

自動車工場 勤勞者中 납땀공의 血中 카드미움과 鉛含量에 關한 調査研究

高麗大學校 醫科大學 豫防醫學教室 및
環境醫學 研究所

(指導：車 喆 煥 教授)

尹 培 重

Abstract=

Cadmium and Lead Concentrations in Blood of Solderers among Autoworkers

Bae-Joung Yun, M.D.

*Department of preventive Medicine, College of Medicine,
Institute for Environmental Health, Korea University
(Director: Chul-Whan Cha, M.D., Ph.D.)*

Economic development of Korea brought rapid progress and expansion of her industries. Accordingly, number of workers who have been exposed to hazardous metals are increasing. For better understanding the significance of on the job human metal pollution, a total of 22 solderers among autoworkers and 28 controls among medical students was purposively selected as samples of the study. From their blood, concentrations of cadmium and lead were measured with atomic absorption spectrophotometer, and to compare with statistical indices of controls those of solderers were summarized as follows.

1. Each frequency distribution of cadmium and lead concentration in blood of solderers was more positively skewed showing non-Gaussian distribution.
2. Interindividual variation of lead concentration in blood of solderers was markedly revealed.
3. Each mean of cadmium and lead concentration in blood of solderers was higher than that of controls(Cd; $p < 0.01$, Pb; $p < 0.01$).
4. Relative ratio of cadmium concentration in blood of solderers to that of controls was 1.36 by arithmetic mean and 1.39 by geometric mean.

Relative ratio of lead concentration in blood of solderers to that of controls was 1.53 by arithmetic mean and 1.30 by geometric mean.

5. It was shown that concentration of lead is slightly correlated with that of cadmium both in solderers and controls(solderers; $p < 0.1$, controls; $p < 0.1$).

I. 緒 論

地球上에 存在하는 金屬은 約 80여종에 달하고 있으며, 이들 금속물질에 의한 人體汚染은 自然的으로 일어날 수 있으나 주로 金屬의 採鑛, 製鍊, 精鍊 및 가공과 火石燃料의 연소, 산업장에서의 金屬使用 등과 같은 産業活動으로부터 발생된다. 특히 金屬의 상품적 가치가 인정됨에 따라서 금속이나 그 화합물을 포함하고 있는 촉매제에 기초를 둔 금속취급 산업장 數의 증가는 人間과 環境의 중요한 金屬汚染源이 되고있다¹⁾.

汚染源에서 排出된 金屬物質은 공기, 물, 식품을 汚染시키고, 이것은 다시 호흡기, 소화기 및 피부를 통해서 體內로 들어온다. 體內에 들어온 各種金屬은 血液을 통하여 축적되는 標的臟器가 다를 뿐 아니라 量에 따라 生體反應도 다양하다¹⁾²⁾³⁾⁵⁾. 따라서 金屬暴露에 의한 人體汚染을 파악하기 위해서는 環境內 金屬汚染量을 예민하게 반영해주는 金屬物質 및 혈액, 모발, 소변, 체액분비물, 생체조직 등과 같은 生體試料의 種類 그리고 人體汚染程度를 나타내 주는 指標 선정이 중요한 문제로 대두된다.

金屬物質 및 生體試料의 種類 그리고 汚染程度의 指標 선정은 그 목적에 따라 다르기는 하나, Biological monitoring을 위한 금속물질의 종류는 Cd, Pb Hg 같은 有害重金屬이 흔히 利用되고 있으며, 生體試料의 種類는 血液이 그리고 生體汚染程度의 指標로서는 血中 金屬量이 선택되고 있다¹⁾²⁾³⁾.

最近 우리나라의 경제개발 정책은 重化學 工業에 초점을 맞추고 있기 때문에 重金屬에 暴露되는 勤勞者의 人口가 해가 지남에 따라 증가하고 있다. 이들 勤勞者에 對한 건강관리는 勤勞基準法에 외거한 특수건강간단을 실시하고는 있으나, 有害金屬 暴露에 對한 人體汚染程度를 예민하게 반영시켜 주는 血中 Cd, Pb 含量을 利用하여 Biological monitoring을 목적으로 한 연구보고는 극히 적다¹³⁾.

