

산욕 초기 산모의 모유 속 중금속 함량과 관련 요인

이은주¹ · 박해룡² · 김기호³

¹경남대학교 간호학과, ²경남대학교 바이오융합학부, ³경남대학교 나노신소재공학과

Heavy Metals Concentrations in Breast Milk and Related Factors among Early Postpartum Women

EunJoo Lee¹ · Hae-Ryong Park² · GeeHo Kim³

¹Department of Nursing, ²School of Bioconvergence, ³Department of Nano Science and Engineering,
Kyungnam University, Changwon, Korea

〈ABSTRACT〉

Purpose: As industries develop rapidly, the risk of heavy metals pollution and exposure in the environment and food is increasing. Even the slightest amount of heavy metals can be harmful to the human body, especially in newborn babies. This study aimed to estimate the heavy metals content in breast milk and identify related factors.

Methods: Thirty-nine lactating mothers admitted to the postpartum care center in Changwon city between July 15 and September 20, 2019 were recruited. Barium, cadmium, cobalt, nickel, and lead concentrations in breast milk were measured using an inductively coupled plasma-optical emission spectrometer. Collected data were analyzed using independent t-test, 1-way analysis of variance, Mann-Whitney U-test, Kruskal-Wallis test, and Pearson correlation coefficients.

Results: The average concentration of heavy metals in breast milk (mg/kg) were as follow: barium, 3.68 ± 1.29 ; cadmium, 0.03 ± 0.06 ; cobalt, 0.10 ± 0.19 ; nickel, 0.22 ± 0.27 ; and lead, 0.13 ± 0.26 . There was a significant difference between lead concentration and monthly household income ($t=2.46$, $p=0.019$). There was a difference between a family history of diabetes and hypertension and barium concentration ($t=1.97$, $p=0.056$) and between smoking history and nickel concentration ($t=-1.95$, $p=0.058$), but they were not statistically significant. A significantly positive correlation was observed between cobalt and cadmium concentrations ($r=0.93$, $p<0.001$), and a significant negative correlation was observed between nickel and cadmium concentrations ($r=-0.40$, $p=0.010$) and cobalt concentration ($r=-0.46$, $p=0.003$). In addition, lead concentration showed a significant negative correlation with age ($r=-0.39$, $p=0.013$).

Conclusions: Guidelines for safe levels of heavy metals concentrations in breast milk need to be established and lactating mothers should consider the risk factors related to heavy metals poisoning such as dietary intake, smoking, and alcohol consumption.

Key Words: Postpartum period, Heavy, Metals, Milk, Human

Corresponding Author: Hae-Ryong Park

School of Bioconvergence, Kyungnam University, 7 Kyungnamdaehak-ro, Masanhappo-gu, Changwon 51767, Korea

Tel: +82-55-249-2689, Fax: +82-505-999-2104, E-mail: parkhy@kyungnam.ac.kr

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2168-7393>

Received: December 30, 2019, Revised: February 3, 2020, Accepted: February 7, 2020

Copyright©2020 by The Korean Society of Maternal and Child Health

서론

1. 연구의 필요성

최근 급격한 산업화로 인하여 중금속에 의한 환경오염과 공중보건문제가 증가하고 있으며 그 중요성이 대두되고 있다. 자연적 요인뿐 아니라 인위적 요인에 의해서도 중금속이 발생하는데, 중금속 및 중금속 함유 혼합물의 광업 및 농업적 사용과 같은 인위적인 활동으로 인한 토양 속 중금속은 먹이 사슬을 통해 인간의 건강을 잠재적으로 위협하고 있다(Marrugo-Negrete et al., 2017).

중금속이 농산물이나 인간에게 침투하게 되면 자연적이거나 인위적인 방법으로 쉽게 분해되지 않고 축적되게 된다(Kim et al., 2003). 체내에 들어온 중금속은 식품의 종류, 개인의 건강상태, 유전적인 상태 등에 따라 축적되는 정도가 달라지는데, 소량이라도 인체에 유해한 영향을 끼칠 수 있어(Lee et al., 2010) 국민의 건강을 위협하는 요인이 된다.

중금속 중 납(lead, Pb)은 암을 유발할 가능성이 있으며, 모든 장기에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데, 심할 경우 뇌와 신장이 손상되어 사망에까지 이르게 한다(Martin & Griswold, 2009). 바륨(Barium, Ba)은 구토, 복부경련, 설사, 호흡곤란, 근육 약화, 고혈압을 유발시키며, 카드뮴(Cadmium, Cd)은 비흡연자에 비해 흡연자에서 상당히 높은 수준이 검출되었으며, 중독 시 폐와 위에 손상을 초래한다(Martin & Griswold, 2009). 납과 카드뮴의 장기간 노출은 잠재적인 사망의 원인이 되며, 납은 심혈관 질환의 발생을 높이고, 카드뮴은 신생물 사망률을 증가시킨다(Marchwinska-Wyrwal et al., 2010). 또 납과 카드뮴은 성장기 아동들에게 주의력결핍과잉행동장애(attention deficit hyperactivity disorder)의 성향을 높이며, 신체장애, 행동장애, 학습장애, 행동이상 등을 유발시킨다(Seo, 2012). 이외에도 최근 나노기술의 급속한 발전으로 인해 나노물질에 대한 연구와 개발이 진행되고 있으며, 특히 금속계 나노입자인 코발트(Cobalt, Co)와 니켈(Nickel, Ni)의 유전 독성과 발암 가능성이 제기되고 있다(Magaye et al., 2012). 이와 같이 중금속의 노출은 경한 신체 증상에서부터 심각한 질환으로까지 이어질 수 있으므로 중금속 수준과 관련된 요인들을 확인하고 이를 조절할 필요가 있겠다.

중금속의 함량은 성별, 교육 수준, 월 평균 가구소득, 체

질량지수(body mass index), 흡연, 혈압 등과 차이를 보이는 것으로 보고되었다(Shin et al., 2012). 혈중 카드뮴 농도는 남성에 비해 여성이 더 높았고 납 농도는 여성에 비해 남성이 더 높았으며, 교육 수준이 증가할수록 혈중 카드뮴과 납의 농도가 감소했다. 납과 카드뮴은 연령과 체질량지수가 증가함에 따라 모두 증가했으며, 혈중 카드뮴 1 µg/L 상승할수록 뇌졸중 위험이 1.48배, 협심증의 위험 1.81배, 고혈압의 위험 1.77배 증가했다. 또한 중금속 환경의 노출은 체중 증가에 기여하며, 납의 경우 당뇨병과 비만 등과도 관련되는 것으로 나타났다(Padilla et al., 2010). 혈중 카드뮴 농도는 육류, 난류 섭취 빈도와 음의 상관관계를 보였고, 납 농도는 패스트푸드 및 튀긴 음식 섭취 빈도와 음의 상관관계를 보였다(Kim et al., 2017).

