

韓國人的 各臟器組織中の 微量重金屬 元素分布：鉛 카드뮴 및 銅의 含量

中央大學校 文理科大學 化學科

張 成 吉*・文 炳 烈**

中央大學校 醫科大學 豫防醫學教室

鄭 奎 澈***

=Abstract=

A Study on Distribution of Heavy Metals in Normal Korean Tissues: Lead, Cadmium and Copper Contents

Seong-Gil Jang, and Bynug-Yul Moon

*Department of Chemistry, College of Liberal Arts and Sciences, Chung-Ang University,
Seoul, 151 Korea*

Kyou-Chull Chung

*Department of Preventive Medicine and Community Health, College of Medicine, Chung-Ang University
Seoul, 151 Korea*

For the purpose of investigation to identify the quantities of heavy metals contained in the tissues of the Korean people, a series of analyses was conducted with atomic absorption spectrophotometry to measure the amount of lead, cadmium and copper distributed in various tissues, such as brain, liver, kidney, heart, lung, spleen, large intestine, hair, muscle, fat, stomach, costal cartilage, blood and urine, obtained from 30 cadaverous bodies who were believed not exposed to the said heavy metals during their life time either occupationally or therapeutically.

1. Lead content:

Inter-individual difference was noted in lead contents in each tissue, vis., the average content of lead in hair was the highest with 14.90 ± 9.74 ppm. The next was in costal cartilage that contained 5.56 ± 3.86 ppm. The average contents of lead in liver, kidney and muscle were the lowest in value, showing 1.11 ± 0.92 ppm, 0.73 ± 0.48 ppm and 0.06 ± 0.06 ppm, respectively,

The lead contents in tissues of children under the age of 10 were significantly lower than those of adults, and the higher values were shown in males than in females in general. The lead contents in most of the tissues such as hair, costal cartilage, kidney, lung, fat, stomach, large intestine, heart, muscle and urine were well correlated with age.

2. Cadmium content:

The average content of cadmium in kidney appeared to be the highest of other tissues showing 20.72 ± 9.82 ppm, and liver came next with the value of 1.17 ± 0.99 ppm. It was estimated that

*Instructor, **Professor, ***Professor

83.9% of the total cadmium absorbed into the body was stored in kidney, 4.7% in liver, and the remaining 11.4% was distributed in the rest of the tissues.

Cadmium contents in tissues showed difference between both sexes showing higher values in the females than in the males, which was quite contrary to the lead content. Cadmium contents in tissues steadily increased in amount with age, showing a significant correlation with age in all tissues.

3. Copper content:

The average content of copper in hair was the highest with 10.36 ± 2.21 ppm, and liver came next with 6.31 ± 1.24 ppm. The copper that was absorbed into the body was distributed in each tissue: 29.9% in hair, 18.2% in liver, 5~11.0% in brain, heart and kidney, and 3.0~3.5% in stomach, blood, and lung.

The copper contents in tissues of children under the age of 10 showed significantly higher values in liver, kidney, heart and large intestine than those of the adults. The copper contents in brain, costal cartilage and fat were well correlated with age showing the highest correlation coefficient of 0.870 ($p < 0.01$) in brain tissue. There was no difference in copper contents in tissues between both sexes, and the values were, in general, lower than those for Japanese.

I. 머리 말

重金屬이 健康에 미치는 影響에 對하여는 일찍부터 産業醫學의 側面에서 많이 研究되어왔다. 그러나 近年에와서 各種 産業이 發達하여 工場에서 排出되는 廢氣 및 廢水에 의한 大氣, 河川, 土壤이 汚染되고 나아가서는 農作物, 水産物, 畜産物 등의 食品이 汚染되어 工場 周圍에 居住하는 住民에게는 直接的으로 한편 汚染 食物의 連鎖에 의하여 間接적으로 一般住民에게까지 鉛, 카드뮴, 水銀, 砒素等 各種 金屬에 의한 健康障害를 일으키는 事例가 發生하여 커다란 社會問題로 擡頭되고있다. 重金屬은 人間의 生活環境을 汚染시키는 根源物質로서 公衆保健學 分野에서 많이 研究되고 있으나, 이와 密接한 關係가 있는 物理, 化學, 生物 分野에서도 이 많은 研究가 이루어지고 있다.

이 研究는 分析化學의 見地에서 基礎醫學 特別 豫防醫學의 으로 重金屬의 人體內 吸收程度를 把握하기 위하여 試圖된 것이다. 人體內에 吸收된 重金屬量은 住民들의 食生活習慣, 食物의 種類, 地理의 條件, 또는 環境汚染程度에 따라 差異가 있을 뿐 아니라 時代의 으로도 變動이 있을 것으로 짐작된다. 그러나 아직까지 우리나라 一般住民들의 體內에 吸收된 重金屬量에 對하여는 調査報告된바 없으므로 于先 各臟器組織中에 含有된 鉛, 카드뮴 및 銅의 量을 分析하여 報告하는 바이다.

II. 研究材料 및 方法

1. 試料蒐集

人體의 各臟器組織은 1981年 1月부터 同年 10月까지

國立科學搜查研究所에서 實施한 剖檢體 30具에서 얻었다.

이들 對象者는 男子 20名 女子 10名이었고, 平均年齡은 27歲였고 10歲以下 6名, 10代 5名, 20代 및 30代 各 6名, 40代 4名, 그리고 50代 3名이었다. 生前의 住居地는 大部分 서울地區이었고 職業은 學生 6名, 商業 8名, 家庭主婦 5名, 會社員 7名, 無職 4名이었고 職業의 으로 重金屬에 暴露된 經驗이라든가 藥物中毒으로 死亡한 者는 除外하였다. 死亡原因을 分類하여 보면 煉炭가스中毒 8例, 絞殺 및 暴行致死 12例, 交通事故 9例, 死因未詳 2(高血壓推定) 例이었다.

