

직업적 납 노출이 없는 일부 한국성인에서 혈중 납농도와 생활습관에 관한 연구

전남대학교 의과대학 산업의학교실, 목포한국병원 산업의학과¹⁾

박지웅 · 오세원¹⁾ · 김승현 · 김양현 · 박령진 · 문재동

— Abstract —

A Study on the Association between Blood Lead Levels and Habitual Tobacco and Alcohol Use in Koreans with No Occupational Lead Exposure

Ji Ung Park, Se Won Oh¹⁾, Seung Hyun Kim, Yang Hyun Kim, Ryoung Jin Park, Jai Dong Moon

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Chonnam National University College of Medicine,
Department of Occupational and Environmental Medicine, Mokpo Hankook Hospital¹⁾*

Objectives: The purpose of this study was to estimate the normal blood lead (PbB) levels in a group of Korean subjects and to evaluate the association between PbB levels and habitual tobacco and alcohol use.

Methods: We recruited 532 adults (320 males and 212 females) with no history of occupational exposure to lead, as study subjects.

Results: PbB levels ranged between 0.43 $\mu\text{g}/\text{dl}$ and 9.45 $\mu\text{g}/\text{dl}$. The adjusted geometric mean PbB in men was 3.19 $\mu\text{g}/\text{dl}$, which was significantly higher than that seen in women: 2.66 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ($P=0.017$). Geometric mean PbBs were not significantly different between urban and rural patients. The adjusted geometric mean PbB in smokers was 3.31 $\mu\text{g}/\text{dl}$, which was significantly higher than that seen in non-smokers: 2.64 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ($P=0.035$). The adjusted geometric mean PbB in drinkers was 3.10 $\mu\text{g}/\text{dl}$, which was significantly higher than that seen in non-drinkers: 2.75 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ($P=0.049$).

Conclusions: The PbB levels of some Korean adults seem to be comparable to those seen in foreign countries. Our results suggest that tobacco and alcohol cessation will be helpful in decreasing the harmful effect of lead.

Key Words: Blood lead (PbB), Smoking, Drinking

서 론

인류가 납을 사용한 기록은 이미 기원전 4,000년경부터 아시아 소수 민족에서 찾아볼 수 있으며 기원전 3,500년경에는 이집트인들이 납이 함유된 연장을 사용하여 선박을 만들었다는 기록이 남아있다¹⁾. 이와 함께 납에 의한 건강 장애도 기원전 370년경인 Hippocrates 시대부터 복부 산통에 대한 기록이 있었고 기원전 2세기경에

는 Nicander가 연창백, 변비, 연산통, 연마비에 대하여 기술한 바 있다^{1,2)}. 최근 연구들에서는 납농도가 고혈압, 심혈관질환, 신장질환, 신경장애 등과 관련이 있는 것으로 보고되고 있으며³⁻¹⁶⁾, Lustberg 등¹⁷⁾은 혈중 납농도가 암과도 관련성이 있음을 보고하였다.

이러한 납은 1970년대 중반이후 미국에서는 무연 휘발유 사용의 의무화, 납이 함유된 페인트 사용금지, 납땀을 이용하지 않는 음식캔 사용 권장 등의 정책으로 일반인의

혈중 납농도가 낮아지게 되었다^{18,19)}. 우리나라의 경우에도 1980년대부터 무연 휘발유의 사용에 의한 대기 중 납농도의 점차적인 감소와 무연 페인트 안료의 사용등의 정책으로 일반인의 혈중 납농도는 지속적으로 감소되고 있다.

납의 노출경로를 살펴보면 주로 호흡기나 소화기를 통하여 인체 내에 들어오게 된다. 호흡기를 통하여 흡입된 납의 대부분은 폐 혈류를 통하여 흡수되며 5 μm 보다 작은 입자가 차지하는 분율과 호흡량 등에 비례하여 흡수되는 정도가 다르다. 호흡기를 통한 침입이 대부분이지만 환경의 불량, 흡연, 개인위생이 불결한 경우에는 경구를 통한 침입을 증가시켜 전체 노출량을 증가시키기도 한다. Shaper 등²⁰⁾과 Alessio 등²¹⁾은 흡연과 음주가 혈중 납농도의 증가에 영향을 준다고 보고하였고 이는 개인의 생활 습관이 납 노출 정도에 영향을 미칠 수 있음을 의미한다.

본 연구에서는 직업적 납 노출이 없는 우리나라의 건강한 일부 성인들의 인구학적 특성별 혈중 납농도의 분포를 파악하여 세계적인 흐름과 비교해 보고, 2005년 국내 환경부에서 시행한 국민혈중 중금속조사²²⁾를 포함한 여러 국내 연구 자료들과도 비교해 보고자 본 연구를 시행하였다. 또한, 흡연과 음주 등 생활습관이 혈중 납 농도에 미치는 영향에 대해서도 분석해 보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2006년 4월부터 2006년 12월까지 건강 진단을 목적으로 일개 대학 병원에 내원한 20~80세 사이의 직업적 납 노출이 없는 건강한 성인 남녀 532명(남자: 320, 여자: 212)을 연구대상자로 선정하였다. 건강진단 과정에서 문진을 통해 성별, 지역, 연령, 흡연, 음주력, 질병력에 대한 정보를 수집하였다. 대상자들은 건강진단 목적으로 시행된 검사 상 악성질환이나 다른 비정상적인 특이소견은 없었다.

