한국환경보건학회지, 제34권 제1호(2008)
J. Env. Hlth. Sci., Vol. 34, No. 1, pp 12~19(2008)

산모혈액 및 태아 제대혈액의 수은 농도에 따른 출생 시 체중에 관한 연구

김병미 · 김대선* · 이종화* · 박혜숙 · 김영주** · 서주희 · 장문희 · 하은희†

이화여자대학교 의과대학 예방의학교실, 이화의학글로발첼린지 사업단
*국립환경과학원 환경건강연구부 환경역학과, **이화여자대학교 의과대학 산부인과학교실

(2008. 1. 13. 접수/2008. 2. 16. 채택)

Birth Weight of Mercury Concentrations of Maternal and Umbilical Cord Blood in Pregnant Women

Byung-Mi Kim · Dae-Seon Kim* · Jong-Hwa Lee* · Hye-Sook Park · Young-Ju Kim · Ju-Hee Seo · Moon-Hee Chang · Eun-Hee Ha†**

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Ewha Medical Research Center, Ewha Womans University
**Environmental Epidemiology Division, Environmental Risk Research Department, National Institute of Environmental Research*
***Department of Obstetrics and Gynecology, College of Medicine, Ewha Womans University*

(Received January 13, 2008/Accepted February 16, 2008)

ABSTRACT

We evaluated the relationship between birth weight and mercury exposure levels in Seoul, Korea, by following a cohort of pregnant women and the outcomes of their pregnancies between 2001-2005. Eighty-five pregnant women were recruited into this study after obtaining informed consent. Samples were collected at delivery from normal pregnant women who were living in the city of Seoul, Korea. Mercury concentrations in 85 sets of maternal and cord blood samples were measured using a gold-amalgam collection method. We used multiple regression analysis to analyze the effect of mercury exposure on birth weight. The mean levels of total mercury concentrations were 5.41(ppb) in maternal blood of pregnant women and 3.58(ppb) in umbilical cord blood. The mean concentration of umbilical cord blood mercury exposures was higher than the level recommended by WHO. There was a significant correlation between maternal and cord blood mercury concentrations. Mercury concentrations of umbilical cord blood was associated with birth weight. In addition, after adjusting for potential confounding factors, we found that mercury exposure may reduce the birth weight. This study suggests that exposure to mercury concentration during pregnancy contributes to the risk of low birth weight. Therefore, prenatal and environmental education for various and possible sources of mercury exposure might be necessary for the good health of babies. The finding of this study supports the construction of national policy for environmental health management.

Keywords: mercury, birth weight, pregnant woman

I. 서 론

수은은 금속수은(Hg^0), 무기수은(Hg+, Hg^{2+}, $HgNO_3$) 및 유기수은으로 구분된다. 무기수은은 체온계, 혈압계, 각종 계기, 치과용 아말감, 수은전지, 형광등 제조 등의 제조업에서 널리 사용되고 있으며 대부분 직업적 요인으로 노출될 수 있다.[1] 유기수은은 약품, 농약 등 각종 화합물의 원료로 사용되고 있다. 유기 수은은 생태계의 먹이연쇄 과정을 거치면서 농축되는 특성에 의해 농 · 축산물 및 수산물의 오염원이 되고 있으며 이로 인해 직업적 수은 노출이 없는 일반 주민들도 수은 오염 지역에 거주하게 되면 급 · 만성 수은 중독이 발생된다고 한다.[2] 수은의 독성은 형태와 유입 경로가 다양하며, 노출량과 개인의 감수성에 따라 독성의 정도가 다르다. 수은화합물 중 가장 독성이 강한 것으로 알려

†Corresponding author : Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Ewha Medical Research Center, Ewha Womans University
Tel: 82-2-2650-5757, Fax: 82-2-2653-1086
E-mail: eunheeha@ewha.ac.kr

진 메틸수은은 세포 독성의 생물학적 메커니즘은 완전히 밝혀지지 않았으나, 일반적으로 단백질 중 설프하이드릴기(sulfhydryl group)와의 높은 결합력에 만들어진 이황화물(disulfide) 결합이 비특이적으로 단백질 구조와 효소기능을 만들면서 독성효과를 일으키는 것으로 알려져 있다.[3,4]

수은은 태반을 쉽게 통과하기 때문에 태아에 유전적인 독성을 야기 할 수도 있다.[5,6] 따라서 산모의 혈중 수은 농도가 허용기준치를 초과하지 않더라도 태아의 사산 및 기형아 출산의 위험이 있어 성인보다 민감한 태아에게 영향을 미칠 수 있다고 한다.[7-10]