모유는 수유하는 산모뿐 아니라 영아의 성장과 발달에 도움을 준다. 여러 가지 효소, 호르몬, 항체 등의 면역물질들은 신생아의 위장관질환, 감염성, 알레르기 이환 등을 감소시키므로 출산 후 모유수유는 영양학적으로 중요하다(Min et al., 2012). 그러나 유일한 영양공급원인 모유는 중금속의 배출 통로가 될 수 있어, 모유를 섭취하는 영아들에게 중금속 노출의 중요 경로로 작용할 수 있다(Park et al., 2018).

영아는 모유와 분유 등을 지속적으로 섭취하며 유해물질에 대한 저항력이 낮고 감수성이 예민하여 노출 시 성장에 악영향을 미칠 수 있으므로(Park et al., 2018) 보다 엄격하고 차별화된 식품안전관리가 필요하다. 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius International Food Standards, CODEX), 유럽연합(European Union), 호주, 뉴질랜드는 infant formula로써 영유아 식품의 납 기준을 0.02 mg/kg으로 설정하여 관리하고 있으며(CODEX, 2008), 중국에서는 분유 속 납 기준을 분말형태에서 0.15 mg/kg, 액상기준에서 0.02 mg/kg으로 설정하였다(Ministry of Health, 2013). 국내의 경우 임신 여성들에게 마더세이프전문상담센터를 통해 임신 중 약물 등에 대한 유해물질 정보와 상담을 제공하고 있으나(Han et al., 2019) 조제분유나 모유 속 중금속 기준이나 가이드라인을 제공하지는 않는 실정이다.

국내에서 중금속 관련 선행연구로는 청소년과 성인여성의 철 영양 상태 및 식품 섭취와 중금속 함량 관련성(Kim et al., 2017), 성인의 중금속 농도와 생선 섭취 및 심혈관 질환과의 관련성(Shin et al., 2012), 식품 중 중금속 함량(Kim et al., 2003), 조산모와 만삭모의 중금속 비교(Lee

et al., 2010), 조제분유 및 조제식 중 중금속 위해 평가 (Choi et al., 2013) 등이 있었다. 선행연구들은 대부분 혈액이나 모발검사를 통하여 중금속과 관련된 질환이나 함량 등을 확인한 연구들로 모유 속 중금속에 관한 연구는 몇 편 (Park et al., 1990; Park, 2015) 뿐이었다. 이 중 Park (2015)의 연구는 산모의 혈액, 제대혈, 모유 속 수은과 납의 노출 수준과 모유를 통한 신생아의 수은과 납의 위해성에 관한 연구였으며, Park 등(1990)의 연구는 산모의 모유와 혈액 속 중금속 농도를 비교하였으나 30년 전 시행된 연구이므로 현 추세를 반영하기 어렵다고 본다. 따라서 모유 속 중금속 함량 정도와 이와 관련된 요인을 확인해 볼 필요가 있으며, 산육 초기는 수유가 본격적으로 이루어지기 시작하는 시기이므로 중금속 함량을 확인하기 위한 적절한 시기로 생각된다.

이에 이 연구에서는 산육 초기 수유모의 모유 속에 포함된 중금속의 함량과 관련 요인을 확인하고자 한다. 이는 모유 속 중금속 농도를 감소시키기 위한 근거자료를 제공하고, 나아가 산모와 영유아의 건강 증진에 도움이 될 것으로 기대한다.

2. 연구 목적

이 연구의 목적은 산후 1주일 된 수유모를 대상으로 모유 속에 함유된 중금속 함량과 이와 관련된 요인을 확인하기 위함이며, 구체적 목적은 다음과 같다.

- 대상자의 모유 속 중금속 함량을 분석한다.
- 일반적 및 산과적 특성에 따른 모유 속 중금속 함량의 차이를 확인한다.
- 주요 연속변수 간 관련성을 확인한다.

대상 및 방법

1. 연구 설계

이 연구는 산후조리원에 입원한 산모를 대상으로 모유 속 중금속 함량과 관련 요인을 확인하기 위한 상관관계연구이다.

2. 연구 대상

이 연구 대상은 창원시 소재 산부인과병원 산하 산후조

리원 1곳에 입원한 산모 중 대상자 선정기준을 충족하는 자이다. 구체적인 선정기준은 (1) 재태연령 38주 이상의 건강한 아이를 낳은 산모, (2) 모유수유모, (3) 연구의 목적을 이해하고, 연구 참여에 자발적으로 동의한 산모이다. 제외기준은 미숙아를 출산한 산모와 산후 합병증이 있는 산모이다.

대상자 수는 G*Power 3.1.2 program을 이용하여 산출하였다. 모유수유에 관한 선행연구 (Kim & Kim, 2013)에서 제시한 효과크기 (d) 0.50을 적용하였고, 유의수준 (α) 0.05, 검정력 ($1-\beta$) 0.90을 적용하였을 때 최소 표본크기는 34명으로 산출되었다. 중도탈락률 20%를 고려하여 40개의 모유샘플을 수거하였으나 분석을 위해 옮기는 과정에서 1개의 샘플이 소실되어 총 39개가 최종 분석대상이 되었다.

3. 연구 도구

1) 일반적 특성

일반적 특성은 연령, 교육 수준, 월 평균 가구소득, 음주 빈도, 흡연 유무, 체질량지수, 어패류 섭취빈도, 가공식품 섭취빈도 등을 포함하였다. 어패류 섭취빈도는 한 달 동안 섭취정도이며, 가공식품 섭취 빈도는 평소 섭취 정도를 조사하였다.

2) 산과적 특성

산과적 특성은 출산력, 임신 합병증 유무, 아기체중, 분만 방법 등을 포함하였다.

3) 모유 속 중금속

중금속이란 일반적으로 납, 수은, 카드뮴, 바륨 등 주기율표상에 아래쪽에 위치한 비중 4이상의 무거운 금속원소를 말한다 (Doopedia, 2019). 이 연구에서 분석한 중금속 항목으로는 바륨 (Barium, Ba), 카드뮴 (Cadmium, Cd), 코발트 (Cobalt, Co), 니켈 (Nickel, Ni), 납 (Lead, Pb)을 포함하였다. 중금속 함량 분석 결과에서 불검출이 나온 경우 중금속 함량이 검출한계 이하임을 의미한다. 혈액을 기준으로 납의 정상 수치는 $<20 \mu\text{g/dL}$ 이고, 카드뮴은 $<5.0 \mu\text{g/L}$ 이다 (Ministry of Environment, Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2005). 조제분유 및 조제식에서의 평균 납 함량은 각각 $<0.004 \text{ mg/kg}$, <0.010

mg/kg, 평균 카드뮴 함량은 각각 <0.0008 mg/kg, <0.005 mg/kg으로 제시하고 있다(U.S. Food and Drug Administration [FDA], 2010).