2. 방법

납노출 수준을 확인하기 위하여 혈중 납농도를 측정하였다. 혈중 납농도는 전혈 0.1 ml를 0.8 ml의 1%-Triton X-100으로 희석하여 원자흡광광도계(Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하고 표준곡선은 standard addition법으로 작성하였다. 혈중 납의 정상인의 참고치 상한선을 10.0 μg/dl로 적용하였다.

지역별 분류는 행정구역상 시 지역에 사는 주민은 도시 지역 군에 포함시켰고, 군 지역에 사는 주민은 시골지역

군에 포함시켰다. 음주여부 분류는 일주일에 1회 이상 술을 마시는 자는 음주군에 포함시켰고, 그 외는 비음주군에 포함시켰다. 흡연여부 분류는 현재 흡연하고 있거나 금연한지 6개월 미만인자는 흡연군에 포함시켰고, 그 외는 비흡연군 또는 과거흡연군(Ex-smoker)에 포함시켰다.

3. 분석 방법

수집된 자료는 개인용 컴퓨터에 입력하여 자료 분석은 SPSS 12.0 통계프로그램을 이용하여 필요한 통계처리와 분석을 실시하였다. 자료분석결과 혈중 납농도의 분포가 우측으로 치우친(right skewed) 분포를 보여 자연로그치환(natural log transformation)을 실시한 후 기하평균, 표준편차, 범위를 구하였다. 대상자들의 일반적인 특징과 남녀별, 지역별, 흡연군과 비흡연군별, 음주군과 비음주군간의 혈중 납농도의 정량적 차이에 대한 비교는 t-test를 이용하였고, 대상자수가 적어 모수적인 방법을 통한 비교가 어려운 경우 Mann-Whitney U test를 이용하여 통계분석을 실시하였으며 이 경우 기하평균과 표준편차 대신 중앙값과 최대값, 최소값으로 결과를 제시하였다. 연령별 혈중 납농도의 정량적 차이는 Analysis of variance (ANOVA)를 이용하여 비교하였다. 성별의 차이가 음주력, 흡연력등 생활습관의 차이를 가져오므로 인해 혈중 납농도 수준에 영향을 줄 수 있으므로 성별로 층화한 후 음주와 흡연여부에 따른 혈중 납농도의 차이에 대한 비교는 t-test를 이용하였고, 음주력과 흡연력을 보정한 비교는 Analysis of covariance (ANCOVA)를 이용하였으며 유의성 평가시 type III sum of square를 사용하였다. 흡연력과 음주력을 더미변수(dummy variable)화 하여 독립변수로, 자연로그로 치환한 혈중 납농도 수준을 종속변수로 하여 연령을 보정한 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 시행하여 각각의 변수들이 대수변환된 혈중 납농도에 영향을 미치는 정도를 분석하였다. 흡연여부와 음주여부 간에는 통계적으로 상호관련성이 없는 것으로 나타나 (남자군: P=0.355, 여자군 P=0.843) 흡연여부와 음주여부별 층화 분석은 실시하지 않았다.

결 과

Table 1은 연구대상자들의 일반적인 특징을 기술하고 있다. 연구대상자의 평균연령(±표준편차)은 50.4±9.2년 이었으며, 40대와 50대가 가장 많았다. 대상자의 지역별 분포를 보면 도시지역 거주자가 271명, 농촌지역 거주자가 261명으로 비슷한 분포였으며, 비흡연군은 397명(74.6%), 흡연군은 135명(25.4%)이었고, 비음주군은

Table 1. General characteristics of the study subjects

Variables	Number (%)		
	Men (n=320)	Women (n=212)	Total (n=532)
Mean age ±SD (yr)	50.7 ±9.2	50.0 ±9.2	50.4 ±9.2
Age (yr)			
-39	33 (10.3)	26 (12.3)	59 (11.1)
40-49	113 (35.3)	80 (37.7)	193 (36.3)
50-59	122 (38.1)	71 (33.5)	193 (36.3)
60-69	43 (13.4)	31 (14.6)	74 (13.9)
70-	9 (2.8)	4 (1.9)	1 (2.4)
Living area			
Urban area	165 (51.6)	106 (50.0)	271 (50.9)
Rural area	155 (48.4)	106 (50.0)	261 (49.1)
Cigarette smoking			
Never or ex-smoker	192 (60.0)	205 (96.7)	397 (74.6)
Smoker	128 (40.0)	7 (3.3)	135 (25.4)
Alcohol drinking			
Non-drinker	95 (29.7)	173 (81.6)	268 (50.4)
Drinker	225 (70.3)	39 (18.4)	264 (49.6)

Table 2. Distribution of geometric mean (GSD) blood lead levels by sex, age, living area, smoking, and alcohol drinking

Variables	Blood lead (µg/dl)					
	Geometric mean (GSD)	Min	Max	P value*	Adjusted geometric mean	P value†
Sex				<0.001		0.017
Male	3.25 (1.46)	0.43	9.45		3.19	
Female	2.22 (1.52)	0.75	6.82		2.66	
Age (yr)				0.202		0.322
-39	2.63 (1.58)	0.76	9.45		2.53	
40-49	2.81 (1.53)	0.75	6.82		2.84	
50-59	2.88 (1.54)	0.43	6.92		2.94	
60-69	2.81 (1.52)	1.14	7.24		3.10	
70-	2.20 (1.75)	0.88	6.41		2.51	
Living area				0.491		0.425
Urban area	2.76 (1.55)	0.43	7.24		2.98	
Rural area	2.83 (1.54)	0.76	9.45		2.87	
Cigarette smoking				<0.001		0.035
Never or ex-smoker	2.61 (1.55)	0.75	6.82		2.64	
Smoker	3.44 (1.45)	0.43	9.45		3.31	
Alcohol drinking				<0.001		0.049
Non-drinker	2.41 (1.53)	0.75	7.09		2.75	
Drinker	3.25 (1.48)	0.43	9.45		3.10	
Total	2.80 (1.55)	0.43	9.45		2.93	

*: Comparison by t-test or ANOVA

†: Comparison by ANCOVA adjusted between independent variables

268명(50.4%)으로 음주군 264명(49.6%)과 분포에 큰 차이는 없었다.