이에 수은의 저농도 노출로 인한 건강장해에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이들의 저농도 환경성 수은 노출 연구는 다른 오염원이 없는 주로 생선을 주식으로 하는 지역에서출생 코호트를 구축하여 출생아의 건강을 장기간 추적 관찰하였다. 덴마크령 파로제도 지역의 출생코호트 연구에서는 모체의 수은 노출이 많았던 출생아에서 집중력, 기억력, 언어능력의 장애가 관찰되었고,[11,12] 인도양 한가운데의 고도인 세이첼스제도에서도 비슷한 연구가 진행되었다.[13] 미국 뉴욕에서는 수은이 많이 함량된 바다 생선섭취에 따른 출생코호트에 대한 건강장해를 연구한 결과 생선섭취를 오랜 기간 섭취할수록 출생아 체중과 머리둘레, 가슴둘레를 감소시키는 것으로 나타났다.[14] 이러한 연구결과를 토대로 모체의 수은 노출이 출생아의 건강에 영향을 미침을 입증하였고 EPA(Environmental Protection Agency)는 파로제도 연구를 토대로 모체의 모발 중 수은을 기준으로 할 때 10 g/g을 위험 수준으로 정하였다.[15]

외국에서는 수은의 환경적 노출에 의한 건강영향에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 국내에서 직업적 요인에 의한 수은 노출과 이로 인한 건강장해 연구를 제외하면 일반인 또는 산모를 대상으로 한 연구는 드물다.[4]

따라서 산모 및 태아의 수은 노출에 대해 연구하는 것은 공중보건학적으로 매우 중요한 일이기에 본 연구에서는 산모혈액과 태아 제대혈액의 총 수은 농도를 조사하여 산모와 태아의 노출정도를 파악하고자 하였으며 일반 산모의 재대혈에서 수은 농도가 임신결과에 미치는 영향을 분석하고자 시행되었다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 2001-2005년 이화여자대학교 목동병원에 내원한 산모 중 출생성장발달코호트 가입에 동의하여 등록한 산모 100명을 대상으로 하였다. 대상자 중 임신중독증 및 임신 합병증, 쌍둥이 출산은 연구 대상에서 제외하였으며 산모 혈액과 제대혈 수은 분석이 모두 이루어진 85명을 최종연구대상으로 선정하였다.

2. 연구 방법

1) 자료 수집

출생성장발달코호트 가입에 동의하여 등록된 산모를 대상으로 외래 방문시 훈련된 간호사에 의해 기초설문조사를 실시하여 성별, 연령, 음주와 흡연 유무등을 살펴보았고 산부인과 의사가 확인하였다. 산모가 분만한 경우 분만실에 상근하는 훈련된 자료수집 간호사나 의사가 설문조사에 응답한 산모의 의무기록과 아이에 대한 의무기록에 근거하여 임신결과를 추적 관찰하였다. 임신결과기록지에서 조사된 내용은 산모의 체중과 키, 임신주수, 태아의 성별과 몸무게, 조산, 저체중아 여부 등이었다. 또한 수은 노출 수준 조사를 위하여 분만 후 산모의 회상에 의해 전화설문조사가 이루어졌고 산모의 제대혈를 채취하여 생체노출 분석을 시행하였다. 전화설문조사에서는 생선/어패류 선호도, 생선/어패류 먹는 횟수, 생선요리 방법, 생선류의 섭취량, 아말감 치료 여부, 예방접종 여부 등이 있었다.

2) 혈중 총 수은 농도 측정 방법

혈액의 응고 방지를 위해 EDTA tube에 혈액 10 ml 직접 채혈하였고 시료 분석까지 -70°C 냉동고(Deepfreezer)에 온도를 유지하며 냉동 보관을 하였다. 혈중 총 수은 분석은 자동수은 분석기(SP-3DS, 일본 NIC Co.)를 사용하였으며, 모든 혈액은 실험 전에 roll-mixer를 이용하여 1시간 이상 교반하여 주었다. 시료의 분석은 골드아말감법(가열기화법)을 이용하였으며 1000 ml volumetric flask에 10 mg의 L-cystein과 2 ml의 질산을 첨가하였다. 다음 증류수로 표선을 채워 L-cysteine 용액을 만든 후, 검량선 작성을 위해 wako사의 1000 ppm Hg 용액을 100 ml의 volumetric flask에 1 ml을 넣고 L-cystein 용액으로 희석하여 10 ppm 용액을 만들었다. 그리고 standard samples를 각각 100 ml의 volumetric flask에 2, 4, 6, 8 ppb로 희석하여 제조한 후 검량선을 작성하였다. 모든 시료는 사전 혼합(pre-mix)한 다음 sample boat에 첨가제(BHT, MHT)를 넣었고, micropipet을 이용하여 첨가제 위에 100 μl씩 정량하여 주입하였다. 전처리가 끝난 시료들은 heat mode를 설정하여 자동수은분석기로 분석하였다.