그러므로 著者는 自動車 제조공장 근로자중 납땜공과 대조군으로서 금속폭로의 경험이 없는 의과대학생의 血液內 Cd Pb 含量을 測定한 후 대조군에 대한 납땜공의 汚染程度를 相對的으로 파악하고, 아울러 血液內 Cd과 Pb含量間 상관성을 조사하였다.

II. 研究 方法

1. 調查對象

1981年 6月中 이틀간 자동차 제조공장에서 작업중인 납땜공 22名을 대상으로 血液 5~10ml를 채취하였으며, 대조군으로는 납땜공의 연령을 고려하여 고려대학

교 의과대학생중 남학생 28名을 抽出하여 (purposively sampled) 1981年 7月中 1日間 혈액 5~10ml를 생체시료로 채취하였다. 조사대상자의 연령과 납땜공의 근무기간은 표 1과 같다.

Table 1. Classification of subjects.

Subjects	Number of subjects	Age mean(range)	Service months mean(range)
Solderers	22	27(21~38)	27(9~57)
Controls	28	25(24~30)	

2. 實驗方法

채취된 정맥혈 5~10ml는 各各 0.1ml까지 秤量한 후 公害關係 分析法(1974)⁴⁾에 準하여 窒酸과 過氫素酸(5:1)으로 濕式灰化시키고 Sodium-diethyl-dithiocarbamate로 Chelate化合物을 생성시켜 Methylisobutyl ketone (MIBK)으로 抽出하였으며, 이것은 原子吸光度計(Atomic absorption spectrophotometer; Shimadzu AA-630, 11)를 利用하여 분석하였다.

이때 金屬別 吸光度 測定波長은 各各 Cd-232. 8nm, Pb-283. 3nm로 調節하였으며, 各 金屬의 標準系列과 比較하여 定量측정하였다. 各 金屬의 표준용액은 원자흡광 분석용 표준시약(日本 和光純藥製)을 利用하였다

3. 統計方法

血中 金屬含量의 分布는 非定規分布(non-Gaussian distribution)로 알려져 있기 때문에, 대조군과 납땜공의 平均值間 有意性檢定으로서 Wilcoxon's test를 利用하여 各측검정을 시행하였으며, 血中 Cd과 Pb 含量間 相關關係는 有意性 檢定으로서 Spearman's correlation rank test를 利用하여 양측검정을 시행하였다¹¹⁾¹⁹⁾.

III. 成績 및 考察

1. 카드미움(Cadmium)

대조군과 납땜공의 血中 Cd 含量의 度數分布와 統計値는 그림 1 및 표 2에서 보는 바와 같다.

非對稱度(skewness)와 尖度(kurtosis)는 대조군에서 各各 -0.01, 1.86이었고, 납땜공에서 各各 0.86, 2.52로 대조군에 비해서 납땜공이 左非對稱(positively skewed)이고 예리한 峰을 보이고 있는 非定規 分布의 양상을 나타내고 있다.

변이계수는 대조군 46%, 납땜공 48%로 모두 個體間 變異가 심한 것을 나타내고 있으나, 두 群사이의 변이계수 차이는 微微하다.

평균치는 대조군에서 산술평균이 1.80 μ g/100g, 기하

평균이 1.57 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 납땜공에서 산술평균이 2.44 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 기하평균이 2.18 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 대조군에 비해서 납땜공에서 높은 평균치를 보이고 있다(Wilcoxon's test $p < 0.01$). 대조군에 대한 납땜공의 血中 Cd 含量的 相對比는 산술평균치로는 1.36배, 기하평균치로는 1.39배였다.

Cd의 度數分布가 非定規分布의 양상을 보인 것은 Imbus (1963)⁶⁾와 朱(1979)¹⁴⁾에 의한 성적과 일치하였다.

대조군의 산술평균치 1.80 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 을 직업적으로 금속에 비폭로된 성인 남자의 혈중 Cd 함량을 測定한 Imbus(1963)⁶⁾, Butt(1964)⁷⁾, Ediger(1973)⁸⁾, Posma (1975)⁹⁾, Hecker(1974)¹⁰⁾, Clausen(1977)¹¹⁾, 太田直一(1960)¹²⁾, 車(1978)¹³⁾, 朱(1979)¹⁴⁾에 의해 보고된 성적과 비교하면 그림 2에서 보는 바와 같이 최저 0.12 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 에서 최고 4.01 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 사이에서 중간 정도의 성적을 보이고 있다.