試料는 死亡後 24時間 以內的 新鮮한 屍體에서 腦, 肋軟骨, 肝臟, 心臟, 腎臟, 肺臟, 脾臟, 胃, 大腸, 筋肉, 脂肪, 頭髮等 各臟器組織의 一部를 摘出하여 蒸留水로 씻어 血液을 除去한 다음 polyethylene병에 넣어 分析할때까지 -20°C 의 冷凍機에 넣어 貯藏하였다.¹⁾

한편, 尿는 剖檢時 膀胱內에 남아있는 尿를 採取하여 polyethylene병에 담고, 沈澱에 의한 金屬의 損失과 尿의 分解를 防止하기 爲하여 尿 50ml당 5N-HCl 0.5 ml를 加하여 酸性化시킨 後 -20°C 冷凍機에 保管하였다가 使用하였다.²⁾³⁾

血液은 屍體剖檢時 心臟內에 凝血되지 않고 남아있는 流動血液(急性死일 경우 대체로 凝血 되지 않고 流動血로 心臟內에 存在함)을 採取하여 Sodium heparin 5mg을 含有한 Polyethylene병에 담아 -20°C 冷凍機에 保存하여 分析試料로 使用하였다.⁴⁾

2. 試藥

(1) 2% (w/v) Ammonium pyrrolidine dithiocarbamate (APDC): APDC 2g을 蒸留水에 溶解하여 100ml

로 하였고 使用할때 마다 調製하였다.

(2) 1%(w/v) Sodium diethyldithiocarbamate (DD-TC): DDTC 1g을 蒸留水에 溶解하여 100ml로 하였고, 使用 할때마다 調製하였다.

(3) Methyl isobutyl ketone (MIBK): 분액여두에 MIBK와 蒸留水를 2:1의 比率로 넣고, 20分間 混合한 後 10分間 放置하고 水層은 分離하여 버리고 MIBK層만을 取한다.

(4) Methyl orange指示藥 溶液: M.O 100mg을 蒸留水 100ml에 溶解한 0.1%水溶液을 4倍로 묽혀서 使用하였다.

(5) 0.1% Bromo thymol blue指示藥 溶液: BTB 100mg을 ethyl alcohol 20ml에 溶解하여 蒸留水로서 100ml로 하였다.

(6) 25% (w/v) Potassium sodium tartrate: 25g을 蒸留水 75ml에 溶解하였다.

(7) Ammonium sulfate飽和溶液: Ammonium sulfate를 溫水에 溶解하여 結晶이 析出한뒤 上澄液을 使用하였다.

(8) 灰化液: 진한 窒酸과 黃酸을 5:2의 比率로 混合한다.

(9) Nitric acid, Perchloric acid, Sulfuric acid, Hydrochloric acid, Ammonia water는 原子吸光用(日本, 和光純藥工業株式會社製品)인 有害金屬 測定用을 使用하였다.

(10) 標準原液⁵⁾

(i) 鉛標準溶液은 原子吸光分析用(日本, 和光純藥工業株式會社 製品)인 Pb 1000ppm/L (factor=0.99, 20°C)을 50ml取해서 蒸留水를 加하여 500ml로한 溶液을 標準原液(100 μ g/ml)으로 하였다.

위의 標準原液 5ml를 取해서 窒酸 1ml를 加하여 蒸留水로서 500ml로한 後 그 溶液을 稀釋하여 標準溶液系列로 하였다. 이때 使用한 蒸留水는 液體크로마토그라피用(日本, 和光純藥工業株式會社製品)이다.

(ii) 카드뮴標準溶液은 原子吸光分析用(日本, 和光純藥工業株式會社 製品)인 Cd 1000ppm (factor=1.01, 20°C)을 50ml取해서 蒸留水를 加하여 500ml로한 溶液을 標準原液(100 μ g/ml)으로 하였다.

위의 標準原液 5ml를 取해서 묽은 窒酸(1:99)로서 500ml로 하였다. 그 溶液 5, 10, 15, 20, 25, 30ml를 各各 100ml 메스후라스크에 取하고 묽은 窒酸으로 100ml로 定用하였다.

各各 20ml中에는 Cd로서 1, 2, 3, 4, 5, 6 μ g가 含有된 溶液을 標準溶液系列로 하였다.

(iii) 銅標準溶液은 原子吸光分析用(日本, 和光純藥工業株式會社 製品)인 Cu 1000ppm (factor=1.01, 20°C)을 50ml 取해서 蒸留水를 加하여 500ml로한 溶液

을 標準原液(100 μ g/ml)으로 하였다. 위의 標準原液 5ml를 取해서, 묽은 窒酸(1:99)로서 500ml로 하였다. 그 溶液 5, 10, 15, 20, 25, 30ml를 各各 100ml메스후라스크에 取하고 묽은 窒酸(1:99)으로 100ml로 定用하였다.

各各 20ml中에는 Cu로서 1, 2, 3, 4, 5, 6 μ g가 含有된 溶液을 標準溶液系列로 하였다.

3. 試料의 灰化

(1) 臟器組織^{5) 6) 7)}

腎臟, 肝臟, 腦, 心臟, 脾臟, 肺臟, 胃, 大腸, 筋肉, 脂肪等 各臟器組織 10~20g(wet weight)을 正確히 秤量하여 磁製도가니에 넣고 乾燥爐에서 70°C~100°C로 約 10時間 加熱하여 完全히 乾固시킨 後 爐에넣고 한 時間마다 50°C~60°C의 溫度를 높여서 加熱하여 400°C~470°C에서 20時間 灰化하였다. 殘存炭素가 인정될때에는 過鹽素酸 및 窒酸을 各各 5ml씩 加하여 시계접시를 덮고 熱板床에서 炭素를 分解한 後 시계접시를 除去하고 過鹽素酸을 蒸發除去하여 거의 乾固한 後, 여기에 1N-鹽酸을 12ml를 加하고 다시 加溫하여 結晶을 溶解시킨다음 이를 冷却하였다. 이것을 容量후라스크에 옮겨서 전용량을 100ml로 하였다.

空試驗도 並行하였다.

(2) 肋軟骨^{8) 9)}

各試料의 겉表面에 附着된 筋肉을 除去한 後 各各 10~15g (wet weight)을 正確히 秤量하여 130°C의 乾燥爐속에서 12時間 乾燥시킨 後 電氣爐에 넣고 470°C以下에서 18時間동안 灰化하였다.

灰化된 試料에 Conc-HNO₃ 20ml를 加하여 熱板床에서 加熱하고, 過量의 酸을 蒸發除去한 後 다시 1N-HCl 25ml를 加하여 殘留物을 加熱 溶解시켰다. 이것을 容量후라스크에 넣고 蒸留水를 加하여 100ml로 하였다.