3) 통계 분석

통계 분석은 SAS 통계 패키지(version 9.1, SAS institute, Cary, NC)를 사용하였으며, 수은은 log 변환 후 정규성을 확보하였다. 산모혈액과 제대혈의 수은 농도 비교는 t-test 및 one way ANOVA를 이용하였으며 p 값이 0.05 미만인 경우를 통계적 유의한 것으로 간주하였다. 또한 산모혈액과 제대혈의 수은농도의 관련성을 알아보기 위해 pearson 상관관계 분석을 이용하였다. 태아 체중의 평균과 통제를 위한 공변량들 간의 관계를 t-test, ANOVA, Pearson correlation coefficient test 등을 이용하여 단변량분석을 하였으며. 수은 농도에 영향을 주는 변수들은 수은농도와의 상호관계를 고려하여 다변량 분석시 보정하였다. 통제 변수로는 태아의 성별, 산모의 나이, 산모의 교육수준, 출산아수, 임신 중의 질병여부, 분만 시 임신주수 등이었다. 다중회귀분석(Multiple regression analysis)을 통하여 위험요인을 통제한 상태에서 수은 노출에 따른 출생시 체중의 변화량을 산출하였다. 또한 수은 농도를 두가지 범주형 변수로 분석하였는데 두가지 기준으로 World Health Organization(WHO) 기준치(5 ppb)[18]와 수은 고농도(≥75th)와 저농도로(<75 th) 범주를 나누어 임신기간의 수은 노출 정도에 따른 효과에 대한 출생시 체중의 최소제곱평균(least squares mean; LS mean)을 추정하였다.

Table 1. General characterization of population*

	No.(%) of respondent	Mean(SD) of Birth Weight
Maternal age (year)		
>30	26(30.59)	3313.46(318.55)
≤30	59(69.41)	3274.07(372.53)
Parity		
0	37(43.53)	3254.86(332.29)
1	39(45.88)	3277.95(387.43)
2+	9(10.59)	3450.00(286.05)
Body mass index (kg/m^2)		
≤25	62(76.54)	3258.55(329.73)
>25	19(23.46)	3390.53(411.60)
Education level		
<University	22(25.88)	3298.64(344.84)
≥University	63(74.12)	3281.75(361.71)
Family monthly income		
<₩2000,000	34(40)	3231.47(362.52)
≥₩2000,000	51(60)	3322.55(349.51)
Passive smoking		
None	45(**56.96**)	3294.89(341.75)
Exposed	34(43.04)	3267.35(400.38)
Infant sex		
Male	49(57.65)	3363.27(300.16)
Female	37(42.35)	3181.11(400.03)
Gestational age		
≥37	81(95.29)	3306.79(332.03)
<37	4(4.71)	2867.50(593.99)
Total		3286.12

*Subject with maternal and cord blood sample(s), complete questionnaire data, and birth outcome data.

III. 결과 및 고찰

연구대상에 포함된 신생아들은 남아가 57.7%로 여아보다 많았고 출생시 체중은 여아가 남아보다 적었다. 산모의 연령은 30세 미만인 경우보다 30세 이상인 경우, 교육수준이 대학교 이하보다 대학교 졸업 이상의 경우, 월소득수준이 200만원 이하인 경우보다 이상인 경우의 산모들이 많았다. 출생시 체중은 교육수준이 낮을수록, 간접흡연에 노출된 경우, 월소득수준이 적을 경우에 출생시 체중이 작은 것으로 나타났다(Table 1).

산모 혈액과 제대혈 수은 농도의 분포는 Table 2와 같다. 제대혈의 평균 수은 농도가 5.41 ppb로 산모혈액의 평균 수은 농도 3.58 ppb 보다 유의하게 높은 것으로 나타났으며 산모의 혈중 수은 농도는 대부분 허용기준치를 넘지 않았으나, 제대혈의 수은 농도는 5 ppb를 초과하는 것으로 관찰되었다. 또한, 산모혈액과 제대혈간의 수은농도의 상관계수 0.31로 유의한 양의 상관관계를 확인하였다(Fig. 2). 이 결과는 생선 섭취에 따른 수은농도를 살펴본 폴란드 연구에서도 수은농도가 제대혈(1.09 μg/*l*)이 산모의 혈액(0.83 μg/*l*)보다 높은 것으로 나타났던 것과 일치하는 결과이다.[19] 대만의 산모들을 대상으로 수은농도를 살펴본 연구 또한 산모혈액이 5.0 μg/*l*, 제대혈이 5.3 μg/*l*으로 본 연구 결과와 일치하였으며 산모혈액과 제대혈 모두 유의하게 높은 상관관계를 보였다.[20] 스페인, 벨지움에서도 제대혈의

Table 2. Distribution of mercury concentration exposure during pregnancy (ppb)

	Mean	SD	Min	25th	50th	75th	90th	Max	p-value
Maternal blood	3.58	1.26	2.03	2.69	3.43	4.08	4.87	9.72	0.0001
Cord blood	5.41	1.91	2.31	4.04	5.06	6.58	8.34	10.25	