또한 납땜공에서 血中 Cd 含量的의 평균치가 대조군의 그것에 비해서 높은 것은, Cd에 고농도로 폭로 됐을 때 보여지는 현상인지 아니면 선택된 표본(selected sample)에 의한 것인지는 앞으로 조사해야 할 문제지만, Welinder (1977)¹⁵⁾는 typewriter 공장에서 Cd에 폭로된 납땜공의 血中 Cd 含量的의 최고치를 4.9 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 로 보고하고 있어 본 조사의 납땜공의 최고치 4.9 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 과 일치하였으며, Kjellström(1977)¹⁾은 축진지 공장에 새로 고용된 근로자들에서 Cd 폭로후 한 달동안 혈중 Cd 함량은 계속 증가한다고 보고하고 있다. 따라서 본 조사의 납땜공에서의 혈중 Cd 함량의 증가는 작업환경내 空氣中 Cd 농도의 증가에 의한 결과라 믿어진다. 실제로 Friberg (1974)¹⁾와 Bogden (1974)²³⁾은 고농도 Cd에 단기 폭로될 경우 폭로량에 따른 체내 축적량의 변화는 Cd의 標的臟器인 腎臟보다는 血中 含量이 예민하다고 하였고, Psicator(1974)는 Cd에 폭로된 근로자의 Cd 혈중함량의 증가는 최근 폭로에 대한 지표라 하였다.

Table 2. Statistical indices of blood Cd concentration in the two examined groups.

	Controls	Solderers
Arith. mean	1.80 $\mu\text{g}/100\text{g}$	2.44 $\mu\text{g}/100\text{g}$
Geomet. mean	1.57 $\mu\text{g}/100\text{g}$	2.18 $\mu\text{g}/100\text{g}$
Stand. deviation	0.83	1.16
Coeff. of variance	46%	48%
Skewness	-0.01	0.68
Kurtosis	1.86	2.52

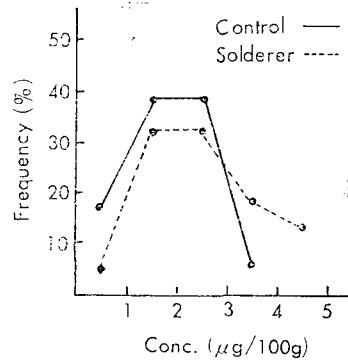


Fig. 1. Samples frequency(%) polygon by Cd concentration in blood.

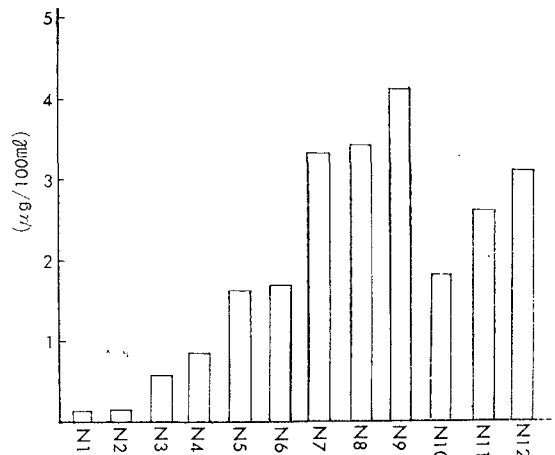


Fig. 2. Comparisons of Cd levels in whole blood of adults with other studies.

Source: N1: R.D. Ediger (1973)⁸⁾
 N2: F.D. Posma (1975)⁹⁾
 N3: L.H. Hecker (1974)¹⁰⁾
 N4: H.R. Imbus (1963)⁶⁾
 N5: J. Clausen (1977)¹¹⁾
 N6: L.H. Hecker (1974)¹⁰⁾
 N7: 太田直一(1976)¹²⁾
 N8: 太田直一(1976)¹²⁾
 N9: 太田直一(1966)¹²⁾
 N10: This study (1981)
 N11: T.S. Choo (1979)¹⁴⁾
 N12: C.W. Cha (1978)¹³⁾

2. 鉛(Lead)

대조군과 납땜공의 血中 Pb 含量的의 度數分布와 統計値는 그림 3 및 표 3에서 보는 바와 같다.

