서 발생한 카드뮴중독(이타이이타이병) 사건 등이 있으며, 국내에서는 최근 폐광산 주변의 중금속 오염이 이슈화 되었으며 경남 고성에서는 카드뮴에 의한 건강영향의 의심되는 사건이 발생하기도 하였다.

이러한 중금속 오염으로 인한 인체 중독을 예방하기 위해 여러 나라에서는 주로 작업환경을 대상으로 생물학적 모니터링을 하고 있으며, 주요 모니터링 항목으로서 는 일반적으로 혈액 및 요, 모발 등에서의 농도로서 폭로정도를 평가하고 있다.

우리나라에서도 산업단지 인근 주민들의 금속에 대한 과다폭로와 이로 인한 건강장해를 걱정하고 있으며, 이와 연관된 민원이 제기되기도 하였다. 이들 지역은 일반 환경수준에 비해 높은 중금속농도가 나타나는 경우가 많고, 환경수준에서도 건강장해를 일으킬 가능성이 있는 중금속들도 있어 건강장해를 예방하기 위해 금속 폭로에 대한 지속적인 감시가 요구되고 있는 상황으로 이들 지역 주민들이 중금속에 과다 폭로되는 것을 조기에 발견하고, 가역적인 단계에서 더 이상의 폭로를 방지하기 위해서 지역 주민들의 혈액, 요, 모발 등으로 생체내 중금속 농도와 관련요인들에 대하여 지속적인 조사가 시행되고 있다(이유원 등, 1997).

수은은 은백색, 무취의 상온에서 유일하게 액체로 존재하는 금속원소로 주로 제련공정 및 수은전극을 이용한 전해 공정 및 온도계, 혈압계, 기압계 등 수은을 사용하는 공정에서 발생하며, 그 자체로도 쓰이지만 각종 원소들과 결합하여 화합물의 형태로도 많이 사용된다(국립환경연구원, 1999).

자연계에서 수은의 분포는 상당한 지역차를 나타내며, 수은으로 인한 환경오염은 대부분 연료에 의한 것이다. 환경 중으로 방출된 수은은 대기, 물, 생물, 암석, 토양의 사이를 증발, 침전, 분해, 용해 등 각종 물리적·화학적·생물학적 과정을 통해 순환하게 되며 주로 수계(水系)를 통해서 생물에 축적된다(이영환 등, 1993).

강한 독성, 광범위한 오염 및 장기간 축적에 의하여 다수 인구집단에 대한 건강피해의 가능성 때문에 유해 중금속 중 납과 수은은 특히 관심의 대상이 되는데, US CDC(1998)에서는 “2000년을 위한 국가건강목표”의 하나로 제시한 감시대상 비직업성, 환경성 질환(nonoccupational "sentinel" environmental diseases)에 중금속 중독(heavy metal poisoning)이 포함되어 있고, US NIEHS(2004)는 납중독(Lead Poisoning), 수은중독(Mercury Poisoning)을 중금속과 관련된 환경성 질환의 대표적 예로서 제시하고 있다. 질환측면에서, 신경계장애(Nervous System Disorders)도 역시 환경성 질환의 대표적인 예로 제시되고 있다. 우리나라에서는 환경부에서 건강위해성 우선평가 항목으로 납, 수은, 카드뮴을 설정한 바 있다.

한편, 수은을 비롯한 체내로 들어오는 중금속의 양은 연령, 직업, 흡연, 식·음주습관 등과 관련이 있으며 혈 및 요중 금속의 농도는 일반적으로 연령에 따라 증가하며 단백질 등의 섭취량이 적을수록 증가하는 것으로 알려져 있다.

수은의 인체노출지표로 사용되고 있는 혈 및 요중 농도는 위에서 제시한 여러 가지 인자들에 의해 영향을 받을 수 있으나 우리나라에서는 이들 영향요인에 대한 연구는 극히 미미한 실정이다.

또한 국내에서 이루어진 체내 수은 농도에 관한 연구는 주로 직업적인 노출(방신희 등, 1994; 윤충식 등, 2001; 차철환 등, 1992)과 성인(송영수 등, 1983)을 대상

으로 이루어진 반면, 국외에서는 직업적인 노출이 아닌 환경오염원에 의한 아동의 체내 수은 농도에 관한 연구(Budtz-Jorgensen, 2004; Murata, 2004; Trepka, 1997; Walkowiak, 1998)가 이루어지고 있다.

연령, 직업, 흡연, 식이, BMI 등의 요인들이 요중 수은 농도에 어느 정도 영향을 미치는지 파악하는 것은 수은 노출을 줄이기 위하여 우선적으로 파악되어야 하며, 환경역학연구에서 환경오염에 의한 수은 노출을 추정하는 데 있어 중요한 과제 중의 하나이다.

본 연구에서는 초등학생을 대상으로 요중 수은 농도 분석과 설문조사를 통해 파악된 영향요인들에 관한 분석을 통하여 요중 수은 농도와 어떤 요인들이 관련이 있고, 이러한 영향요인들이 요중 수은 농도에 어느 정도 영향을 미치는지를 검토하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 수은의 특성 및 영향요인

가. 특성

수은(Hg)은 원자번호 80, 원자량 200.59, 비중 13.5585, 녹는점 -38.87°C , 끓는점이 356.58°C 인 은백색, 무취의 상온에서 유일하게 액체인 금속원소로, 아세틸렌과 암모니아와의 반응으로 폭발성화합물을 만들며 습기가 많은 공기 중에서는 표면에 산화제일수은(Hg_2O)의 피막을 형성한다(국립환경연구원, 1999).

수은과 그 화합물에서 순도는 인체에 큰 영향을 끼칠 만큼 중요하지는 않으며 산업 및 농업에 이용되는 수은 화합물은 10% 미만의 불순물을 함유하고 있다(연세대, 2003).

주 용도는 각종 수은 화합물의 원료, 온도계, 기압계, 혈압계와 같은 각종 계기 및 각종 전극, 수은등, 치과용 아말감, 도금, 특수주형, 합성화학촉매 등이다.

자연계에서는 지각(crust) 중에 평균 $80\mu\text{g}/\text{kg}$ 정도 존재하며(연세대, 2003; WHO, 2003), 자연계에서 수은의 분포는 상당한 지역차를 나타낸다. 일반적으로 토양 중의 수은 농도는 10~150ppb 정도이며, 대기 중의 수은 농도는 $0.01\sim 0.02\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도로 주요 환경오염원은 지각에서 자연 배출되는 것으로 그 양은 25,000~125,000톤/년 정도이다. 인간의 활동에 의한 인위적 환경배출량은 이보다 적은 것으로 평가되고 있다(국립환경연구원, 1999).

수은의 전신반감기는 50~70일이며, 혈액 반감기는 약 3일, 뇌 반감기는 21일 (일부 뇌성분에서는 수년)로 인체 내 장기간 잔류하는 것으로 알려져 있다(연세대, 2003). 또한 biomarker로서 채취된 혈액과 요 sample에서는 약 18일 정도였다 (WHO, 2001).

수은의 인체노출은 대개 호흡기와 소화기로 이루어지며, 수은 취급 근로자의 경우는 주로 호흡기로 노출되며, 수은을 취급하지 않는 일반인에게서는 소화기계가 주요 노출 경로이다(WHO, 1976).

호흡은 수은 증기 노출의 가장 중요한 경로로서 수은 증기의 높은 확산성으로 인해 폐포에서의 흡수율이 매우 높으며(연세대, 2003), 동물실험 결과에 따르면 수은 증기의 완전한 흡수가 일어나는 장소는 폐포라는 것을 알 수 있다(Magos, 1967; Berlin 등, 1969; Hayes와 Rothstein, 1962).

수은과 그 화합물의 소화기를 통한 흡수는 아직 확실하게 규명된 것이 없으나, 용해성 염의 형태로 흡수될 가능성이 높은 것으로 추정되고 있다(WHO, 1976). 소화기를 통한 수은의 흡수는 다른 금속과의 생체 내 길항으로 영향을 받을 수 있으며(이영환 등, 1993; Nordberg, GF., 1976), 동물 실험 결과 체내의 셀린, 수은 및 카드뮴의 함유량과 혈중 농도 사이에서 상호작용이 발생하는 것을 알 수 있다 (이영환 등, 1993).

이 외에 피부를 통한 금속성 수은의 인체 유입이 논란이 되고 있으며, 실험동물에 대한 연구에서 무기 수은염이 피부를 통해 흡수된다고 나타나기도 하였다 (Frigerg, 1961; Skog 등, 1964).

수은중독의 주요영향은 주로 중추신경계 및 신장기능 장애로 나타나며, 각종 수은화합물의 독성 및 임상증상은 수은화합물의 종류에 따라 차이가 있으나 일반적으로 위장염 증상으로 복통, 메스꺼움 구토 등을 일으키며, 중증이 되면 콩팥이 손상되고 요독증(尿毒症)을 수반하는 요폐(尿閉)가 발생한다(국립환경연구원, 1999).

지금까지 알려진 수은에 의한 인체영향은 미나마타병을 비롯하여, 수은에 중독된 어류를 섭취하거나 이러한 어류를 섭취한 바닷새의 알을 섭취하여 수은 중독에 걸리는 경우도 있었으며(Harada, 2004), 이탈리아 페로스 제도에서 이루어진 연구에 의하면 고농도 메틸수은(약 2mg/kg)에 노출된 고래 고기를 섭취한 부모에 의해 태반 경유 수은 노출로 의한 7세 아동들의 신경정신적 손상(UNEP, 2002)과 14세 아동들의 뇌간척각축발전위의 손상이 나타나기도 하였다(Murata, 2004).

또한, 1971년 이라크의 대규모 메틸수은 농약오염 사건 때 태아기에 오염된 아이들을 대상으로 추적조사를 한 사례를 보면, 임신 시의 모체의 모발 수은치가 165~320ppm 정도의 고농도를 나타낸 가족의 아이는 모두 중증의 태아성 미나마타병이었으며, 그 이외의 아이들도 임신 시기의 모체 모발 수은 농도와 발달장애 사이의 양-반응 관계를 인정하기도 하였다(Marsh, 1987).

메틸수은이 축적된 생선을 섭취하여 발생된 미나마타병과 종자소독제로 사용한 메틸수은으로 처리된 밀을 섭취하여 나타난 이라크의 대규모 중독사고에서 볼 수 있듯이 유기수은에 의한 신경세포독성영향도 있는 것으로 알려졌다.

최근에는 세계 각지에서 모발 수은농도의 잠정 안전기준 50ppm 이하에서도 태아에게 영향을 미칠 수 있다는 문제가 제기되고 있으며, 많은 연구자들이 제대혈의 메틸수은을 분석해서 환경오염과 태아오염 사이에 상관성이 많다는 것을 증명하였다(Harada 등, 1999).

이밖에도 모성이 임신기간 중 유기수은이 많이 함유된 어류를 섭취한 경우에는 소아의 지능(Kjellstrom 등, 1989; Crump 등, 1998), 언어능력, 집중력 및 기억력(Grandjean 등, 1997)이 낮고, 태아기에 특히 많은 양의 유기수은에 노출될 경우 정신지체를 유발한다는 보고(Harada 등, 1999; Bakir 등, 1980)도 있다.

직업적으로 수은에 노출되지 않은 일반 인구집단에서의 요중 수은 농도는 대략 4~5 μ g/L인 것으로 알려져 있으며(ATSDR, 1999; ATSDR, 2002), 독일 CHBM (Commission on Human Biological Monitoring)에서 제시한 아동의 요중 수은

HBM I 은 $5\mu\text{g/g-creatinine}$ 으로(Ewers 등, 1999) 혈액 및 요중 수은농도의 참고치 및 기준치는 표 2-1과 같다.

표 2-1. 혈액 및 요중 수은농도의 참고치 및 기준치

	Blood	Urine
BEI(ACGIH, USA)	$15\mu\text{g/L}$	$35\mu\text{g/g-creatinine}$ (이하 $\mu\text{g/g-ct}$)
WHO	$5\mu\text{g/L}$	$5\mu\text{g/L}$
산업안전보건법	금속, 무기수은 $3.5\mu\text{g/dl}$ 미만 알킬수은 $23.5\mu\text{g/dl}$ 미만	금속, 무기수은 $100\mu\text{g/dl}$ 미만 알킬수은 $20\mu\text{g/dl}$ 미만

Note : BEI = Biological Exposure Indices

한편, WHO/FAO 및 여러 국가들의 어류내 수은 농도의 권고치(UNEP, 2002b, 연세대, 2003)는 표 2-2와 같다.

표 2-2. WHO/FAO 및 여러 국가들의 어류내 수은 농도의 권고치

국가/기관	어류형태	최대권고치	최대내성용량
호주	• 황새치, 참치, 대구, 상어와 같은 수은함량이 높은 것으로 알려진 어종	1.0mg/kg	임산부에 대한 주간내성용량 : $2.8\mu\text{g/kg}$
	• 다른 모든 어류 및 갑각류와 연체동물	0.5mg/kg	
캐나다	• 상어, 황새치 등을 제외한 모든 어종	0.5ppm (총수은)	일반인구: $0.47\mu\text{g/kg}$ 어린이 및 임산부: $0.2\mu\text{g/kg}$
	• 호주원주민들과 같은 어류 소비량이 많은 인종에 대한 기준	0.2ppm (총수은)	
중국	담수 어류	0.30mg/kg	
유럽연합	• 가다랭이, 뱀장어, 가오리 등 일부 어종을 제외한 어류 관련 식품	0.5mg/kg (건량) 1mg/kg (습량)	
미국 조지아주	• 담수어 및 관련식품 • 흑해 산 어류 • 캐비어	0.5mg/kg 0.3mg/kg 0.2mg/kg	

표 2-2. WHO/FAO 및 여러 국가들의 어류내 수은 농도의 권고치(계속)

국가/기관	어류형태	최대권고치	최대내성용량
크로아티아	날생선 • 참치, 황새치, 갑각류와 같은 육식성 어류 • 기타 어종	1.0mg/kg 0.8mg/kg(메틸) 0.5mg/kg 0.4mg/kg(메틸)	
	캔 생선 • 참치, 황새치, 갑각류와 같은 육식성 어류 • 기타 어종	1.5mg/kg 1.0mg/kg(메틸) 0.8mg/kg 0.5mg/kg(메틸)	
인도	• 어류	0.5ppm(총수은)	
일본	• 어류	0.4ppm 0.3ppm(메틸)	일일 내성 용량: 0.4 μ g/kg(메틸)
대한민국	• 어류(심해성 어패류 및 참치류 제외)	0.5mg/kg	
모리셔스	• 어류	1ppm	
필리핀	• 육식성 어류를 제외한 어류	0.5mg/kg(메틸)	
	• 육식성 어류	1mg/kg(메틸)	
태국	• 해산물	0.5mg/kg	
	• 기타 어류	0.02 μ g/kg	
영국	• 어류	0.3mg/kg	
미국	• 어패류 및 기타 수생동물(FDA)	1ppm(메틸)	US EPA:
	• 건강권고기준	0.5ppm(메틸)	0.1 μ g/kg(메틸)
WHO/FAO	• 육식성 어류를 제외한 어류	0.5mg/kg(메틸)	주간내성용량:
	• 육식성 어류	1mg/kg(메틸)	3.3 μ g/kg(메틸)

나. 내적용량지표

노출상태의 측정은 실제 외부용량에 근접하는 외부노출(환경, 직업적인 노출)의 측정과 표적장기의 실제적 용량에 근접하는 내부노출의 측정 두 가지가 있다. 생체의 노출평가에 있어서 내부노출(internal exposure)은 대기, 흡연, 실내 공기 오염, 수질오염, 오염된 음식 등과 같은 외부노출(external exposure) 결과의 측정이다. 총 노출량(total exposure)을 환경측정에 의하여 구하려면 외부노출의 모든 근

원을 동시에 측정하여야 하는데 이러한 작업은 막대한 인력과 예산의 투입이 요구되므로 거의 불가능하다. 이처럼 건강과 관련된 오염물질의 노출상태는 생체감시로서 더욱 잘 평가될 수 있는데, 이는 개인습관, 식습관, 오염물질의 흡수와 대사에 영향을 주는 연령, 성별 등 개인적 차이, 질병상태 등에 의한 영향이 고려되기 때문이다(한성현 등, 1996).

