

# THE CHANGE OF BLOOD LEAD LEVELS IN MENOPAUSAL WOMEN AND ITS ASSOCIATION WITH RELEVANT FACTORS

Seong Youn Won, MD<sup>1</sup>, Nam Soo Kim, PhD<sup>2</sup>, Byung Kook Lee, MD<sup>2</sup>, Jae Gun Sunwoo, MD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Obstetrics and Gynecology, Soonchunhyang Cheonan Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, Cheonan; <sup>2</sup>Institute of Environmental and Occupational Medicine, Soonchunhyang University, Asan, Korea

## Objective

This study assessed blood lead in women in relation to menopause and its association with other related relevant factors to evaluate the impact of menopausal status on blood lead levels in women.

## Methods

Eighty three menopausal women and 52 premenopausal women without known occupational lead exposure were included. Blood lead was measured by atomic absorption spectrophotometry. Follicle-stimulating hormone (FSH) and Lutenizing hormone (LH) were measured in addition to hemoglobin, hematocrit and body mass index as an study variables. Information on smoking and drinking status were also obtained.

## Results

The mean (95% confidence intervals) level of blood lead in menopausal women was 2.27 µg/dL (2.12-2.41 µg/dL) which was significantly higher than premenopausal women (1.89 µg/dL, 1.76-2.02 µg/dL), but there was no statistical difference of mean blood levels between perimenopausal and postmenopausal women. In a multivariate regression analysis after adjusting for age, body mass index hemoglobin, drinking and smoking status, only menopausal status was a significant predictor of increases in log transformed blood lead without any significant contribution of FSH and LH.

## Conclusion

These results confirmed that menopausal status was associated with significant increase of blood lead levels in Korean women who were not occupationally exposed to lead.

**Keywords:** Blood lead; Premenopause; Perimenopause; Postmenopause; Follicle-stimulating hormone; Lutenizing hormone

납은 우리 주위에서 흔히 발견되고 사용되는 산업 활동에 필수적인 금속이다. 기원전 7000년 전부터 인류가 사용한 금속으로 비철금속으로 가장 많이 사용되고 있다. 현대 산업사회에서의 납 사용의 증가는 납을 취급하는 납 사업장 근로자들의 납중독을 유발하였을 뿐 아니라, 일반대기환경에도 납이 함유된 연료의 사용 및 산업화에 따른 산업공해로부터의 대기 중으로의 납 노출 등이 일반인들의 납 노출의 증가를 초래하여 일반인구 집단에서의 과다 납 노출이 사회문제가 된 바 있다[1].

일반인들의 주요한 납 노출의 원인이었던 자동차 납 함유연료의 사용은 1980년도 후반부터 금지되기 시작하여 현재 미국을 비롯한 구미 선진국이나 대한민국도 더 이상 자동차매연으로 인한 대기 중의 납 노

Received: 2011.11.9. Revised: 2012.2.3. Accepted: 2012.3.6.

Corresponding author: Jae Gun Sunwoo, MD

Department of Obstetrics and Gynecology, Soonchunhyang Chunan Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, 31 Suncheonhyang 6-gil, Dongnam-gu, Cheonan 330-930, Korea  
Tel: +82-41-570-2150 Fax: +82-41-571-7887  
E-mail: jgsunwoo@schmc.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2012. Korean Society of Obstetrics and Gynecology

출은 현저히 감소된 바 있다. 이에 따라 1980년대의 일반인들의 평균 혈중 납량이 15–20 µg/dL이었던 것이 최근 들어 2–3 µg/dL 수준으로 감소되어 과거에 비해 납에 의한 건강위험은 상대적으로 감소되었다[2]. 그러나 과거에는 문제되지 않았던 저농도의 혈중 납 농도에서도 직업적으로 납에 노출되지 않는 일반인구집단 중 위험집단에서의 납에 의한 영향이 계속 보고되고 있다. 이들 위험집단은 소아, 청소년과 임신출산을 경험하는 임신부 및 폐경 전후의 여성들이다[3–5].