非對稱도와 尖度는 대조군에서 各各 0.28, 2.69였으며, 납땜공에서 各各 2.57, 10.84로 대조군에 비해서 납땜공이 左非對稱이 심하고 예리한 峰을 이루는 非定規分布의 양상을 보이고 있다.

변이계수는 대조군에서 43%, 납땜공에서 66%로 모두 個體間 變異가 심하고 특히 납땜공에서 현저했다.

평균치는 대조군에서 산술평균이 23.83 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 기하평균이 21.19 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 납땜공에서 산술평균이 32.50 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 기하평균이 27.60 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 대조군에 비해서 납땜공에서 높은 평균치를 보이고 있다(Wilcoxon's test, $p < 0.01$).

대조군에 대한 납땜공의 相對比는 산술평균으로 1.53 배, 기하평균으로 1.3 배였다.

Pb의 度數分布가 非定規分布를 보인 것은 Rastogi (1977)¹⁹⁾의 보고와 일치하였다. 대조군의 산술평균치 23.83 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 을 직업적으로 혈중 Pb 함량을 測定한 報告中 Goldwater(1967)¹⁶⁾와 車(1978)¹³⁾에 의한 성적을 引用하여 평균치만 비교하면 그림 4에서 보는 바와 같이 최저 11 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 에서 최고 26 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 사이에서

Table 3. Statistical indices of blood Cd concentration in the two examined groups.

	Controls	Solderers
Arith. mean	23.83 $\mu\text{g}/100\text{g}$	32.5 $\mu\text{g}/100\text{g}$
Geomet. mean	21.19 $\mu\text{g}/100\text{g}$	27.60 $\mu\text{g}/100\text{g}$
Stand. deviation	10.33	21.39
Coeff. of variance	43%	66%
Skewness	0.23	2.57
Kurtosis	2.69	10.84

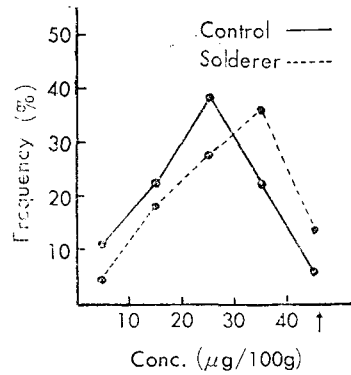


Fig. 3. Samples frequency(%) polygon by Pb concentration in blood.

높은 수준의 성적을 얻었다.

또한 납땜공에서 血中 Pb 含量이 대조군의 그것에 비해서 높은 것은 기대했던 결과로서 Clausen(1977)¹⁹⁾이 자동차공장 근로자를, 車(1978)¹³⁾가 금속취급근로자를 대상으로 조사한 결과와 같았으며, 작업환경내 공기중 Pb 농도를 잘 반영시켜 주는 것으로 생각된다 실제로 William(1966)¹⁷⁾은 축전지공장 근로자에서 Pb의 혈중 함량과 작업환경내 공기중 농도사이의 상관성은 매우 높은 것으로 보고하고 있으며, Sakurai(1974)²⁵⁾는 Cable생산공장 근로자에서 혈중 Pb 함량은 공기