(3) 血液 및 尿^{2) 4) 10)}

血液 10ml와 尿 40ml를 各各 Kjeldahl flask에 넣고 灰化液(窒酸과 黃酸 5:2 v/v) 20ml씩 混合하여 弱하게 加熱하였다.

거품이 심하게 일어날 때는 Octyl alcohol 數滴을 加하여 調整하였다.

그 溶液에서 過量의 酸을 蒸發 除去한 後 數分間 冷却하여 放置하고 最終酸化는 過酸化水素 10ml씩 加하여 無色 혹은 軟黃色이 될때까지 灰化를 反復하였다. 冷却한 後 容量후라스크에 이진하여 蒸留水에 全容量을 50ml로 하였다.

(4) 毛髮^{4) 11)}

毛髮은 中性洗劑(商品名: 아모레삼푸) 4~6滴을 滴下하여 蒸留水 200ml를 加해서 約 5分間 震盪한다.

그 操作을 2回 反復한 後 蒸留水 200ml로 2回水洗하

고 0.1M EDTA溶液 200ml를 加해서 約 5分間 震盪하여 再次 그것을 glass filter로 濾過한 後 아세톤 40~50ml로서 洗滌하고 常溫에서 항량이 될때까지 乾燥한 後 各各 1g內外로 무게를 正確히 秤量하여 Kjeldahl flask에 넣고 濃黃酸 10ml로 吸濕시킨 後 窒酸 15ml를 加하고 弱하게 加熱하여 灰化시킨 後 燻연기 發生이 끝날때까지 加熱하고 冷却한 後 過酸化水素 5ml씩 加하여 無色 혹은 軟黃色이 될 때까지 灰化를 反復하였다. 冷却한 後 容量 후라스크에 이전하여 蒸留水로 全容量을 50ml로 하였다.

4. 分析方法

鉛은 백남원²⁾, Selander, S.⁴⁾¹⁰⁾ 提虫—⁵⁾ 및 石崎有信¹²⁾ 등이 使用한 APDC-MIBK方法에 의해서 鉛定량을 行하였다.

위의 灰化法으로 調製된 各試料溶液의 一定量을 取하여 150ml의 분액여두에 넣고 Methyl Orange 1~2滴을 加하고 묽은 암모니아水(1:6)로 中和하여 pH를 約 3으로 調整하였다.

黃酸암모늄 飽和溶液 10ml 및 2% Ammonium pyrrolidine dithiocarbamate 溶液 2ml를 加하여 混和하고 5分間 放置 後, Methyl isobuthyl ketone을 正確히 10ml加해서 震盪機로 5分間 震盪하고 10分間 靜置한 後 MI BK層을 分取하여 原子吸光光度計로 吸光度를 測定하였다.

同時에 空試驗도 並行하였다.

카드뮴과 銅은 K. Sumino¹³⁾ 秋山和幸¹⁴⁾과 小泉清太郎¹⁵⁾ 등이 使用한 DDTC-MIBK 原子吸光法으로 定량을 行하였다. 즉 灰化法으로 調製된 各試料溶液의 一定量을 取하여 150ml의 分액여두에 넣고 25% potassium sodium tartrate 溶液 5ml, 黃酸암모늄 飽和溶液 10ml, 0.1% Bromo thymol blue指示藥 3滴을 加하고 溶液의 色이 淡黃色으로부터 靑紫色으로 될때까지 암모니아水(1:1)로 中和한 後 蒸留水를 加하여 全液量을 約 50ml로 하였다.

1% Sodium diethyl dithiocarbamate溶液 5ml를 加해서 5分間 放置한 後 Methyl isobuthyl ketone 10ml를 正確히 加하고 震盪機로 5分間 震盪 後 數分間 靜置하여 Methyl isobuthyl ketone層을 分取하여 原子吸光光度計로 그 吸光度를 測定하였다.

別途로 카드뮴標準溶液(Cd 1~6 μ g)과 銅標準溶液(Cu 1~6 μ g)을 같은 方法으로 操作하여 作成한 檢量線으로부터 試料 溶液中의 銅含有量을 求하였다. 同時에 空試驗도 並行하였다.

試料中の 重金屬을 分析하는데 使用한 原子吸光光度計는 aa/ae Spectrophotometer 257(Instrumentation Laboratory)였고 測定條件은 다음과 같았다.

- (1) 光源 : Hollow cathode
- (2) 波長 : 217.0nm(鉛), 228.8nm(카드뮴), 324.7nm(銅)
- (3) 電流 : 5mA(鉛 및 銅), 3mA(카드뮴)
- (4) 間隔幅 : 320 μ m
- (5) 空氣壓力 : 3.5kg/cm²
- (6) 空氣流速 : 15L/min
- (7) 아세틸렌壓力 : 1.1kg/cm²
- (8) 感度 : 0.1 μ g/ml(鉛), 0.01 μ g/ml(카드뮴), 0.03 μ g/ml(銅)

III. 研究成績

1. 鉛의 分布

(1) 各臟器組織別 鉛의 含量

韓國人の 各臟器組織中の 平均 鉛含量은 Table 1에 나타낸 바와같이 毛髮이 14.90 \pm 9.74ppm으로 가장 높고, 그 다음이 肋軟骨로서 5.57 \pm 3.86ppm이다. 그밖의 組織中の 鉛含量은 肝臟에 1.11 \pm 0.92ppm, 腎臟에 0.73 \pm 0.48ppm으로 약간 높았고, 筋肉에는 0.06 \pm 0.06ppm으로 가장 낮았다.

Table 1. The mean concentrations of lead in tissues of 30 Koreans

(ppm. wet weight)		
Tissue	Range	Mean \pm SD
Hair	2.00~53.00	14.90 \pm 9.74
Costal cartilage	1.15~18.23	5.57 \pm 3.86
Liver	0.23~4.00	1.11 \pm 0.92
Kidney	0.08~2.00	0.73 \pm 0.48
Blood	0.02~0.79	0.24 \pm 0.20
Lung	0.06~0.47	0.21 \pm 0.14
Spleen	0.03~0.82	0.19 \pm 0.15
Fat	0.03~0.40	0.13 \pm 0.09
Stomach	0.01~0.35	0.10 \pm 0.08
Brain	0.01~0.78	0.09 \pm 0.14
Large intestine	0.02~0.32	0.08 \pm 0.07
Heart	0.01~0.30	0.07 \pm 0.07
Muscle	0.01~0.25	0.06 \pm 0.06
Urine	0.01~0.18	0.05 \pm 0.05

血液, 肺臟 및 脾臟의 鉛含量은 0.19~0.24ppm범위 내로 分布되어 있어 그 差는 僅少하였다. 脂肪, 腦, 胃, 大腸의 鉛含量은 0.08~0.13ppm으로 極히 少量이 分布되어 있었다. 따라서 臟器別 鉛含量의 平均値 間에는 有意差가 認定되었다.