그러므로, 내적 용량 지표의 이용은 실제 노출을 평가하는데 효과적인 방법이며, 요 및 혈액 중 수은농도는 내적용량의 지표로서 이용된다.

다. 영향요인

혈액 및 요와 같은 생체시료에서 나타나는 오염물질 및 그 대사물질의 농도가 단순히 환경오염물질의 노출에 의한 것인지의 여부를 조사할 경우에는 개인의 생활환경 및 습관, 식이습관 및 기타 생리적인 특성 등이 오염물질 및 그 대사물질의 농도에 영향을 미치게 되므로 이러한 영향요인들을 보정해 주어야 한다.

Apostoli(2002)에 따르면 치과용 아말감과 어류 섭취는 직업적 및 환경적 노출에 의한 요중 수은 농도에 영향을 미치는 주된 요인이며, Levy 등(2003)의 연구결과에 의하면 아말감 충전군에서 연령, 신장, 체중이 증가할수록 요중 수은 농도가 감소한다고 하였다.

수은의 경우 어류를 통한 체내 흡수가 가장 많으며 육류 및 다른 음식 내 수은의 양은 무시할 만하고 공기와 식수를 통한 체내흡수는 매우 낮다고 하였으며, 체내 수은 농도의 증가는 어류 섭취와 섭취어종의 수은농도에 따르는 것으로 알려져 있다(WHO, 1990).

본 연구에서는 요중 수은 농도를 종속변수로 하고 다른 영향요인들을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 함으로써 요중 수은 농도의 영향요인을 분석하였다.

2. 다중회귀분석

회귀분석(regression analysis)은 두 개 혹은 그 이상의 변수들 간의 관계를 연구하고, 이 관계를 모형화 함으로써 다른 변수들을 이용하여 어느 변수에 대한 예측을 가능하게 해주는 통계 방법 중의 하나로서(김현철, 2000), 측정된 변수의 자료로부터 독립변수들이 종속변수를 설명하는 정도를 알아보기 위하여 수학적 함수관계 모형을 설정하고 추정하는 분석방법이며, 독립변수가 두 개 이상인 경우에는 다중회귀분석을 이용한다(박성현 등, 2004).

가. 다중회귀모형(Multiple Regression Model)

독립변수가 2개 이상인 경우 각 독립변수와 종속변수간의 상관관계를 분석하기 위하여 다중회귀분석을 사용하는데, 양적변수간의 선형 관계를 상관계수를 이용하여 분석하는 상관분석과는 달리 회귀분석은 종속변수와 독립변수들 간의 함수관계를 알아보는 분석방법(박성현 등, 2004)으로 이 기법을 이용하면 어떤 변수를 통하여 다른 변수의 값을 예측(predict) 또는 추정(estimate)할 수 있다(이승구, 1994).

일반적으로 연속형으로 측정된 k 개의 독립변수와 종속변수와의 복합적인 관련성은 다음의 회귀모형으로 확장하여 사용할 수 있다.

$$y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \dots + \beta_k X_{kj} + e_j \quad (2.1)$$

여기에서 y_j 는 Y 값들의 하부모집단(subpopulation)의 하나로부터 얻어진 어느

특정한 값이고 β 는 회귀계수라 하고, $X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{kj}$ 는 독립변수인 X_1, X_2, \dots, X_k 의 특정한 값이며, e_j 는 평균이 0이고 분산이 σ^2 인 확률변수이다(이승구, 1994).

다중회귀분석에서는 독립변수들 간의 상관관계가 모수의 추정에 영향을 미친다. 즉 독립변수들 간에 상관관계가 높으면 다중공선성(multicollinearity)이 발생하여 회귀계수의 추정치에 심각한 영향을 미치기 때문에, 회귀분석을 하기 이전에 독립변수들 간의 상관관계를 살펴 상관관계가 높은 독립변수가 있으면 상당한 주의가 필요하다(한성현 등, 1996).

나. 독립변수의 선택

다중회귀분석법을 사용할 때 가장 문제가 되는 것 중의 하나는 어떤 독립변수를 그 방정식에 포함시킬 것인지를 결정하는 것이다. 대부분의 경우 최종 결정은 통계학적인 면과 비통계학적인 면을 고려하여 결정한다.

회귀방정식을 결정하는 초기단계는 연구자가 관련변수에 관해 알고 있는 지식에 의해 결정되는데, 예측 및 추론에 어느 변수가 적절한가를 판단하여야 하며, 변수 추정에 드는 경비와 측정의 용이성도 고려하여야 한다. 연구자가 어떤 결정을 하기 위한 도구로서 통계적 분석방법을 활용하기 때문에 될 수 있으면 적은 수의 변수로서 최종방정식을 제시하는 것이 좋다(이승구, 1994).

다중회귀모형에서 독립변수의 선택은 종속변수에 유의한 영향을 미치는 모든 독립변수들을 사용하여야 하며 이 중에서 중요한 변수만을 선택하거나 설명력이 없는 변수를 제거하여 회귀모형에 적합 시켜야 한다(박성현 등, 2004). 이처럼 많은 독립변수 중에서 중요한 변수만을 선택하는 것을 변수선택(variable selection)이라 하며, 선택방법은 다음의 네 가지가 흔히 쓰인다.

- 모든 가능한 회귀(*all possible regressions*) : 이 방법은 k 개의 변수 중에서 t 개의 변수를 선택할 때, 모든 가능한 변수들의 조합을 회귀분석하여 이 중에서 R^2 이나 R^2_{ad} 을 이용하여 적절한 모형을 선택하는 방법으로 많은 계산을 요구한다.
- 전진선택법(*forward selection*) : 첫 번째로 단순상관계수의 절대값이 가장 큰 변수를 선정하여 이 변수의 F -값이 정해진 기각치 F -값보다 크거나 p -값이 정해진 기각치 p -값보다 작으면 회귀모형에 포함한다. 두 번째로 추가시킬 변수는 모형에 포함되지 않은 변수 중에서 편상관계수의 절대값이 가장 큰 변수로 선택하여 부분 F -검정을 실시하여 유의하면 선택한다. 이러한 과정을 반복하여 변수를 하나씩 모형에 포함시키다가, 선택된 변수의 유의성이 없으면 변수선택을 중지한다. 이 방법은 계산량이 적어 좋으나, 한번 선택된 변수는 모형에 반드시 남아 있어야 하는 단점을 가지고 있어서 최적방정식을 구한다는 보장이 없다.
- 후진제거법(*backward elimination*) : 이 방법은 모든 변수를 포함한 상태에서 가장 중요하지 않은 변수부터 차례로 제거하는 방법으로, 부분 F -검정 결과 제거시킬 변수가 없을 때 중단하며 중요한 변수를 모형에서 제외할 가능성이 없으므로 비교적 안전한 방법이라고 할 수 있다.
- 단계별 회귀(*stepwise regression*) : 이 방법은 전진선택법을 수정한 것으로, 새로이 변수를 선택하여 추가시킬 때 이미 모형에 포함된 변수 각각에 대하여 유의성을 검정하여 유의성이 없으면 모형에서 제거시키는 방법으로, 전진선택법의 단점을 보완하고 있다. 이 방법은 계산량도 과다하지 않고 최적방정식을 구할 가능성이 높으므로 일반적으로 많이 쓰이는 방법이다.

(1) 가변수(Dummy Variable)

회귀모형에서는 독립변수로서 하나 또는 그 이상의 질적변수(Qualitative variable)를 사용해야할 때가 있다. 질적변수라 함은 수량을 나타내는 것이라기보다는 어떤 속성의 개념에 따라 구분되는 범주에 해당하는 변수들이다(이승구, 1994).

다중회귀모형에 질적변수를 포함하기 위해서는 그것을 어떠한 형태로든 수량화하여야 하며, 이것은 가변수(Dummy Variable)를 이용하면 가능하다.

가변수란 0 또는 1과 같은 한정적인 수치만을 갖는 것으로서 질적변수의 범주의 차이를 식별하기 위한 목적으로 사용되며, 가변수에서 주어진 수치(대체로 0 또는 1)는 양적인 의미가 전혀 없고 단순히 그 질적변수의 서로 다른 범주를 지칭하는데만 사용된다(이승구, 1994).

다. 부분상관계수(Partial Correlation Coefficient)

연구에서 두 변수 간에 선형관계가 다른 모든 변수의 효과가 제거된 경우 어느 정도나 되는지 조사하고자 할 때 사용되는 측정치를 부분상관계수라고 말한다(이승구, 1994). 부분상관계수를 자승한 것을 부분결정계수라고 하며, 이는 변수간의 관련성에 대해 많은 것을 가르쳐 준다. 부분결정계수는 X_2 (독립변수)가 Y (종속변수)의 총 변동에 대해 얼마간의 설명을 한 후에 남아 있는 Y 의 변동이 X_1 (독립변수)에 의해 어느 정도 설명해 주는 지를 나타낸다(이승구, 1994).

라. 회귀진단(Regression Diagnostics)

회귀분석을 실시할 때 가정이 성립하는지를 검토하는 것을 포함하여 여러 가

지 진단을 해볼 필요가 있는데 이런 진단을 모형의 타당성 검토, 혹은 회귀진단 (regression diagnostics)이라고 한다(김현철, 2000). 회귀진단이란 주어진 데이터와 이 데이터를 사용해서 추정된 회귀모형 사이에 서로 일치되지 않는 점을 찾아내는 과정이며, 크게 두 부분으로 나눌 수 있는데, 하나는 추정된 회귀모형의 진단이고, 다른 하나는 주어진 데이터에 관한 진단이다(서혜선 등, 1999). 잔차분석을 통한 오차항의 가정검토(등분산성, 독립성, 정규분포성), 설명변수들간의 다중공선성 검토와 영향력 분석을 통하여 회귀진단을 실시한다.

(1) 오차항의 가정검토(서혜선 등, 1999)

- 오차항 ε_j 는 기댓값 0, 분산 σ^2 으로 X_i 의 값에 관계없이 일정하다 : 등분산성의 가정이며, 잔차플롯 즉, 독립변수 X를 수평축에 잔차를 수직축평면 위에 그린 결과 자료점들이 0을 중심으로 랜덤하게 퍼져있다면 등분산의 가정이 충족된다.
- 서로 다른 i, j 에 대하여 ε_i 와 ε_j 는 독립이다 : 독립성의 가정이며, 회귀식의 오차항이 서로 독립적이지 않으면 독립성의 가정을 위반하게 되는데 이것은 대부분의 자기상관의 존재에 기인한 것이다.
더빈-왓슨(Durbin-Watson)검증을 통해 검토되어지는데, 더빈-왓슨 검증 통계량 값이 4에 가까운 경우는 인접한 오차항들 사이에 음의 자기상관(Negatively Autocorrelated), 2에 가까운 경우는 무상관(Uncorrelated), 0에 가까우면 양의 자기상관(Positively Autocorrelated)이 있음을 뜻한다.
- ε_j 는 정규분포를 따른다 : 정규성의 가정이며 정규 확률 그림을 통해 검토된다. 대개는 표준화잔차(Standardized Residuals)를 이용한 특이점의 검출로 정규성을 평가하는데, Y축(종속변수)에서의 이상점은 잔차분석을 통하여, 표준화잔차의 절대값이 2.5 내지 3 이상인 개체를 이상점으로 간주할 수 있다.

(2) 다중공선성(Multicollinearity) 검토(서혜선 등, 1999)

독립변수 사이의 상관성이 지나치게 높으면 추정된 회귀모형에서 각 독립변수가 독자적으로 종속변수에 미치는 영향을 조사하기가 어려운 경우를 말한다. 독립변수들이 다중공선성을 가지고 있으면 독립변수들의 상관계수의 절대값이 1에 가까울 것이다.

분산팽창인자(Variance Inflation Factor)는 $VIF_j = 1 / (1 - R_j^2)$ 로 정의하며, $1 - R_j^2$ 를 허용치(Tolerance)라고 한다. j번째 독립변수가 나머지 독립변수들과 상관관계가 없다면($R_j^2 = 0$) VIF와 허용치는 1이 되고, j번째 독립변수가 나머지 독립변수들과 완전한 상관관계가 있다면($R_j^2 = 1$) $VIF = \infty$ 이고 허용치는 0이 된다. 가장 큰 VIF 값이 10을 넘거나 가장 작은 허용치가 0.1 이하일 때 다중공선성이 있다고 판단한다.

이 외에 공선성진단(Collinearity Diagnostics)에서 가장 작은 고유값이 0에 가깝거나, 상태지수 중 최대값이 10을 넘으면 다중공선성을 의심하고, 최대의 상태지수를 갖는 고유벡터가 90% 이상 설명하는 독립변수의 수가 두 개 이상일 때 다중공선성을 의심한다.

(3) 영향력 분석(Influence Analysis)

데이터에 어떤 변화를 가했을 때 추정된 모형이 어떻게 변화하는지를 조사하는 것이다. 즉, 한번에 한 개체씩 제외시키고 회귀분석을 한 결과와 모든 개체들을 사용해서 한 회귀분석의 결과가 큰 차이를 보이면 이 개체를 영향점(Influential Point)이라고 하며, 영향점을 데이터 셋에서 제거하는 등 가능한 조치를 취한다.

Ⅲ. 연구내용 및 방법

1. 분석 자료

가. 조사대상 및 내용

본 연구에서는 2003년 국립환경연구원에서 “공단지역 환경오염 노출 및 건강영향 감시사업”의 일환으로 조사된 초등학생들의 요중 수은 농도와 설문조사 자료를 분석하였다.

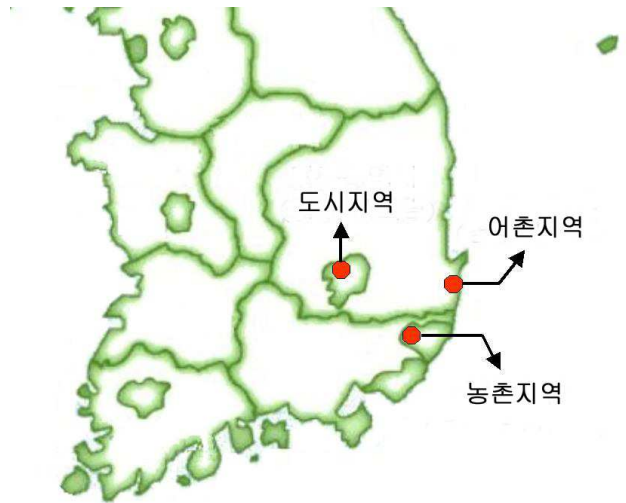


그림 3-1. 조사대상 지역

당시의 현지조사는 보건전문가와 임상의를 포함한 6인과 조사요원 2인에 의하여 2003년 10월 25일부터 11월 22일까지 이루어 졌으며, 도시, 어촌, 농촌의 지역적 생활특성을 각각 나타낼 수 있는 3개 지역을 대상지역으로 선정하였고, 대상자들이 초등학교생을 감안하여 조사당일 각 지역별로 방문하여 조사를 실시하였다.

나. 수은의 생체노출수준 조사

요중 수은 분석을 위한 요시료의 채취는 지역별로 초등학교를 방문하여 이루어 졌다. 요는 120ml specimen cup에 일시뇨를 채취하여 중금속 오염의 우려가 없는 별도의 용기에 분주하여 시료분석 시까지 냉동 보관하였다.