납은 호흡기나 소화기를 통해 체내에 들어오면 혈액에 머물면서 표적장기에 영향을 주며, 혈액의 납은 대부분이 신장을 통하여 소변으로 배설되며, 체내에 남아 있는 납은 골 조직에 축적된다[6]. 골 조직에 축적된 납은 반감기가 길어서 지주 골의 경우 20년 이상 납이 골 조직에 머물면서, 골 흡수(resorption)에 따라 납도 다시 혈액으로 방출된다. 이때 골 조직에서 나온 납의 양과 대기 중이나 음식을 통해 체내에 들어온 납 농도가 합하여져서 혈중의 납 농도를 구성하게 된다[6,7]. 여성에서는 임신이나 폐경 같은 생리적인 변화를 겪을 때 골조직의 변화가 나타나서 골 흡수에 의해 골 조직에 있던 납이 평소보다 더 많이 혈액으로 용출된다고 알려져 있다[8,9]. 따라서 이와 같은 생리적 변화에 납에 의한 영향을 더욱 주의해야 하며 이에 대한 관리가 필요하다고 알려져 있다.

폐경기는 여성들의 생리적 변화에 가장 중요한 전환점의 하나로 여성 호르몬의 감소와 관련된 건강상의 문제를 대비해야 한다[10]. 폐경을 전후로 골 흡수가 증가하고 골밀도가 감소하여 골다공증의 위험이 증가한다. 더불어 골밀도의 감소는 골중 납량의 혈액 내로의 용출을 증가시킴으로 혈중 납량이 증가한다고 발표된 바 있다[11,12]. 그러나 폐경 전후의 여성을 대상으로 혈중 납량의 변화를 직접 연구한 자료는 거의 없는 상태이며, 기존 연구는 모두 서구인들을 대상으로 한 조사이고 동양인들을 대상으로 한 연구는 아직 없는 실정이다. 본 연구에서는 한국 여성에서 폐경 전후의 여성들을 대상으로 혈중 납량을 측정하고 관련 유관인자들을 통제한 후 이들 양자 간의 관련성이 있는지를 알아보고자 연구를 시도하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

납을 직업적으로 취급한 적이 없는 모 대학병원의 산부인과 외래방문자 중 35세 이상의 여성을 대상으로 본 연구의 취지에 동의하여 동의서를 작성한 여성에서 여성호르몬의 수준에 따라 구분하여 폐경 중이거나 폐경 후인 여성 83명과 폐경 전인 여성 52명을 연구대상으로 선정하였다.

### 2. 연구방법

연구대상자들의 성별, 연령 및 과거력 그리고 흡연 및 음주에 관련된 항목은 표준화된 설문을 통하여 조사하였다. 또한 연구대상자들을 난포자극호르몬(follicle stimulating hormone, FSH)과 황체형성호르몬(lyutenizing hormone, LH) 수준에 따라 폐경 전, 폐경 중 및 폐경 후로

구분하였다. 구분기준은 대상자들이 자연적인 상태에서 월경이 현재 있는 경우를 폐경 전으로 구분하였고, FSH 및 LH이 각각 정상범위(FSH, 5–10 IU/L; LH, 5–20 IU/L)를 벗어난 경우 폐경 중(perimenopause)으로 구분하였으며, FSH이 40 IU/L 이상이고 황체형성호르몬(LH)이 20 IU/L 이상으로 월경이 자연적으로 1년 이상 또는 수술 등에 의해 완전 중단된 경우를 폐경 후(postmenopause)로 정의하였다[13].

혈액학적 분석을 위하여 약 10 mL의 혈액을 채취하여, 4 mL의 전혈로는 혈중 납량, 혈색소량 및 혈구용적치를 분석하였고, 6 mL의 혈액은 원심분리 한 후 혈청을 분리하여 FSH 및 LH 호르몬 분석을 분석하였다. 비흡연자는 일생 동안 담배를 400개비 이하로 흡연한 여성으로 정하였고, 지난 1년간 흡연하지 않은 자는 과거흡연자로 구분하고 나머지는 흡연자로 구분하였다. 비음주자는 지난 1년간 음주를 하지 않은 여성으로 정하고 나머지는 음주여성으로 구분하였다.