4. 자료 수집 방법

자료 수집 기간은 2019년 8월 15일에서 9월 30일까지였으며, 산부인과병원 산하 산후조리원 1곳에 모집공고문을 붙이고, 공고문을 보고 연구 참여에 관심을 보인 산모에게 연구보조원이 연구의 목적, 절차, 참여자의 익명성 보장 등을 충분히 설명한 뒤 연구 참여에 자발적으로 동의한 경우 서면동의서를 받은 후 진행하였다. 해당 병원의 병원장과 간호부장에게 대상자 모집에 대한 허락을 받았으며, 연구 참여에 동의한 산모에게 설문지를 배부하고, 모유 샘플을 채취하였다. 설문지는 자가보고식으로 연구 참여에 대한 동의와 함께 작성하도록 하였고, 작성 즉시 회수하였으며 작성시간은 5-10분 정도 소요되었다. 모유 샘플은 분만 1주일경 기상 후 참여자들이 직접 채취하도록 하였다. 참여자들은 스스로 채취 부위를 정수로 깨끗이 닦은 다음, 손으로 착유하거나 전동유축기를 이용하여 착유한 후 3-5 mL의 모유를 멸균한 시험관에 담아 밀봉한 후 즉시 -20°C에서 보관하였고, 가능한 빠른 시간에 연구자에게 전달하도록 하였다. 수집된 모유 샘플은 경남대학교 첨단분석센터에 있는 실험실 냉동고에서 -20°C를 유지하여 보관하였으며, 7-8개의 샘플이 모아졌을 때마다 분석하였다.

먼저 전처리를 위해 시료는 건조하게 수분을 제거하고 막자사발을 이용해 균질화 작업을 진행한 후 이물질 제거를 위하여 체로 거른 후 분석용 시료로 사용하였다. HNO₃ (70%) 2.0 mL와 HCl (37%) 6.0 mL, HF (49%) 1.0 mL를 시료 200 mg과 함께 깨끗한 용기에서 조심스럽게 섞은 후 10분간 방치한 후 뚜껑을 덮고 마이크로파 분해장치를 사용해 분해한 시료를 사용하였다. 중금속 함량은 유도 결합 플라즈마 원자방출분광기(ICP-OES, Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry)를 사용하여 분석하였다. ICP 발광분석법은 극미량의 원소분석 중에서도 금속원소의 화학분석 수단으로 사용되는 분석법이다. 유도 자기장을 이용하여 아르곤 기체를 플라즈마화시킨 후에 액상 시료를 작은 입자 상태로 분무시켜 플라즈마 내 주입시키면, 고온으로 인해 함유되어 있는 금속들이 원자화 또는 이온화되고, 이때 각 원소들은 특정 파장의 빛

을 방출하게 된다. 방출되는 빛은 각 파장별로 분산시키는 분광장치에서 분류되어 검출기에서 각 파장별로 빛의 세기를 측정함으로써 함유된 원소의 종류와 함량을 확인하게 된다.

5. 자료 분석 방법

수집된 설문 자료는 IBM SPSS Statistics ver. 23.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였고 유의수준 0.05에서 양측검정을 하였다. 종속변수인 바륨, 카드뮴, 코발트, 니켈, 납의 정규성은 Shapiro-Wilk test를 이용하여 검증하였다. 대상자의 일반적 및 산과적 특성, 모유 속 중금속 함량은 빈도와 백분율, 평균과 표준편차로 산출하였다. 일반적 및 산과적 특성에 따른 중금속 함량의 차이는 independent t-test, 1-way analysis of variance, Mann-Whitney U-test 및 Kruskal-Wallis test로 분석하였고, 연속 변수 간 관련성은 Pearson correlation coefficients를 사용하여 분석하였다.

6. 윤리적 고려

이 연구를 시행하기 전 경남대학교 생명윤리위원회의 심의(1040460-A-2019-022)를 받은 후 진행하였다. 연구 대상자는 정보수집 및 이용에 대한 허락 여부를 자유롭게 결정할 수 있으며 연구 참여를 원하지 않을 경우 언제든지 철회가 가능하며, 이 경우 불이익이 없음을 알려주었다. 또한 자료의 익명성이 보장되고 오직 연구의 목적으로만 사용될 것과 개인정보는 연구 종료 후 3년간 보관하고 이후 문서는 파쇄 또는 소각되며, 전자파일은 영구 삭제할 것을 알려주었다.

결 과

1. 일반적 특성

이 연구 대상자의 연령은 평균 32.12±4.65세이었으며, 교육 수준은 고졸 이하가 5명(12.8%)이었고, 대졸이 29명(74.4%), 대학원 졸업 이상이 5명(12.8%)이었다. 월 평균 소득은 300만원 이하가 15명(38.54%), 300만원 이상이 24명(61.5%)이었으며, 직업이 있는 경우가 20명(51.3%)

이었고, 없는 경우가 19명 (48.7%)이었다. 체질량지수는 평균 24.85 ± 4.40 이었다.

어패류 섭취는 ‘거의 먹지 않음’이 6명 (15.4%)이었고,

Table 1. General characteristics of participant (n=39)

Variable	Value
Age (yr)	32.12±4.65
Education	
High school or less	5 (12.8)
University	29 (74.4)
Graduate school and higher	5 (12.8)
Monthly household income (10,000 KRW)	
<300	15 (38.5)
≥300	24 (61.5)
Job status	
Yes	20 (51.3)
No	19 (48.7)
Body mass index (kg/m ²)	24.85±4.40
Frequency of fish and shellfish intake	
Rarely	6 (15.4)
1-3 times/mo	17 (43.6)
Once a week	8 (20.5)
More than twice a week	8 (20.5)
Frequency of exercise	
Rarely	21 (53.8)
1-3 times/mo	8 (20.5)
Once a week	7 (17.9)
More than twice a week	3 (7.7)
Intake of processed food	
Rarely	4 (10.3)
1-3 times/mo	14 (35.9)
Once a week	14 (35.9)
More than twice a week	7 (17.9)
Pulse (beats per min)	81.33±7.11
Blood pressure (mmHg)	
Systolic	118.48±15.24
Diastolic	72.79±10.78
Frequency of alcohol intake	
Rarely	24 (61.5)
1-3 times/mo	4 (10.3)
Once a week	5 (12.8)
More than twice a week	6 (15.4)
Smoking experience	
Never	31 (79.5)
In the past	8 (20.5)
Family history of DM or hypertension	
Yes	11 (28.2)
No	28 (71.8)

Values are presented as mean±standard deviation or number (%). KRW, Korean won; DM, diabetes mellitus.

‘월 1-3회’가 17명 (43.6%), ‘주 1회’ 8명 (20.5%), ‘주 2회 이상’ 8명 (20.5%)이었다. 운동 횟수는 ‘거의 하지 않음’이 21명 (53.8%)이었고, ‘월 1-3회’ 8명 (20.5%), ‘주 1회’ 7명 (17.9%), ‘주 2회 이상’ 3명 (7.7%)이었다. 가공식품 섭취는 ‘거의 먹지 않음’이 4명 (10.3%)이었고, ‘월 1-3회’ 14명 (35.9%), ‘주 1회’ 14명 (35.9%), ‘주 2회 이상’ 7명 (17.9%)이었다. 맥박은 평균 81.33 ± 7.11 회/분이었으며, 혈압은 수축기 혈압이 평균 118.48 ± 15.24 mmHg, 이완기 혈압이 평균 72.79 ± 10.78 mmHg이었다. 음주 빈도는 ‘거의 없음’이 24명 (61.5%)으로 가장 많았고, ‘월 1-3회’ 6명 (15.4%), ‘주 1회’ 5명 (12.8%), ‘주 2회 이상’ 4명 (10.3%) 순이었다. 흡연 경험이 없는 경우가 31명 (79.5%)이었고, 과거 흡연 경험이 있는 경우가 8명 (20.5%)이었다. 당뇨와 고혈압의 가족력이 있는 경우가 11명 (28.2%), 없는 경우가 28명 (71.8%)이었다 (Table 1).