요중 수은 분석은 수은을 산성조건에서 환원, 수은증기를 생성시켜 분석하는 방법 중 여러 가지 방법을 사용하였으나, 5M HCl의 산성 하에서 0.3% NaBH₄와 0.5% NaOH 혼합 환원제와 반응시켜 수은을 유리시켜 측정하는 방법(김석원, 1991)을 응용하여 수소화물 발생장치(hydride vapor generator, Shimadzu HVG-1, Japan)가 부착된 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer, Shimadzu AAS-6800, Japan)를 이용하여 환원기화법으로 분석한 후 요중 creatinine을 이용하여 보정하였으며, 기기 및 분석조건은 표 3-1과 같다.

검량선 작성을 위한 Hg 표준용액(2, 4, 8ppb)은 Aldrich사의 1,000ppm 용액을 증류수로 희석하여 제조하였으며, 시료의 전처리 및 분석에 필요한 시약들은 다음과 같이 제조하였다.

6% KMnO₄는 500ml volumetric flask에 KMnO₄(Junsei) 30g을 넣은 후 표선까지 증류수로 채워 제조하였으며, 20% NH₂OH-HCl 및 0.5% K₂Cr₂O₇ 용액은 각각의 100ml volumetric flask에 NH₂OH-HCl(Cica-MERCK) 20g과 K₂Cr₂O₇(Tedia) 0.5g을 넣은 후 표선까지 증류수로 채워 제조하였다. 0.3% NaBH₄ + 0.5% NaOH 혼

합용액은 500ml volumetric flask에 NaBH₄(Aldrich) 1.5g과 NaOH(Junsei) 2.5g을 넣은 후 표선까지 증류수로 채워 제조하였으며, 5M HCl은 500ml volumetric flask에 HCl(Junsei) 106ml를 넣고 증류수로 표선까지 채워 제조하였다.

표 3-1. 원자흡광광도계의 기기 및 분석조건(요중 Hg)

Wavelength	253.7nm	Sample introduction	manual
Slit width	1.0nm	Signal processing	Peak height
Lamp current	4mA	flow rate	5ml/min
Replication	3	Pre-spray time	3sec
Repetition sequence	SM-M-M*	Integration time	5sec
Background correction	D2	Response time	1sec

* S-spray, M-measure

시료의 전처리는 다음과 같이 하였다. 표준용액 및 뇨시료를 중금속 오염의 우려가 없는 conical tube에 각각 10ml씩 취한 후 황산(Junsei) 5ml를 가하여 54℃ 항온조에서 4시간 동안 방치하였으며, 이후 6% KMnO₄ 7.5ml를 천천히 가한 후 하루 동안 방치하였다.

방치가 끝난 용액은 20% NH₂OH-HCl 0.5ml를 가한 뒤 25ml volumetric flask에 옮겨 담은 다음, 소포제인 Tributyl phosphate(Fluka) 0.02ml과 0.5% K₂Cr₂O₇ 0.5ml, HNO₃(Junsei) 2ml를 각각 가한 후 증류수로 표선까지 채웠다.

전처리가 끝난 시료들은 HVG-1을 사용하여, 5M HCl의 산성 하에서 0.3% NaBH₄ + 0.5% NaOH의 환원제와 반응시켜 수은을 유리시켜(Hg⁰) 측정하였다.

당시의 총 조사인원은 309명이었으나, 본 연구에서는 요시료의 양이 수은 분석시에 필요한 양인 10ml이 되지 않는 37명을 제외한 272명의 자료만을 이용하였다(표 3-2).

표 3-2. 조사대상 초등학생들의 수

지역	성별	학년	조사대상자수(n)			
			조사	제외	분석	
도시지역	남아	3	28	-	28	
		6	33	1	32	
	여아	3	22	3	19	
		6	17	2	15	
	계			100	6	94
	어촌지역	남아	3	31	4	27
6			32	2	30	
여아		3	23	5	18	
		6	23	2	21	
계			109	13	96	
농촌지역		남아	3	25	5	20
	6		25	3	22	
	여아	3	25	5	20	
		6	25	5	20	
	계			100	18	82
	총계			309	35	272

2. 다중회귀분석

가. 설문조사

설문조사는 요충 수는 농도에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대해서 실시하였으며 설문서의 구성은 표 3-3과 같다.

표 3-3. 설문서의 구성

구 분	세 부 항 목
일 반 사 항	성명, 성별, 연령, 가족수, 주소, 거주환경, 거주기간 등
사회경제적 사항	부모의 학력수준, 부모의 현재직업 및 과거직업, 경제수준 등
흡 연	수동흡연 여부, 수동흡연기간, 수동흡연량
식 이 사 항	식수종류, 곡물생산지, 야채생산지, 양념 생산지, 육류 섭취빈도, 우유·계란·두부 섭취빈도, 어패류 섭취빈도, 과일류 섭취빈도, 캔 가공식품 섭취빈도
건 강 상 태	건강상태, 복용약, 충치치료여부, 과거질병

나. 독립변수의 선택

일반 인구집단의 수은 노출은 기본적으로 식품 섭취와 치과용 아말감을 통한 것으로 알려져 있으며, 지역적인 수은 오염 부하량에 따라 실제로 섭취하는 총 수은은 공기와 음용수에 영향을 받기도 한다(UNEP, 2002).

요중 수은 농도에 영향을 줄 수 있을 것으로 분석에 고려할 요인들은 설문조사 등을 통하여 비교적 객관적 조사가 이루어진 변수들 중 본 연구의 목적에 맞게 표 3-4와 같이 재분류하여 요중 수은 농도에 대한 독립변수(영향요인) 자료로 사용하였다.

생물학적 요인으로는 연령, 신장, 체중 및 BMI를, 거주환경으로는 거주지 특성, 거주지의 공단 및 도로 인접 여부를 구분하였으며, 식품의 섭취빈도는 식품섭취의 여부를 분류하는 단위로 육류, 어패류, 어패류를 제외한 해산물, 캔 가공식품 별로 구분하여 주 1회 이하, 주 2회 이상으로 구분하였다.

흡연요인으로는 수동흡연 여부를 보았으며, 치과용 아말감에 의한 노출을 보기 위한 사항으로 아말감 치료여부를 구분하였다.

표 3-4. 요증 수는 농도 분석에서 고려할 요인들

Determinants	Variables	Classification
생물학적 특성	연령	연(year)
	신장	센티미터(cm)
	체중	킬로그램(kg)
	BMI(체격지수)	체중(kg)/신장(m ²)
	부모님 연령	연(year)
거주 환경	거주지 특성	도시, 농촌, 어촌
	공단인접 거주	예, 아니오
	도로인접 거주	예, 아니오
대상자 생활습관	위생상태(손 씻는 여부)	반드시 씻는다, 그렇지 않다
	대상자의 야외 활동시간	분(min)
	간접흡연 여부	예, 아니오
식습관	식수 종류	수돗물, 정수기물, 시판생수, 약수 및 지하수
	육류, 어패류, 어패류를 제외한 해산물, 캔 가공식품 섭취빈도	주 1회 미만, 주 2회 이상
기타	아말감 치료여부	예, 아니오

선택된 변수들 중 질적변수(Qualitative Variables)인 거주지 특성, 공단 및 도로 인접, 간접흡연 여부, 식습관 등은 0과 1의 가변수(Dummy Variable)를 이용하여 분석하였다(표 3-5).

표 3-5. 질적변수의 가변수

변 수	가 변 수		
거주지역			
도시	거주지역 1	거주지역 2	
농촌	도시 = 1	어촌 = 1	
어촌	농촌, 어촌 = 0	도시, 농촌 = 0	
공단인접	공단인접 1		
예	예 = 1		
아니오	아니오 = 0		
도로인접	도로인접 1		
예	예 = 1		
아니오	아니오 = 0		

표 3-5. 질적변수의 가변수(계속)

변 수	가 변 수		
위생상태 예 아니오	위생상태 1 예 = 1 아니오 = 0		
간접흡연 예 아니오	간접흡연 1 예 = 1 아니오 = 0		
사용 식수 수돗물 정수기물 시판생수 약수 및 지하수	사용 식수 1 정수기물 = 1 수돗물, 시판생수, 약수 및 지하수 = 0	사용 식수 2 시판생수 = 1 수돗물, 정수기물, 약수 및 지하수 = 0	사용 식수 3 약수 및 지하수 = 1 수돗물, 정수기물, 시판생수 = 0
음식물 섭취빈도 육류	육류 섭취빈도 1 주 2회 이상 = 1 주 1회 이하 = 0		
어패류	어패류 섭취빈도 1 주 2회 이상 = 1 주 1회 이하 = 0		
해산물	해산물 섭취빈도 1 주 2회 이상 = 1 주 1회 이하 = 0		
캔가공식품	캔가공식품 섭취빈도 1 주 2회 이상 = 1 주 1회 이하 = 0		
충치치료 여부 예 아니오	충치치료 1 예 = 1 아니오 = 0		

다. 영향요인의 선정

본 연구에서는 성별로 연령, 신장, 체중, BMI, 거주환경, 수동흡연 여부, 식품섭취빈도, 충치치료여부 등을 독립변수로 하고 creatinine으로 보정된 요중 수는 농도를 종속변수로 하여 다중회귀분석을 실시한다. 다중회귀모형의 유의한 독립변수 선정방법은 최적방정식을 구할 가능성이 높아 일반적으로 많이 쓰이는 단계별 회귀법(Stepwise regression)을 사용한다.

그리고 독립변수의 부분상관계수(Partial correlation coefficient)의 제곱인 부분결정계수를 이용하여 예측되는 종속변수인 요충 수는 농도의 분산(variance)에 대한 각 독립변수의 상대적 기여도를 파악하였다. 부분결정계수는 Sartor 등(1992)의 연구에서 적용하였다.

다중회귀분석에 의하여 선정된 영향요인과 회귀계수를 이용하여 영향요인이 보정된 체내 수는 농도를 구할 수 있으며, 이 보정된 농도로 집단간의 수는 농도를 표준화된 조건에서 비교 평가한다.

라. 영향요인의 보정

다중회귀분석에 의하여 선정된 영향요인과 그 회귀계수 β_i 를 이용하여 영향요인이 보정된 요충 수는 농도를 구할 수 있고(식(3.1)), 이 보정된 수는 농도로 집단 간의 수는 농도를 표준화된 조건에서 비교 평가할 수 있다.

$$Y_{adj} = Y_{obs} - \sum \beta_i (x_i - X_i) \quad (3.1)$$

Y_{adj} : 보정된 요충 수는 농도

Y_{obs} : 보정된 요충 수는 농도

β_i : 보정하려는 공변량(연령, 식이습관 등 영향요인)과 측정된 요충 수는 농도간의 회귀계수

x_i : 보정하려는 공변량(연령, 식이습관 등 영향요인)의 측정값

X_i : 보정하려는 공변량(연령, 식이습관 등 영향요인)의 값

기본적인 설문자료 분석 및 다중회귀분석과 요충 수는 농도의 예측치 계산 등 모든 통계분석은 SPSS Ver. 12.0을 이용하여 시행하였다.

IV. 결과

1. 조사대상자의 특성

본 연구의 조사대상 초등학생들의 수는 총 272명이었으며 지역별 성별분포는 표 4-1과 같다. 도시지역과 어촌지역의 경우에는 3학년과 6학년 모두 남학생의 수가 여학생에 비해 많은 것으로 나타난 반면, 농촌지역은 3학년의 남녀 학생수가 같은 것으로 나타났다. 그러나 지역별 성별분포의 차이는 통계적으로 유의한 수준은 아니었다($p>0.05$).

표 4-1. 조사대상 초등학생들의 지역별 성별 분포 (단위 : 명(%))

학 년	성 별	지 역				p-value
		도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
3	남 아	28 (59.6)	27 (60.0)	20 (50.0)	75 (56.8)	0.580
	여 아	19 (40.4)	18 (40.0)	20 (50.0)	57 (43.2)	
	소 계	47 (100)	46 (100)	40 (100)	133 (100)	
6	남 아	32 (68.1)	30 (58.8)	22 (52.4)	84 (60.0)	0.313
	여 아	15 (31.9)	21 (41.2)	20 (47.6)	56 (40.0)	
	소 계	47 (100)	52 (100)	50 (100)	141 (100)	
계	남 아	60 (63.8)	57 (59.4)	42 (51.2)	159 (58.5)	0.232
	여 아	34 (36.2)	39 (40.6)	40 (48.8)	113 (41.5)	
	소 계	94 (100)	96 (100)	82 (100)	272 (100)	

조사대상 초등학생들의 개인특성은 표 4-2에 나타내었다. 전체적으로는 어촌지역의 학생들이 도시 및 농촌지역의 학생들에 비해 연령, 신장, 체중, BMI 모두 높게 나타나는 경향을 보였으며, 3학년 남아 연령 및 신장, 6학년 남아 신장 등의 항목에 대해서는 지역간에 유의한 차이를 나타내었다($p<0.05$).

표 4-2. 조사대상 초등학생들의 지역별 연령, 신장, 체중

학년	성별	항 목	지 역				p-value
			도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
3	남아	연령(years)	8.68 ± 0.48	9.07 ± 0.62	8.85 ± 0.37	8.87 ± 0.53	0.019
		신장(cm)	131.76 ± 5.76	134.01 ± 6.16	136.07 ± 5.64	133.72 ± 6.05	0.047
		체중(kg)	32.01 ± 7.96	33.64 ± 8.60	31.22 ± 6.22	32.39 ± 7.75	0.545
		BMI	18.27 ± 3.46	18.55 ± 3.58	16.80 ± 2.83	17.98 ± 3.38	0.186
		N	28	27	20	75	
	여아	연령(years)	8.89 ± 0.32	9.11 ± 0.68	8.85 ± 0.37	8.95 ± 0.48	0.208
		신장(cm)	131.68 ± 7.71	135.37 ± 6.21	132.30 ± 5.20	133.06 ± 6.52	0.187
		체중(kg)	29.66 ± 5.64	31.93 ± 7.77	29.45 ± 5.30	30.30 ± 6.27	0.418
		BMI	19.98 ± 1.94	17.22 ± 3.06	16.71 ± 2.12	16.96 ± 2.37	0.807
		N	19	18	20	57	
6	남아	연령(years)	11.66 ± 0.48	11.73 ± 0.45	11.68 ± 0.48	11.69 ± 0.47	0.808
		신장(cm)	146.25 ± 6.82	152.50 ± 7.09	148.34 ± 6.13	149.03 ± 7.21	0.002
		체중(kg)	43.29 ± 11.75	47.07 ± 9.90	41.98 ± 6.55	44.30 ± 10.06	0.152
		BMI	19.98 ± 4.17	20.14 ± 3.42	18.98 ± 1.86	19.78 ± 3.42	0.440
		N	32	30	22	84	
	여아	연령(years)	11.87 ± 0.35	11.76 ± 0.44	11.80 ± 0.41	11.80 ± 0.40	0.748
		신장(cm)	150.03 ± 7.03	150.66 ± 7.30	149.74 ± 7.05	150.16 ± 7.02	0.915
		체중(kg)	44.59 ± 10.08	44.13 ± 9.22	43.35 ± 11.10	43.98 ± 9.98	0.934
		BMI	19.71 ± 3.56	19.25 ± 2.67	19.10 ± 3.62	19.32 ± 3.23	0.860
		N	15	21	20	56	
계	남아	연령(years)	10.27 ± 1.57	10.47 ± 1.44	10.33 ± 1.49	10.36 ± 1.50	0.753
		신장(cm)	139.49 ± 9.63	143.74 ± 11.42	142.50 ± 8.51	141.81 ± 10.16	0.067
		체중(kg)	38.03 ± 11.56	40.71 ± 11.44	36.85 ± 8.34	38.68 ± 10.81	0.180
		BMI	19.18 ± 3.92	19.39 ± 3.56	17.94 ± 2.59	18.93 ± 3.51	0.100
		N	60	57	42	159	
	여아	연령(years)	10.21 ± 1.53	10.54 ± 1.45	10.33 ± 1.54	10.37 ± 1.50	0.632
		신장(cm)	139.78 ± 11.79	143.60 ± 10.25	141.02 ± 10.75	141.54 ± 10.92	0.309
		체중(kg)	36.25 ± 10.82	38.50 ± 10.48	36.40 ± 11.10	37.08 ± 10.76	0.597
		BMI	18.18 ± 3.06	18.32 ± 3.00	17.91 ± 3.17	18.13 ± 3.06	0.835
		N	34	39	40	113	

가. 설문조사 결과

초등학생들의 학부모를 대상으로 한 설문조사결과는 다음과 같이 나타났다.