혈중 납량은 비불꽃 원자 흡광광도계를 이용하여 Zeeman background-corrected 분석방법으로 분석하고 표준곡선은 표준첨가 방법으로 작성하여 분석하였다[14]. 본 혈중 납량 분석의 매체 검출한계(matrix detection limit)는 0.35 µg/dL이었으며, 검출한계 이하의 자료는 없었다. 본 분석을 실시한 모 대학교 연구소는 외부정도관리로는 산업안전공단에서 실시하는 중금속 정도관리를 합격하였고, 독일의 정도관리도 합격하였으며, 내부정도관리를 통하여 저농도 혈중 납량의 분석이 3%–6% 이하가 되도록 관리하고 있다.

혈색소와 혈구용적치는 Coulter 자동혈액분석기를 이용하여 분석하였으며, 혈청 FSH와 LH의 분석은 immunoradiometric assay 방법을 이용하였다.

### 3. 통계적 분석방법

자료의 분석을 위하여 SAS 통계프로그램(SAS 9.22, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하였다. 폐경 전의 대조군과 폐경 후의 조사군의 평균과 표준편차를 구한 뒤 *t*-test로 양 군을 비교하였다. 또한 폐경 후의 조사군은 폐경 중 군 37명과 폐경 후 군 46명으로 나누어서 폐경 전과 비교하기 위해 analysis of variance 검사를 실시하였다.

연구변수들의 상호관련성을 보기 위하여 Pearson 상관계수를 수행하였으며, 폐경 여부와 폐경 구분이 혈중 납량과 관련성이 있는지를 알아내기 위하여 관련 연구변수들을 통제한 후 중회귀분석을 실시하였다. 혈중 납량이 정규분포를 하지 않아 이를 대수변환한 Log 변환 혈중 납을 중회귀분석의 종속변수로 사용하였다. 흡연변수는 흡연자와 비흡연자로 구분하였다. 모델1에서는 폐경 여부를 이산변수로 하였으며, 모델2에서는 폐경 전, 폐경 중 및 폐경 후로 구분하여 분석하였다.

## 결 과

폐경 후 여성들의 혈중 납량의 평균(95% 신뢰구간)은 2.27 µg/dL (2.12–2.41 µg/dL)로서 폐경 전 여성들의 혈중 납량의 평균(95% 신뢰구간) 1.84 µg/dL (1.71–1.97 µg/dL)보다 유의하게 높았다( $P < 0.01$ ).

폐경 여성들을 다시 폐경 중과 폐경 후로 구분하여 폐경 전과 비교한 바 폐경 중과 폐경 후 여성들의 혈중 납량의 평균이 폐경 전보다 유의

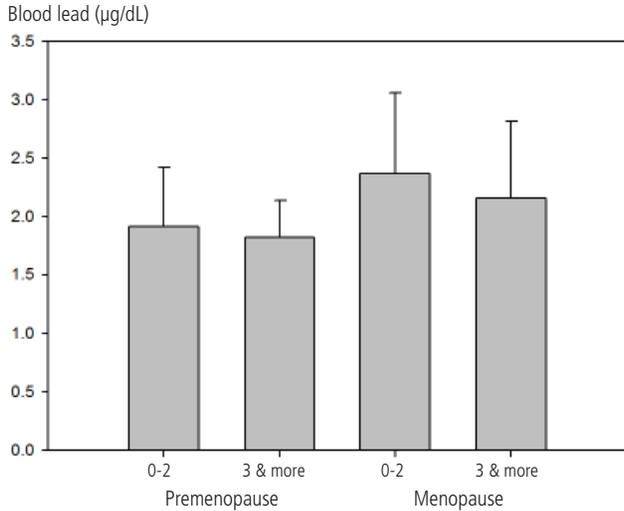


Fig. 1. Mean and standard deviation grouped by number of child and menopausal status.

하게 높았다( $P < 0.01$ ). 체질량지수, 혈색소량, 혈구용적치의 평균은 폐경 전후에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

혈중 납량의 분포가 치우침이 있어 이를 대수 변환하여 관련변수들과의 관련성을 Pearson 상관분석을 실시한바, 대수 변환한 혈중 납과 유의한 상관을 나타낸 변수는 혈구용적치이었으며, 여성 호르몬 FSH 및 LH가 연령과 상관이 유의하였다(Table 2).