전체 대상자의 혈중 납농도는 0.43부터 9.45 µg/dl까지로 정상치인 10 µg/dl를 넘지 않았으며, 기하평균값은

2.80(1.55) µg/dl이었다. 남성의 기하평균 혈중 납농도는 3.25(1.24) µg/dl로 여성의 2.22(1.52) µg/dl보다 유의하게 높았다(P<0.001). 연령별, 지역별 혈중 납농도 비교시에는 유의한 차이가 없었다. 비흡연군의 기하평균

Table 3. Distribution of geometric and adjusted geometric mean blood lead levels after stratified by sex

Variables	Blood lead ($\mu\text{g}/\text{dl}$)			
	Geometric mean (GSD)	P value	Adjusted geometrics mean	P value*
Male (n=320)				
Cigarette smoking		0.03		0.03
Never or ex-smoker (n=192)	3.13 (1.46)		3.04	
Smoker (n=128)	3.45 (1.46)		3.38	
Alcohol drinking		0.002		0.01
Non-drinker (n=95)	2.94 (1.44)		3.01	
Drinker (n=225)	3.40 (1.46)		3.41	
Female (n=212)				
Cigarette smoking		0.06 [†]		
Never or ex-smoker (n=205)	2.20 [‡] (0.75~6.82)			
Smoker (n=7)	3.11 [‡] (2.48~5.30)			
Alcohol drinking		0.04		0.65
Non-drinker (n=173)	2.16 (1.52)		2.63	
Drinker (n=39)	2.52 (1.45)		2.85	

*: Comparison by ANCOVA adjusted between independent variables

[†]: Comparison by Mann-Whitney U test

[‡]: Median (minimum~maximum)

Table 4. Variables associated with natural log transformed blood lead concentration by multiple regression analysis

Variables	Parameter estimate	Standard error	T-value	P value	R ²	Adjusted R ²
Model					0.214	0.208
Age	0.002	0.002	0.848	0.397		
Sex*	0.266	0.043	6.242	<0.001		
Cigarette smoking [†]	0.110	0.043	2.547	0.011		
Alcohol drinking [‡]	0.140	0.040	3.539	<0.001		
Model 2 (Male)					0.043	0.034
Age	-0.001	0.002	-0.043	0.658		
Cigarette smoking [†]	0.081	0.044	1.851	0.065		
Alcohol drinking [‡]	0.135	0.046	2.914	0.004		
Model 3 (Female)					0.055	0.041
Age	0.005	0.003	1.712	0.088		
Cigarette smoking [†]	0.361	0.162	2.227	0.027		
Alcohol drinking [‡]	0.130	0.075	1.723	0.086		

*: 1=male, 0=female

[†]: 1=smoker, 0=never or ex-smoker

[‡]: 1=drinker, 0=non-drinker

혈중 납농도는 2.61(1.55) $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 흡연군의 3.44(1.45) $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 유의하게 낮았다(P<0.001). 비흡주군의 기하평균 혈중 납농도는 2.41(1.53) $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 음주군의 3.25(1.48) $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 유의하게 낮았다(P<0.001). 각각의 변수들로 보정된 기하평균 비교시에도 남성(3.19 $\mu\text{g}/\text{dl}$)이 여성(2.66 $\mu\text{g}/\text{dl}$)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 혈중 납농도를 나타냈고(P=0.017), 흡연군(3.31 $\mu\text{g}/\text{dl}$)이 비흡연군(2.64 $\mu\text{g}/\text{dl}$)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 혈중 납농도를 나타냈으며(P=0.035), 음주군(3.10

$\mu\text{g}/\text{dl}$)이 비음주군(2.75 $\mu\text{g}/\text{dl}$)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 혈중 납농도를 나타냈다(P=0.049)(Table 2).

성별로 층화한 후 흡연여부와 음주여부 비교시 남성에서 흡연자와 음주자가 비흡연자와 비음주자에 비해 높은 혈중 납농도 수준을 보이며, 여성에서는 음주자가 비음주자에 비해 유의하게 높은 혈중 납농도 수준을 보이지만 흡연자와 비흡연자 비교시에는 경계성의 유의한 결과를 보였다. 흡연여부와 음주여부 각각의 변수로 보정한 기하평균 비교에서는 남성의 음주군과 흡연군에서 통계적으로

유의하게 높은 혈중 납농도를 보였다. 여성에서는 흡연여부 비교는 실시하지 않았고, 음주군과 비음주군 비교시에는 유의한 혈중 납농도의 차이는 보이지 않았다(Table 3).

흡연력과 음주력을 더미변수(dummy variable)화 하여 독립변수로, 자연로그 치환된 혈중 납농도 수준을 종속변수로 하여 연령을 보정한 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 시행한 결과 남성에서는 음주력, 여성에서는 흡연력이 대수변환된 혈중 납농도에 통계적으로 유의한 영향을 주는 것으로 나타났고 남성에서 흡연력과 여성에서 음주력이 경계성의 유의한 영향을 주는 결과를 보였다(Table 4).