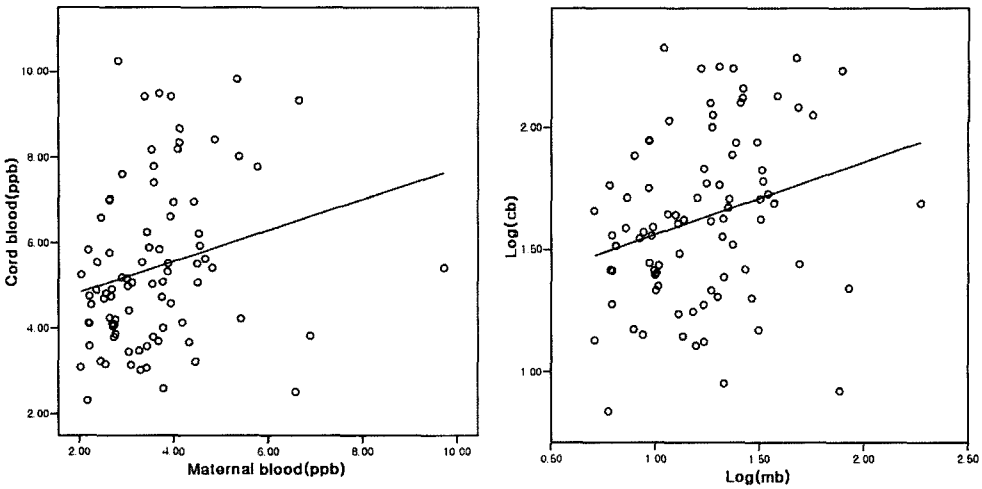

Fig. 1. Association between maternal and cord blood of total mercury levels. Mercury levels were transformed to a natural log. *Abbreviation. mb: maternal blood, cb: cord blood. (p<0.01, r=0.31)*

혈중 수은 농도가 산모의 혈중 수은 농도보다 높다고 보고했고,[21,22] 그린랜드(Greenland) 지역의 제대혈의 수은 농도는 산모의 수은 농도보다 약 2배 가량 높다고 보고하였다.[23] 산모와 태아를 잇는 제대혈 속의 수은은 납 같은 다른 중금속과는 달리 태반을 막바로 통과해 태아에게 곧장 흘러들기 때문에 태아의 제대혈의 수은 농도가 산모보다 더 높을 수 있다.[20,24] 특히 메틸수은은 이동은 적혈구내의 hemoglobin, glutathione과 결합하여 이동하므로,[25,26] 태아의 헤모글로빈 수치가 높고 메틸수은의 담즙과 함께 위장관에서 배출된 모든 메틸수은은 장에서 재흡수가 되기 때문에 반감기가 길어 오랜 기간 축적되는 성질을 가지고 있다.[27,28] 또한 제대혈의 수은농도가 산모의 혈중 수은 농도보다 높은 것으로 Tsuchiya 등이 밝히면서 산모의 총 수은 농도가 높은 경우 신생아의 혈중 수은 농도는 더 높아지고 이때 신생아는 뇌신경 계통이 활발하게 발달하는 시기이므로 수은 중독으로 인한 뇌 신경학적 발달 장애를 초래할 가능성을 제안하기도 하였다.[9]

본 연구에서는 생선 섭취 빈도가 많을 수록 산모혈액과 제대혈의 평균 수은 농도가 증가하는 경향을 관찰할 수 있었고 생선을 좋아하는 경우 제대혈에서 유의하게 가장 높은 수은 농도를 보였다. 아말감의 치료 유

Table 3. Determinats of total mercury concentration in maternal and cord blood

	Maternal blood				Cord blood		
	N	Mean	SD	P-value	Mean	SD	P-value
Preference for the fish							
Prefer.	34	3.67	1.48	0.40	6.08	2.03	0.02*
Do not prefer	34	3.37	0.97		4.96	1.74	
Frequency of Meal with fish							
Do not eat	7	3.38	0.95		4.42	0.76	
<1 meal/week	27	3.59	1.22	0.93	5.33	2.11	0.36
≥1 meal/week	51	3.60	1.33		5.59	1.90	
Amalgam restoration during pregnancy							
No	4	3.42	0.27		5.03	2.95.	
Yes	66	3.52	1.27	0.75	5.50	1.91	0.45
Frequency of Amalgam restoration							
<4	73	3.53	1.07	0.74	5.34	1.88	0.46
≥4	12	3.88	2.14		5.85	2.17	

*P<0.05 obtained by ANOVA.