2. 산과적 특성

이 연구 대상자의 산과력에서 초산인 경우가 23명 (59.0%)이었고, 경산이 16명 (41.0%)이었다. 임신 합병증이 있는 경우가 3명 (7.7%)이었고, 없는 경우가 36명 (92.3%)이었다. 출산 시 아기 체중은 평균 3.23 ± 0.35 kg이었으며, 분만 방법으로는 질식분만이 22명 (56.4%), 제왕절개분만이 17명 (43.6%)이었다 (Table 2).

3. 모유 속 중금속 함량

모유 속 중금속의 평균 함량은 바륨 3.68 ± 1.29 mg/kg, 카드뮴 0.03 ± 0.06 mg/kg, 코발트 0.10 ± 0.19 mg/kg, 니켈

Table 2. Obstetrics characteristics of participants (n=39)

Variable	Value
Parity	
Primipara	23 (59.0)
Multipara	16 (41.0)
Complication of pregnancy	
Yes	3 (7.7)
No	36 (92.3)
Infant's birth weight (kg)	3.23±0.35
Methods of birth	
Vaginal birth	22 (56.4)
Cesarean birth	17 (43.6)

Values are presented as number (%) or mean±standard deviation.

0.22±0.27 mg/kg, 납 0.13±0.26 mg/kg이었다(Table 3).

Table 3. Levels of heavy metals in breast milk (n=39)

Heavy metals	Mean±SD	Minimum	Maximum
Barium (Ba) (mg/kg)	3.68±1.29	ND	6.28
Cadmium (Cd) (mg/kg)	0.03±0.06	ND	0.22
Cobalt (Co) (mg/kg)	0.10±0.19	ND	0.62
Nickel (Ni) (mg/kg)	0.22±0.27	ND	0.88
Lead (Pb) (mg/kg)	0.13±0.26	ND	0.92

SD, standard deviation; ND, not detected.

4. 일반적 특성에 따른 모유 속 중금속 함량의 차이

모유 속 중금속 함량은 일반적 특성인 교육 수준, 월평균 가구소득, 직업 유무, 어패류 섭취 빈도, 가공식품 섭취 빈도, 음주 빈도, 흡연 유무, 당뇨 혹은 고혈압 가족력과 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 4).

5. 산과적 특성에 따른 모유 속 중금속 함량의 차이

모유 속 중금속 함량은 산과적 특성인 출산력, 임신합병

Table 4. Levels of heavy metals in breast milk according to general characteristics (n=39)

Variable	Barium			Cadmium			Cobalt			Nickel			Lead		
	Mean±SD	χ ² or F	p	Mean±SD	χ ² or U	p	Mean±SD	χ ² or U	p	Mean±SD	χ ² or U	p	Mean±SD	χ ² or U	p
Education [†]															
High school or less	3.87±1.16			0.06±0.08			0.20±0.28			0.23±0.34			0.00±0.00		
University	3.62±1.39	0.12	0.886	0.02±0.06	0.83	0.458	0.10±0.18	0.14	0.708	0.20±0.26	0.03	0.872	0.16±0.28	2.27	0.241
Graduate school or higher	3.84±0.87			0.00±0.00			0.00±0.00			0.33±0.27			0.12±0.26		
Monthly household income [†]															
<300	3.72±1.44			0.01±0.04	157.00	0.521	0.04±0.13	130.00	0.155	0.23±0.28	157.50	0.521	0.26±0.37		
≥300	3.65±1.22	0.15	0.877	0.03±0.07			0.14±0.21			0.22±0.26			0.05±0.12	135.50	0.202
Job status [†]															
Yes	3.33±1.39			0.01±0.04	149.00	0.258	0.04±0.13	151.00	0.283	0.26±0.25	151.50	0.283	0.14±0.28	183.00	0.857
No	4.04±1.09	-1.77	0.085	0.04±0.07			0.16±0.22			0.18±0.29			0.12±0.25		
Frequency of fish and shellfish intake [‡]															
Rarely ^a	0.50±0.20			0.05±0.02			0.16±0.06			0.33±0.13			0.28±0.11		
1-3 times/mo	1.49±0.36			0.06±0.01	0.28	0.867	0.19±0.04	1.68	0.430	0.27±0.06	3.37	0.185	0.27±0.06	0.36	0.834
Once a week	0.98±0.34	0.15	0.927	0.08±0.03			0.24±0.08			0.15±0.05			0.21±0.07		
More than twice a week	1.65±0.58			0.04±0.01			0.18±0.06			0.29±0.10			0.32±0.11		
Frequency of exercise [‡]															
Rarely	3.90±1.10			0.03±0.07			0.11±0.19			0.20±0.25			0.09±0.21		
1-3 times/mo	2.90±1.91			0.03±0.07	0.91	0.893	0.10±0.22	2.37	0.528	0.22±0.24	0.13	0.988	0.20±0.37	0.89	0.868
Once a week	3.42±0.47	2.21	0.104	0.02±0.05			0.11±0.19			0.31±0.39			0.20±0.33		
More than twice a week	4.79±1.07			0.00±0.00			0.00±0.00			0.18±0.15			0.05±0.10		
Intake of processed food [‡]															
Rarely	0.60±0.30			0.07±0.03			0.20±0.10			0.28±0.14			0.14±0.07		
1-3 times/mo	1.61±0.43			0.06±0.01	0.74	0.862	0.20±0.05	1.49	0.683	0.28±0.07	3.81	0.282	0.34±0.09	1.31	0.725
Once a week	0.94±0.25	2.08	0.120	0.04±0.01			0.14±0.03			0.27±0.07			0.26±0.07		
More than twice a week	1.11±0.42			0.09±0.03			0.25±0.09			0.22±0.23			0.10±0.03		
Frequency of alcohol intake [‡]															
Rarely	1.44±0.29			0.06±0.01			0.19±0.04			0.27±0.05			0.29±0.06		
1-3 times/mo	1.65±0.82			0.00±0.00	3.34	0.342	0.10±0.05	0.27	0.964	0.23±0.11	0.27	0.965	0.13±0.06	0.92	0.819
Once a week	0.27±0.12	1.40	0.258	0.00±0.00			0.07±0.03			0.30±0.13			0.07±0.03		
More than twice a week	0.37±0.15			0.06±0.09			0.27±0.11			0.30±0.12			0.30±0.12		
Smoking experience [†]															
Never	3.73±1.21			0.03±0.06	110.00	0.645	0.11±0.19	92.00	0.279	0.18±0.23	73.00	0.079	0.12±0.25	110.50	0.645
In the past	3.47±1.64	0.49	0.621	0.01±0.04			0.06±0.18			0.38±0.35			0.16±0.32		
Family history of DM or hypertension [†]															
Yes	4.31±0.93			0.01±0.04	145.00	0.794	0.05±0.12	143.00	0.747	0.18±0.22	140.50	0.678	0.15±0.29	153.00	0.963
No	3.43±1.34	1.97	0.056	0.03±0.06			0.12±0.21			0.24±0.29			0.12±0.25		

SD, standard deviation; DM, diabetes mellitus.