(2) 各臟器組織內 鉛含量的 性別差異

各臟器組織內的 鉛含量을 性別로 보면 Table 2에 表示한 바와 같이 男性에서 女性보다 대체로 높은 값을 나타냈다. 各臟器組織中的 鉛含量은 毛髮에서 가장 높았고, 그 다음이 肋軟骨이고 肝臟, 腎臟, 血液, 肺臟, 脾臟의 順位로 減少하였으며, 이러한 分布樣相은 男女間에 同一하였다.

(3) 鉛含量的 年齡別 差異

10歲 未滿 어린이의 各臟器組織中的 鉛含量은 成人에 比하여 顯著히 낮았다(Table 3). 어린이의 頭髮中의 鉛含量은 各年齡層成人에 比하여 2~6倍 낮았고 各臟器組織內的 鉛含量도 이와 비슷한 傾向을 나타내었다. 特히 肋軟骨에서는 年齡이 增加할수록 鉛含量이 顯著하게 增加함을 나타내었다.

Table 2. The mean concentrations of lead in tissues of male and female subjects

(ppm. wet weight)

Tissue	Sex	Males			Females		
		No. of sample	Range	Mean±SD	No. of sample	Range	Mean±SD
Hair		20	2.00~53.00	16.12±11.44	10	4.20~21.00	12.55±5.44
Costal Cartilage		20	1.15~18.23	6.31±4.46	10	1.46~7.67	4.09±2.49
Liver		20	0.25~4.00	1.21±1.04	10	0.23~2.00	0.89±0.66
Kidney		20	0.08~2.00	0.81±0.52	10	0.20~1.50	0.57±0.43
Blood		20	0.05~0.73	0.26±0.18	10	0.02~0.79	0.19±0.23
Lung		20	0.07~0.47	0.22±0.11	10	0.06~0.24	0.20±0.19
Spleen		20	0.03~0.82	0.24±0.17	10	0.03~0.21	0.10±0.11
Fat		20	0.04~0.40	0.13±0.09	10	0.03~0.30	0.12±0.09
Stomach		20	0.01~0.35	0.10±0.09	10	0.01~0.20	0.08±0.07
Brain		20	0.01~0.78	0.10±0.16	10	0.01~0.25	0.08±0.07
Large intestine		20	0.02~0.32	0.09±0.07	10	0.02~0.21	0.07±0.07
Heart		20	0.01~0.30	0.08±0.07	10	0.02~0.20	0.06±0.06
Muscle		20	0.01~0.25	0.07±0.07	10	0.01~0.10	0.04±0.04
Urine		20	0.01~0.18	0.06±0.05	10	0.01~0.09	0.04±0.03

Table 3. The lead concentration in tissues by age groups

(ppm. wet weight)

Tissue	Age group Sample No.	0~9			10~19			20~29		
		No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD
Hair	6	2.00~10.00	5.47±2.55	5	8.80~20.1	13.04±3.95	6	5.46~17.65	13.15±4.39	
Costal cartilage	6	1.15~2.07	1.61±0.29	5	2.27~3.78	3.07±0.57	6	2.81~6.28	4.34±1.19	
Liver	6	0.25~0.96	0.48±0.24	5	0.54~0.95	0.77±0.14	6	0.23~2.00	1.10±0.63	
Kidney	6	0.02~0.56	0.30±0.17	5	0.41~0.80	0.56±0.14	6	0.50~1.57	0.93±0.50	
Blood	6	0.02~0.18	0.10±0.05	5	0.03~0.72	0.36±0.27	6	0.04~0.30	0.17±0.08	
Lung	6	0.07~0.22	0.14±0.06	5	0.06~0.35	0.22±0.10	6	0.07~0.70	0.26±0.21	
Spleen	6	0.08~0.23	0.15±0.06	5	0.03~0.32	0.16±0.09	6	0.05~0.22	0.11±0.06	
Fat	6	0.04~0.08	0.06±0.01	5	0.06~0.23	0.13±0.06	6	0.03~0.30	0.13±0.09	
Stomach	6	0.01~0.04	0.03±0.01	5	0.04~0.09	0.06±0.02	6	0.01~0.15	0.07±0.04	
Brain	6	0.02~0.05	0.04±0.01	5	0.03~0.12	0.07±0.03	6	0.01~0.25	0.08±0.08	
Large intestine	6	0.02~0.04	0.03±0.01	5	0.02~0.09	0.06±0.03	6	0.02~0.16	0.08±0.05	
Heart	6	0.01~0.04	0.03±0.01	5	0.02~0.08	0.05±0.02	6	0.02~0.20	0.08±0.06	
Muscle	6	0.01~0.03	0.02±0.01	5	0.01~0.07	0.03±0.02	6	0.02~0.10	0.06±0.03	
Urine	6	0.01~0.02	0.01±0.01	5	0.01~0.06	0.03±0.02	6	0.02~0.08	0.05±0.03	