무에 따라 수은농도를 살펴본 결과 아말감 치료 경험이 없는 경우보다 치료 경험이 있는 경우가 수은농도가 높았고 아말감 치료 개수가 4개 이하인 경우보다 4개 이상인 경우에 수은농도가 높은 것으로 나타났다 (Table 3). 생선을 섭취에 따른 수은농도의 증가는 외국의 경우 여러 연구 결과[19,20,29]를 통해 잘 알려져 있다. 대만에서는 임신 3분기에 생선섭취량이 많을수록 산모 혈액과 제대혈의 수은 농도가 유의하게 증가하고 일주일에 3회 이상 생선을 섭취하는 산모의 경우 혈중 수은 수치가 높아지기 때문에 태아에게 해로울 수 있다고 하였다.[30] 해안지역 하와이에서의 수은 연구에서도 분만 한달 전 생선섭취가 많을수록 수은농도는 유의하게 증가하는 것으로 나타났다.[29] 이러한 결과들은 생선섭취가 수은 농도에 영향을 미칠 수 있음을 생각해 볼 수 있게 한다. 이에 미국 환경청에서도 생선류에 들어있는 수은의 위험을 방지하기 위하여 각종 어패류를 일주일에 12온스(약 340 gm) 이상 먹지 말 것을 권유하였고, 영국에서는 산모, 가임여성, 16세 이하 어린이에게 수은 함량이 높은 황새치의 섭취를 피하라고 권고하고 있다. 한편 우리나라에서는 산모나 어린이에 대한 특별한 지침은 없으나 식품 의약품 안전청에서 심해서 어류와 참치류를 제외한 0.5 mg/kg을 생선의 총 수은 잔류 기준으로 정하고 있으며[30] 환경부에서는 산모와 영유아 코호트 연구를 2006년도부터 실시하여 산모와 태아가 수은에 노출될 수 있는 여러 가지 경로와 건강영향을 살펴보고 있는 중이다.[31] 생선섭취 이외의 수은 요인으로 영국에서는 임신 중 아말감 치료를 받은 산모를 대상으로 모발을 채취하여 수은농도를 분석한 결

Table 4. Association of birth weight with Mercury exposure

	Model1			Model2		
Log(T-Hg)	β	SE	P-value	β	SE	P-value
Maternal blood	-65.04	154.80	0.60	-263.41	153.75	0.09
Cord blood	-59.44	110.83	0.59	**-313.21**	**112.53**	**0.01**

Model 1 : Simple regression.
Model 2 : Adjusted for gestational age, maternal age, mercury * Preference for the fish, Preference for the fish, mercury*Frequency of Amalgam restoration, Infant's sex, Parity, BMI, pregnancy history.

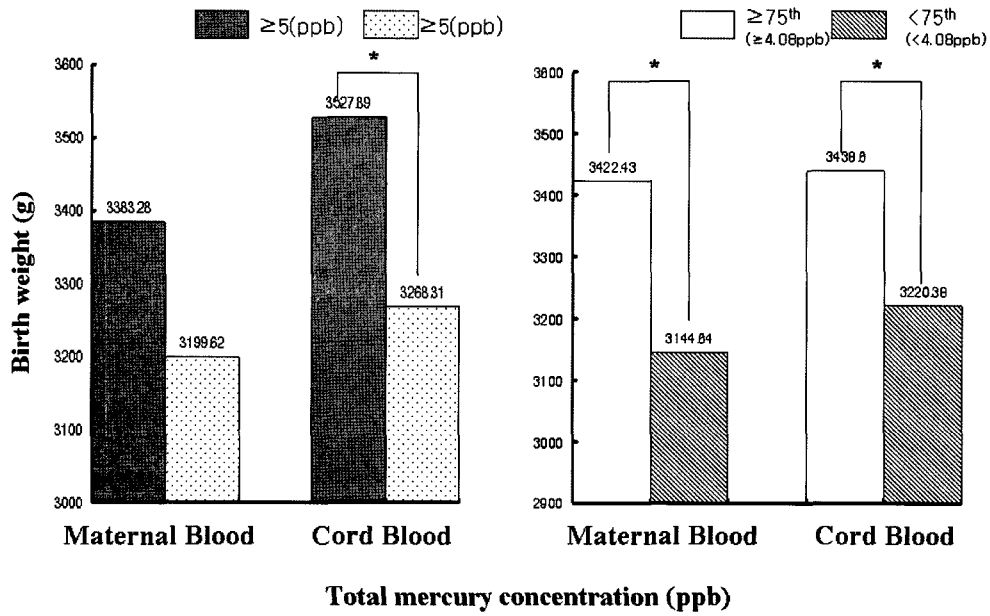

Fig. 2. Association of birth weight with mercury exposure by 75 percentile of maternal and cord blood mercury exposure, Adjusted for gestational age, maternal age, mercury * Preference for the fish, Preference for the fish, mercury * Frequency of Amalgam restoration, Infant's sex, Parity, Body mass index.
**p<0.05*

과 임신 중 아말감 충전보다 아말감을 제거하거나 교체하였을 경우 수은 농도가 높게 나타난 연구 결과도 있었다.[32]

본 연구에서 주목할 점은 수은 농도와 분만시 체중을 살펴본 결과 산모 혈액과 제대혈의 수은 농도가 log(T-Hg) 1 ppb 증가시 출생시 체중을 각각 65.04 g, 59.44 g 감소시키는 것으로 나타났다. 특히 제대혈에서는 혼란요인을 보정한 후에도 산모의 수은농도를 313.21 g 유의하게 출생 시 체중을 감소시켰다(Table 4). 이 결과는 제대혈의 수은 농도는 태아의 수은 노출에서 건강영향을 살펴볼 때 중요한 지표로 제시할 수 있다. 제대혈의 수은 농도는 다른 연구에서도 태아의 수은 노출을 판단할 수 있는 중요한 지표로도 제시하고 있으며 북해에 있는 덴마크령 파로제도는 7년간 추적관찰한 연구 결과에서 모체의 제대혈 수은이 건강장해의 가장 좋은 예측지표임을 확인하였다.[33] 이에 본 연구도 수은의 건강영향을 살펴보기 위해서는 제대혈에서의 수은 농도가 중요한 지표로 나타낼 수 있을 것으로 생각된다.