폐경 전후 여성들의 혈중 납량에 관련이 있는 유관인자를 확인하기 위하여 대수 변환한 혈중 납량을 종속변수로 하고 연령 등 관련 유관변수를 종속변수로 한 중 회귀분석에서 폐경 여부만이 유의한 관련이 있었다( $P < 0.01$ ). 폐경을 폐경 중과 폐경 후로 구분하여 폐경상태를 3구분한 범주형 형태의 변수에서 폐경 전을 기준으로 한 중 회귀분석에서 폐경 중과 폐경 후는 유의한 영향을 나타냈으며, 흡연 및 음주 등 기타 변수들은 유의한 영향이 없었다.

자녀 출산수를 2명 이하 및 3명 이상으로 구분하여 폐경 전과 폐경 시에 혈중 납량을 비교한 바(Fig. 1) 3명 이상 출산 군에서 2명 이하 출산군보다 낮은 혈중 납량을 나타냈으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 3).

Table 2. Correlation matrix of study variables

	Age	BMI	logPbB	Hb	Hct	DBP	SBP	FSH
BMI	-0.061							
logPbB	0.032	0.035						
Hb	0.029	0.079	0.159					
Hct	-0.030	0.098	0.169	0.892				
FSH	0.598	-0.169	0.133	0.007	-0.049	0.049	0.012	
LH	0.400	-0.172	0.075	-0.039	-0.059	0.108	0.035	0.788

BMI, body mass index; logPbB, log transformed blood lead; Hb, hemoglobin; Hct, hematocrit; DBP, Diastolic blood pressure; SBP, Systolic blood pressure; FSH, follicle-stimulating hormone; LH, luteinizing hormone.

Table 1. Summary table of study variables by menopausal status

Variables	Premenopause (n=52)	Menopause		Total (n=83)
		Perimenopause (n=37)	Postmenopause (n=46)	
Age (yr)	44.6 (42.9-46.4)	55.65 (52.7-58.5)	58.9 (55.9-62.0)	57.49 (55.3-59.6)
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	24.7 (23.9-25.6)	24.1 (22.9-25.2)	23.4 (22.5-24.2)	23.73 (23.0-24.4)
Blood lead (µg/dL)	1.89 (1.76-2.02)	2.27 (2.07-2.47)	2.26 (2.04-2.48)	2.27 (2.12-2.41)
Hemoglobin (g/dL)	12.93 (12.5-13.3)	13.5 (13.1-13.8)	12.9 (12.6-13.2)	13.2 (12.9-13.4)
Hematocrit (%)	39.51 (38.4-40.5)	40.6 (39.5-41.6)	39.2 (38.3-40.1)	39.85 (39.1-40.5)
Follicle-stimulating hormone (IU/L)	6.11 (5.15-7.07)	27.7 (25.5-29.8)	66.6 (60.1-73.1)	49.27 (43.6-54.8)
Luteinizing hormone (IU/L)	7.06 (5.48-8.63)	19.9 (15.5-24.3)	33.8 (29.4-38.2)	27.65 (24.2-31.0)
Smoker (%)	9.6	5.4	8.8	7.2
Drinker (%)	53.8	29.7	32.6	31.3

Values are presented as mean (95% confidence interval).