Tissue	Age group			30~39			40~49			50~59		
	Sample No.	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD		
Hair	6	7.14~20.83	15.40±5.09	4	16.60~29.20	21.90±5.06	3	17.07~53	30.36±16.09			
Costal Cartilage	6	4.85~9.16	7.15±1.55	4	6.37~10.23	8.79±1.49	3	7.67~18.23	12.68±4.33			
Liver	6	0.78~1.53	1.06±0.25	4	0.40~4.00	1.64±1.40	3	0.97~4.00	1.99±1.24			
Kidney	6	0.57~0.95	0.78±0.11	4	0.35~1.80	0.98±0.60	3	0.51~2.00	1.09±0.65			
Blood	6	0.14~0.79	0.33±0.21	4	0.06~0.26	0.14±0.08	3	0.28~0.58	0.40±0.13			
Lung	6	0.08~0.40	0.18±0.11	4	0.20~0.12	0.20±0.06	3	0.15~0.47	0.31±0.13			
Spleen	6	0.08~0.35	0.23±0.09	4	0.08~0.31	0.17±0.10	3	0.21~0.82	0.46±0.26			
Fat	6	0.05~0.22	0.14±0.06	4	0.06~0.15	0.09±0.04	3	0.20~0.40	0.27±0.09			
Stomach	6	0.06~0.27	0.14±0.07	4	0.09~0.25	0.15±0.07	3	0.10~0.35	0.19±0.11			
Brain	6	0.05~0.10	0.07±0.02	4	0.01~0.78	0.23±0.32	3	0.08~0.12	0.11±0.02			
Large intestine	6	0.03~0.15	0.07±0.04	4	0.03~0.13	0.09±0.04	3	0.13~0.32	0.22±0.08			
Heart	6	0.03~0.15	0.08±0.04	4	0.02~0.30	0.14±0.12	3	0.06~0.09	0.07±0.01			
Muscle	6	0.01~0.15	0.07±0.05	4	0.02~0.22	0.09±0.08	3	0.07~0.25	0.14±0.08			
Urine	6	0.01~0.11	0.06±0.03	4	0.01~0.17	0.08±0.06	3	0.05~0.18	0.11±0.05			

즉, 10대, 20대, 30대, 40대 및 50대의 연령群에서의鉛含量은 10歲 未滿 어린이의鉛含量의 各各 2, 3, 3, 5, 5.9 및 9.2倍로 크게 增加함을 볼수있었다. 各臟器組織中の鉛含量은 10歲 以下의 小兒를 包含하여 各年齡層을 通하여 女子에 比하여 男子에서 대체로 높게 나타냈다(Table 3).

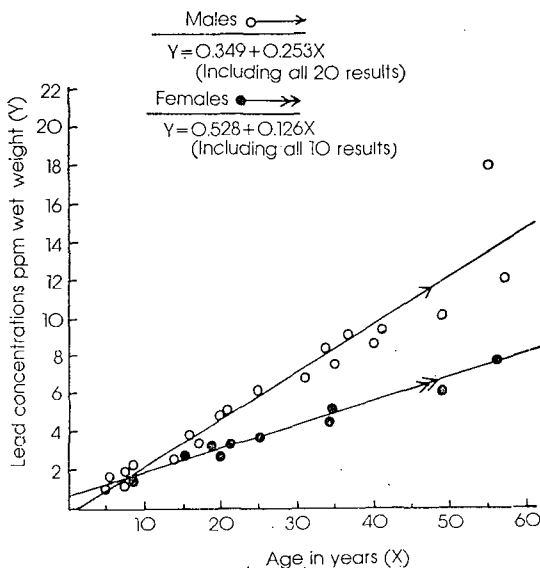


Fig. 1. Relationship of lead concentrations in costal cartilage with age.

各臟器組織內的鉛含量의 年齡에 關한 相關을 보면 肋軟骨을 比하여 脾臟, 胃, 毛髮, 尿, 大腸, 腎臟, 筋肉의 順位로 매우 有義한 相關關係($P < 0.01$)가 있었다(Table 4).

Table 4. Correlation coefficients of lead contents in tissues with age

Tissue	Correlation coefficient
Hair	0.635**
Costal cartilage	0.844**
Liver	0.557**
Kidney	0.516**
Blood	0.289 (not sig)
Lung	0.132 (not sig)
Spleen	0.735**
Fat	0.400*
Stomach	0.675**
Brain	0.202 (not sig)
Large intestine	0.599**
Heart	0.396*
Muscle	0.507**
Urine	0.617**

* $p < 0.05$

** < 0.01

특히 肋軟骨의鉛含量은 60歲에 이르기까지 男女 모두 年齡이 많아질수록 顯著하게 增加하여 年齡과 密接한 相關關係(男子 $r = 0.943$, $P < 0.01$; 女子 $r = 0.956$, $P < 0.01$)를 나타내었다(Fig. 1).

그러나 血液, 肺臟, 腦의鉛含量은 年齡과 有義한 相關을 나타내지 않았다.

2. 카드뮴의 分布

(1) 各臟器別 카드뮴의 含量

韓國人의 各臟器組織中의 平均 카드뮴含量은 Table 5에서 보는바와 같이 腎臟이 20.72±9.82ppm으로 가장 높았고, 그 다음이 肝臟으로서 1.17±0.99ppm이었다.

Table 5. The mean concentration of cadmium in tissues of 30 Koreans (ppm. wet weight)

Tissue	Range	Mean±SD
Kidney	3.52~35.60	20.72±9.82
Liver	0.28~ 3.90	1.17±0.99
Spleen	0.17~ 1.52	0.55±0.39
Hair	0.22~ 0.79	0.48±0.14
Lung	0.15~ 1.06	0.46±0.28
Stomach	0.15~ 0.60	0.40±0.11
Large intestine	0.15~ 0.62	0.35±0.11
Muscle	0.05~ 0.51	0.25±0.13
Costal cartilage	0.02~ 0.24	0.07±0.04
Brain	0.01~ 0.22	0.07±0.06
Heart	0.00~ 0.15	0.06±0.03
Blood	0.00~ 0.08	0.05±0.02
Fat	0.02~ 0.15	0.04±0.04
Urine	0.00~ 0.02	0.01±0.01

이밖의 組織中의 카드뮴含量은 比較的 적어서 脾臟에 0.55±0.39ppm, 毛髮에 0.48±0.14ppm, 肺臟에 0.46±0.28ppm, 大腸에 0.35±0.11ppm, 胃에 0.40±0.11ppm이었고, 血液, 心臟, 腦, 肋軟骨, 脂肪 및 尿中의 平均 카드뮴含量은 0.01ppm~0.07ppm 범위내로 極히 微量이 含有되어 있었다.

즉, 單位 組織內에 含有된 카드뮴量으로 볼 때 體內에 吸收된 카드뮴量의 83.9%는 腎臟에 蓄積되어 있는 셈이고, 肝臟과 脾臟에는 各各 4.74%와 2.24%가 含有되어 있었고, 나머지 毛髮, 肺臟, 胃, 大腸, 筋肉에는 各各 1.0%~2.0% 範圍內에서 分布하고 있었으며 脂肪, 血液, 心臟, 腦, 肋軟骨中의 카드뮴含量은 各各 0.30%以下의 極少量이었다.