학부모의 인적특성 및 사회·경제적 상태는 표 4-3에 나타나 있는데, 부모님의 연령은 어촌지역(어머님 아버님 각각 38.9세, 42.5세)이 도시(38.2세, 41.0세) 및 농

촌(37.6세, 41.8세)에 비해 높게 나타났으나 지역간에 유의한 차이를 나타내지는 않았다($p>0.05$).

부모님 최종학력은 중졸 이하의 저학력인 경우가 어촌지역에서 어머니와 아버님이 각각 23.3%, 21.6%로 나타나 도시(15.7%, 9.4%) 및 농촌(10.3%, 2.6%)에 비해 높게 나타났다($p<0.05$).

조사 대상자의 50% 이하만이 응답한 연간 가구소득의 경우에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

표 4-3. 초등학교 보호자의 인적특성 및 사회·경제적 상태 (단위 : 명(%))

항 목	구 분	지 역				p-value
		도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
설 문 응 답 자	어 머 니	63 (69.2)	48 (62.3)	54 (71.1)	165 (67.6)	0.322
	아 버 지	25 (27.5)	27 (35.1)	19 (25.0)	71 (29.1)	
	조 부 모	1 (1.1)	2 (2.6)	-	3 (1.2)	
	기 타	2 (2.2)	-	3 (3.9)	5 (2.0)	
	계	91 (100)	77 (100)	76 (100)	244 (100)	
연령-어머니 (단위 : 세)	mean±S.D.	38.2 ± 3.4	38.9 ± 4.9	37.6 ± 3.9	38.3 ± 4.2	0.170
	N	91	92	77	260	
연령-아버지 (단위 : 세)	mean±S.D.	41.0 ± 4.3	42.5 ± 5.6	41.8 ± 4.8	41.8 ± 4.9	0.120
	N	85	90	76	251	
최종학력 (어 머 니)	초졸이하	2 (2.2)	4 (4.4)	1 (1.3)	7 (2.7)	0.064
	중 졸	12 (13.5)	17 (18.9)	7 (9.0)	36 (14.0)	
	고 졸	66 (74.2)	54 (60.0)	65 (83.3)	185 (72.0)	
	대졸이상	9 (10.1)	15 (16.7)	5 (6.4)	29 (11.3)	
	계	89 (100)	90 (100)	78 (100)	257 (100)	
최종학력 (아 버 지)	초졸이하	-	3 (3.4)	-	3 (1.2)	0.001
	중 졸	8 (9.4)	16 (18.2)	2 (2.6)	26 (10.4)	
	고 졸	51 (60.0)	41 (46.6)	60 (76.9)	152 (60.6)	
	대졸이상	26 (30.6)	28 (31.8)	16 (20.5)	70 (27.9)	
	계	85 (100)	88 (100)	78 (100)	251 (100)	
연 소 득 (단위 : 백만원)	mean±S.D.	28.8 ± 17.9	24.9 ± 15.8	30.3 ± 11.2	28.1 ± 15.3	0.238
	N	46	41	46	133	

표 4-4. 초등학생들의 거주환경

(단위 : 명(%))

항 목	구 분	지 역				p-value
		도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
거주지역	도 시	92 (98.9)	1 (1.1)	14 (19.2)	107 (42.1)	0.000
	어 촌	-	82 (93.2)	-	82 (32.3)	
	농 촌	1 (1.1)	5 (5.7)	59 (80.8)	65 (25.6)	
	계	93 (100)	88 (100)	73 (100)	254 (100)	
공단인접 (도보30분, 3km이내)	예	91 (96.8)	6 (6.3)	28 (34.6)	125 (46.1)	0.000
	아니오	3 (3.2)	90 (93.8)	53 (65.4)	146 (53.9)	
	계	94 (100)	96 (100)	81 (100)	271 (100)	
도로인접 (왕복2차선, 100m이내)	예	58 (63.7)	51 (54.3)	64 (78.0)	173 (64.8)	0.004
	아니오	33 (36.3)	43 (45.7)	18 (22.0)	94 (35.2)	
	계	91 (100)	94 (100)	82 (100)	267 (100)	
거주형태	아파트/빌라	20 (21.3)	26 (27.1)	54 (65.9)	100 (36.8)	0.000
	주택(마당없음)	30 (31.9)	11 (11.5)	3 (3.7)	44 (16.2)	
	주택(마당-흙없음)	7 (7.4)	27 (28.1)	13 (15.9)	47 (17.3)	
	주택(마당-흙있음)	37 (39.4)	32 (33.3)	12 (14.6)	81 (29.8)	
	계	94 (100)	96 (100)	82 (100)	272 (100)	
거주기간 (단위 : 년)	mean±S.D.	6.12 ± 3.84	6.26 ± 3.96	6.98 ± 3.99	6.43 ± 3.93	0.312
	N	91	95	82	268	

표 4-4는 초등학생들의 거주환경에 대한 설문조사 결과로, 주거지 인근에 걸어서 30분, 약 3km이내에 공업지역이 있는지의 여부에 대해서는 도시지역이 96.8%로 가장 높게 나타났으며, 농촌(34.6%), 어촌(6.3%)순으로 나타났다(p<0.05). 이와 같이 농촌지역이 어촌지역에 비해 높게 나타난 이유는 농촌지역 초등학생의 일부가 시내에 공단이 있는 인근 도시에서 통학을 하고 있기 때문으로 사료되며 이는 농촌지역 대상자 중 거주지역이 '도시'라고 응답한 경우가 19.2%가 있었던 것과 관련이 있을 것으로 사료된다.

도로인접지역(왕복 2차선 이상의 도로에서 약 100m이내) 거주여부에 대해서는 3개 지역 모두 50% 이상이 '그렇다'고 응답하였으며, 통계적으로도 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05).

거주형태별로는 도시 및 어촌지역은 흙 없는 주택에 사는 비율이 각각 39.4%, 33.3%로 가장 높았으며, 농촌지역은 아파트 및 빌라에 사는 비율이 가장 높게 나

타났으며(65.9%), 거주기간은 각각 6.12년, 6.26년, 6.98년으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

표 4-5. 초등학교생들의 생활습관 및 간접흡연상태 (단위 : 명(%))

항 목	구 분	지 역				p-value
		도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
외출 후 귀가 시 손을 씻는가	반드시 씻는다	40 (42.6)	35 (36.5)	49 (59.8)	124 (45.6)	0.044
	가끔 씻는다	49 (52.1)	51 (53.1)	30 (36.6)	130 (47.8)	
	씻지 않는다	4 (4.3)	9 (9.4)	2 (2.4)	15 (5.5)	
	잘 모르겠다	1 (1.1)	1 (1.0)	1 (1.2)	3 (1.1)	
	계	94 (100)	96 (100)	82 (100)	272 (100)	
집밖에서 노는 시간 (단위 : 분)	mean±S.D.	89.0 ± 55.4	121.2 ± 108.0	75.6 ± 50.6	96.4 ± 79.5	0.000
	N	87	91	77	255	
가족 중 흡연자 여부	예	64 (68.8)	68 (70.8)	42 (51.9)	174 (64.4)	0.017
	아니오	29 (31.2)	28 (29.2)	39 (48.1)	96 (35.6)	
	계	93 (100)	96 (100)	81 (100)	270 (100)	
간접흡연 여 부*	예	28 (30.1)	40 (41.7)	15 (18.8)	83 (30.9)	0.005
	아니오	65 (100)	56 (58.3)	65 (81.3)	186 (69.1)	
	계	93 (100)	96 (100)	80 (100)	269 (100)	

* 가족 중 흡연자가 없는 경우도 포함했을 때(흡연자가 없는 경우 '아니오'로 취급)

학생들의 생활습관 및 간접흡연상태는 표 4-5와 같다. 학생들의 위생상태를 묻는 질문(외출 후 귀가 시 반드시 손을 씻는가)에 대해서는 어촌지역의 경우 반드시 씻는 경우가 36.5%로 도시지역(42.6%) 및 농촌지역(59.8%)에 비해 낮게 나타났으며, 씻지 않는 경우는 9.4%(도시 4.3%, 농촌 2.4%)로 높게 나타나 학생들의 개인위생상태가 도시 및 농촌지역의 학생들에 비해 좋지 않은 것으로 나타났으며 통계적으로도 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

학생들이 하루 중 골목, 마당이나 놀이터 등과 같은 집밖에서 노는 시간은 어촌지역이 121.2분으로 다른 지역(도시 89.0분, 농촌 75.6분)에 비해 집밖에서 보내는 시간이 많은 것으로 나타났다($p<0.05$).

가족 중 흡연자여부에 대해서는 농촌지역(51.9%)이 도시(68.8%) 및 어촌지역(70.8%)에 비해 낮게 나타났으며($p<0.05$), 학생들의 간접흡연여부(가족 중 흡연자

가 없는 경우는 간접흡연여부에 대하여 '아니오'인 것으로 취급)에 대해서도 농촌 지역(18.8%)이 다른 두 지역(도시 30.1%, 어촌 41.7%)에 비해 낮게 나타났으며 통계적으로도 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

사용식수의 종류로는(표 4-6) 3개 지역 모두 수돗물 또는 정수기물을 주로 사용하는 것으로 나타났으며(65% 이상), 농촌지역은 약수와 지하수의 사용비율이 각각 11.6%, 8.6%로, 도시(1.1%, 0%) 및 어촌지역(3.2%, 2.1%)에 비해 높게 나타나, 식수종류는 지역별로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

표 4-6. 초등학교생들의 사용식수 (단위 : 명(%))

항 목	구 분	지 역				p-value
		도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
식수종류	수 돛 물	60 (64.5)	54 (57.4)	22 (31.9)	136 (53.1)	0.000
	정수기물	29 (31.2)	22 (23.4)	26 (37.7)	77 (30.1)	
	시판생수	-	7 (7.4)	5 (7.2)	12 (4.7)	
	약 수 물	1 (1.1)	3 (3.2)	8 (11.6)	12 (4.7)	
	지 하 수	-	2 (2.1)	6 (8.6)	8 (3.2)	
	기 타	3 (3.2)	6 (6.4)	2 (2.9)	11 (4.3)	
	계	93 (100)	94 (100)	69 (100)	256 (100)	

초등학교생들의 음식종류별 섭취빈도(표 4-7) 중, 육류의 경우 도시 및 어촌지역은 주 2~3회 섭취한다고 응답한 경우가 가장 많았던 반면(각각 50.5%, 52.6%), 농촌지역의 경우에는 주 1회 미만인 경우가 60.0%로 가장 많았으나, 지역별로 유의한 차이를 나타내지는 않았다($p > 0.05$).

고단백 식품(우유, 계란, 두부 등)의 경우에는 도시, 어촌, 농촌지역 모두 주 2~3회 섭취한다고 응답한 경우가 가장 많았으며(각각 46.8%, 34.4%, 47.6%), 지역별로도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$).

어패류(생선, 조개류) 섭취빈도의 경우 도시 및 어촌지역에서는 주 2~3회 섭취한다고 응답한 경우가 가장 많았던 반면(각각 50.0%, 43.8%), 농촌지역은 주 1

회 미만인 53.1%로 가장 많이 나타났다. 그러나 주 4회 이상 섭취한다고 응답한 경우는 도시 9.6%, 어촌 27.1%, 농촌 4.9%로 어촌지역이 다른 두 지역에 비해 높게 나타났다($p < 0.05$).

어패류를 제외한 해산물 섭취빈도의 경우에는 어촌지역이 도시 및 농촌지역에 비해 높게 나타났으며(주 2회 이상 섭취빈도 어촌지역 40.6%, 도시지역 24.5%, 농촌지역 19.8%), 통계적으로도 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

과일류 섭취빈도의 경우는 매일 1회 이상 섭취한다고 응답한 경우가 도시지역 7.4%, 어촌지역 26.0%, 농촌지역 12.2%로 나타나 어촌지역의 학생들이 다른 두 지역의 학생들에 비해 과일류 섭취빈도가 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$).

캔에 담겨있는 가공식품(햄, 소시지, 어류캔 등)의 경우에는 지역별로 유의한 차이를 보이지는 않았다($p > 0.05$).

표 4-7. 초등학생들의 음식물 섭취빈도 (단위 : 명(%))

항 목	구 분	지 역				p-value
		도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
음 식 물 섭취빈도 (육 류)	주 1회미만	42 (45.2)	44 (46.3)	48 (60.0)	134 (50.0)	0.155
	주 2~3회	47 (50.5)	50 (52.6)	29 (36.3)	126 (47.0)	
	주 4~6회	3 (3.2)	-	3 (3.8)	6 (2.2)	
	일 1회이상	1 (1.1)	1 (1.1)	-	2 (0.7)	
	계	93 (100)	95 (100)	80 (100)	268 (100)	
음 식 물 섭취빈도 (단백식품)	주 1회미만	6 (6.4)	11 (11.5)	5 (6.1)	22 (8.1)	0.224
	주 2~3회	44 (46.8)	33 (34.4)	39 (47.6)	116 (42.6)	
	주 4~6회	26 (27.7)	22 (22.9)	17 (20.7)	65 (23.9)	
	일 1회이상	18 (19.1)	30 (31.3)	21 (25.6)	69 (25.4)	
	계	94 (100)	96 (100)	82 (100)	272 (100)	
음 식 물 섭취빈도 (어 패 류)	주 1회미만	38 (40.4)	28 (29.2)	43 (53.1)	109 (40.2)	0.000
	주 2~3회	47 (50.0)	42 (43.8)	34 (42.0)	123 (45.4)	
	주 4~6회	8 (8.5)	15 (15.6)	4 (4.9)	27 (10.0)	
	일 1회이상	1 (1.1)	11 (11.5)	-	12 (4.4)	
	계	94 (100)	96 (100)	81 (100)	271 (100)	

표 4-7. 초등학교생들의 음식물 섭취빈도(계속)

(단위 : 명(%))

항 목	구 분	지 역				p-value
		도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
음 식 물 섭취빈도 (어패류제외 해 산 물)	주 1회미만	66 (70.2)	53 (55.2)	62 (76.5)	181 (66.8)	0.044
	주 2~3회	23 (24.5)	39 (40.6)	16 (19.8)	78 (28.8)	
	주 4~6회	3 (3.2)	2 (2.1)	3 (3.7)	8 (3.0)	
	일 1회이상	2 (2.1)	2 (2.1)	-	4 (1.5)	
	계	94 (100)	96 (100)	81 (100)	271 (100)	
음 식 물 섭취빈도 (과 일 류)	주 1회미만	19 (20.2)	14 (14.6)	11 (13.4)	44 (16.2)	0.008
	주 2~3회	41 (43.6)	34 (35.4)	44 (53.7)	119 (43.8)	
	주 4~6회	27 (28.7)	23 (24.0)	17 (20.7)	67 (24.6)	
	일 1회이상	7 (7.4)	25 (26.0)	10 (12.2)	42 (15.4)	
	계	94 (100)	96 (100)	82 (100)	272 (100)	
음 식 물 섭취빈도 (가공식품)	주 1회미만	56 (59.6)	59 (61.5)	57 (70.4)	172 (63.5)	0.780
	주 2~3회	32 (34.0)	31 (32.3)	19 (23.5)	82 (30.3)	
	주 4~6회	4 (4.3)	5 (5.2)	4 (4.9)	13 (4.8)	
	일 1회이상	2 (2.1)	1 (1.0)	1 (1.2)	4 (1.5)	
	계	94 (100)	96 (100)	81 (100)	271 (100)	

조사당시 약을 복용하고 있는 학생들(표 4-8)은 도시지역 20.4%, 어촌지역 14.7%, 농촌지역 19.5%인 것으로 나타났으며($p>0.05$), 도시지역과 농촌지역의 학생들은 영양제(각각 52.6%, 40.0%)와 감기약 등의 치료제(각각 31.6%, 40.0%)를 주로 복용중인 것으로 나타났으며, 어촌지역의 경우는 치료제(50.0%)를 가장 많이 복용중인 것으로 나타났다($p>0.05$).