고 찰

납은 기원전 4,000년경부터 인간에 의해 이용되기 시작한 금속으로 납중독 증상은 히포크라테스에 의해서 이미 기술된바 있는데 건강 장애로는 복부 산통, 연창백, 변비, 연산통, 연마비 등이 있다^{1,2)}. 납에 의한 건강장애에 대해 연구가 지속되어 최근 연구들에서는 납농도가 높을수록 고혈압, 심혈관질환, 신장질환, 신경장애 등의 발생이 높은 것으로 보고되었다³⁻¹⁶⁾. 게다가 Lustberg 등¹⁷⁾은 혈중 납농도가 암과도 관련성이 있음을 보고하였다.

이러한 납은 일차 납 제련과 이차 납제련, 납축전지 제조 등의 고위험 작업에서 납중독의 위험이 여전히 높지만, 1970년대 중반이후 미국에서 무연 휘발유 사용의 의무화, 납이 함유된 페인트 사용금지, 납땀을 이용하지 않는 음식 캔 사용 권장 등의 정책으로 일반인의 혈중 납농도는 낮아지게 되었고^{18,19)}, 대부분의 산업화된 나라에서도 이러한 정책을 통해 일반인의 혈중 납농도는 낮아지는 추세이다.

본 연구에서는 연구대상자 532명의 혈중 납 농도는 2.80(1.55) $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었고, 성별로는 남자 3.25(1.46) $\mu\text{g}/\text{dl}$, 여자 2.22(1.52) $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었다. 이번 연구에서 제시된 혈중 납농도는 기존에 특별히 직업적으로 납에 노출되지 않은 인구 집단을 대상으로 보고된 연구결과 즉, 일반 성인을 대상으로 한 신 등²³⁾의 17.17 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 도시지역 주민을 대상으로 한 김 등²⁴⁾의 23.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 및 김 등²⁵⁾의 한국인의 혈중 납농도에 대한 메타분석 결과 제시한 15.80 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 등에 비해서는 매우 낮은 수준이다. 다른 연구결과로서 양 등²⁶⁾의 일반 인구 집단을 대상으로 한 연구에서 한국인의 평균 혈중 납농도 5.7 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 정 등²⁷⁾의 성인의 혈중 납 분포 연구에서 공단지역 대상자의 평균 혈중 납농도 7.19 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 와 주거지역 대상자의 평균 혈중 납농도 4.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 황보 등²⁸⁾의 납노출군에 대한 간기능 지표에 관한 연구중 대조군의 평균 혈중 납농도 6.2 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 김 등²⁹⁾의 도시지역 성인을 대상으로 한 연구에서 제시된 6.32 $\mu\text{g}/\text{dl}$,

정 등³⁰⁾이 폐금속 광산 인근 주민과 대조군 지역주민을 대상으로 한 연구에서 각각 제시된 4.89 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 와 4.10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 등 비교적 최근에 보고된 자료에 비해서는 낮은 수준이다. 그러나, 국민혈중 중금속 농도 조사결과²²⁾에서 제시된 2.66 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 에 비해서는 다소 높은 수준을 보였다(Fig. 2).

특별히 납에 노출되지 않은 우리나라 일반 지역주민들의 혈중 납농도에 대한 기존 보고들과 이번 연구결과를 비교, 검토해 볼 때 일반 인구 집단에서의 혈중 납농도가 감소 추세에 있음을 알 수 있다. 직업적으로 납에 노출되지 않은 일반인구 집단에서의 납노출 평가에 대한 외국의 보고에서도 80년대 이후 혈중 납농도는 감소되고 있는 추세이다³¹⁻³⁴⁾. 일반 인구 집단에서 납에 노출되는 주된 경로는 오염된 공기, 물 및 식품 등에 의한 것으로 이해되고 있다. 국내에서 일반 지역 주민들의 납노출이 감소되는 요인으로서 80년대부터 무연 휘발유의 사용에 의한 대기 중 납농도의 점차적인 감소와 무연 페인트 안료의 사용 및 국민들의 보건 수준 향상으로 오염된 물과 식품에 대한 노출 기회의 감소가 주요 요인으로 작용 하였으리라 생각된다. 외국 주요 국가들의 일반 인구 집단에서의 혈중 납농도 수준은 중국의 경우 성인남자에서 9.23 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 여자 7.16 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ³⁵⁾, 타이완 성인 6.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ³⁶⁾, 일본의 경우 성인 여성에서 2.02 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ³³⁾, 프랑스 성인 남자 7.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 여자 4.9 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ³⁷⁾, 이탈리아 성인 남자 4.51 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 여자 3.06 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ³⁸⁾, 독일 성인 여자 2.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ³⁹⁾, 미국 정상성인 1.64 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ³⁴⁾, 터키 1.6 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ⁴⁰⁾ 등으로 보고되었다. 이번 연구결과를 외국의 자료들과 비교해 볼 때 우리나라 일부 정상성인 에서의 최근 납에 대한 노출은 90년대 외국의 것에 비해서는 매우 낮은 수준이며, 2000년대 초반 여러 선진국에 비해서는 낮은 수준, 2000년대 중반 이후 여러 선진국이나 개발도상국에 비해서도 크게 높지 않은 수준으로 평가할 수 있겠다. 위 연구들은 조사시점을 기준으로 자료를 제시하였다. 다만, 미국의 혈중 납농도 수준은 1999년부터 2002년 사이에 수집된 NHANES (The National Health and Nutrition Examination Surveys) 1999~2002 자료를 이용한 Paul 등³⁴⁾의 연구를 인용하였으나, 본 연구에서는 Paul 등³⁴⁾의 연구 발표시점인 2005년도를 기준으로 자료를 제시하였다(Fig. 2). 이 시기의 미국 혈중 납농도가 다른 국가들에 비해 낮은 이유는 미국 정부가 다른 국가들보다도 먼저 납노출 감소를 위한 노력을 기울인 결과로 생각된다.