**Table 3.** Multiple regression analysis on log transformed blood lead with selected study variables

Independent variables	Beta coefficient	Standard error	t-value	P-value
Model 1				
Age (yr)	-0.0038	0.0035	-1.100	0.275
Meno (0 = premenopause, 1 = menopause)	0.2362	0.0744	3.170	0.002
No. of child	-0.0515	0.0598	-0.860	0.391
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	0.0057	0.0077	0.740	0.463
Hemoglobin (g/dL)	0.0208	0.0203	1.030	0.307
Follicle-stimulating hormone (IU/L)	0.0007	0.0016	0.470	0.642
Luteinizing hormone (IU/L)	-0.0030	0.0024	-1.270	0.206
Smoking (yes = 1, no = 0)	0.1021	0.0903	1.130	0.260
Drinking (yes = 1, no = 0)	-0.0235	0.0531	-0.440	0.659
Model 2				
Age (yr)	-0.0038	0.0035	-1.080	0.282
Menopausal status				
Pre-menopause	0.0000	-	-	-
Perimenopause	0.2368	0.0748	3.170	0.002
Postmenopause	0.2591	0.1251	2.070	0.041
No. of child	-0.0500	0.0603	-0.830	0.409
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	0.0058	0.0077	0.740	0.458
Hemoglobin (g/dL)	0.0218	0.0208	1.050	0.298
Follicle-stimulating hormone (IU/L)	0.0004	0.0022	0.170	0.868
Luteinizing hormone (IU/L)	-0.0029	0.0024	-1.210	0.228
Smoking (yes = 1, no = 0)	0.1013	0.0907	1.120	0.266
Drinking (yes = 1, no = 0)	-0.0237	0.0533	-0.440	0.657

**고찰**

본 연구에서는 우리나라 폐경기 중이나 폐경 후의 여성들의 혈중 납량이 폐경 전의 여성들의 혈중 납량보다 통계적으로 유의한 증가를 나타냈다. 이는 폐경에 따른 여성 호르몬의 감소와 골 흡수(bone resorption)의 증가로 인하여 골조직의 소실이 증가되어 이때 골 조직에 존재하던 납이 함께 혈액 속으로 다시 용출되어 혈중 납량이 증가됨을 확인하는 결과이다.

이미 Silbergeld 등[8]은 미국 제2기 국민건강영양조사 자료를 분석하여, 폐경 후 여성들의 혈중 납량이 폐경 전의 여성들보다 현저히 높았음을 확인하였으며, 이후 미국의 국민건강영양조사들과 멕시코 여성들을 대상으로 한 연구들에서 폐경이 혈중 납량을 증가시키는 요인으로 재확인된바 있다.

골 조직은 역동적인 조직으로 무기질화(mineralization)에 의한 골 생성과 탈 무기질화에 의한 골 흡수(bone resorption)에 의한 골 감소로 인하여 골 조직이 혈장으로 유리되면 이 과정에서 골 조직에 함께 남아 있던 납도 함께 혈장으로 용출되어 혈중 납량을 증가시킨다[6,15]. 납은 체내에서 칼슘과 대사과정이 유사하여 납이 혈액에 존재하면 골 조

직에서 필요한 칼슘과 경쟁하여 골 조직에 축적된다. 골 흡수에 의해 혈액으로 나오는 골조직의 납은 혈장으로 먼저 용출된 다음 대부분이 적혈구와 결합하고, 일부는 혈장에 남아서 납의 표적장기에 영향을 준다. Hu [6]는 골조직의 흡수작용에 의해 혈장으로 나온 납이 일차적으로 호흡기나 소화기를 통해 체내에 들어온 납보다 혈장에 더 많은 양이 남아 있어, 독성학적으로 더 문제가 될 수 있다고 주장하였다. 따라서 폐경에 따른 골 흡수로 인하여 혈액으로 용출되는 납은 독성이 더 강하다면, 폐경기 이후 다양한 생리적 변화를 겪고 있는 여성들에게는 더욱 문제가 될 수 있다[3,16,17]. 납의 독성은 과거에 안전하다고 생각되었던 수준보다 낮은 수준의 농도에서도 건강상의 이상이 나타날 수 있다는 새로운 연구결과들이 발표된 바 있다[12,18]. 본 연구에서도 우리나라 폐경기 여성들 역시 폐경 전보다 혈중 납량이 높은 것이 확인된 바 향후 보다 계획된 코호트 연구를 통하여 폐경기 이후의 여성들의 혈중 납 농도에 의한 건강영향을 감시해야 할 것이다.