(2) 各臟器組織內 카드뮴含量의 性別差異

各臟器組織內의 平均 카드뮴含量은 男性보다 女性에서 대체로 높은 값을 나타내었다(Table 6).

즉, 肺臟, 肝臟, 脾臟속의 카드뮴含量은 男性보다 女性에서 2.1~2.4배나 높고, 그밖의 各臟器는 約 1.3~1.8배나 높았다.

(3) 카드뮴含量의 年齡別 差異

各臟器組織中의 카드뮴含量은 年齡이 增加함에 따라 높아지는 傾向을 나타내었다. 特히 腎臟에 含有된 카드뮴量의 年齡에 따른 增加는 顯著하여서 10代, 20代, 30代, 40代 및 50代에서의 카드뮴含量은 10歲 未滿 年齡群의 그것에 比하여 보다 各各 4.5, 6.5, 8.6, 9.2 倍 增加하였다(Table 7).

Table 6. The mean concentration of cadmium in tissues of male and female subjects (ppm. wet weight)

Tissue	Sex	Males			Females		
		No. of Sample	Range	Mean±SD	No. of Sample	Range	Mean±SD
Kidney		20	3.52~32.65	17.51±9.33	10	12.96~35.60	27.13±7.65
Liver		20	0.28~ 2.25	0.80±0.46	10	0.52~ 3.90	1.90±1.36
Spleen		20	0.17~ 1.47	0.40±0.27	10	0.21~ 1.52	0.87±0.42
Hair		20	0.22~ 0.59	0.42±0.11	10	0.35~ 0.79	0.60±0.14
Lung		20	0.15~ 0.49	0.31±0.10	10	0.18~ 0.06	0.75±0.31
Stomach		20	0.15~ 0.60	0.37±0.10	10	0.36~ 0.58	0.47±0.09
Large intestine		20	0.15~ 0.52	0.30±0.09	10	0.28~ 0.62	0.44±0.10
Muscle		20	0.05~ 0.43	0.20±0.11	10	0.19~ 0.51	0.36±0.10
Costal cartilage		20	0.02~ 0.24	0.07±0.05	10	0.05~ 0.10	0.08±0.02
Brain		20	0.01~ 0.18	0.06±0.05	10	0.03~ 0.22	0.09±0.07
Heart		20	0.00~ 0.15	0.05±0.04	10	0.04~ 0.15	0.07±0.03
Blood		20	0.00~ 0.08	0.05±0.02	10	0.04~ 0.08	0.06±0.01
Fat		20	0.02~ 0.10	0.06±0.02	10	0.05~ 0.15	0.09±0.03
Urine		20	0.00~ 0.02	0.01±0.00	10	0.00~ 0.02	0.01±0.00

Table 7. The cadmium concentration in tissues by age groups

(ppm. wet weight)

Tissue	Age group		0~9			10~19			20~29		
	Sample No.	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD	
Kidney	6	3	5.2~12.96	5.47±2.27	5	8.96~21.41	15.62±4.75	6	13.27~32.64	21.67±6.58	
Liver	6	0	0.28~0.52	0.40±0.09	5	0.58~0.97	0.76±0.15	6	0.75~1.72	1.12±0.39	
Spleen	6	0	0.17~0.25	0.20±0.03	5	0.10~0.41	0.50±0.31	6	0.32~1.02	0.60±0.29	
Hair	6	0	0.22~0.38	0.31±0.06	5	0.36~0.58	0.49±0.09	6	0.48~0.78	0.62±0.09	
Lung	6	0	0.15~0.24	0.18±0.03	5	0.23~0.94	0.43±0.26	6	0.29~0.97	0.55±0.25	
Stomach	6	0	0.15~0.36	0.27±0.07	5	0.30~0.49	0.38±0.07	6	0.32~0.54	0.43±0.08	
Large intestine	6	0	0.15~0.28	0.21±0.05	5	0.28~0.39	0.32±0.04	6	0.29~0.50	0.38±0.07	
Muscle	6	0	0.05~0.19	0.10±0.05	5	0.10~0.29	0.19±0.08	6	0.10~0.44	0.30±0.12	
Costal cartilage	6	0	0.02~0.05	0.04±0.01	5	0.05~0.08	0.06±0.01	6	0.05~0.09	0.07±0.01	
Brain	6	0	0.01~0.03	0.02±0.01	5	0.02~0.05	0.04±0.01	6	0.04~0.08	0.06±0.01	
Heart	6	0	0.00~0.04	0.02±0.01	5	0.03~0.05	0.04±0.01	6	0.05~0.07	0.06±0.01	
Blood	6	0	0.00~0.04	0.02±0.01	5	0.03~0.05	0.04±0.01	6	0.05~0.08	0.06±0.01	
Fat	6	0	0.02~0.05	0.03±0.01	5	0.04~0.08	0.06±0.01	6	0.06~0.10	0.08±0.02	
Urine	6	0	0.00~0.01	0.00±0.00	5	0.01~0.02	0.01±0.00	6	0.01~0.02	0.01±0.00	

Tissue	Age group		30~39			40~49			50~59		
	Sample No.	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD	
Kidney	6	19	19.84~34.52	25.96±5.21	4	23.69~35.60	29.81±4.29	3	28.57~34.31	31.84±2.41	
Liver	6	0	0.79~3.90	1.40±1.12	4	0.75~3.85	1.78±1.24	3	0.78~3.65	2.23±1.17	
Spleen	6	0	0.31~1.52	0.66±0.43	4	0.39~1.47	0.92±0.48	3	0.37~0.82	0.56±0.19	
Hair	6	0	0.34~0.52	0.45±0.06	4	0.34~0.79	0.49±0.18	3	0.47~0.67	0.58±0.09	
Lung	6	0	0.30~1.06	0.59±0.33	4	0.38~0.98	0.58±0.23	3	0.36~0.55	0.45±0.07	
Stomach	6	0	0.34~0.60	0.47±0.10	4	0.39~0.58	0.45±0.08	3	0.31~0.46	0.41±0.07	
Large intestine	6	0	0.28~0.62	0.42±0.11	4	0.30~0.53	0.39±0.09	3	0.33~0.52	0.41±0.08	
Muscle	6	0	0.23~0.51	0.33±0.09	4	0.22~0.47	0.31±0.10	3	0.30~0.43	0.36±0.06	
Costal cartilage	6	0	0.04~0.10	0.08±0.02	4	0.06~0.10	0.07±0.02	3	0.10~0.24	0.14±0.07	
Brain	6	0	0.05~0.10	0.07±0.02	4	0.06~0.21	0.15±0.06	3	0.10~0.22	0.16±0.05	
Heart	6	0	0.04~0.24	0.08±0.04	4	0.045~0.11	0.08±0.02	3	0.08~0.15	0.10±0.03	
Blood	6	0	0.05~0.08	0.06±0.01	4	0.05~0.08	0.07±0.01	3	0.06~0.08	0.07±0.01	
Fat	6	0	0.06~0.15	0.09±0.03	4	0.08~0.10	0.09±0.01	3	0.07~0.13	0.09±0.03	
Urine	6	0	0.01~0.02	0.01±0.00	4	0.01~0.02	0.01±0.01	3	0.01~0.02	0.01±0.00	