[†]Mann-Whitney U-test. [‡]Kruskal-Wallis test.

증, 아기체중 및 분만 방법과 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 5).

6. 주요 변인들 간의 관련성

연속 변수인 체질량지수, 수축기혈압, 이완기혈압, 맥박, 아기체중, 바륨, 카드뮴, 코발트, 니켈 및 납 간의 관련성을 살펴본 결과 코발트는 카드뮴과 유의한 양의 상관관계를 보였고($r=0.93, p<0.001$), 니켈은 카드뮴($r=-0.40, p=0.010$)과 코발트($r=-0.46, p=0.003$)와 유의한 음의 상관관계가 있었다. 또한 납은 연령과 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다($r=-0.39, p=0.013$) (Table 6).

고 찰

산업화된 현대사회에서 중금속 노출로 인한 위험이 증가하고 있으나 모유에 포함된 중금속 농도에 대한 정보나

기준은 명확하지 않다. 이 연구는 산욕 초기 산모를 대상으로 모유 속 중금속의 노출 수준과 관련 요인을 확인하여 중금속의 위험을 예방하기 위한 실천적 방안을 제시하고자 시도되었다.

이 연구에서 모유 속 중금속의 평균 함량은 바륨 3.68 ± 1.29 mg/kg, 카드뮴 0.03 ± 0.06 mg/kg, 코발트 0.10 ± 0.19 mg/kg, 니켈 0.22 ± 0.27 mg/kg, 납 0.13 ± 0.26 mg/kg이었다. 국내 조제분유 및 조제식의 납 함량은 평균 $0.005-0.010$ mg/kg, 카드뮴은 $0.004-0.007$ mg/kg이었으며(Choi et al., 2013), 미국 FDA (2010)에서 제안하는 조제분유의 납 함량은 <0.004 mg/kg, 조제식에서는 <0.010 mg/kg, 카드뮴의 경우 조제분유의 납 함량은 <0.0008 mg/kg, 조제식에서는 <0.005 mg/kg이었다. 이러한 결과를 통해 조제분유나 조제식의 납과 카드뮴 함량 허용치가 모유 속 중금속 함량에 비해 상대적으로 낮음을 알 수 있었다. 국내 유통되고 있는 식품 중 중금속 함량 연구에서(Kim et al., 2003) 납 함량은 어류 통조림 $0.22-0.23$ mg/kg, 참치 통

Table 5. Differences in levels of heavy metals in breast milk according to obstetrics characteristics (n=39)

Variable	Barium			Cadmium			Cobalt			Nickel			Lead		
	Mean±SD	t	p	Mean±SD	U	p	Mean±SD	U	p	Mean±SD	U	p	Mean±SD	U	p
Parity															
Primipara	3.58±1.43	-0.67	0.502	0.03±0.06	161.00	0.746	0.10±0.20	172.00	1.00	0.24±0.30	171.50	0.976	0.19±0.31	127.00	0.181
Multipara	3.88±1.10			0.02±0.06			0.10±0.19			0.22±0.22			0.05±0.16		
Complication of pregnancy															
Yes	3.81±0.68	0.18	0.855	0.00±0.00	42.00	0.564	0.00±0.00	33.00	0.295	0.26±0.13	39.00	0.464	0.20±0.34	50.00	0.862
No	3.67±1.33			0.03±0.06			0.11±0.19			0.22±0.28			0.13±0.26		
Methods of birth															
Vaginal birth	3.67±1.47	-0.05	0.958	0.03±0.06	162.00	0.492	0.11±0.19	180.00	0.856	0.22±0.28	179.50	0.834	0.18±0.30	149.00	0.292
Cesarian birth	3.69±1.06			0.02±0.06			0.08±0.18			0.23±0.26			0.06±0.19		

SD, standard deviation.

Table 6. Relationships among main variables (n=39)

Variable	BMI	Systolic BP	Diastolic BP	Pulse	Age	Infant's birth weight	Barium	Cadmium	Cobalt	Nickel	Lead
BMI	1	0.16	-0.06	0.10	0.05	-0.30	0.02	0.17	0.12	-0.03	-0.05
Systolic BP		1	0.64**	0.16	-0.12	0.20	-0.24	0.04	0.03	-0.14	0.09
Diastolic BP			1	0.18	0.10	0.25	-0.03	-0.12	-0.14	-0.09	0.09
Pulse				1	-0.06	0.04	0.21	0.13	0.16	-0.21	0.00
Age					1	-0.06	0.11	-0.16	-0.17	0.23	-0.39*
Infant's birth weight						1	-0.11	-0.04	-0.12	-0.26	0.18
Barium							1	-0.13	-0.03	-0.20	-0.25
Cadmium								1	0.93**	-0.40*	-0.15
Cobalt									1	-0.46**	-0.27
Nickel										1	-0.07

BMI, body mass index; BP, blood pressure.

* $p<0.05$. ** $p<0.01$.

조립 0.22 mg/kg, 육류 0.49 mg/kg, 어류 0.47 mg/kg 이었다. 또한 카드뮴은 과일 통조림 0.01 mg/kg, 쇠고기 0.01 mg/kg, 돼지고기 0.02 mg/kg, 어류, 갑각류, 연체류 0.01-0.06 mg/kg이었다. 즉, 납 함량은 통조림, 육류, 어류 모두에서 모유에 비해 높았지만 카드뮴의 경우 통조림과 육류, 어패류 등과 비교적 차이가 없는 것을 볼 수 있다. 신생아는 모유수유를 통해 중금속 노출의 위험이 있으므로 (Park, 2017) 안전 기준이 마련되어야 하지만 식품의약품 안전처가 고시하는 중금속 기준 대상은 농산물, 축산물, 수산물, 가공식품, 식품공정으로 해당 중금속은 납, 비소, 수은, 카드뮴 등 몇 가지에 불과하다 (Ministry of Food and Drug Safety [MFDS], 2019). 따라서 모유 속 중금속 안전기준과 수유모를 위한 행동지침이 마련되어야 하며, 특히 카드뮴 함량에 대한 노출관리와 지속적인 모니터링이 필요할 것이다.