에스트로겐 호르몬의 부족은 폐경 후의 여성들의 골 흡수에 중요한 원인 중의 하나이다. 수술로 인한 폐경은 갑작스런 여성 호르몬의 감소가 나타나서 자연 폐경 시보다 골 흡수가 더 촉진되어 골밀도의 감소가 나타나서 혈중 납량의 증가도 수술적 폐경 여성에서 높다고 하였으나

[11] 본 연구에서는 표본의 크기가 작아서 이를 구분하지 못해 이를 확인하지는 못했다.

생활습관에 따라 혈중 납량의 농도가 차이가 있으며, 특히 흡연여부에 따른 혈중 납 농도의 차이는 현저하다[3]. 담배에 미량이나마 납이 존재하여 담배로 인한 납 노출이 증가함과 동시에 흡연자들의 생활습관이 비흡연자들과 다르므로 보다 납 노출이 많은 것이 원인일 수 있다. 선행연구에서는 폐경 후의 여성들 중 흡연자들의 혈중 납량이 비흡연자들보다 현저히 높았다는 보고가 있었으나[17,19], 본 연구에서는 흡연이 혈중 납량의 차이에 영향을 주지 못했다. 이는 우리나라 여성들의 흡연율이 서양보다 상대적으로 낮고 총 흡연량도 상대적으로 낮은 데서 오는 차이로 해석될 수 있다.

직업적으로 납에 노출되지 않은 일반인구집단의 연구에서 혈중 납과 혈색소 및 혈구용적치와 관련성이 존재한다는 연구결과가 발표된 바 있다[20]. 이는 혈액중의 납이 대부분 적혈구에 존재하므로 혈색소량이 증가할수록 혈중 납량이 증가할 수 있다. 이런 점을 고려하여 소아과 분야에서는 혈구용적치나 혈색소로 보정한 혈중 납량의 사용을 주장한 바 있으나 일반화되지는 못했다[21]. 본 연구에서는 혈색소나 혈구용적치가 혈중 납량과 유의한 상관성이 나타나지 않았다.

Potula와 Kaye [17]는 직업적으로 납에 노출되었던 2차 제련공장 근로자들을 대상으로 납 노출과 골밀도 감소의 관련성을 확인한 바 있으며, Nash 등[12]은 미국 국민건강영양조사 자료분석 결과 환경적으로 납에 노출된 일반인들에서도 혈중 납과 골밀도의 감소가 유의하였다는 결과를 발표한 바 있다. 따라서 폐경기 여성들은 폐경으로 인한 여성호르몬의 감소에 의한 골 흡수작용이 증가되어 골밀도가 감소되는 한편 혈액의 납 자체가 골밀도를 감소시키는 작용을 함으로써, 이중의 영향을 받게 되는 것이다.

여성의 임신은 골 대사에도 영향을 주어 태아에게 필요한 칼슘 등의 영양소가 추가로 필요하여 적절한 영양관리가 이루어지지 않으면, 임신 중에 골 흡수가 더 많아져서 골밀도가 감소하는 임신 골다공증의 위험이 증가한다. 따라서 출산을 많이 한 경우 이와 같은 골대사의 변화가 많았기 때문에 임신을 한 번도 경험하지 않은 여성들보다 골중 납량이 이미 줄어들어 폐경기에는 혈중 납량이 임신이 없었던 여성보다 낮은 값을 나타낸다고 보고하였다[3]. 그러나 본 연구에서는 임신횟수에 따른 혈중 납량의 차이를 확인할 수 없었다.

Krieg [10]는 미국 3차 국민건강 영양조사 자료 중 35-60세 사이의 여성들의 혈중 납량과 FSH 및 LH와의 관련성을 분석하여, 혈중 납량이 증가하면 폐경 전후의 여성들의 FSH 및 LH량도 증가하여, 혈중 납량이 여성호르몬과 관련이 있음을 발표하였으나, 본 조사에서는 양자간의 관련성이 없었다. 이는 미국의 국민건강조사가 3,375명의 미국의 해당연령을 대표하는 자료를 분석한 반면, 본 조사는 병원외래를 방문한 대상으로 표본의 크기가 작아서 유의한 상관의 방향은 보여주었으나 통계적으로 유의하지는 않았으나( $r=0.133$ ,  $P>0.05$ ) 향후 대상자가 큰 연구에서는 이를 확인할 필요가 있다.