또한 Fig. 2는 수은 농도를 WHO 기준치(5 ppb)와 75th에 따라 두개의 범주로 나누어 분석해 본 결과이다. 산모혈액과 제대혈에서 각각 수은 노출 5 ppb 이하에서 출생시 체중은 3283.28 g, 3527.89 g, 5 ppb 이상에서 출생시 체중은 3199.62 g, 3268.31 g으로 산모혈액에서는 184 g 감소하였고, 제대혈에서는 259 g 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 수은의 고농도(≥75th)는 저농도(<75th)에 비해 분만아 체중을 산모혈액에서는 277 g, 제대혈에서는 218 g 유의하게 감소시키는 것으로 나타났다. 혈액학적 지표에서 분석하여 나타낸 수은농도에 따라 출생시 체중이 감소한다는 것은 국내외적으로 참고문헌을 살펴 본 결과 본 연구가 처음으로 제시하는 결과로 사료되며, 이와 유사한 연구로는 폴란드의 치과의사와 간호사인 산모와 신생아를 대상으로 모발에서 분석하여 나타낸 수은의 농도가 증가할수록 출생시 체중이 유의하게 감소하는 연구가 있었으며[34], 1986년에서 1891년동안 뉴욕의 산모를 대상으로 한 코호트 연구에서도 8년 이상 생선 위주의 식사를 하였을 경우 신생아의 출생시 신장 0.25 cm, 출생시 체중은 37.62 g 감소하는 경향을 관찰 할 수 있었다.[15] 수은이 함유된 아말감에 따른 저체중아와 유의한 연관관계가 있는 것으로 보고된 연구 결과도 있었다.[35,36] 또 다른 임신결과에 관한 연구로 수은 중독에 의한 대표적인 사례를 살펴보면 1953년 일본의 한 건전지 회사에서 수은이 폐수로 방출되어 미나마타만의 생태계에 축적됨으로써 이 수면에서 잡은 생선을 장기간 섭취한 산모들의 출생아에서 기형이 발생하였고[37] 1972년 수은이 함유된 항진균제로 처리한 종자를 이용해 만든 빵을 섭취한 이라크지역의 산모들이 수은에 중독되어 출생아의 이상이 다수 보고된 바가 있다.[1,4,38] 반면에 임신 기간동안에는 아말감 치료가 무료로 제공되는 영국에서는 수은이 많이 함유된 아말감 치료에 따른 임신결과에 대한 건강영향을 살펴본 연구에서 아말감 치료에 따른 출생시 체중이 유의하게 감소하는 결과를 얻을 수 없었다는 다소 다른 의견의 연구 결과가 있었다.[39] 그러나 태아는 인체 장기 기관들이 발육하고 있기 때문에 수은으로 인하여 신경계, 신장 및 뇌 손상을 유발할 수 있으며 본 연구와 같이 임신결과에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 제한점은 수은 노출 설문 조사는 분만 후에 이루어져서 회상 바이어스(recall bias)가 작용했을 것이며 연구 대상자의 수가 적어 산모의 수은 노출에 따른 임신 결과의 인과적 관련성이 있는가에 대해서는 정확하게 제시하기는 어려운 측면이 있다. 그러나 회상 바이어스는 심각한 임신결과를 가진 산모들이 아니므로 과거 경험을 회상해내는 경우에 비뚤린 결론을 내릴 가능성은 적을 것으로 사료된다. 또한, 대부분의 연구들이 산모의 중금속과 아기의 신경인지 발달에 미치는 영향에 대한 연구가 주로 발표되었고, 생선섭취로 인한 임신결과에 대한 연구들만이 이루어졌다. 이 시점에서 본 연구는 적은 샘플에서도 불구하고 혈액학적 지표등을 분석하여 산모 및 제대혈의 수은 농도가 임신결과와의 관련성을 보여 주었다는 것은 상당한 공중보건학적 의의가 있다고 사료된다. 한편 본 연구는 수은농도와 수은농도에 영향을 주는 요인들의 상호관계를 고려하여 분석에서 효과적으로 통제한 후에 수은노출과 출생시 체중의 관련성을 살펴 보았다는 점에서 큰 장점을 가지고 있다.

향후 연구에서는 다양한 출생결과와 노출기간 고려하여 연구들이 이루어져야 할 것이며, 또한 수은과 관련된 정책마련을 수립할 때 태아, 어린이와 같은 민감한 사람들에 대한 영향을 반드시 생각해야 하며 이러한 영역의 역학적 연구, 생물학적 기전에 관한 보다 많은 연구들이 이루어져 계속적인 과학적 근거를 마련해 가야 한다.