Shaper 등²⁰⁾과 Alessio 등²¹⁾은 음주와 흡연이 혈중 납농도의 증가에 영향을 준다고 보고하여 개개인의 생활 습관이 납노출 정도에 영향을 미칠 수 있음을 보고하였고, Weyermann 등⁴¹⁾도 음주자와 흡연자에서 혈중 납농도가 높다는 보고를 하였다. 본 연구에서는 위의 연구

결과치들 보다도 낮은 혈중 납농도 수준이었음에도 다음과 같이 동일한 결과를 보였는데 흡연군(3.31 $\mu\text{g}/\text{dl}$)이 비흡연군(2.64 $\mu\text{g}/\text{dl}$)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 혈중 납농도를 나타냈고($P=0.035$), 음주군(3.10 $\mu\text{g}/\text{dl}$)이 비음주군(2.75 $\mu\text{g}/\text{dl}$)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 혈중 납농도를 나타냈다($P=0.049$)(Table 3). 다중 회귀분석(multiple regression analysis) 결과에서는

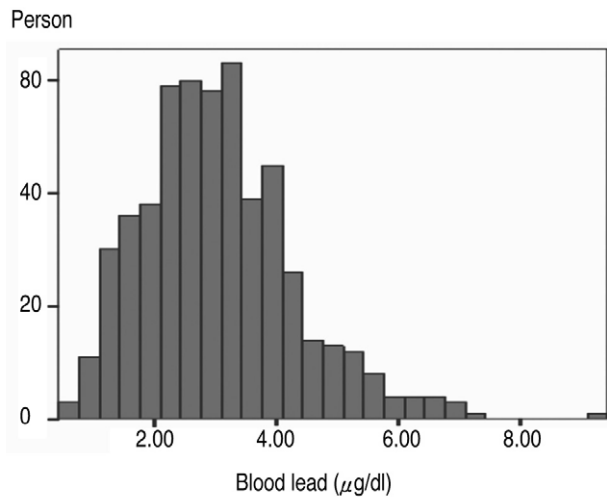


Fig. 1. Distribution of lead in blood

흡연력과 음주력이 혈중 납농도에 통계적으로 유의하거나 경계세의 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다(Table 4).

흡연자와 음주자에서 혈중 납농도가 높은 이유로 Weyermann 등⁴¹⁾은 담배와 술에 포함된 납이 체내로 흡수되었기 때문으로 제시하고 있는데, 이는 Watanabe 등⁴²⁾이 발표한 담배 1개피당 1.7 μg 가량의 납이 포함되어 있다는 연구결과와 알콜음료 와인 1L 당 101 μg , 맥주 1L당 에 22 μg 의 납이 포함되어 있다는 Sherlock 등⁴³⁾의 연구결과에 근거하고 있다. 국내에서도 황 등⁴⁴⁾이 담배에 0.70~2.01 $\mu\text{g}/\text{g}$ 의 납이 포함되었다는 연구를 발표한 바 있다.

김 등²⁴⁾의 연구에서는 연령이 높을수록 높은 납농도 수준을 보였는데 본 연구에서는 연령별 차이는 보이지 않았다. 이는 본 연구가 건강진단을 위해 내원한 자를 연구 대상으로 하였기 때문에 다수의 4.50대 연령층에 비해 30대 미만과 60대 이상의 연구대상자 수가 부족하여 연령별 혈중 납농도의 차이를 보이지 않았을 것으로 추측된다. 추후 연구에서는 연령별 대상자 수를 조정한 비교분석이 필요할 것이다. 본 연구의 혈중 납농도 (2.80 $\mu\text{g}/\text{dl}$)가 국민혈중 중금속 농도 조사결과²²⁾의 혈중 납농도(2.66 $\mu\text{g}/\text{dl}$)에 비해 다소 높게 나타난 점에 대해서도 본 연구 대상자에 고령층이 주로 포함되었기 때문일 것이다. 하지