납의 독성은 과거에 안전하다고 생각되었던 수준보다 낮은 수준의 농도에서도 건강상의 이상이 나타날 수 있다는 새로운 연구결과들이

발표된바 있다[22,23]. 본 연구에서도 우리나라 폐경기 여성들 역시 폐경 전보다 혈중 납량이 높은 것이 확인된바 향후 보다 계획된 코호트 연구를 통하여 폐경기 이후의 여성들의 혈중 납 농도에 의한 건강영향을 감시해야 할 것이다.

본 연구의 제한점은 본 연구가 단면조사연구임으로 폐경으로 인한 골 감소가 혈중 납의 증가를 가져왔는지에 대한 인과관계를 입증하기는 어렵다. 특히 지난 수십 년간 각 연령 코호트가 다양한 사회 발전에 따른 납 노출수준이 달랐을 수 있으므로 본 연구의 결과가 연령 코호트에 의한 차이일 수 있음을 고려하여야 한다. 또한 본 연구는 병원의 외래를 내방한 대상자임으로 지역주민을 대표하지 못할 수 있어 자료의 선택성 편견의 가능성을 배제할 수 없다.

이와 같은 제한점에도 불구하고, 본 연구는 우리나라에서 처음으로 폐경과 혈중 납 농도와의 관련성을 규명한바 향후 보다 체계적인 코호트 연구 등을 통해 폐경과 혈중 납과의 관련성 연구에 중요한 단서를 제공하였다.

## References

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for lead [Internet]. Atlanta (GA): ATSDR; 2007 [cited 2012 Mar 20]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=96&tid=22>.
2. Kim NS, Lee BK. National estimates of blood lead, cadmium, and mercury levels in the Korean general adult population. *Int Arch Occup Environ Health* 2011;84:53-63.
3. Symanski E, Hertz-Picciotto I. Blood lead levels in relation to menopause, smoking, and pregnancy history. *Am J Epidemiol* 1995;141:1047-58.
4. Hernandez-Avila M, Gonzalez-Cossio T, Palazuelos E, Romieu I, Aro A, Fishbein E, et al. Dietary and environmental determinants of blood and bone lead levels in lactating postpartum women living in Mexico City. *Environ Health Perspect* 1996;104:1076-82.
5. Jackson LW, Cromer BA, Panneerselvamm A. Association between bone turnover, micronutrient intake, and blood lead levels in pre- and postmenopausal women, NHANES 1999-2002. *Environ Health Perspect* 2010;118:1590-6.
6. Hu H. Bone lead as a new biologic marker of lead dose: recent findings and implications for public health. *Environ Health Perspect* 1998;106 Suppl 4:961-7.
7. Hu H, Rabinowitz M, Smith D. Bone lead as a biological marker in epidemiologic studies of chronic toxicity: conceptual paradigms. *Environ Health Perspect* 1998;106:1-8.
8. Silbergeld EK, Schwartz J, Mahaffey K. Lead and osteoporosis:

- mobilization of lead from bone in postmenopausal women. *Environ Res* 1988;47:79-94.
9. Korrick SA, Schwartz J, Tsaih SW, Hunter DJ, Aro A, Rosner B, et al. Correlates of bone and blood lead levels among middle-aged and elderly women. *Am J Epidemiol* 2002;156:335-43.
  10. Krieg EF Jr. The relationships between blood lead levels and serum follicle stimulating hormone and luteinizing hormone in the third National Health and Nutrition Examination Survey. *Environ Res* 2007;104:374-82.
  11. Garrido Latorre F, Hernández-Avila M, Tamayo Orozco J, Albores Medina CA, Aro A, Palazuelos E, et al. Relationship of blood and bone lead to menopause and bone mineral density among middle-age women in Mexico City. *Environ Health Perspect* 2003;111:631-6.
  12. Nash D, Magder LS, Sherwin R, Rubin RJ, Silbergeld EK. Bone density-related predictors of blood lead level among peri- and postmenopausal women in the United States: The Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Am J Epidemiol* 2004;160:901-11.
  13. Hurd WW. Menopause. In: Berek JS, Novak E, editors. *Berek & Novak's gynecology*. 13th ed. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p.981-91.
  14. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Lead by GGAAS: method 7105. In: Cassinelli ME, O'Connor PF, editors. *NIOSH manual of analytical methods*. 4th ed. Washington, DC: DHHS (NIOSH) Publication; 1994.
  15. Potula V, Kleinbaum D, Kaye W. Lead exposure and spine bone mineral density. *J Occup Environ Med* 2006;48:556-64.
  16. Popovic M, McNeill FE, Chettle DR, Webber CE, Lee CV, Kaye WE. Impact of occupational exposure on lead levels in women. *Environ Health Perspect* 2005;113:478-84.
  17. Potula V, Kaye W. The impact of menopause and lifestyle factors on blood and bone lead levels among female former smelter workers: the Bunker Hill Study. *Am J Ind Med* 2006;49:143-52.
  18. Kosnett MJ, Wedeen RP, Rothenberg SJ, Hipkins KL, Materna BL, Schwartz BS, et al. Recommendations for medical management of adult lead exposure. *Environ Health Perspect* 2007;115:463-71.
  19. Muldoon SB, Cauley JA, Kuller LH, Scott J, Rohay J. Lifestyle and sociodemographic factors as determinants of blood lead levels in elderly women. *Am J Epidemiol* 1994;139:599-608.
  20. Makino S, Shimizu Y, Takata T. A study on the relationship between blood lead levels and anemia indicators in workers exposed to low levels of lead. *Ind Health* 1997;35:537-41.
  21. deSilva PE. Blood lead levels and the haematocrit correction. *Ann Occup Hyg* 1984;28:417-28.
  22. Ahamed M, Siddiqui MK. Environmental lead toxicity and nutritional factors. *Clin Nutr* 2007;26:400-8.
  23. Bellinger DC. Very low lead exposures and children's neurodevelopment. *Curr Opin Pediatr* 2008;20:172-7.

## 폐경기 여성들의 혈중 납 농도 수준과 이에 영향을 주는 관련요인 분석

<sup>1</sup>순천향대학교 의과대학 산부인과학교실, <sup>2</sup>순천향대학교 환경산업의학연구소  
원성윤<sup>1</sup>, 김남수<sup>2</sup>, 이병국<sup>2</sup>, 선우재근<sup>1</sup>

### 목적

폐경과 이와 관련된 유관변수들이 여성들의 혈중 납 농도에 어떠한 영향을 주는지를 규명하기 위하여 본 연구를 시도하였다.

### 연구방법

83명의 폐경 중이거나 폐경을 경험한 여성과 52명의 폐경 전 여성을 연구대상자로 선정하였다. 혈중 납량은 원자흡광광도계로 분석하였다. 난포자극호르몬(follicle-stimulating hormone, FSH)과 성선자극호르몬(lutenizing hormone, LH)을 측정하였으며, 이외에 혈색소, 혈구용적치, 체질량지수를 연구변수로 측정하였다. 또한 음주와 흡연에 관한 정보도 확보하였다.

### 결과

폐경기의 여성들의 혈중 납량은 평균(95% 신뢰구간)은 2.27 µg/dL (2.12–2.41 µg/dL)로서 폐경 전 여성들의 평균 1.89 µg/dL (1.76–2.02 µg/dL)보다 통계적으로 유의하게 높았다. 그러나 폐경기 여성들을 다시 구분한 폐경 중과 폐경 후의 평균은 양자 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 연령, 체질량지수, 혈색소 및 흡연과 음주여부를 통제한 다중회귀분석에서 폐경 여부만이 대수 변환한 혈중 납량을 증가시키는 유일한 독립변수이었으며, FSH과 LH는 유의한 영향을 주지 못했다.

### 결론

본 연구결과 폐경기 한국여성들의 혈중 납량은 폐경 전 여성들보다 유의하게 높은 것이 확인되었다.

**중심단어:** 혈중 납량, 폐경 전, 폐경 중, 폐경 후, 난포자극호르몬, 황체형성호르몬