최근 치과에서 충치치료(아말감치료)를 받은 적이 있는가에 대한 질문에 대해서는 '그렇다'고 응답한 경우가 어촌지역이 21.1%로 다른 두 지역(도시지역 14.1%, 농촌지역 14.8%)에 비해 높게 나타났으나, 통계적으로도 유의한 차이를 보이지 않았다($p<0.05$). 충치치료 경과기간 역시 평균 54.8일로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p<0.05$).

표 4-8. 초등학교생의 기타 건강상태

(단위 : 명(%))

항 목	구 분	지 역				p-value
		도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
약 복용 여부 (현재)	예	19 (20.4)	14 (14.7)	16 (19.5)	49 (18.1)	0.556
	아니오	74 (79.6)	81 (85.3)	66 (80.5)	221 (81.9)	
	계	93 (100)	95 (100)	82 (100)	270 (100)	
복용약 종류	영양제	10 (52.6)	4 (28.6)	6 (40.0)	20 (41.7)	0.739
	치료제	6 (31.6)	7 (50.0)	6 (40.0)	19 (39.6)	
	한약	3 (15.8)	3 (21.4)	3 (20.0)	9 (18.8)	
	계	19 (100)	14 (100)	15 (100)	48 (100)	
최근 충치치료	예	13 (14.1)	20 (21.1)	12 (14.8)	45 (16.8)	0.381
	아니오	79 (85.9)	75 (78.9)	69 (85.2)	223 (83.2)	
	계	92 (100)	95 (100)	81 (100)	268 (100)	
충치치료 경과기간	mean±S.D.	56.1 ± 57.1	53.6 ± 50.4	55.1 ± 20.6	54.8 ± 46.5	0.992
	N	10	14	7	31	

나. 중금속 생체노출수준 조사 결과

(1) 요중 수은의 농도 분포

초등학교생들의 지역별 요중 수은 분석결과는 남학생의 경우 어촌지역 3.38 $\mu\text{g/g-ct}$, 도시지역 2.83 $\mu\text{g/g-ct}$, 농촌지역 2.40 $\mu\text{g/g-ct}$ 의 순으로 높게 나타났으며, 여학생의 경우에는 도시지역 3.29 $\mu\text{g/g-ct}$, 어촌지역 2.66 $\mu\text{g/g-ct}$, 농촌지역 2.62 $\mu\text{g/g-ct}$ 의 순으로 높게 나타났다. 이들 지역간 요중 수은 평균농도의 차이는 유의한 수준은 아니었으나($p>0.05$), 남학생의 경우 어촌지역이 농촌지역에 비해 유의하게 높은 수준으로 나타났다($p<0.05$).

학생들의 요중 수은 농도를 크레아티닌으로 보정하지 않았을 경우에는 남학생의 경우 도시지역($2.56\mu\text{g/L}$), 어촌지역($2.30\mu\text{g/L}$), 농촌지역($2.26\mu\text{g/L}$)의 순으로, 여학생의 경우에는 도시지역($3.13\mu\text{g/L}$), 농촌지역($2.63\mu\text{g/L}$), 어촌지역($1.82\mu\text{g/L}$)의 순으로 높게 나타났으며, 이들 지역간 요중 수은 평균농도는 유의한 차이를 나타내지는 않았다($p>0.05$). 그러나 여학생의 경우는 도시와 어촌간에, 전체적으로는 도시와 어촌간에 유의한 차이를 나타내었다($p<0.05$).

표 4-9. 요중 수은 측정결과

성 별	구 분	지 역				p-value
		도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
남 아	측정치($\mu\text{g/L}$)	2.56 ± 1.56	2.30 ± 1.58	2.26 ± 1.99	2.39 ± 1.68	0.614
	보정치($\mu\text{g/g-ct}$)	2.83 ± 2.03	3.38 ± 2.63	2.40 ± 1.88	2.91 ± 2.25	0.094
	N	60	57	42	159	
여 아	측정치($\mu\text{g/L}$)	3.13 ± 3.33	1.82 ± 1.23	2.63 ± 1.95	2.50 ± 2.32	0.050
	보정치($\mu\text{g/g-ct}$)	3.29 ± 3.02	2.66 ± 2.21	2.62 ± 2.02	2.83 ± 2.42	0.430
	N	34	39	40	113	
계	측정치($\mu\text{g/L}$)	2.76 ± 2.35	2.11 ± 1.46	2.44 ± 1.97	2.44 ± 1.97	0.071
	보정치($\mu\text{g/g-ct}$)	3.00 ± 2.43	3.08 ± 2.48	2.51 ± 1.94	2.88 ± 2.32	0.213
	N	94	96	82	272	

요중 수은의 지역별 및 성별 농도분포는 그림 4-1과 4-2에 각각 나타내었다. 요중 수은의 농도분포는 분포의 꼬리부분이 오른쪽으로 치우친 우향왜곡(skewed to the right) 분포를 나타내었으며, 전반적으로 비직업성 폭로자의 요중 수은농도로 알려진 $5\mu\text{g/g-ct}$ 미만으로 나타났으나, 일부 학생들에게서는 $10\mu\text{g/g-ct}$ 을 초과하는 농도를 보였다.

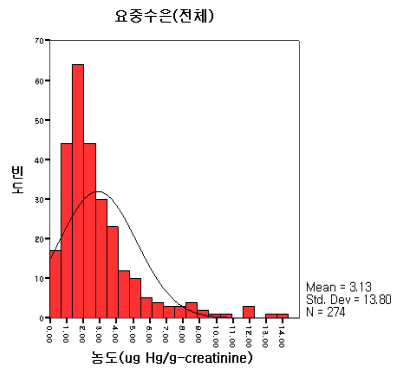
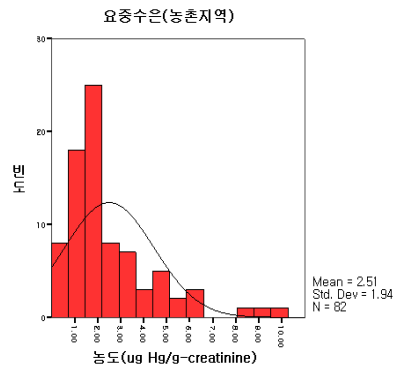
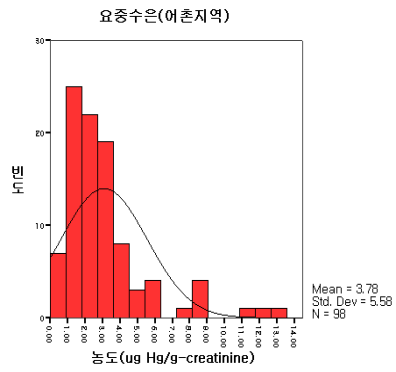
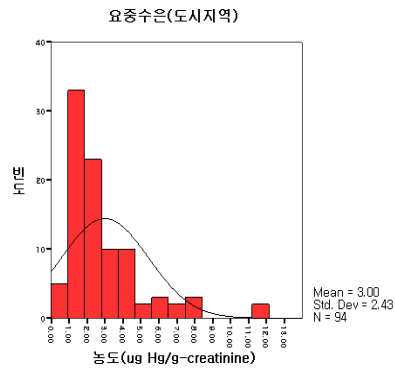


그림 4-1. 지역별 요중 수은의 농도분포

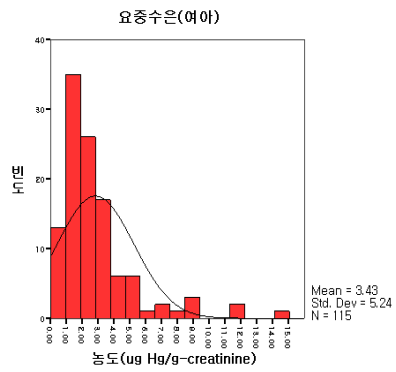
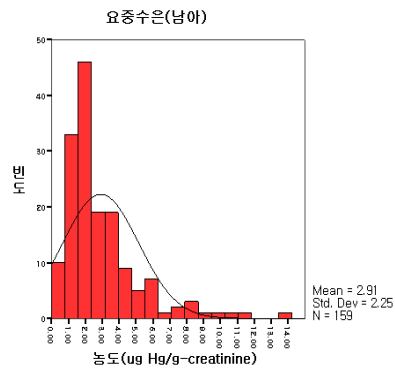


그림 4-2. 성별 요중 수은의 농도분포

(2) 연령에 따른 요충 수은 농도 비교

조사 대상 초등학생들의 연령에 따른 요충 수은 농도는 다음과 같으며 남녀 모두 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

표 4-10. 연령에 따른 요충 수은 농도 (단위 : $\mu\text{g/g-ct}$)

성 별	연령(세)	N(%)	수 은 농 도	p-value
남 아	8	16(10.1)	$3.01 \pm 2.11^*$	0.669
	9	53(33.3)	3.13 ± 2.63	
	10	6(3.8)	1.73 ± 0.97	
	11	26(16.4)	3.00 ± 2.38	
	12	58(36.5)	2.78 ± 1.94	
	계	159(100)	2.91 ± 2.25	
여 아	8	8(7.1)	4.24 ± 3.93	0.262
	9	44(38.9)	2.75 ± 2.73	
	10	5(4.4)	1.15 ± 0.61	
	11	11(9.7)	3.68 ± 1.04	
	12	45(39.8)	2.89 ± 2.04	
	계	113(100)	2.83 ± 2.42	
계	8	24(8.8)	3.42 ± 2.82	0.235
	9	97(35.7)	2.96 ± 2.67	
	10	11(4.0)	1.47 ± 0.85	
	11	37(13.6)	2.90 ± 2.06	
	12	103(37.9)	2.83 ± 1.98	
	계	272(100)	2.88 ± 2.32	

* Mean \pm S.D

(3) 부모님 최종학력에 따른 요충 수은 농도 비교

부모님의 최종학력을 중졸이하, 고졸, 대졸이상으로 재분류하여 요충 수은 농도를 비교하였다(표 4-11, 12). 부모님의 교육수준(최종학력)에 따른 남녀간 요충 수은 농도는 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

표 4-11. 아버지 최종학력에 따른 요중 수은 농도 (단위 : $\mu\text{g/g-ct}$)

성 별	아버지 최종학력	N(%)	수 은 농 도	p-value
남 아	중졸이하	14(9.5)	2.29 ± 0.98	0.614
	고졸	89(60.5)	2.91 ± 2.24	
	대졸이상	44(29.9)	2.84 ± 2.29	
	계	147(100)	2.83 ± 2.17	
여 아	중졸이하	15(14.4)	3.13 ± 3.14	0.235
	고졸	63(60.6)	3.15 ± 2.65	
	대졸이상	26(25.0)	2.18 ± 1.27	
	계	106(100)	2.90 ± 2.48	
전 체	중졸이하	29(11.6)	2.73 ± 2.36	0.442
	고졸	152(60.6)	3.01 ± 2.42	
	대졸이상	70(27.9)	2.60 ± 1.99	
	계	251(100)	2.86 ± 2.30	

표 4-12. 어머니 최종학력에 따른 요중 수은 농도 (단위 : $\mu\text{g/g-ct}$)

성 별	어머니 최종학력	N(%)	수 은 농 도	p-value
남 아	중졸이하	25(16.7)	3.47 ± 2.56	0.083
	고졸	105(70.0)	2.62 ± 1.80	
	대졸이상	20(13.3)	3.46 ± 2.97	
	계	150(100)	2.87 ± 2.15	
여 아	중졸이하	18(16.8)	3.39 ± 3.03	0.360
	고졸	80(74.8)	2.88 ± 2.42	
	대졸이상	9(8.4)	1.96 ± 0.99	
	계	109(100)	2.89 ± 2.46	
전 체	중졸이하	43(16.7)	3.44 ± 2.74	0.178
	고졸	185(72.0)	2.73 ± 2.09	
	대졸이상	29(11.3)	3.00 ± 2.61	
	계	259(100)	2.88 ± 2.28	

(4) 거주환경에 따른 요중 수은 농도 비교

조사 대상 초등학생들의 거주환경에 따른 요중 수은 농도를 평가하였다. 거주 지역에 따른 요중 수은 농도는 여학생의 경우에는 통계적으로 유의한 차이를 보

이지 않았으나 남학생의 경우에는 어촌지역이 다른 지역(도시, 농촌지역)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 수준으로 나타났다($p < 0.05$). 또한 전체적으로 보았을 경우에는 지역간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 농촌지역에 비해 어촌지역이 유의하게 높은 수준으로 나타났다.

공업지역 및 도로인접지역 거주여부에 따른 평가에서는 인접지역에 거주하는 대상자와 그렇지 않은 지역에 거주하는 대상자간에 통계적인 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

표 4-13. 거주환경에 따른 요증 수은 농도 (단위 : $\mu\text{g/g-ct}$)

항 목	성 별	거 주 환 경	N(%)	수 은 농 도	p-value
거주지역	남 아	도시	67(45.0)	2.80 ± 2.00	0.034
		농촌	32(21.5)	2.39 ± 1.96	
		어촌	50(33.6)	3.64 ± 2.70	
		계	149(100)	2.99 ± 2.29	
	여 아	도시	40(38.1)	3.29 ± 2.99	0.421
		농촌	33(31.4)	2.56 ± 1.81	
		어촌	32(30.5)	2.73 ± 2.38	
		계	105(100)	2.89 ± 2.48	
	전 체	도시	107(42.1)	2.98 ± 2.42	0.062
		농촌	65(25.6)	2.47 ± 1.88	
		어촌	82(32.3)	2.29 ± 2.60	
		계	254(100)	2.95 ± 2.37	
공단인접	남 아	예	77(48.4)	2.83 ± 2.06	0.665
		아니오	82(51.6)	2.99 ± 2.42	
	여 아	예	48(42.9)	3.25 ± 2.94	0.106
		아니오	64(57.1)	2.50 ± 1.92	
	전 체	예	125(46.1)	2.99 ± 2.43	0.441
		아니오	146(53.9)	2.77 ± 2.22	
도로인접	남 아	예	110(71.0)	2.85 ± 2.19	0.404
		아니오	45(29.0)	3.18 ± 2.46	
	여 아	예	63(56.3)	2.90 ± 2.55	0.793
		아니오	49(43.8)	2.77 ± 2.29	
	전 체	예	173(64.3)	2.86 ± 2.32	0.726
		아니오	94(35.1)	2.97 ± 2.37	

(5) 건강상태 등에 따른 요중 수은 농도 비교

조사 대상 초등학생들의 외출 후 귀가 시 반드시 손을 씻는지의 여부로 확인한 위생상태(표 4-14)에 따른 요중 수은 농도는 반드시 씻는 경우와 그렇지 않은 경우에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 대상 초등학생들의 간접흡연 여부에 따른 요중 수은 농도 역시 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

일반인의 수은 노출의 주요경로 중 하나로 알려진 치과 아말감 치료 여부에 따른 요중 수은 농도 역시 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나($p>0.05$), 치료를 받은 대상자에 비해 그렇지 않은 대상자의 수가 상대적으로 많은 관계로 해석상의 문제는 있다 하겠다.