중금속은 일반적 특성에 따라서 유의한 차이가 없었다. 납은 선행연구 (Shin et al., 2012)에서 소득과 유의한 관련성을 보였으며, 소득이 낮을수록 납 수준이 높게 나타났다. 납과 납 화합물은 화학연료 연소, 광업 및 제조업으로부터의 부산물로 오래된 집, 가정용 먼지, 오염된 식수 등이 주된 노출원이므로 낮은 경제 수준과 관련이 있다고 (Martin & Griswold, 2009) 하였다. 어패류 섭취는 중금속 중독과 관련성이 높은 것으로 잘 알려진 바 있으나 (Martin & Griswold, 2009) 이 연구에서는 유의한 관련성이 없었다. 국내 시중에 유통 중인 어류 속 중금속에 관한 연구에서 카드뮴, 수은, 납은 안전한 수준으로 나타나 (Kim et al., 2007) 이 연구 결과를 뒷받침하였다. 또 생선 및 어패류의 섭취는 중금속 중에서도 수은 중독과 관련성이 높기 때문에 (Kim et al., 2017) 기타 중금속들과는 관련성이 낮을 수 있다고 본다. 수산물과 중금속에 관한 Kim 등 (2003)의 연구에서는 수은이 수산물에 가장 많이 함유되어 있었으며, 노인인 경우 어패류 섭취가 높은 집단에서 혈중 카드뮴 농도가 높을 위험이 유의하게 높게 나타났다 (Kim, 2012). 메틸수은의 경우 어류에서 높게 검출되고 있는데, 중독 시 태아의 신경계 발달을 저해하기 때문에 임신부나 수유모인 경우 주 1회 100 g 이하로 섭취를 제한하고 있다 (MFDS, 2017b). 어패류는 종류나 섭취방법 등에 따라 중금속의 축적량이 달라지며 최근 조사에서는 갈슘, 철분, 엽산을 함유하는 어패류를 많이 섭취한 집단에서 체내 중금속의 농도가 오히려 낮아졌다는 결과도 보고되고 있다 (MFDS, 2017a). 따라서

수유를 계획하고 있는 여성들은 어패류 섭취를 무조건 제한하기보다 수은 함량이 높은 어패류에 대해 섭취를 조절해야 할 것이다.

또한 음주 빈도와 흡연 경험에서도 중금속 함량과 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 이 연구 대상자가 산모이기 때문에 음주와 흡연에서 뚜렷한 차이를 확인하기가 어려웠다고 본다. 지역주민을 대상으로 생체시료 중 유해물질 실태조사를 활용한 Im 등 (2013)의 연구에서는 음주와 요중 카드뮴 농도 간에 유의한 관련성이 없었으나 혈중 납은 비 음주군에 비해 음주군에서 유의하게 높았다. 국내 성인 4,000명의 체내 중금속 변화 조사에서도 '주 4회 이상' 음주하는 경우 체내 중금속 중 납은 54%, 카드뮴은 11%로 높게 보고되었다 (MFDS, 2017a). 이외에도 모유 속 구리 (Park et al., 1990)의 함량은 비음주군에 비해 음주군에서 유의하게 높았다는 보고도 있었다. 흡연 경험에서는 흡연 경험이 있는 경우가 니켈 함량이 높았으나 유의한 차이는 아니었다. 반면, Im 등 (2013)의 연구에서는 혈중 납과 수은이 비흡연군에 비해 흡연군에서 유의하게 높았다. 이 연구에서 음주와 흡연이 유의한 변수가 아님에도 불구하고 중금속은 음식보다 호흡기를 통해 더 잘 흡수되며, 알코올은 갈슘, 철분 등 영양성분의 흡수는 방해하고 중금속의 농도를 높이므로 (MFDS, 2017a), 모유 속 중금속의 축적을 예방하기 위하여 금연과 금주와 같은 생활습관을 유지해야 할 것이다.

모유 속 바륨 함량은 당뇨와 고혈압의 가족력과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 선행연구에서 (Martin & Griswold, 2009) 바륨의 과량 섭취는 고혈압과 심장리듬의 변화를 초래하고, 죽음에까지 이르게 할 가능성이 있었고 하였다. 바륨 외에도 카드뮴과 수은의 농도는 고혈압과 관련이 있으며 (Shin et al., 2012), 카드뮴, 납, 수은의 농도가 높으면 대사증후군이 유의하게 높았다 (Lee et al., 2017). 특히 수은은 대사증후군의 유병률을 증가시켰고, 카드뮴은 수축기 혈압과 이완기 혈압을 모두 증가시키는 것으로 나타났다 (Lee et al., 2017). 이 연구에서 모유 속 바륨의 수치가 중독 수준이라 볼 수 없으며, 산모 자신의 질환이 아닌 가족력이기 때문에 차이가 없었을 것이라고 본다.

가공식품 섭취빈도 또한 모유 속 중금속 함량과 유의한 차이가 나타나지 않았다. 식품을 가공하는 과정에서 중금속 농도가 높아질 수 있지만 가공식품의 종류 마다 중금속 함량에는 차이가 있을 수 있어 (Kim et al., 2003) 섭취빈도

만으로 중금속 함량의 차이를 확인하기 어려울 것으로 생각된다. 실제로 통조림 식품 중에서도 납의 함량은 과일 통조림에서 가장 낮았으나 육류에서 가장 높았으며, 카드뮴의 함량은 과일 통조림에서 가장 낮았으나 어류 통조림에서 가장 높게 나타났다(Kim et al., 2003). 식품에서의 중금속 함량은 식품에 따라 다를 수 있으므로 이러한 차이를 고려하여 음식섭취와 중금속의 관계에 대한 반복연구가 필요할 것이다.

산과적 특성은 모유 속 중금속 함량과 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 모유와 혈액 속 중금속 농도를 비교한 Park 등(1990)의 연구에서는 초산의 모유 속 납과 구리 농도가 경산에 비해 유의하게 높게 나타났다. 이 연구에서는 초산의 납 농도가 경산에 비해 높긴 했지만 유의한 차이는 없었다. 또한 조기분만과 정상분만 산모의 모발 속 중금속을 비교한 선행연구(Lee et al., 2010)에서 카드뮴의 수치는 조산에서 유의하게 높았으며, 미얀마 임신부 419명을 대상으로 한 코호트 조사(Wai et al., 2017)에서 소변 속 산전 모체의 카드뮴 수치는 조산과 저체중에서 유의하게 높게 나타났다. 이 연구에서는 조산 등을 포함하는 임신합병증에서 유의한 차이가 없었는데, 이는 임신합병증에 해당하는 산모가 7.7%에 불과하기 때문에 연구 결과에 영향을 미치지 못했을 것이며, 모유가 아닌 모발과 소변을 통해 중금속 농도를 측정했기 때문에 이 연구 결과와 다를 것이라 생각한다. 모유 속 중금속과 임신합병증과의 관계를 보다 명확히 하기 위하여 더 많은 수의 모유분석을 통한 반복연구가 필요할 것이다.