Table 8. Correlation coefficient of cadmium contents in tissues with age

Tissue	Correlation Coefficient
Kidney	0.809**
Liver	0.650**
Spleen	0.460*
Hair	0.419*
Lung	0.483*

Stomach	0.519**
Large intestine	0.551**
Muscle	0.685**
Costal cartilage	0.535**
Brain	0.793**
Heart	0.723**
Blood	0.789**
Fat	0.686**
Urine	0.647**

*P<0.05 **P<0.01

年齡에 關한 各臟器組織中の 카드뮴含量的 相關을 보면 모두 有義한 相關을 나타내고 있었다(Table 8). 그 中 가장 높은 相關을 나타내었던 腎臟에 含有된 카드뮴量的 年齡에 關한 相關을 男女別(男子 $r=0.958$, $p<0.01$; 女子 $r=0.829$, $p<0.01$)로 檢討하였던 바 全年齡層을 通하여 男子보다 女子에서 카드뮴含量이

많았고 男女 모두 年齡과 密接한 相關을 나타내었다 (Fig. 2).

3. 銅의 分布

(1) 各臟器組織別 銅의 含量

韓國人的 各臟器組織中の 平均 銅含量은 鉛과 마찬가지로 頭髮에서 가장 높아서 10.36 ± 2.21 ppm이었고

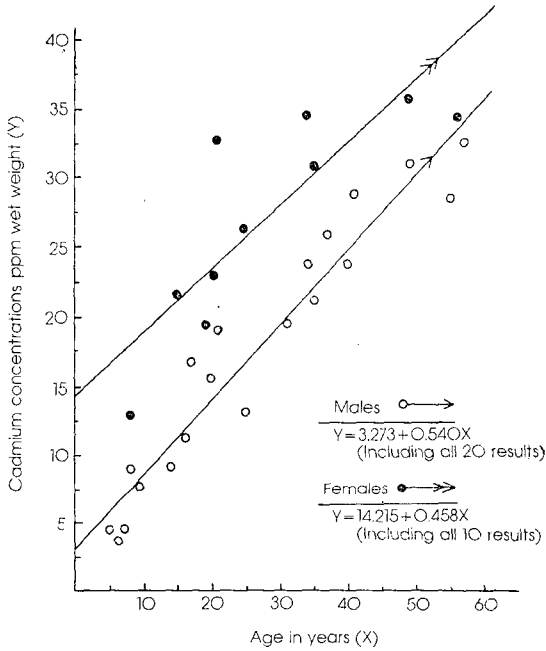


Fig. 2. Cadmium concentrations in kidneys by age.

Table 9. The mean concentration of copper in tissues of 30 Koreans

(ppm. wet weight)		
Tissue	Range	Mean \pm RD
Liver	4.78~ 9.06	6.31 \pm 1.24
Brain	1.88~ 5.50	3.81 \pm 1.02
Heart	2.21~ 3.97	2.93 \pm 0.44
Kidney	1.67~ 3.21	2.45 \pm 0.37
Lung	0.57~ 1.92	1.19 \pm 0.29
Spleen	0.55~ 1.34	1.04 \pm 0.20
Costal cartilage	0.31~ 1.13	0.75 \pm 0.25
Stomach	0.39~ 1.76	1.05 \pm 0.31
Large intestine	0.78~ 2.49	1.75 \pm 0.53
Fat	0.23~ 1.57	0.83 \pm 0.30
Muscle	0.45~ 1.25	0.93 \pm 0.20
Hair	6.58~15.68	10.36 \pm 2.21
Blood	0.79~ 1.46	1.14 \pm 0.19
Urine	0.07~ 0.15	0.11 \pm 0.03

Table 10. The mean concentration of copper in tissues of male and female subjects

(pp. wet weight)

Tissue	Sex	Males			Females		
		No. of sample	Range	Mean \pm SD	No. of sample	Range	Mean \pm SD
Liver		20	4.78~ 9.06	6.33 \pm 1.35	10	4.99~ 8.21	6.25 \pm 1.05
Brain		20	1.88~ 5.50	3.85 \pm 1.11	10	2.32~ 5.21	3.74 \pm 0.86
Heart		20	2.21~ 3.90	2.82 \pm 0.43	10	2.65~ 3.97	3.14 \pm 0.38
Kidney		20	1.88~ 3.21	2.46 \pm 0.37	10	1.67~ 2.95	2.44 \pm 0.40
Lung		20	0.57~ 1.92	1.20 \pm 0.31	10	0.76~ 1.52	1.17 \pm 0.28
Spleen		20	0.55~ 1.30	1.02 \pm 0.17	10	0.67~ 1.34	1.09 \pm 0.25
Costal cartilage		20	0.31~ 1.13	0.73 \pm 0.28	10	0.48~ 0.99	0.78 \pm 0.19
Stomach		20	0.39~ 1.76	1.10 \pm 0.31	10	0.51~ 1.21	0.94 \pm 0.27
Large intestine		20	0.95~ 2.45	1.82 \pm 0.50	10	0.78~ 2.49	1.60 \pm 0.58
Fat		20	0.23~ 1.57	0.83 \pm 0.33	10	0.56~ 1.26	0.83 \pm 0.24
Muscle		20	0.45~ 1.19	0.93 \pm 0.20	10	0.66~ 1.23	0.95 \pm 0.22
Hair		20	6.58~12.62	9.38 \pm 1.73	10	10.28~15.68	12.34 \pm 1.72
Blood		20	0.78~1.46	1.13 \pm 0.20	10	0.82~ 1.39	1.14 \pm 0.18
Urine		20	0.07~0.10	0.10 \pm 0.03	10	0.07~ 0.15	0.11 \pm 0.03

그 다음은 肝臟으로 6.30±1.24ppm이었다(Table 9).