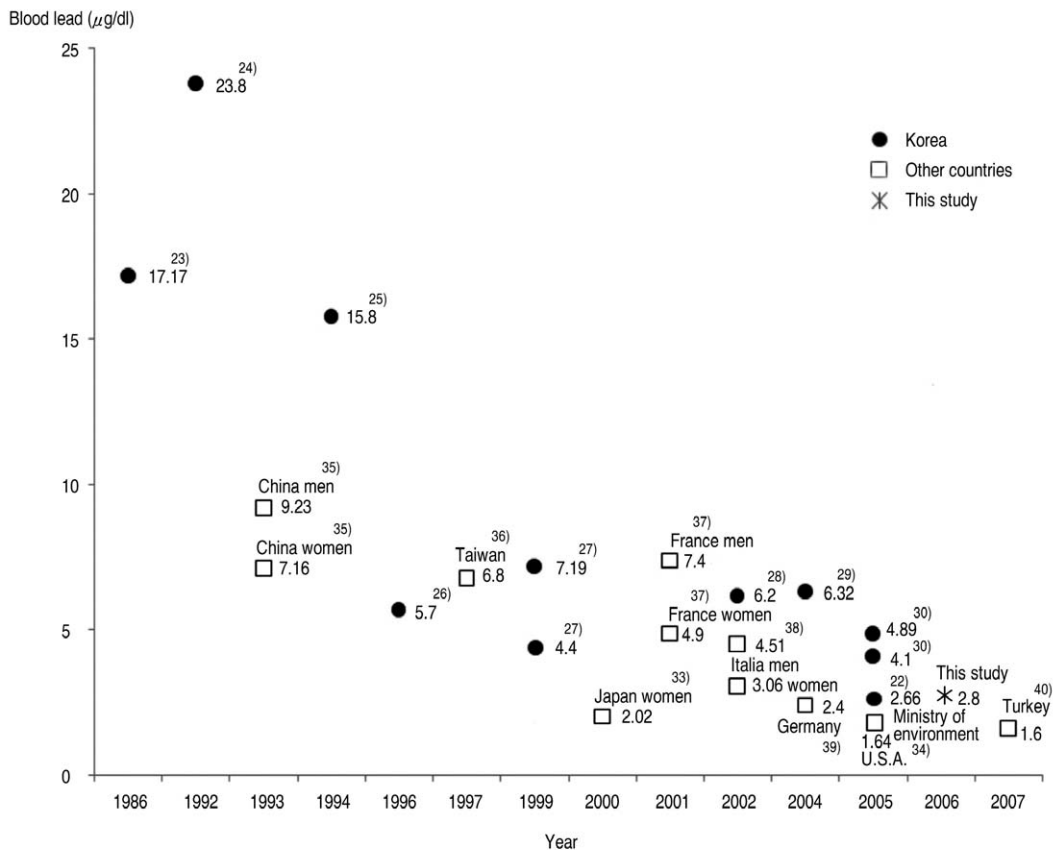


Fig. 2. Trend of blood lead levels in Korea and other countries

만 본 연구 성적 그 자체로 한국성인 특히 고령층 혈중납량의 경향을 반영할 수 있다는데 의의가 있을 것으로 사료된다.

도시지역 주민의 혈중 납농도가 농촌지역 주민의 것에 비해 높게 나타나는 연구결과⁴⁵⁾를 보였지만 본 연구에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 행정구역상 시 지역에 사는 주민을 도시지역 주민으로 군 지역에 사는 주민을 시골지역으로 분류하였으나 실제 시 지역과 군 지역의 대기중 납 오염정도의 차이는 크지 않았기 때문으로 생각된다. 환경통계연감에 수록된 주요도시의 납 오염도⁴⁶⁾를 보면 본 연구대상 시골지역의 납 오염정도가 제시되지는 않았지만, 본 연구대상 도시지역의 납 오염도가 타 도시지역에 비해 낮은 수준이어서 시 지역과 군 지역의 납 오염도 차이도 적을 것으로 유추할 수 있을 것이다.

본 연구를 통해 우리나라 일부 정상성인의 혈중 납 농도 수준은 다른 선진국이나 개발도상국에 비해 높지 않으며, 시간의 흐름에 따라 지속적으로 감소추세에 있음을 알 수 있었다. 본 연구 성적은 납의 참고치 설정을 위한 기초자료로 사용됨은 물론 납에 의한 인체장해 평가 예방관리 자료로도 이용될 수 있을 것이다.

마지막으로 정상농도 이하의 낮은 혈중 납 농도 수준에서도 생활습관 인자인 음주와 흡연량이 많을수록 혈중 납 농도가 통계적으로 유의하게 높아지는 결과를 보여 금주나 금연과 같이 생활습관을 개선하게 된다면 혈중 납 농도가 감소되어 납에 의한 위해효과를 예방하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

요 약

목적: 직업적 납노출이 없는 일부 정상 한국 성인에서 혈중 납농도의 수준을 세계적인 흐름 및 국내 흐름과 비교해보고, 흡연과 음주 등의 생활 습관과 혈중 납농도와 의 관련성에 대해 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

방법: 건강 진단을 위해 내원한 직업적으로 납노출 경력이 없는 건강한 성인 남녀 532명(남자: 320, 여자: 212)을 대상으로 하였다.

결과: 연구 대상자의 혈중 납농도는 최소 0.43 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 에서 최대 9.45 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 기하평균(표준편차)은 2.80(1.55) $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었다. 보정된 기하평균 비교시 남성(3.19 $\mu\text{g}/\text{dl}$)이 여성(2.66 $\mu\text{g}/\text{dl}$)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 혈중 납농도를 나타냈고($P=0.017$), 흡연군(3.31 $\mu\text{g}/\text{dl}$)이 비흡연군(2.64 $\mu\text{g}/\text{dl}$)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 혈중 납농도를 나타냈으며($P=0.035$), 음주군(3.10 $\mu\text{g}/\text{dl}$)이 비음주군(2.75 $\mu\text{g}/\text{dl}$)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 혈중 납농도를 나타냈다($P=0.049$) (Table 2).

성별로 층화한 후 흡연여부와 음주여부 각각의 변수로

보정한 보정기하평균 비교에서는 남성의 음주군과 흡연군에서 통계적으로 유의하게 높은 혈중 납농도를 보였다 (Table 3).

흡연력과 음주력을 더미변수(dummy variable)화 하여 독립변수로, 자연로그 치환된 혈중 납농도 수준을 종속변수로 하여 연령을 보정한 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 시행한 결과 남성에서는 음주력, 여성에서는 흡연력이 대수변환된 혈중 납농도에 통계적으로 유의한 영향을 주는 것으로 나타났고 남성에서 흡연력과 여성에서 음주력이 경계성의 유의한 영향을 주는 결과를 보였다(Table 4).