연속 변수인 연령, 체질량지수, 수축기혈압, 이완기혈압, 맥박, 아기체중, 바륨, 카드뮴, 코발트, 니켈 및 납 간의 관련성에서 카드뮴은 코발트와는 유의한 양의 상관관계를, 니켈과는 유의한 음의 상관관계가 있었다. 또한 코발트와 니켈은 유의한 음의 상관관계를 보였으며, 납은 연령과 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. Park 등(1990)의 연구에서 모유 속 납은 구리와 양의 상관관계를, 크롬과는 음의 상관관계를 보였으며, 크롬과 구리는 음의 상관관계가 있었다. 또한 혈중 납은 크롬, 구리 및 몰리브덴과 양의 상관관계를 보였고, 크롬과 구리는 음의 상관관계가 있었다. 지역주민의 혈액과 요중 중금속 농도 연구에서(Im et al., 2013) 수은은 납과 비소와 유의한 양의 상관관계가 있었으며, 비소와 카드뮴은 양의 상관관계를 보였는데, 이러한 상관성은 농작물 섭취의 영향이라고 하였다. 코발트와 니켈은 비소

한 경로인 폐, 피부, 위장관계를 통해 노출된 후 인체에 축적되므로(Magaye et al., 2012) 양의 상관관계를 예상하였으나 이 연구에서 코발트는 니켈과 음의 상관관계였고, 카드뮴과는 양의 상관관계를 보였다. 코발트와 니켈에 관한 선행연구가 부족하여 직접적인 비교는 어려웠으나 모유 속 중금속이 인구사회학적인 변인보다 다른 중금속과 상관성이 있음을 분명히 확인할 수 있었다. 따라서 임신 여성에게 중금속 검사를 널리 시행하여 체내 중금속 축적이나 중금속 간 상호작용에 의한 부작용이나 위해를 예방해야 할 것이다.

납은 다른 중금속들과 유의한 상관관계를 보이지 않았는데, Im 등(2013)의 연구에서도 혈중 납은 카드뮴과 유의한 상관관계가 없게 나타나 본 연구 결과와 비슷하였다. 그러나 조제분유와 조제식의 중금속 함량 연구(Choi et al., 2013)에서 조제 성분이 원유인 경우 납 함량은 카드뮴 함량과 유의한 양의 상관관계를 보였다. 콩으로 조제된 조제식에서 납 함량은 1 mg/kg 증가할 때 카드뮴 함량이 1.109 mg/kg 높아짐을 확인할 수 있었다. Park 등(1990)의 연구에서는 납은 크롬과 음의 상관관계를, 구리와는 양의 상관관계가 있었다. 반면 이 연구에서 연령은 납과 유의한 음의 상관관계를 보였는데, 이는 연령이 증가할수록 납의 농도가 감소함을 의미한다. 선행연구(Im et al., 2013)에서는 납은 50-59세 군에서 높은 농도 수준을 보였으며, 카드뮴은 60세 이상에서 가장 높게 나타났다. 중금속은 체내 유입되었을 때 축적되므로 연령이 증가할수록 체내 축적량도 증가할 것이라 예상되지만(Kim et al., 2017) 이 연구에서는 산모의 연령대가 비슷하기 때문에 연령 보다는 다른 변인에 의해 납의 농도가 영향을 받았을 것이라 생각한다.

이 연구에서 체지방지수는 중금속과 유의한 상관관계가 없었는데, 청소년과 성인 여성을 대상으로 한 Kim 등(2017)의 연구에서는 혈청 수은, 납, 카드뮴 농도가 체지방지수와 유의한 상관성을 보였다. 선행연구(Min et al., 2012)에서도 모발 속 중금속 농도는 비만도가 높은 그룹에서 높았으며, 특히 납과 수은은 비만에 유의한 영향요인으로 확인되었다. 본 연구에서는 출산 1주일 경 산모의 체지방지수가 평균 24.85 kg/m²로 정상에 근접하기 때문에 유의한 차이가 없을 것으로 생각한다. 또한 아기체중도 모유 속 중금속 함량과 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 중금속이 영양분 섭취에 영향을 받기 때문에(MFDS, 2017a) 모유수유를 하는 경우 영양 섭취는 증가하나 체내

중금속의 농도는 감소했을 것이라 유추해 볼 수 있다. 또한 중금속 측정 시점에서 영아의 체중 차이가 거의 없었고, 모유 양이 영양 차이를 만들 만큼 충분하지 않기 때문에 중금속과 아기체중 간에 상관관계가 없었을 것으로 생각한다. 반면, 임산부 493명을 대상으로 한 코호트 연구(Wai et al., 2017)에서는 산전 중금속 노출과 부정적 출산 결과의 관련성을 조사하였고, 산전 소변 속 카드뮴 노출이 높으면 출산 후 저체중아 발생이 증가하는 것을 확인하였다.

또한 수축기혈압, 이완기혈압, 맥박의 경우에도 모유 속 중금속과 유의한 상관성이 없는 것으로 나타났다. 한국 성인의 중금속 농도와 대사증후군에 관한 연구(Lee et al., 2017)에서 혈중 카드뮴은 수축기혈압 130 mmHg 이상 혹은 이완기혈압 85 mmHg 이상의 확률을 증가시켜 고혈압의 유병률을 높인다고 하였다. 국민건강영양조사를 활용한 선행연구(Shin et al., 2012)에서 성인의 혈중 중금속 중 카드뮴과 납 수치는 수축기 혈압과 이완기 혈압이 증가함에 따라 유의하게 증가했으며, 특히 혈중 카드뮴 농도는 고혈압과 가장 유의한 결과가 있었다. 이 연구 대상자의 혈압과 맥박 평균은 정상범위에 속하기 때문에 중금속 수치에서 차이가 없게 나타난 것이라고 여겨진다.

이 연구의 제한점은 중금속이 모유보다 혈청에서 더 유의한 농도 차이가 있으므로(Park et al., 1990) 모유 속 중금속과 관련성이 있는 다양한 변인을 도출하지 못했으며, 중금속 농도가 시료, 조사 방법, 지역 등에 따라서 차이를 보이기 때문에 선행연구와의 비교가 어려웠다. 또한 모유 수집이 어려워 작은 수의 표본을 사용했다는 점과 단면적 연구이기 때문에 인과관계를 확인할 수 없었다는 제한점을 가진다. 그럼에도 이 연구는 모유 속 중금속에 대한 연구가 미흡한 현 실정에서 모유 속 중금속 수준과 관련 변인에 대한 연구를 시도했다는 점에서 그 의의를 가진다. 향후에는 본 연구에 기초하여 더 많은 수의 모유 샘플과 중금속과 관련된 다양한 변인을 포함한 반복연구를 제안한다.

결 론

이 연구는 산후조리원에 입원한 산모의 모유 속 중금속 함량과 관련 요인을 확인하였다. 연구 결과를 통해 코발트는 카드뮴과 유의한 양의 상관관계를, 니켈은 카드뮴과 코발트와 음의 상관관계를, 납은 연령과 유의한 음의 상관관계를 확인할 수 있었다. 따라서 여러 중금속 간의 유의한 관

련성을 고려하여 모유 중금속에 대한 안전기준과 수유모를 위한 중금속 중독예방 가이드라인을 개발할 필요가 있으며, 산전검사에 중금속 검사를 포함시켜 중금속 중독의 고위험군을 선별하여 관리해야 할 것이다.

이해관계(Conflict of Interest)

저자들은 이 논문과 관련하여 이해관계의 충돌이 없음을 명시합니다.