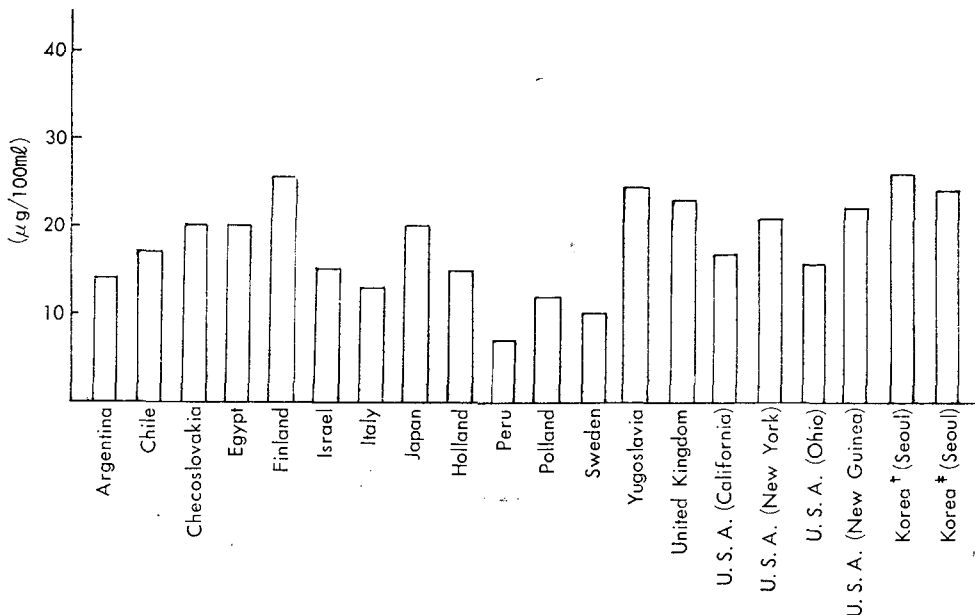


Fig. 4. International comparison of Pb levels in whole blood of adults.

Source : L.J. Goldwater (1967)¹⁶⁾
 + C.W. Cha (1978)¹³⁾
 * This study 1981)

중 Pb농도를 잘 반영시키는 것으로 보고하고 있다.

3. 카드미움과 납의 相關關係

血液中 Cd과 Pb의 相關性을 보기 위해서 대조군과 납땀공 各各 7s(Spearman's correlation coefficient)를 구해 본 결과 대조군에서 0.318, 납땀공에서 0.368로 대조군과 납땀공 各各 통계적으로 유의했다(controls; $p < 0.1$, Solderers; $p < 0.1$).

이것은 모발을 分析한 Petering(1973)²⁰⁾과 宋(1979)²¹⁾ 그리고 血液을 分析한 Bogden(1974)²³⁾의 보고와 일치하였다. Cd과 Pb의 상관성에 대해 Bogden은 혈액내 Pb 含量이 증가하는 것은 Pb에 의한 環境汚染때문이며 Cd은 Pb과 함께 人體에 흡수되는 것으로 설명하였고, Clausen(1977)¹⁴⁾은 혈중에서 Pb와 다른 金屬이 상관관계가 있다면 共通된 人體汚染源에 폭로된 결과로 가정하고 있다. 따라서 본 조사의 대조군에서 Cd과 Pb의 상관성은 各個人이 大氣汚染이라는 공통된 人體汚染源에 暴露된 結果로 해석할 수 있으며, 실제로 車(1977)²²⁾는 서울 시내 大氣中에서 Cd과 Pb이 함께 검출되고 있음을 보여주고 있다. 납땀공에서 Cd과 Pb의 상관성은 자동차에 납땀할때 발생하는 금속 fume에 동일 폭로된 결과로 해석되어 진다. 실제로 납땀에 使用되는 납땀봉에는 Pb,Cd과 그리고 다른 有害金屬이 多量含有된 것으로 알려져 있다.

V. 要 約

납땀공 22명과 대조군으로서 의과대학생 28명을 對象으로 血液을 5~10ml 채취하여 Cd, Pb 含量을 測定한 후 대조군에 대한 납땀공의 血中 含量의 統計値를 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 혈중 Cd과 Pb의 분포양상은 대조군과 납땀공 모두 비정규분포를 보이고 있으며, 대조군보다 납땀공에서 左非對稱으로 심하게 치우치면서 예리한 峰을 보이고 있다.
2. 혈중 Cd과 Pb함량의 개체간 변이는 대조군과 납땀공 모두 심하였으며, 특히 Pb의 경우 대조군보다 납땀공에서 심하였다.
3. 대조군에 대한 납땀공의 혈중 Cd과 Pb 함량의 평균치는 Cd과 Pb의 경우 각각 통계적으로 유의했다 (Cd; $p < 0.01$, Pb; $p < 0.01$).
4. 혈중 Cd 함량의 상대비는 산술평균으로 1.36배, 기하평균으로 1.39배였다.
5. 혈중 Pb 함량의 상대비는 산술평균으로 1.53배, 기하평균으로 1.30배였다.
6. 혈중 Cd과 Pb 함량사이의 상관관계는 대조군과 납땀공에서 各各 통계적으로 유의했다(controls; $p < 0.1$, solderers; $p < 0.1$).