결론: 본 연구를 통해 우리나라 일부 정상성인의 혈중 납 농도 수준은 다른 선진국이나 개발도상국에 비해 높지 않으며, 시간의 흐름에 따라 지속적으로 감소추세에 있음을 알 수 있었다. 마지막으로 정상농도 이하의 낮은 혈중 납 농도 수준에서도 생활습관 인자인 음주와 흡연량이 많을수록 혈중 납농도가 통계적으로 유의하게 높아지는 결과를 보여 금주나 금연과 같이 생활습관을 개선하게 된다면 혈중 납농도가 감소되어 납에 의한 위해효과를 예방하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 1) Dodson VN, Zenz C. Lead and Its Compounds. In: Zenz C (eds) Occupational Medicine. 3rd ed. Year Book Medical Pub, Inc. Chicago. 1994. pp 547-82.
- 2) Fischbein A, Hu H. Occupational and Environmental Exposure to Lead. In: Rom WN (eds) Environmental and Occupational Medicine, 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins Pub. Philadelphia. 2006. pp 954-90.
- 3) Cheng Y, Schwartz J, Sparrow D, Aro A, Weiss ST, Hu H. Bone lead and blood lead levels in relation to baseline blood pressure and the prospective development of hypertension: the normative aging study. Am J Epidemiol 2001;153(2):164-71.
- 4) Harlan WR. The relationship of blood lead levels to blood pressure in the U.S. population. Environ Health Perspect 1988;78:9-13.
- 5) Hertz-Picciotto I, Croft J. Review of the relation between blood lead and blood pressure. Epidemiol Rev 1993; 15(2):352-73.
- 6) Hu H, Aro A, Payton M, Korrick S, Sparrow D, Weiss ST, et al. The relationship of bone and blood lead to hypertension. the normative aging study. JAMA 1996a;275(15): 1171-6.
- 7) Kopp SJ, Barron JT, Tow JP. Cardiovascular actions of lead and relationship to hypertension: a review. Environ Health Perspect 1988;78:91-9.

- 8) Lin JL, Lin-Tan DT, Hsu KH, Yu CC. Environmental lead exposure and progression of chronic renal diseases in patients without diabetes. *N Engl J Med* 2003; 348(4):277-86.
- 9) Martin D, Glass TA, Bandeen-Roche K, Todd AC, Shi W, Schwartz BS. Association of blood lead and tibia lead with blood pressure and hypertension in a community sample of older adults. *Am J Epidemiol* 2006;163(5):467-78.
- 10) Moller L, Kristensen TS. Blood lead as a cardiovascular risk factor. *Am J Epidemiol* 1992;136(9):1091-100.
- 11) Nash D, Magder L, Lustberg M, Sherwin RW, Rubin RJ, Kaufmann RB, Silbergeld EK. Blood lead, blood pressure, and hypertension in perimenopausal and postmenopausal women. *JAMA* 2003;289(12):1523-32.
- 12) Jain NB, Potula V, Schwartz J, Vokonas PS, Sparrow D, Wright RO, Nie H, Hu H. Lead levels and ischemic heart disease in a prospective study of middle-aged and elderly men: the VA normative aging study. *Environ Health Perspect* 2007;115:871-5.
- 13) Pirkle JL, Schwartz J, Landis JR, Harlan WR. The relationship between blood lead levels and blood pressure and its cardiovascular risk implications. *Am J Epidemiol* 1985;121(2):246-258.
- 14) Schwartz J. Lead, blood pressure, and cardiovascular disease in men and women. *Environ Health Perspect* 1991;91:71-5.
- 15) Schwartz J. Lead, blood pressure, and cardiovascular disease in men. *Arch Environ Health* 1995;50:31-7.
- 16) Tsaih SW, Korrick S, Schwartz J, Amarasiwardena C, Aro A, Sparrow D, Hu H. Lead, diabetes, hypertension, and renal function: the normative aging study. *Environ Health Perspect* 2004;112:1178-82.
- 17) Lustberg M, Silbergeld E. Blood lead levels and mortality. *Arch Intern Med* 2002;162:2443-9.
- 18) Muntner P, Menke A, DeSalvo KB, Rabito FA, Batuman V. Continued decline in blood lead levels among adults in the United States: the National Health and Nutrition Examination Surveys. *Arch Intern Med* 2005;165: 2155-61.
- 19) Pirkle JL, Brody DJ, Gunter EW, Kramer RA, Paschal DC, Flegal KM, Matte TD. The decline in blood lead levels in the United States: the National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES). *JAMA* 1994;272: 284-91.
- 20) Shaper AG, Pocock SJ, Walker M, Wale CJ, Clayton B, Delves HT, Hinks L. Effects of alcohol and smoking on blood lead in middle-aged British men. *Brit Med J* 1982;284:299-302.
- 21) Alessio L, Apostoli P, Crippa M. Influence of individual factors and personal habits on the levels of biological indicators of exposure. *Toxicol Lett* 1995;77:93-103.
- 22) Ministry of Environment. A Study & Survey on the Heavy Metal of the Public Health. Ministry of Environment, Gwacheon. 2005, pp 1-143. (Korean) (translated by Park JU)
- 23) Shin HR, Kim JY. A study on the normal values of lead exposure indices. *Korean J Prev Med* 1986;19:167-76. (Korean)
- 24) Kim DI, Kim YK, Kim JM, Jung KY, Kim JY, Chang HS, Lee YH, Choi AH. The levels of blood lead and zinc protoporphyrin for healthy urban population in Korea. *Korean J Prev Med* 1992;25:287-302. (Korean)
- 25) Kim H, Cho SH. Estimation of the geometric means and the reference values of blood lead levels among Koreans. *J Kor Med Sci* 1994;9:304-12.
- 26) Yang JS, Kang SK, Park IJ, Rhee KY, Moon YH, Sohn DH. Lead concentrations in blood among the general population of Korea. *Int Arch Occup Environ Health* 1996;68:199-202.
- 27) Chung Y, Yang JY, Lee JH, Hwang MS, Jo SJ. Determination of blood lead levels in adolescents in Korea. *J Environ Toxicol* 1999;14(4):189-201. (Korean)
- 28) Hwangbo Y, Kim YB, Lee GS, Lee SS, Ahn KD, Lee BK. A study on liver function indices in male lead workers. *Korean J Occup Environ Med* 2002;14(3) 270-9. (Korean)
- 29) Kim HH, Lim YW, Yang JY, Ho MK, Shin DC. Distribution of inorganic metals in blood of adults in urban area of Seoul, Korea. *J Environ Toxicol* 2004;19(4):327-34. (Korean)
- 30) Chung JH, Kang PS, Kim CY, Lee KS, Hwang TY, Kim GT, Park JS, Park SY, Kim DS, Lim OT, Sakong J. Blood Pb, urine Cd and health assessment of residents in the vicinity of abandoned mines in Gyeongsangbuk-do. *Korean J Occup Environ Med* 2005;17(3):225-37. (Korean)
- 31) Bono R, Pignata C, Scursatone P, Rovere R, Natale P, Gilli G. Updating about reductions of air and blood lead concentrations in Turin, Italy, following reductions in the lead content of gasoline. *Environ Res* 1995;70:30-4.
- 32) Pirkle JL, Kaufmann RB, Brody DJ, Hickman T, Gunter EW, Paschal DC. Exposure of the U.S. population to lead, 1991-1994. *Environ Health Perspect* 1998;106:745-50.
- 33) Zhang ZW, Moon CS, Shimbo S, Watanabe T, Nakatsuka H, Matsuda-Inoguchi N, Higashikawa K, Ikeda M. Further reduction in lead exposure in women in general populations in Japan in the 1990s, and comparison with levels in east and south-east Asia. *Int Arch Occup Environ Health* 2000;73:91-7.
- 34) Paul M, Andy M, Karen BD, Felicia AR, Vecihi B. Continued decline in blood lead levels among adults in the United States: The National Health and Nutrition Examination Surveys. *Arch Int Med*. 2005;165:2155-61.
- 35) Qu JB, Xin XF, Li SX, Ikeda M. Blood lead and cadmium