REFERENCES

Choi H, Kim HS, Park SH. Risk assessment of heavy metals through modified milk powder and formulas. *Korean J Food Sci An* 2013;33:617-25.

CODEX. Codex general standard for contaminants and toxins in foods (CODEX STAN 193-1995). Geneva (Switzerland): Codex Alimentarius Commission; 2008:38-42.

Doopedia. Heavy metal. [Internet]. Seoul (Korea): Doopedia; 2019; [cited 2019 Oct 22]. Available from: http://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000859741.

Han JY, Ahn HK, Choi JS, Yeom GJ, Lee SY, Kim YH, et al. Korean mothersafe center 10th anniversary: outcome and future prospects. *J Korean Soc Matern Child Health* 2019; 23:209-19.

Im JY, Chung EK, Park HJ, Yu SD, Jang BK, Son BS. A study on concentrations of heavy metal in blood and urine of local area in Korea. *J Environ Sci* 2013;22:59-72.

Kim BY, Kim JH. Influence of an early latching-on program on the breastfeeding rate. *Perspect Nurs Sci* 2013;10:97-110. <http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201334559956526.do>.

Kim HY, Kim JC, Kim SY, Lee JH, Jang YM, Lee MS, et al. Monitoring of heavy metals in fishes in Korea - As, Cd, Cu, Pb, Mn, Zn, Total Hg -. *Korean J Food Sci Technol* 2007;39:353-9.

Kim JE. Dietary factors related to the heavy metal exposure associated with Alzheimer's disease in Korean elderly [master's thesis] Seoul (Korea), Seoul National University; 2012.

Kim JY, Shin MS, Kim SH, Seo JH, Ma HS, Yang YJ. Association of iron status and food intake with blood heavy metal concentrations in Korean adolescent girls and women: Based on the 2010-2011 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *J Nutr Health* 2017;50:350-60.

Kim MH, Kim JS, Sho YS, Chung SY, Lee JO. The study on

- heavy metal contents in various foods. *Korean J Food Sci Technol* 2003;35:561–7.
- Lee C, Lee HH, Hwang BC, Lee SP, Park JM, Kim SY. Differences in maternal hair heavy metal and mineral levels between preterm delivery and full-term delivery. *Korean J Perinatol* 2010;21:362–9.
- Lee JM, Seok KJ, Ryu JY, Jung WS, Park JB, Shin KH, et al. Association between heavy metal exposure and prevalence of metabolic syndrome in adults of South Korea. *Korean J Fam Pract* 2017;7:172–8.
- Lee MH, Lee YJ, Sum MA, Park EJ, Jang SC, Jeong DM. A study on the purification therapies and effects of heavy metals in the body. *J Korean Jungshin Sci Soc* 2010;14:45–59.
- Magaye R, Zhao J, Bowman L, Ding M. Genotoxicity and carcinogenicity of cobalt-, nickel- and copper-based nanoparticles. *Exp Ther Med* 2012;4:551–61.
- Marchwinska-Wyrwal E, Dziubanek G, Skrzypek M, Hajok I. Study of the health effects of long-term exposure to cadmium and lead in a region of Poland. *Int J Environ Health Res* 2010;20:81–6.
- Marrugo-Negrete J, Pinedo-Hernández J, Díez S. Assessment of heavy metal pollution, spatial distribution and origin in agricultural soils along the Sinú River Basin, Colombia. *Environ Res* 2017;154:380–8.
- Martin S, Griswold W. Human health effects of heavy metals. *Environ Sci Technol Briefs Citizens* 2009;15:1–6.
- Min KB, Lee SM, Eun HS, Park MS, Park KI, NG R, et al. Analysis of the macronutrient composition of breast milk from Korean women and growth of infants. *Korean J Perinatol* 2012;23:259–65.
- Ministry of Environment, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea National Human Exposure and Biomonitoring Examination [Internet]. Cheongju (Korea): Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2005 Nov [cited 2020 Jan 2]. Available from: <http://webbook.me.go.kr/DLi-File/F005/000/151341.pdf>.
- Ministry of Food and Drug Safety. Analysis of factors affecting concentrations of heavy metals in adults – If can't quit drinking or smoking, heavy metal will build up in your body [Internet]. Cheongju (Korea): Ministry of Food and Drug Safety; 2017a [cited 2019 Oct 23]. Available from: https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=37570.
- Ministry of Food and Drug Safety. Food and food additives guidelines [Internet]. Cheongju (Korea): Ministry of Food and Drug Safety; 2019 [cited 2019 Oct 14]. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=12.
- Ministry of Food and Drug Safety. Tips for safely eating fish for pregnant women [Internet]. Cheongju (Korea): Ministry of Food and Drug Safety; 2017b [cited 2019 Oct 14]. Available from: https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=37682.
- Ministry of Health. National standard of the people's republic of China – National food safety standard maximum levels of contaminants in food (GB2762–2012) [Internet]. Beijing (China): Ministry of Health; 2013 Jan [cited 2019 Nov 20]. Available from: https://www.seafish.org/media/publications/China_Max_levels_of_contaminants_in_food.pdf https://www.seafish.org/media/publications/China_Max_levels_of_contaminants_in_food.pdf.
- Padilla MA, Elobeid M, Ruden DM, Allison DB. An examination of the association of selected toxic metals with total and central obesity indices: NHANES 99–02. *Int J Environ Res Public Health* 2010;7:3332–47.
- Park BY, Moon DH, Shin HL, Kim HC, Kim YW. Heavy metal concentration in breast milk and whole blood of the puerpera. *Inje Med J* 1990;11:305–18.
- Park Y, Lee A, Choi K, Kim HJ, Lee JJ, Choi G, et al. Exposure to lead and mercury through breastfeeding during the first month of life: A CHECK cohort study. *Sci Total Environ* 2018;612:876–83.
- Park YL. Mercury and lead exposure from mothers and the related risks among the newborns [master's thesis]. Asan (Korea): Soonchunhyang University; 2017.
- Park YR. Mercury and lead exposure from mothers and the related risks among the newborns [master's thesis] Asan (Korea), Soonchunhyang University; 2015.
- Seo HC. The relationship between children's eating habits, minerals, heavy metals content and attention deficit hyperactivity disorder. *J Brain Educ* 2012;10:26–49.
- Shin JY, Kim JM, Kim YR. The association of heavy metals in blood, fish consumption frequency, and risk of cardiovascular diseases among Korean adults: The Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2008–2010). *Korean J Nutr* 2012;45:347–61.
- U.S. Food and Drug Administration. Total diet study [Internet]. Washington DC; U.S. Food and Drug Administration; 2010 [cited 2020 Jan 8]. Available from: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/TotalDietStudy/ucm184293.htm>.
- Wai KM, Mar O, Kosaka S, Umemura M, Watanabe C. Prenatal Heavy Metal Exposure and Adverse Birth Outcomes in Myanmar: A Birth-Cohort Study. *Int J Environ Res Public Health* 2017 Nov 3;14(11). pii: E1339. <https://doi.org/10.3390/ijerph14111339>.