표 4-14. 건강상태 등에 따른 요중 수은 농도 (단위 : $\mu\text{g/g-ct}$)

항 목	성 별	응 답	N(%)	수 은 농 도	p-value
위생상태	남 아	예	71(44.9)	2.72 ± 1.86	0.354
		아니오	87(55.1)	3.06 ± 2.54	
	여 아	예	53(47.7)	3.14 ± 2.72	0.174
		아니오	58(52.3)	2.51 ± 2.12	
	전 체	예	124(46.1)	2.90 ± 2.27	0.828
		아니오	145(53.9)	2.84 ± 2.39	
간접흡연여부	남 아	예	50(32.1)	2.99 ± 2.29	0.829
		아니오	106(67.9)	2.91 ± 2.27	
	여 아	예	33(29.2)	2.65 ± 1.90	0.599
		아니오	80(70.8)	2.91 ± 2.61	
	전 체	예	83(30.9)	2.85 ± 2.13	0.859
		아니오	186(69.1)	2.91 ± 2.41	
최근 충치 치료 여부	남 아	예	27(17.3)	2.70 ± 2.27	0.564
		아니오	129(82.7)	2.98 ± 2.27	
	여 아	예	18(16.1)	3.03 ± 3.39	0.722
		아니오	94(83.9)	2.81 ± 2.22	
	전 체	예	45(16.8)	2.83 ± 2.74	0.847
		아니오	223(83.2)	2.91 ± 2.25	

(6) 식습관에 따른 요중 수은 농도 비교

조사대상 초등학생들의 식습관에 따른 요중 수은 농도는 다음과 같이 나타났다. 사용식수별로 보았을 때(표 4-15), 시판생수를 식수로 사용하는 대상자들의 요중 수은 농도가 수돗물, 정수기물, 약수 및 지하수를 식수로 사용하는 대상자들에 비해 낮은 수준을 나타내었으나, 유의한 차이를 보이지는 않았다($p>0.05$).

표 4-15. 사용식수에 따른 요중 수은 농도 (단위 : $\mu\text{g/g-ct}$)

항 목	성 별	응 답	N(%)	수 은 농 도	p-value
사용식수	남 아	수돗물	85(58.2)	3.33 ± 2.44	0.194
		정수기물	42(28.8)	2.53 ± 1.60	
		시판생수	7(4.8)	2.10 ± 0.97	
		약수 및 지하수	12(8.2)	3.24 ± 3.41	
		전체	146(100)	3.04 ± 2.29	
	여 아	수돗물	51(51.5)	2.53 ± 1.84	0.264
		정수기물	35(35.4)	3.53 ± 3.31	
		시판생수	5(5.1)	2.24 ± 1.15	
		약수 및 지하수	8(8.1)	2.61 ± 1.28	
		전체	99(100)	2.88 ± 2.44	
	전 체	수돗물	136(55.5)	3.03 ± 2.26	0.674
		정수기물	77(31.4)	2.99 ± 2.56	
		시판생수	12(4.9)	2.16 ± 1.00	
		약수 및 지하수	20(8.2)	2.99 ± 2.73	
		전체	245(100)	2.97 ± 2.35	

음식물 섭취빈도에 따른 요중 수은 농도(표 4-16)는 1주 1회 이하로 섭취하는 경우와 1주 2회 이상 섭취하는 경우로 구분하여 비교하였다.

어패류 섭취빈도에 따른 요중 수은 농도 비교에서 남학생의 경우 1주 2회 이상 섭취하는 경우가 1주 1회 이하로 섭취하는 경우에 비해 유의하게 높은 수준으로 나타났으며, 이를 제외한 나머지 경우에는 모두 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

표 4-16. 음식물 섭취에 따른 요중 수은 농도

(단위 : $\mu\text{g/g-ct}$)

항 목	성 별	응 답	N(%)	수 은 농 도	p-value
음 식 물 섭취빈도 (육 류)	남 아	주 1회 이하	76(48.7)	2.92 ± 2.22	0.795
		주 2회 이상	80(51.3)	2.83 ± 2.22	
	여 아	주 1회 이하	58(51.8)	3.16 ± 2.86	0.175
		주 2회 이상	54(48.2)	2.53 ± 1.81	
	전 체	주 1회 이하	134(50.0)	3.02 ± 2.51	0.265
		주 2회 이상	134(50.0)	2.71 ± 2.06	
음 식 물 섭취빈도 (어 패 류)	남 아	주 1회 이하	67(42.1)	2.48 ± 2.09	0.040
		주 2회 이상	92(57.9)	3.23 ± 2.32	
	여 아	주 1회 이하	42(37.5)	2.79 ± 2.71	0.920
		주 2회 이상	70(62.5)	2.84 ± 2.26	
	전 체	주 1회 이하	109(40.2)	2.60 ± 2.34	0.113
		주 2회 이상	162(59.8)	3.06 ± 2.30	
음 식 물 섭취빈도 (해 산 물)	남 아	주 1회 이하	109(69.0)	2.96 ± 2.33	0.668
		주 2회 이상	49(31.0)	2.79 ± 2.11	
	여 아	주 1회 이하	72(63.7)	2.65 ± 3.39	0.289
		주 2회 이상	41(36.3)	3.16 ± 2.46	
	전 체	주 1회 이하	181(66.8)	2.84 ± 2.35	0.687
		주 2회 이상	90(33.2)	2.96 ± 2.27	
음 식 물 섭취빈도 (과 일 류)	남 아	주 1회 이하	33(20.8)	2.86 ± 2.01	0.885
		주 2회 이상	126(79.2)	2.93 ± 2.32	
	여 아	주 1회 이하	11(9.7)	3.20 ± 3.31	0.600
		주 2회 이상	102(90.3)	2.79 ± 2.32	
	전 체	주 1회 이하	44(16.2)	2.95 ± 2.36	0.836
		주 2회 이상	228(83.8)	2.87 ± 2.31	
음 식 물 섭취빈도 (가공식품)	남 아	주 1회 이하	104(65.4)	2.72 ± 2.00	0.128
		주 2회 이상	55(34.6)	3.29 ± 2.64	
	여 아	주 1회 이하	68(60.7)	3.03 ± 2.81	0.114
		주 2회 이상	44(39.3)	2.40 ± 1.37	
	전 체	주 1회 이하	172(63.5)	2.84 ± 2.35	0.862
		주 2회 이상	99(36.5)	2.89 ± 2.21	

(7) 신장, 체중 및 BMI와 요중 수은 농도와의 상관성

조사 대상 초등학생을 성별로 구분하여 신장, 체중 및 BMI와 요중 수은 농도와의 상관성을 평가한 결과, 남녀 모두 신장, 체중 및 BMI와 요중 수은 농도간에 유의수준 0.05에서 상관성이 관찰되지 않았다(그림 4-3, 4-4, 4-5).

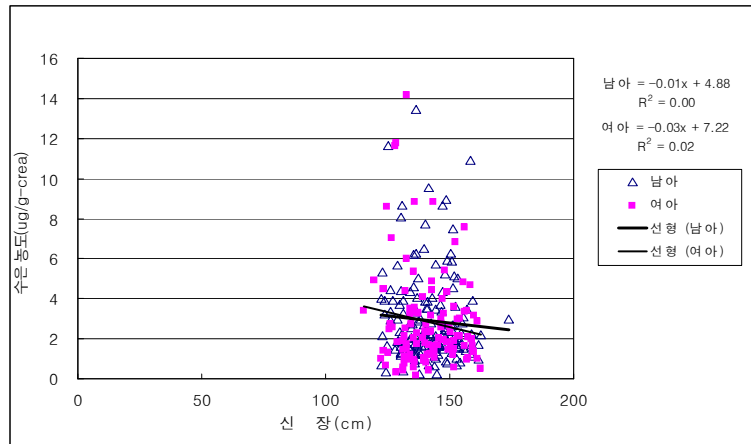


그림 4-3. 연구 대상자의 신장과 요중 수은과의 상관성

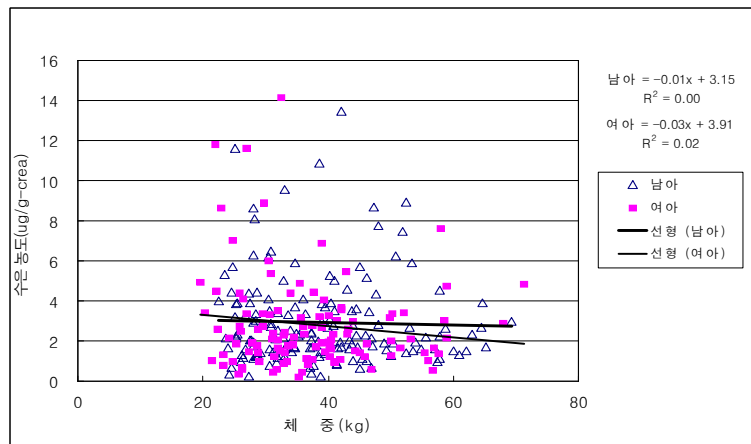


그림 4-4. 연구 대상자의 체중과 요중 수은과의 상관성

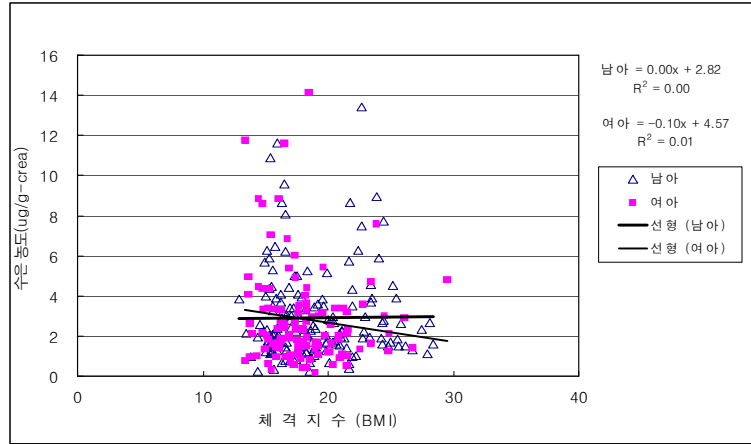


그림 4-5. 연구 대상자의 BMI와 요중 수은과의 상관성

다. 다중회귀분석

(1) 다중회귀모형의 구성

연구 대상 초등학생들의 요중 수은 농도에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다(표 4-18).

요중 수은 농도는 그림 4-1과 4-2에서 나타나듯이 대수정규분포(log normal distribution)를 이루고 있어 대수변환(log transformation)을 하여 사용하였다.

분석결과, 어패류 섭취빈도가 통계적으로 유의하게 요중 수은 농도에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 요중 수은의 총 분산에 대해 2.4%의 기여도를 나타내었다. 이에 대하여 요중 수은 농도(y) = 0.707 + 0.225 × 어패류섭취빈도(x)의 식을 도출할 수 있었다.

표 4-17. 연구 대상자들의 다중회귀분석 결과(I)

변 수	범 주	회귀계수	표준오차
Intercept		0.707	0.075
성별		- 0.082	-
연령(year)		0.002	-
신장(cm)		- 0.055	-
체중(kg)		- 0.040	-
BMI(kg/m ²)		- 0.025	-
공단인접 (0, 1)		0.005	-
도로인접 (0, 1)		- 0.016	-
위생상태 (0, 1)		0.073	-
수동흡연 (0, 1)		- 0.004	-
사용식수	정수기물 (0, 1)	0.023	-
	시판생수 (0, 1)	- 0.085	-
	약수 및 지하수 (0, 1)	0.017	-
음식물 섭취빈도	육류 (0, 1)	- 0.092	-
	어패류 (0, 1)	0.225*	0.096
	해산물 (0, 1)	- 0.028	-
	과일류 (0, 1)	- 0.055	-
	캔가공식품 (0, 1)	- 0.001	-
충치치료 (0, 1)		- 0.058	-
R-Square		0.024	

* p<0.05

한편 어패류 섭취빈도에 따른 요증 수는 농도 비교에서 남녀 모두 섭취빈도에 따라 농도 차이를 보였으며, 회귀분석 결과에서도 어패류 섭취빈도가 유의한 변수로 선정되어 이에 성별을 통제하지 않고 단변량 분석을 하였을 경우에는 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표 4-18. 연구 대상자들의 다중회귀분석 결과(II)

변 수	남 아		여 아	
	회귀계수	표준오차	회귀계수	표준오차
Intercept	0.674	0.086	0.640	0.118
어패류 섭취 빈도	0.257*	0.113	0.175	0.150
R-Square	0.032		0.012	

* p<0.05

단변량 분석 결과 여아의 경우 유의하지는 않았으나, 어패류 섭취에 따른 요중 수은 농도 비교에서 차이를 보였으며, 섭취 빈도가 유의한 변수로 선택되었기에 성별을 구분하여 영향요인 보정을 하였다.

라. 요중 수은 농도의 영향요인 보정

요중 수은 농도를 인구집단 간에 비교할 경우, 영향요인들을 기준으로 보정한 다음 비교를 하여야 한다. 다중회귀분석 결과, 어패류 섭취빈도가 유의한 영향변수로 선정이 되었으며 이에 다음과 같은 보정식을 도출할 수 있었다.

· 영향요인 보정 후 요중 수은 농도(남학생)

$$y_{am} = y_m - [0.674 + (0.257 \times x_1)]$$

y_{am} : 영향요인이 보정된 남학생의 요중 수은 농도($\mu\text{g/g-ct}$)

y_m : 남학생의 측정 요중 수은 농도($\mu\text{g/g-ct}$)

x_1 : 어패류 섭취빈도(1주 2회 이상)

· 영향요인 보정 후 요중 수은 농도(여학생)

$$y_{af} = y_f - [0.640 + (0.175 \times x_1)]$$

y_{af} : 영향요인이 보정된 여학생의 요중 수은 농도($\mu\text{g/g-ct}$)

y_f : 여학생의 측정 요중 수은 농도($\mu\text{g/g-ct}$)

x_1 : 어패류 섭취빈도(1주 2회 이상)

다중회귀분석을 통해 선정된 영향요인(어패류 섭취빈도)을 동일한 기준으로 보정한 후의 성별 요증 수은 농도는 표 4-19와 같다.

표 4-19. 영향요인 보정 후의 요증 수은 농도 (단위 : $\mu\text{g/g-ct}$)

성 별	지 역				p-value
	도시지역	어촌지역	농촌지역	계	
남 아	2.01 ± 1.99	2.52 ± 2.62	1.62 ± 1.90	2.09 ± 2.23	0.133
N	60	57	42	159	
여 아	2.53 ± 3.02	1.89 ± 2.22	1.85 ± 2.03	2.07 ± 2.43	0.419
N	34	39	39	112	
계	2.20 ± 2.41	2.27 ± 2.47	1.73 ± 1.95	2.08 ± 2.31	0.258
N	94	96	81	271	

다중회귀분석을 통하여 선정된 영향요인(어패류 섭취빈도) 보정 후의 요증 수은 농도는 남녀 모두 유의한 차이를 보이지 않았으나, 집단간의 사후분석 결과 농촌지역에 거주하는 남학생($1.62\mu\text{g/g-ct}$)의 요증 수은 농도가 어촌지역에 거주하는 남학생($2.52\mu\text{g/g-ct}$)에 비해 통계적으로 유의한 수준으로 높게 나타났다($p<0.05$).

V. 고찰

수은(Hg)은 상온에서 액체상태로 존재하는 유일한 금속으로서, 주로 금속성 수은(Hg^0), 무기수은 화합물($HgCl_2$), 유기수은 화합물(메틸수은) 등의 세 가지 형태로 존재하며 이러한 수은 화합물 전체를 총수은이라고 한다. 모든 수은의 형태는 독성이 있고, 각각은 표적기관에 대해 독특한 특성을 가진다. 수은 증기는 탄소와 결합하여 메틸수은을 포함한 다른 화합물로 변화되며, 지표면에서 바다로 유출된 수은은 박테리아에 의해서 메틸수은으로 변하는 과정을 통하여 생태계에 자연적으로 존재하면서 음식과 물을 통하여 인체에 흡수된다. 그러나 산업폐기물 등에 오염된 물 속의 수은은 어패류(주로 상어, 참치와 같은 육식 대양어류)를 통해 유기 수은 형태로 주로 간, 신장, 뇌, 근육 조직 등에 축적되므로 물고기 등의 어패류를 통한 입체흡수가 가장 흔한 경로이다. 이러한 형태의 수은은 인체 내에서의 흡수 및 수은 형태의 변환이 용이하고, 반감기가 길기 때문에 인체 내 부하량은 높아지게 된다.