- in a general population in Jinan City, China. *Int Arch Occup Environ Health* 1993;65(suppl 1):201S-204S.
- 36) Wu TN, Shen CY, Liou SH, Yang GY, Ko Kn, Chao SL, Hsu CC, Chang PY. The epidemiology and surveillance of blood lead in Taiwan (ROC) : a report on the PRESS-BLL project. *Int Arch Occup Environ Health* 1997;69:386-91.
- 37) Leroyer A, Hemon D, Nisse C, Bazerques J, Salomez JL, Haguenoer JM. Environmental exposure to lead in a population of adults living in northern France : lead burden levels and their determinants. *Sci Total Environ* 2001; 267:87-99.
- 38) Apostoli P, Baj A, Bavazzano P, Ganzi A, Neri G, Ronchi A, Soleo L, Di LL, Spinelli P, Valente T, Minoia C. Blood lead reference values: the results of an Italian polycentric study. *Sci Total Environ* 2002;287:1-11.
- 39) Fertmann R, Hentschel S, Dengler D, Janssen U, Lommel A. Lead exposure by drinking water: an epidemiological study in Hamburg, Germany. *Int J Hygiene Environ Health* 2004;207(3):235-44.
- 40) Okan D, Elan DL, Lulufer T, Ozgur U, Arda Y, Hakan K. Elevated blood lead concentrations in essential tremor: A case-control study in Mersin, Turkey. *Environ Health Perspect* 2007;115(11):1564-8.
- 41) Weyermann M, Brenner H. Alcohol consumption and smoking habits as determinants of blood lead levels in a national population sample from Germany. *Arch Environ Health* 1997;52(3):233-9.
- 42) Watanabe T, Kasahara M, Nakatsuka H, Ikeda M. Cadmium and lead contents of cigarettes produced in various areas of the world. *Sci Total Environ* 1987;66:29-37.
- 43) Sherlock JC, Pickford CJ. White GE lead in alcoholic beverages. *Food Add Contam* 1986;3:347-54.
- 44) Hwang HJ, Moon DH, Park MH, Kim JH, Hwang YS, Lee YH, Park SK, Han YS. A study on concentration of five heavy metals in tobacco on the market. *Inje Medical Journal* 1998;19(2):713-21. (Korean)
- 45) Chung GR, Kim BG, Hong YS, Lee YE, Kim JY. The level of blood lead and zinc protoporphyrin for healthy urban and rural population in Korea. *The Dong-A Journal of Medicine* 1996;8(1):53-62.
- 46) Ministry of Environment. Lead (Pb) Concentrations in Major Cities. *Environmental Statistics Yearbook 2007*, Ministry of Environment, Gwacheon, 2007, pp 219. (Korean) (translated by Park JU)