參 考 文 獻

1. L. Friberg et al. : *Handbook on The Toxicology of Metals, 1st ed., Elsevier/North-Holland and Biomedical Press, Amsterdam, 1979.*
2. J. Doull et al. : *Toxicology, 2nd ed., Macmillan Publishing Co., Inc., New York, 1980.*
3. L.S. Goodman et al. : *The Pharmacological basis of Therapeutics, 6th ed., Macmillan Publishing Co., Inc., New York, 1980.*
4. 公害關係の分析法と解説 : 神奈川縣, 公害對策事務局, 東京, 1974.
5. H.A. Schroeder et al. : *Abnormal Trace Metals (Cadmium) in Man, J. Chronic Disease, 14 : 236, 1961.*
6. H.R. Imbus et al. : *Boron, Cadmium, Chromium, Nickel in Blood and Urine, Arch. Environ. Health, 6 : 286, 1963.*
7. E.M. Butt et al. : *Trace Metal Levels in Human Serum and Blood, Arch. Environ. Health, 8 : 52, 1964.*
8. R.D. Ediper et al. : *Determination of Cd in Blood by a Delvus Cup Technique, Arch. Environ. Health. 12 : 2, 1973.*
9. F.D. Posma et al. : *Microdetermination of Cd and Pb in Whole blood of by Flameless using Carbon-Tube and Casbon-Cup as Samples Cell and comparison with Flame studies, Annal. Chem., 47 : 834, 1975.*
10. L.H. Hecker et al. : *Heavy Metal Levels in Acculturated and Unacculturated Populations, Arch. Environ. Health, 29 : 181, 1974.*
11. J. Clausen et al. : *Heavy Metal Pollution among Autoworkers II. Cd, Cr. Cu. Mn. and Ni., Brit. J. Indust. Medicine, 34 : 216, 1977.*
12. 太田直一等 : 人體臟器の水銀含量, 日化, 87 : 45, 1966.
13. 車喆煥 : 血液, 毛髮 및 尿中 重金屬含量에 關한 調査研究, 78年度 政策課題學術研究報告書, 1978.
14. 朱宅昭等 : 韓國人의 血中 重金屬含量에 關한 研究, 最新醫學, 22 : 159, 1979.
15. H. Welinder et al. : *Cadmium Metabolism in Man, Brit. J. Indust. Medicine, 34 : 222, 1977.*
16. L.J. Goldwater et al. : *An International Study of "Normal" Levels of Lead in Blood and*

- Urine, Arch. Environ. Health, 15 : 60, 1967.*
17. M.K. Williams et al. : *An Investigation of Lead Absorption in an Electric Accumulator Factory with The Use of Personal Samplers, Brit. J. Indust. Medicine, 26 : 202, 1969.*
 18. K. Sumino et al. : *Heavy Metal in Normal Japanese Tissue Amounts of 15 Heavy Metals in 30 Subjects, Arch. Environ Health, 30 : 487, 1975.*
 19. S.C. Rastogi et al. : *Heavy Metal Pollution among Autoworkers. I. Lead, Brit. J. Indust. Medicine, 34 : 208, 1977.*
 20. H.G. Petering et al. : *Trace Metal Content of Hair, Arch. Environ. Health, 27 : 327, 1973.*
 21. 宋東彬 : 韓國人 毛髮中の 微量 重金屬 含量에 關한 研究, 豫防醫學會誌, 12 : 79, 1979.
 22. 車喆煥 : 서울 시내 大氣汚染度 調査研究—重金屬을 中心으로, 1977年度 政策課題學術研究報告書, 1977.
 23. J.D. Bogden et al. : *Cadmium, Lead and Zinc Concentration in Whole Blood Samples of Children, Environmental Science and Technology, 8 : 740, 1974.*
 24. J. Kubota et al. : *Copper, Zinc, Cadmium, Lead in Human Blood from 19 Locations in the United States, Arch. Environ. Health, 16 : 788, 1968.*
 25. H. Sakurai et al. : *Biological Response and Subjective Symptoms in Low Level Lead Exposure, Arch. Environ. Health, 29 : 156, 1976.*
-