최근에는 수은의 용량-반응 평가에 대한 폭넓은 연구가 진행되고 있으며, 노출에 있어서의 안전한 수은의 단계는 점차 낮아지는 추세이다(WHO, 1990). 또한, 태아기와 신생아기 동안 수은에 과다하게 노출되면 걸음걸이, 언어 등 운동기능에 영향을 미치는 발달 장애를 초래하여 정신 지체를 유발한다는 보고들은 점차 증가하는 추세로 모성에 축적된 수은은 임신 중에 태반을 통해 태아에게 전달되고 뇌혈관장벽을 통과하여 발달하는 과정에 있는 태아 및 소아의 중추신경계에 영향을 미칠 수 있다. 신장은 Hg(I)과 Hg(II) 염의 또 다른 표적기관이 될 수 있다. 알킬그룹을 가지는 안정한 유기화합물을 만드는 수은의 특성은 해산물을 많이 섭취하는 인구집단에서 공중보건학적 주의를 받고 있으며 소아의 신경독성은 모성의 임신 중 혈청과 모발 수은농도와 관련이 있다고 알려져 있다(Dahl 등, 1996;

Kjellstrom 등, 1986; Kjellstrom 등, 1989).

수은의 인체노출은 대개 호흡기와 소화기로 이루어지며, 수은 취급 근로자의 경우는 주로 호흡기로 노출되며, 수은을 취급하지 않는 일반인에게서는 소화기계 가 주요 노출 경로로 알려져 있다(WHO, 1976).

수은의 인체 내 모니터링 연구는 외국의 경우 다수 발표되어 왔으며, 직업적인 노출뿐 아니라 환경오염원에 의한 생체 내 수은 농도에 관한 연구(Johnsson 등, 2003; Levy 등, 2003; Murata, 2004; Rojas 등, 2005)가 이루어지고 있는 반면, 우리나라에서는 주로 직업적인 노출에 관한 연구(강신익 등, 1999; 김동웅 등, 1998; 방신호 등, 1994; 윤충식 등, 2001; 차철환 등, 1992)가 이루어졌으며, 직업적인 노출이 없는 일반인을 대상으로 한 연구(정규철 등, 1981)는 극히 미비한 상태이다.

외국에서의 선행연구 결과를 살펴보면 캐나다 몬트리올에 거주하는 아동들을 대상으로 한 Levy 등(2003)의 연구에서는 요중 수은 농도가 아말감 비충전군에서는 $0.61\mu\text{g/g-ct}$, 아말감 충전군에서는 $1.70\mu\text{g/g-ct}$ 의 수준으로 나타났다. 또한 이 연구에서는 아말감 충전군에서 연령, 신장, 체중에 따른 요중 수은 농도를 비교하였는데, 세 가지 요인 모두 증가할수록 요중 수은 농도가 감소하는 것으로 나타났으며, 통계적으로도 유의하였다. Rojas 등(2005)은 베네수엘라에서 일반인을 대상으로 Biological monitoring 연구를 시행하였는데 요중 수은 농도가 아동의 경우 기하평균으로 남아 $2.73\mu\text{g/g-ct}$, 여아 $2.71\mu\text{g/g-ct}$ 으로 나타났으며, 성인 여성의 경우에는 $3.45\mu\text{g/g-ct}$, 성인 남성 $2.15\mu\text{g/g-ct}$ 의 수준으로 나타났다.

이 외에도 Akesson 등(1991)의 연구에서는 평균 $1.9\mu\text{g/g-ct}$ 의 수준이었으며, Ehrenberg 등(1991)의 연구에서는 $4.2\mu\text{g/g-ct}$, Ritchie 등(1995)의 연구에서는 $2.2\mu\text{g/g-ct}$ 의 농도 수준을 나타내었다.

국내에서의 선행연구 결과를 살펴보면 강신익 등(1999)이 치과용 아말감 수진자 및 치과 종사자를 대상으로 한 연구에서는 비종사자군 $2.97\mu\text{g/L}$, 치과 종사자군(치과의사 및 진료보조원)에서는 $5.88\mu\text{g/L}$ 로 나타났다. 김동웅 등(1998)이 건강

상태가 양호한 21~24세 사이의 성인 남성을 대상으로 한 연구에서는 아말감 충전군의 경우 요중 수은 농도가 $16.7\mu\text{g/g-ct}$, 대조군의 경우 $10.2\mu\text{g/g-ct}$ 로 나타났으며, 타액에서는 충전군과 대조군 각각 $25.4\mu\text{g/L}$, $10.5\mu\text{g/L}$, 혈장의 경우는 $67.2\mu\text{g/L}$, $62.9\mu\text{g/L}$, 적혈구 $72.7\mu\text{g/L}$, $67.1\mu\text{g/L}$, 모발 3.29mg/L , 3.04mg/L 로 나타났다.

이 외에 도금 폐슬러지에서 은을 추출하는 사업장 근로자를 대상으로 한 윤충식 등(2001)의 연구에서는 공정 근로자의 경우 혈중 수은 농도는 평균 $115.63\mu\text{g/L}$, 요중 수은(일시뇨) 농도는 $358.86\mu\text{g/L}$ 로 나타났으며, 관리직 근로자의 경우는 혈중 수은이 $11.92\mu\text{g/L}$, 요중 수은이 $54.89\mu\text{g/L}$ 로 나타났다. 하지만 이 연구는 직업적인 노출을 대상으로 하였으며 대상자의 수가 총 7명에 불과하여 본 연구와 직접적인 비교가 어려울 것으로 사료된다.

본 연구에서는 전체 272명을 대상으로 남아 $2.91\mu\text{g/g-ct}$, 여아 $2.83\mu\text{g/g-ct}$ 로 나타나, 앞에서 기술한 Levy 등과 Akesson 등의 연구 결과에 비해서는 높은 수준을 나타내었으나, Rojas 등과 Ritchie 등의 연구 결과와 비슷한 수준을 나타내었다. 요중 수은 농도에서의 이러한 차이는 지역적인 수은 오염원의 차이와 식습관 등과 같은 생활적인 요인 및 지리적인 차이에 기인한다고 하겠다.

치과용 아말감과 어류 섭취는 직업적과 환경적 노출에 의한 요중 수은 농도에 영향을 미치는 주된 요인으로 알려져 있으며(Apostoli, 2002), 앞에서 기술한 Levy 등(2003)의 연구결과에서 대상이 된 아동들의 연령은 4~8세로 아말감 충전군과 비충전군 간의 요중 수은 농도가 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이 연구는 최근 6개월 간 아말감 충전치료를 하지 않은 아동들을 대상으로 하였는데, 이는 저농도의 수은에 노출된 성인들을 대상으로 한 연구에서 요중 수은 농도가 반감기(40일)를 지나 6~7개월 정도가 되면 안정된 수준에 이르는 결과를 토대로 한 것이다(Lauwerys 등, 1993; Nakaaki 등, 1978). 이 외에 Khordi-Mood 등(2001)은 이란에 거주하는 5~7세 아동들을 대상으로 아말감 충전 전후의 요중 수은 농도를 비교하였는데, 충전 전후의 농도는 각각 $3.04\mu\text{g/L}$, $4.20\mu\text{g/L}$ 로 나타났다.

본 연구에서는 아말감 치료를 받은 대상자의 경우 $2.83\mu\text{g/g-ct}$, 그렇지 않은 경우 $2.91\mu\text{g/g-ct}$ 로 나타났으며 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 이 결과는 아말감 치료를 받은 대상자의 수가 16.8%(45명)로 그렇지 않은 대상자에 비해 상대적으로 적으며 치료 경과 일수도 평균 55일로 해석상의 문제는 있다 하겠다.

환경 내 수은은 음식, 음료 및 공기를 통하여 인체에 흡수되며 일반적으로 식품 내에는 $20\mu\text{g/kg}$ 의 수은이 포함되어 있다고 알려져 있다(IARC, 1993). 육류 및 어류 내 수은의 대부분은 메틸수은 화합물 형태로 존재하며 수질이 오염된 지역의 경우 어류 내 메틸수은의 양이 10mg/kg 에 달하기도 한다. 수은의 경우 어류를 통한 체내 흡수가 가장 많으며 육류 및 다른 음식 내 수은의 양은 무시할 만하고 공기와 식수를 통한 체내흡수는 매우 낮다고 알려져 있으며(WHO, 1996), 체내 수은 농도의 증가는 어류 섭취와 섭취어종의 수은농도에 따르는 것으로 알려져 있다(WHO, 1990).

식습관에서 인체 내 수은 농도에 영향을 미치는 가장 중요한 인자는 어패류 섭취에 관한 문제이며, 생선 섭취량이 많을수록 다른 일반인에 비해 수은 함량이 높다는 것은 많은 연구 결과를 통해 알려져 있다. US FDA(2004)에서는 수은농도가 높은 몇몇 어패류는 태아와 아동의 신경계에 위대한 영향을 미칠 수 있기 때문에 임산부와 가임여성, 수유기의 여성, 아동 등에게 수은 함량이 낮은 어패류를 섭취할 것을 권고하고 있다. 이에 따르면 상어(총수은 함량 0.99mg/kg), 황새치(0.97mg/kg), 왕고등어(0.73mg/kg), 옥돔(1.45mg/kg)과 같은 수은 함량이 높은 어패류는 섭취하지 말며 여러 가지 종류의 생선을 1주에 평균 12온스 이하로 섭취할 것을 권고하고 있다. 또한 참치의 경우는 냉동 참치(0.35mg/kg)에 비해 참치캔(0.12mg/kg)의 수은 함량이 낮으며 1주에 1캔 이하를 섭취하는 것을 권고하고 있다. 이와 관련하여 식품의약품안전청에서는 미국 등 외국에 비해 우리나라 국민의 상어와 냉동 참치(회로 섭취하는 경우)의 섭취량은 낮으나, 취약집단 건강보호차원에서 임산부, 가임여성에게 있어서는 상어, 황새치, 냉동 참치를 주 1회 이하로 섭취하는

것이 바람직하다고 권고하고 있다.

또한 이종욱 등(2003)이 국내에 유통 중인 어류 등 21종을 대상으로 모니터링 한 결과, 수은 함량이 평균 0.27mg/kg의 수준으로 나타났다. 또한 1985년부터 1999년까지 수행한 모니터링 결과(식품의약품안전청, 1999) 식품군별 수은 함량은 곡류의 경우는 평균 0.006mg/kg, 두류 0.005mg/kg, 서류 0.004mg/kg, 채소류 0.002mg/kg, 과일류 0.001mg/kg, 어류 0.080mg/kg, 패류 0.028mg/kg 등으로 나타났다.

어류 섭취빈도에 따른 체내 수은 농도 변화에 관한 선행연구 결과들을 살펴보면, Johnsson 등(2004)이 스웨덴에 거주하는 주민들을 대상으로 민물어류(freshwater fish) 섭취 빈도에 따른 모발 수은 농도에 대해 조사한 결과, 민물어류를 1달에 1회 미만으로 섭취하는 집단에서는 0.5 μ g/g, 1달에 1회 이상 섭취할 경우에는 2.1 μ g/g으로 조사되었으며, 1주일에 2회 이상 섭취하는 집단에서는 3.9 μ g/g으로 1달에 1회 미만으로 섭취하는 집단에 비해 8배 정도 높은 것으로 조사되었다. Carta 등(2003)은 수은에의 직업적인 노출이 없는 집단을 대상으로 exposed group과 control group으로 나누어서 체내 수은 농도에 관해 연구하였는데, 요충 수은의 경우에는 exposed group이 6.5 μ g/g-ct(median), control group이 1.5 μ g/g-ct(median)로 조사되었으며, 혈중 수은은 각각 44.0 μ g/L, 3.9 μ g/L로 나타났으며, 요충 수은 농도와 어류 섭취빈도 간에 상관성이 발견되었다.

환경 조건과 식습관이 다른 이탈리아 도시들에 거주하는 400명을 대상으로 한 Apostoli 등(2002)의 연구에서는 요충 수은 농도가 평균 1.25 μ g/g-ct(median: 0.78 μ g/g-ct)의 수준이었으며, 요충 수은 농도는 아말감 충전량과 어류 섭취빈도와 유의한 상관성을 보였다.

본 연구에서도 어패류 섭취빈도에 따라서 요충 수은 농도가 유의한 차이를 나타내었다. 또한 연구 대상 지역의 대기 및 토양, 수질 등의 중금속 농도와 그 차이에 대해서는 정확한 정보를 가지고 있지 않으나 어촌지역의 경우 도시 및 농촌지역과 같은 내륙지역에 비해 거주자들이 어패류를 상대적으로 많이 섭취할 것이라

는 가정을 할 수 있으며 실제 식습관 조사에서도 도시 및 농촌지역에 비해 어촌 지역의 소아들이 어패류 섭취빈도가 유의하게 높게 나타난 것으로 타 지역의 소아들에 비해 어촌지역의 소아들의 요중 수은 농도가 높은 것을 설명할 수도 있을 것이다.

이와 같은 결과는 향후 수은에 관한 위해성 평가에서 해안지역의 주민들이나 소아들이 포함되어야 한다는 것을 뒷받침할 뿐 아니라 지역간의 체내 수은농도의 비교에서 어패류 섭취와 관련된 변수를 반드시 보정해 줄 필요가 있음을 시사한다고 할 수 있다.

다중회귀분석을 통하여 선정된 영향요인(어패류 섭취빈도) 보정 후의 요중 수은 농도는 남아 모두 유의한 차이를 보이지 않았으나, 집단간의 사후분석 결과 농촌지역에 거주하는 남학생에 비해 어촌지역에 거주하는 남학생의 요중 수은 농도는 통계적으로 유의한 수준으로 높게 나타났다. 이는 요중 수은 영향요인으로 선정된 어패류 섭취 빈도 외에도 본 연구에서 조사되지 않은 영향요인이 있다는 것을 나타내며 이러한 영향요인에 대한 다각적인 접근과 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

또한 어패류 섭취빈도가 유의한 영향요인으로 선정되었으나 이는 단지 섭취빈도에 관한 사항만이며 섭취량 및 섭취어종, 섭취어종의 수은농도 등은 조사되지 않았다. 이에 대하여 추후의 연구에서는 조사 대상자들의 어패류 섭취빈도뿐만 아니라 이와 같은 사항에 대해서도 조사하여 평가할 경우에는 더 정확한 결과가 나타날 것으로 사료된다.

수은은 납, 카드뮴과 같은 다른 중금속과 마찬가지로 인체 내 유입 경로가 다양하다. 그중 일반인에 있어서는 식습관과 관련되어 체내 축적량에 차이가 나타나며, 이로 인한 인체 영향이 다양하게 발현하는 경향이 있다. 최근에는 세계 각지에서 수은농도의 잠정 안전기준 이하에서도 인체에 영향을 미칠 수 있다는 문제가 제기되고 있으며, 잠정 안전기준 역시 새로운 연구에 의해 바뀌고 있다. 국내에서

는 잠재적으로 수은에 노출되고 있는 인구에 대한 연구는 극히 미미한 실정이며, 그 영향요인 및 인체 영향에 대한 정보 역시 마찬가지이다. 이에 대하여 환경 중의 수은 노출과 이와 관련된 인체 영향에 대한 연구를 병행하여, 작업장에서의 직업적인 노출뿐만 아니라 수은에 직접적으로 노출되지 않는 일반인을 대상으로 하는 영향평가가 더욱 활발히 이루어져야 할 것이다. 수은은 국가 및 지역적인 노출 수준이 다양하기 때문에 이를 위하여 생활환경 중에서의 노출원(거주지역, 형태 및 생활 습관, 어패류와 같은 수은 함량이 높은 식품의 섭취 등)에 대한 지속적인 관찰과 더불어 이를 고려한 보다 세밀한 고려가 필요할 것으로 사료된다.