IV. 결 론

산모와 태아의 수은 노출에 의한 건강영향에 대하여 살펴보고자 본 연구를 수행하였다. 그 결과 산모의 혈액과 제대혈에서의 수은 농도가 높을수록 출생시 체중이 감소하였다. 또한 제대혈에서 수은 농도는 건강영향

을 살펴볼 때 적당한 지표임을 입증하였다. 이에 장기적인 연구 계획을 수립하여 연구 대상자의 수를 충분히 확보하고 노출원에 대한 지속적인 관찰이 필요할 것으로 사료되며 제대혈의 높은 혈중 수은 농도를 낮추기 위하여 산모의 수은 섭취 주요 경로를 분석하고 수은 섭취량을 제한하여 줄일 수 있도록 노력해야 한다고 생각한다. 더불어 산전 진찰시에 산모가 수은에 노출될 수 있는 여러 가지 경로를 파악하여, 산전 교육을 통해 예방되고, 건강한 아이를 낳아 건강하게 자라도록 하는 모자 환경보건사업이 필요하다 할 수 있다.

참고문헌

1. Amin-Zaki, L., Elhassani, S., Majeed, M. A., Clarkson, T. W., Doherty, R. A. and Greenwood, M. : Intra-uteriner methylmercury poisoning in Iraq. *Pediatrics*, **54**, 587-595, 1974.
2. Putman, J. J. : Quicksilver and slow death. *National Geographic Magazine*, **144**, 507, 1972.
3. Hughes, W. L. A. : Physicochemical rationals for the biological activity of mercury and its compounds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **65**, 454-460, 1957.
4. Lee, K. E., Hong, Y. S., Kim, D. S., Han, M. S., Yu, B. C., Kim, Y. W., Roh, M. S., Lee, H. J., Lee, J. W., Kwak, J. Y. and Kim, J. Y. : Mercury concentrations of maternal and umbilical cord blood in korean pregnant women: preliminary study. *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **19**(4), 268-275, 2007.
5. Hwang, I. D., Ki, N. S., Chong, I. H., Lee, J. S. and Lee, J. H. : An experimental study on mercury compound poisoning. *Korean Journal of Environmental Health*, **14**(1), 103-113, 1998.
6. Lauwery, R., Buchet, J. P., Roels, H. and Hubermont, G. : Placental transfer of lead, mercury cadmium and carbon monoxide in women. I. Comparison of the frequency distribution of the biological indices in maternal and umbilical cord blood. *Environmental Research*, **5**, 278-289, 1978.
7. Gray, D. G. : A physiologically based pharmacokinetic model for methyl mercury in the pregnant rat and fetus. *Toxicology and Applied Pharmacology*, **132**, 91-102, 1995.
8. Fuyuta, M., Fujimoto, T. and Hirata, S. : Embryotoxic effects of methylmercuric chloride administered to mice and rats during orangogenesis. *Teratology*, **18**, 353-66, 1978.
9. Tsuchiya, H., Mitani, K., Kodama, K. and Nakata, T. : Placental transfer of heavy metals in normal pregnant Japanese women. *Archives of Occupational and Environmental Health*, **39**, 11-17, 1984.
10. Steuerwald, U., Weibe, P., Jorgensen, P. J., Bjerve, K., Brock, J., Heinzow, B., Budtz-Jorgensen, E. and Grandjean, P. : Maternal seafood diet, methylmercury exposure, and neonatal neurological function. *Journal of Pediatric*, **136**, 599-605, 2000.
11. Weil, M., Bressler, J., Parsons, P., Bolla, K., Glass, T. and Schwartz, B. : Blood mercury levels and neurobehavioral function. *Journal of the American Medical Association*, **293**, 1875-1882, 2005.
12. Federation Environmental Movement, http://kfem.or.kr/kbbs/bbs/board.php?bo_table=envinfo&wr_id=4039&page=12
13. Grandjean, P., Weihe, P., Jorgensen, P. J., Clarkson, T., Cernichiari, E. and Videro, T. : Impact of maternal seafood diet on fetal exposure to mercury, selenium, and lead. *Archives of Environmental Health*, **47**, 185-195, 1992.
14. Mayers, G. J., Davidson, P. W., Cox, C., Shamlaye, C. F., Palumbo, D., Cernichiari, E., Soloane-Reeres, J., Wilding, G. E., Kost, J., Huang, L. S. and Clarkson, T. W. : Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *Lancet*, **361**, 1686-1692, 2003.
15. Buck, G. M., Tee, G. P., Fitzgerald, E. F., Vena, J. E., Weiner, J. M., Swanson, M. and Msall, M. E. : Maternal fish consumption and infant birth size and gestation: New York State Angler Cohort Study. *Environmental Health*, **2**(1), 2-7, 2003.
16. United States. Environmental Protection Agency, http://www.epa.gov/airprogm/oar/mercury.html.
17. Yoon, C. S., Yim, S. H. and Ha, K. C. : Patterns of mercury concentrations in blood and urine after high mercury exposure. *Korean Journal of Environmental Health*, **27**(3), 71-80, 2001.
18. World Health Organization(WHO)/International Programme on Chemical Safety(IPCS) : Methylmercury in Environmental Health Criteria. 101, WHO, Geneva, 1990.
19. Jedrychowski, W., Perera, F., Rauh, V., Flak, E., Mróz, E., Pac, A., Skolicki, Z. and Kaim, I. : Fish intake during pregnancy and mercury level in cord and maternal blood at delivery: an environmental study in Poland. *International Journal of Occupational Medicine & Environmental Health*, **20**(1), 31-37, 2007.
20. Hsu, C. S., Liu, P. L., Chien, L. C., Chou, S. Y. and Han, B. C. : Mercury concentration and fish consumption in Taiwanese pregnant women. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, **114**(1), 81-85, 2007.
21. Lauwreys, R., Buchet, J. P., Roels, H. and Hubermont, G. : Placental transfer of lead, mercury, cadmium, and carbon monoxide in women. : 1. Comparison of the frequency distribution of the biological indices in maternal and umbilical cord blood. *Environmental Research*, **15**, 278-289, 1978.
22. Soria, M. L., Sanz, P., Martinez, D., Lopez-Artiguez, M., Garrido, R., Grillo, A. and Repetto, M. : Total mercury and methylmercury in hair, maternal and umbilical blood, and placenta from women in the