Ⅵ. 결론

일부지역 초등학생들을 대상으로 요중 수은의 농도 농도를 관찰하였으며, 체내 수은 농도와 관련된 영향요인(인구학적 요인, 사회적 요인, 거주환경, 생활 습관 및 건강상태, 식이습관 등)에 관한 분석을 통하여 요중 수은 농도와 어떤 요인들이 관련이 있으며, 이러한 영향요인들이 요중 수은 농도에 어느 정도 영향을 미치는지를 검토하였으며 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1. 요중 수은 농도는 대상자 전체 평균이 $2.88\mu\text{g/g-ct}$ 이었으며, 전체적으로 분포의 꼬리부분이 오른쪽으로 치우친 우향왜곡 분포를 나타내었으며, 대부분이 비직업성 폭로자의 요중 수은 농도로 일반적으로 알려진 노출 수준($5\mu\text{g/g-ct}$) 미만으로 나타났으나, 일부에서 $10\mu\text{g/g-ct}$ 을 초과하는 농도수준을 보였다.

2. 연구 대상자의 요중 수은 농도와 영향요인간의 다중회귀분석 결과, 요중 수은 농도에 영향을 미치는 요인으로 어패류 섭취빈도가 유의한 변수로 선정되었으며($p<0.05$), 요중 수은의 총 분산에 대해 2.4%가 설명되었다.

3. 다중회귀분석을 통해 선정된 영향요인(어패류 섭취빈도)을 동일한 기준으로 보정한 후의 성별 요중 수은 농도는 남아의 경우 평균 $2.09\mu\text{g/g-ct}$ 으로 도시지역 $2.01\mu\text{g/g-ct}$, 어촌지역 $2.52\mu\text{g/g-ct}$, 농촌지역 $1.62\mu\text{g/g-ct}$ 의 수준이었으며, 여아의 경우에는 평균 $2.07\mu\text{g/g-ct}$, 도시지역 $2.53\mu\text{g/g-ct}$, 어촌지역 $1.89\mu\text{g/g-ct}$, 농촌지역 $1.85\mu\text{g/g-ct}$ 의 수준이었다.

4. 다중회귀분석을 통하여 선정된 영향요인(어패류 섭취빈도) 보정 후의 요중

수은 농도는 남여 모두 유의한 차이를 보이지 않았으나, 집단간의 사후분석 결과 농촌지역에 거주하는 남학생에 비해 어촌지역에 거주하는 남학생의 요중 수은 농도는 통계적으로 유의한 수준으로 높게 나타났다. 이는 어패류 섭취 빈도 외에도 연구대상자들의 수은 농도에 영향을 미치는 요인이 있는 것으로 사료되며 본 연구에서는 조사되지 않은 다른 영향요인에 대한 다각적인 접근과 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구 결과, 어패류 섭취빈도가 요중 수은 농도에 관련성 있는 인자로 나타났다. 인구학적 요인, 사회·경제적 요인, 거주환경, 생활 습관 및 건강상태, 식이습관 등에 따라 요중 수은 농도가 달라지는 것으로 관찰되었다. 이와 같은 결과로서 환경오염으로 인한 중금속 노출 및 영향을 비교평가하기 위한 연구에서는 이들 영향요인을 포함한 잠재적인 요인들에 대한 보다 세밀한 고려가 필요할 것으로 사료되며, 이에 대한 지속적인 연구와 모니터링이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 강미영. 일반주민의 혈액 및 요 중 카드뮴 농도의 영향요인에 관한 연구. 서울시립대학교, 1999
- 강신익, 이희철. 치과용 아말감이 수진자 및 치과 종사자의 혈중 수은농도에 미치는 영향. 인체의학 1999; 20(1): 503-12
- 김동웅, 송근배. 구강내 충전아말감으로부터 유리되는 수은의 체내축적양상에 관한 연구. 대한구강보건학회 1998; 22(1)
- 국립환경연구원. 환경자료집, 1999
- 김석원. Cold Vapor Generator를 이용한 뇨중 수은분석에 관한 연구, 산업보건 1991; 6(12): 4-14
- 김현철. SPSS for Windows에 의한 실용회귀분석. 경문사, 2000
- 박성현, 조신섭, 김성수. 한글 SPSS. SPSS 아카데미, 2004
- 방신호, 김광중, 박종태. 모 수은폭로 사업장의 작업환경개선에 의한 근로자의 요중 수은 및 공기 중 수은 농도의 추적조사 연구, 한국산업위생학회지 1994; 4(2)
- 서혜선, 양경숙, 김나영 등. SPSS를 활용한 회귀분석. SPSS아카데미, 1999
- 송영수, 정규철. 혈액, 요 및 두발중의 수은함량의 상호관련성에 대한 검토, 중앙의대지 1983; 8(1)
- 식품의약품안전청. 식품과 중금속 - 식품중 중금속은 과연 안전한가?, 1999
- 연세대학교. 위해우려물질 선정 및 평가 연구. 환경부, 2003
- 유승도, 김대선, 차정훈 등. 환경오염의 건강영향 평가를 위한 연구 - 중금속 노출에 의한 건강영향 평가지표 연구. 국립환경연구원, 2004
- 윤충식, 임상혁, 하권철. 고농도 수은 노출자의 혈 중 및 뇨 중 수은 농도 변화에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 2001; 27(3)

- 이승구. 통계학의 이해. 자유아카데미, 1994
- 이영환, 정문호. 금속과 사람. 신광출판사, 1993
- 이유원, 강인구, 최광수 등. 주거지역 주민의 중금속 함량에 관한 연구. 국립환경연구원, 1997
- 이종욱, 김미혜, 소유섭 등. 식품 중 미량금속 모니터링 - 어류에 대하여. 식품의약품안전청연구보고서, 2003; 7: 98-103
- 정규철, 주덕원. 우리나라 어른 남자의 피, 오줌 및 머리카락에 함유된 수은량의 추정. 중앙의대지, 1981; 6(4)
- 차철환, 김광중, 염용태. 우리나라 수은 취급업체의 작업공정 및 수은중독 위험도에 관한 연구, 대한산업의학회지 1992; 4(2)
- 한성현, 신동천. 보건과학연구방법론. 수문사, 1996
- Akesson I, Schutz A, Attewell R, et al. Status of mercury and selenium in dental personnel: impact of amalgam work and own fillings, Arch Environ Health 1991; 46(2): 102-9
- Apostoli P, Cortesi I, Mangili A, et al. Assessment of reference values for mercury in urine: the results of an italian polycentric study, Sci. Total Environ 2002; 289: 13-24
- ATSDR(Agency for Toxic Substance and Disease Registry). Toxicological Profile for Mercury, Atlanta, US Department of Health and Human Service, 1999
- ATSDR. Case Studies in Environmental Medicine: pediatric environmental health, Atlanta, US Department of Health and Human Service, 2002
- Bakir F, Rustam H, Tikriti S, et al. Clinical and Epidemiological Aspects of Methylmercury Poisoning, Postgraduate Medical Journal 1980; 56(651): 1-10
- Berlin M, Fazackerley J, Nordberg G. The uptake of mercury in the brains of mammals exposed to mercury vapor and to mercuric salts, Arch Environ

- Health 1969; 18(5): 719-29
- Budtz-Jørgensen E, Grandjean P, Jørgensen PJ, et al. Association between mercury concentrations in blood and hair in methylmercury-exposed subjects at different ages, *Environmental Research*, In Press, Corrected Proof, Available online 10 January, 2004
- Carta P, Flore C, Alinovi R, et al. Sub-clinical neurobehavioral abnormalities associated with low level of mercury exposure through fish consumption, *Neurotoxicology* 2003; 24: 617-23
- Crump KS, Kjellstrom T, Shipp AM, et al. Influence of prenatal mercury exposure upon scholastic and psychological test performance: benchmark analysis of a New Zealand cohort, *Risk Anal* 1998; 18(6): 701-13
- Dahl R, White RF, Weihe P, et al. Feasibility and validity of three computer-assisted neurobehavioral tests in 7-year-old children, *Neurotoxicol Teratol* 1996; 18: 413-19
- Ehrenberg RL, Vogt RL, Smith AB, et al. Effects of elemental mercury exposure at a thermometer plant, *Am J Ind Med* 1991; 19(4): 495-507
- Ewers U, Krause C, Schulz C, et al. Reference Values and Human Biological Monitoring Values for Environmental Toxins: report on the work and recommendations of the commission on human biological monitoring of the german federal environmental agency, *Int Arch Occup Environ Health* 1999; 72: 255-60
- Friberg L, Skog E, Wahlberg JE. Resorption of mercuric chloride and methyl mercury dicyandiamide in guinea-pigs through normal skin and through skin pretreated with acetone, alkylaryl-sulphonate and soap, *Acta Derm Venereol* 1961; 41: 40-52

- Grandjean P, Weihe P, White RF, et al. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury, *Neurotoxicol Teratol* 1997; 19(6): 417-28
- Harada M. Minamata disease, mercury pollution in the world, cChallenges in environmental health policy of korea, Citizen's institute for environmental studies and joong-ang daily, 2004
- Harada M, Akagi H, Tsuda T, et al. Methylmercury level in umbilical cords from patients with congenital minamata disease, *Sci Total Environ* 1999; 234(1-3): 59-62
- Hayes AD, Rothstein A. The metabolism of inhaled mercury vapor in the rat studied by isotope techniques, *J Pharmacol Exp Ther* 1962; 138: 1-10
- IARC(International Agency for Research on Cancer). Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry, IARC monographs, Lyon, France, IARC, 1992; 58: 239-426
- Johnsson C, Sällsten G, Schütz A, et al. Hair mercury levels versus freshwater fish consumption in household members of Swedish angling societies, *Environ Res* 2004; 96: 257-63
- Khordi-Mood M, Sarraf-Shirazi AR, Balali-Mood M. Urinary mercury excretion following amalgam filling in children, *J Toxicol Clin Toxicol* 2001; 39(7): 701-5.
- Kjellstrom T, Kennedy P, Wallis S, et al. Physical and mental development of children with prenatal exposure to mercury from fish, Stage 1: Preliminary tests at age 4, Report 3080, Nat Swed Environment Prot Board 1986
- Kjellstrom T, Kennedy P, Wallis S. Physical and mental development of children with prenatal exposure to mercury from fish, Stage 2: Interviews

- and psychological tests at age 6, Report 3642, Nat Swed Environment Prot Board 1989
- Lauwerys RR, Hoet P. Industrial chemical exposure - Guidelines for biological monitoring, 2nd Edition, Lewis, London, 1993
- Levy M, Schwartz S, Dijak M, et al. Childhood urine mercury excretion: dental amalgam and fish consumption as exposure factors, *Environmental Research* 2003; 94(3): 283-90
- Magos L. Mercury-blood interaction and mercury uptake by the brain after vapor exposure, *Environ Res* 1967; 1(4): 323-37
- Marsh DO, Clarkson TW, Cox C, et al. Fetal methylmercury poisoning; Relationship between concentration in single strands of maternal hair and child effects, *Arch Neurol* 1987; 44(10): 1017-22
- Murata K, Weihe P, Budtz-Jorgensen E, et al. Delayed brainstem auditory evoked potential latencies in 14-year-old children exposed to methylmercury, *J Pediatr* 2004; 144(2): 177-83
- Nakaaki K, Fukabori S, Tada O. On the evaluation of mercury exposure - a proposal if the standard value for health care of workers, *J. Sci. Labour* 1978; 54: 1-8
- Nordberg, G.F. ed. *Toxic Metals*, Elsevier, Amsterdam, 1976
- Ritchie KA, Macdonald EB, Hammersley R, et al. A pilot study of the effect of low level exposure to mercury on the health of dental surgeons, *Occup Environ Med* 1995; 52(12): 813-7
- Rojas M, Seijas D, Agreda O, et al. Biological monitoring of mercury exposure in individuals referred to a toxicological center in Venezuela, *Science of The Total Environment*, In Press, Corrected Proof, Available online 17

March 2005

- Skog E, Wahlberg JE. A comparative investigation of the percutaneous absorption of metal compounds in the guinea pig by means of the radioactive isotopes: ^{51}Cr , ^{58}Co , ^{65}Zn , ^{110}Mg , ^{115}Mn , ^{203}Hg , *J Invest Dermatol* 1964; 43: 187-92
- Trepka MJ, Heinrich J, Krause C, et al. Factors affecting internal mercury burdens among eastern german children, *Arch Environ Health* 1997; 52(2): 134-38
- Walkowiak J, Altmann L, Kramer U, et al. Cognitive and sensorimotor functions in 6-year-old children in relation to lead and mercury levels: adjustment for intelligence and contrast sensitivity in computerized testing, *Neurotoxicol Teratol* 1998; 20(5): 511-21
- WHO. Biological monitoring of chemical exposure in the workplace, WHO, Geneva, 1996; 132-55
- WHO. Concise International Chemical Assessment Document 50(Elemental mercury and inorganic mercury compounds: Human health aspects), WHO, Geneva, 2003
- WHO. IPCS Environmental Health Criteria 1: Mercury, WHO, Geneva, 1976
- WHO. IPCS Environmental Health Criteria 101: Methylmercury, WHO, Geneva, 1990
- WHO. IPCS Environmental Health Criteria 222: Biomarkers in risk assessment : Validity and validation, WHO, Geneva, 2001
- UNEP. Global Mercury Assessment, UNEP Chemicals, 2002
- US CDC. Monitoring Environmental Disease - United States, 1997, *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 1998; 47(25): 522-25

US FDA. FDA and EPA Announce the Revised Consumer Advisory on Methylmercury in Fish: What you need to know about mercury in fish and shellfish, FDA, 2004, <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/admehg3.html>

US NIEHS. Environmental Diseases from A to Z, 2004

ABSTRACT

Factors influencing Urinary Mercury Concentration in Schoolchildren

Seung Chul Ahn

Dept. of Environmental Health

The Graduate School of

Public Health, Yonsei University

(directed by Professor Dong Chun Shin, M.D., Ph.D)

Continuous exposure to low levels of heavy metals may result in bioaccumulation and adverse health effect in human. In several countries are doing biological monitoring to prevent heavy metals poisoning at occupational environment, and usually it is evaluating by concentration of blood, urine and hair. This study investigates urinary mercury concentration and the influence factor of urinary mercury from schoolchildren, and those factor examine doing how much influence in urinary mercury concentration.

Urine sampling and questionnaire survey to 272 schoolchildren were taken October and November, 2003. Urine sample was spot urine, and construction of questionnaire was about sex, age, height, weight, passive smoking, dietary

intake etc. Urinary mercury analysis used AAS(Shimadzu AAS-6800, Japan) attached by hydride vapor generator(Shimadzu HVG-1, Japan) for measuring. The variables, such as age, height, weight, dietary intake were considered as a potential influence factor of urinary mercury concentration. Statistical analysis of data were formed with the SPSS software package.

Urinary mercury concentration was total average $2.88\mu\text{g/g-ct}$, and it's distribution was skewed to the right. Most children were showed below $5\mu\text{g/g-ct}$, but some children were showed over $10\mu\text{g/g-ct}$.

According to multiple regression analysis between urinary mercury concentration and influence factor, it was observed statistically significant($p<0.05$, regression coefficient 0.225) for fish intake frequency. And the variation of urinary mercury concentration is explained 2.4% by fish intake frequency.

Adjusted urinary mercury concentration was observed no statistically significant($p>0.05$). But fishing village's boys($2.52\mu\text{g/g-ct}$) were significantly high level than farming village's boy($1.62\mu\text{g/g-ct}$).

In those results, in environmental epidemiology study estimating and influence of heavy metal elements caused by environmental pollution, potential determinants including these should be considered carefully, and need to continuous research and monitoring.

Key word : Urinary Mercury, Influence factor, Schoolchildren