Seville area. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **48**, 494-501, 1991.
23. Bjerregaard, P. and Hansen, J. C. : Organochlorines and heavy metals in pregnant women from the Disko Bay area in Greenland. *Science of the Total Environment*, **245**, 195-202, 2000.
24. Lee, J. H. : Methylmercuric Chloride (MMC) and Reduction of the Fetal Ossification in Fischer-344 Rats during Organogenesis. *Korean Journal of Environmental Health*, **27**(2), 73-81, 2001.
25. Imura, N., Miura, K., Inokawa, M. and Nakada, S. : Mechanism of methylmercury cytotoxicity: by biochemical and morphological experiments using cultured cells. *Toxicology*, **17**, 241-254, 1980.
26. Lee., J. H. : Comparison of the mercury levels between maternal and fetal organs in pregnant Fisher-344 rats, *Korean Journal of Environmental Health*, **20**(3), 39-48, 1994.
27. Sakamoto, M., Kubota, M., Liu, X. J., Murata, K., Nakai, K. and Satoh, H. : Maternal and fetal mercury and n-3 polyunisaturated fatty acids as a risk and benefit of fish consumption to fetus. *Environmental Science and Technology*, **38**, 3860-3863, 2004.
28. Venugopal, B. and Luckey, T. D. : Metal Toxicity in Mammals, Vol. 2. Plenum Press, 90, 1978.
29. Sato, R. L., Li, G. G. and Shaha, S. : Antepartum seafood consumption and mercury levels in newborn cord blood. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, **194**(6), 1683-1688, 2006.
30. The Korea Food and Drug Administration(KFDA). Food Code, Standard and Specifications of Food Types, http://www.kfda.go.kr(Korean).
31. The Ministry of Environment, Republic of Korea, Mothers and Children's Health and Environment (MOCHE) : A Multi-center Longitudinal Study in Korea, 2006.
32. Razagui, I. B. and Haswell, S. J. : Mercury and selenium concentrations in maternal and neonatal scalp hair: relationship to amalgam-based dental treatment received during pregnancy. *Biological Trace Element Research*, **81**(1), 1-19, 2001.
33. Grandjean, P., Weihe, P., White, R. F., Debes, F., Araki, S., Yokoyama, K., Murata, K., Sorensen, N., Dahl, R. and Jorgensen, P. J. : Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicology and Teratology*, **19**, 417-428, 1997.
34. Sikorski, R., Paszkowski, T. and Szprengier-Juszkiewicz, T. : Mercury in neonatal scalp hair. *The Science of the Total Environment*, **57**, 105-110, 1986.
35. Ericson, A. and Kallen, B. : Pregnancy outcome in women working as dentists, dental assistants or dental technicians. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, **61**, 329-333, 1989.
36. Seidler, A., Raum, E., Arabin, B., Hellenbrand, W., Walter, U. and Schwartz, F. W. : Maternal occupational exposure to chemical substances and the risk of infants small-for-gestational-age. *American Journal of Industrial Medicine*, **36**, 213-222, 1999.
37. Eto, K. : Minamata disease. *Neuropathology*, **20**, S14-9, 2000.
38. Lee, E. J., Ba, S. H., Ryutaro, Ohtsuka. and Tsuguyoshi, Suzuki. : Mercury Concentrations in Pregnant Woman's Hair in the Seoul Area. *Korean Journal of Environmental Health*, **18**(1), 105-111, 1992.
39. Hujoel, P. P., Lydon-Rochelle, M., Bollen, A. M., Woods, J. S., Geurtsen, W. and del Aguila, M. A. : Mercury exposure from dental filling placement during pregnancy and low birth weight risk. *American Journal of Epidemiology*, **161**(8), 734-740, 2005.