그밖의 組織中的 銅含量은 腦 3.81±1.02ppm, 心臟 2.93±0.44ppm, 腎臟 2.45±0.37ppm, 大腸 1.75±0.53ppm으로 比較的 높았고, 尿에는 0.11±0.03ppm으로 極히 少量이 含有되어 있었다.

그밖의 各臟器組織中的 平均 銅含量을 보면 脾臟, 胃, 血液, 肺臟에는 1.04~1.19ppm, 그리고 肋軟骨, 脂肪, 筋肉에는 1ppm이하의 極少量이 含有되어 있었다.

各臟器組織中的 銅含量의 分布를 보면 毛髮에 29.90%로 가장 많고, 그 다음이 肝臟으로서 18.18%, 腦에 11.00%, 心臟에 8.45%, 腎臟에 7.07%, 大腸에 5.04%이며 胃, 血液, 肺臟에는 3.0~3.5%, 肋軟骨, 脂肪, 筋肉, 脾臟中에는 2.0~3.0%, 程度 分布하고 있었으며, 尿中에는 不過 0.30%가 含有되어 있을 뿐이다.

(2) 各臟器組織內 銅含量의 性別 差異

鉛 및 카드뮴과는 달리 各臟器組織에 含有된 銅量은 男女間에 差異가 없었다(Table 10).

Table 11. The copper concentration by age groups

(ppm. wet weight)

Tissue	Age group		0~9			10~19			20~29			
	Sample No.	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD		
Liver	6	7.17~	9.06	8.24±0.64	5	6.55~	7.45	7.03±0.31	6	4.97~	6.50	5.69±0.54
Brain	6	1.88~	3.05	2.45±0.37	5	2.95~	3.85	3.25±0.35	6	2.98~	4.17	3.63±0.39
Heart	6	2.81~	3.97	3.32±0.35	5	2.37~	3.22	2.70±0.29	6	2.21~	3.03	2.69±0.28
Kidney	6	2.50~	3.11	2.77±0.21	5	1.94~	2.46	2.31±0.20	6	1.67~	2.86	2.18±0.37
Lung	6	0.99~	1.50	1.13±0.10	5	0.76~	1.46	1.03±0.25	6	0.57~	1.70	1.22±0.38
Spleen	6	0.90~	1.32	1.10±0.16	5	0.67~	1.34	0.94±0.22	6	0.55~	1.26	0.99±0.24
Costal cartilage	6	0.31~	0.51	0.45±0.07	5	0.48~	0.99	0.68±0.17	6	0.31~	0.93	0.76±0.22
Stomach	6	0.84~	1.26	1.08±0.14	5	0.55~	1.12	0.85±0.19	6	0.39~	1.76	1.09±0.46
Large intestine	6	1.88~	2.49	2.19±0.25	5	1.25~	2.27	1.57±0.41	6	0.78~	2.20	1.46±0.51
Fat	6	0.48~	0.90	0.73±0.16	5	0.43~	1.20	0.63±0.29	6	0.23~	1.26	0.81±0.34
Muscle	6	0.65~	1.25	0.96±0.21	5	0.66~	1.23	0.86±0.20	6	0.45~	1.13	0.83±0.22
Hair	6	6.90~	11.64	9.63±1.69	5	7.45~	12.53	9.70±1.70	6	7.80~	13.43	9.30±3.39
Blood	6	0.99~	1.48	1.24±0.13	5	0.78~	1.21	1.05±0.15	6	0.82~	1.46	1.08±0.24
Urine	6	0.07~	0.15	0.11±0.03	5	0.09~	0.13	0.11±0.01	6	0.08~	0.15	0.10±0.03

Tissue	Age group		30~39			40~49			50~59			
	Sample No.	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD	No.	Range	Mean±SD		
Liver	6	4.78~	5.79	5.21±0.33	4	4.89~	5.79	5.42±0.38	3	5.53~	6.04	5.78±0.21
Brain	6	3.76~	5.02	4.39±0.48	4	4.61~	5.20	4.89±0.27	3	5.04~	5.50	5.25±0.19
Heart	6	2.73~	3.26	2.99±0.20	4	2.35~	3.39	2.99±0.41	3	2.26~	3.03	2.60±0.32
Kidney	6	2.05~	3.21	2.61±0.38	4	1.88~	2.62	2.36±0.28	3	2.11~	2.67	2.41±0.23
Lung	6	0.77~	1.43	1.13±0.23	4	1.01~	1.47	1.21±0.17	3	1.10~	1.92	1.43±0.35
Spleen	6	0.80~	1.21	0.99±0.14	4	1.01~	1.24	1.23±0.08	3	0.89~	1.31	1.09±0.17
Costal cartilage	6	0.67~	1.10	0.92±0.15	4	0.76~	1.10	0.95±0.12	3	0.79~	1.13	0.91±0.15
Stomach	6	0.51~	1.28	0.93±0.25	4	1.12~	1.41	1.22±0.11	3	1.06~	1.56	1.25±0.22
Large intestine	6	0.86~	2.32	1.81±0.63	4	1.08~	1.98	1.41±0.34	3	1.57~	2.14	1.94±0.27
Fat	6	0.68~	1.57	0.96±0.31	4	0.78~	1.11	0.92±0.12	3	0.68~	1.26	1.02±0.24
Muscle	6	0.63~	1.15	0.92±0.16	4	0.87~	1.19	1.04±0.11	3	0.96~	1.12	1.06±0.07
Hair	6	6.58~	15.68	9.89±3.00	4	9.85~	12.62	11.54±1.03	3	10.26~	11.86	11.11±0.66
Blood	6	0.99~	1.46	1.21±0.18	4	0.88~	1.35	1.05±0.18	3	1.05~	1.22	1.13±0.07
Urine	6	0.07~	0.14	0.11±0.03	4	0.08~	0.16	0.11±0.04	3	0.07~	0.15	0.10±0.03

(3) 銅含量的 年齡別 差異

各臟器組織中的 銅含量的 年齡增加에 따른 變動은 臟器組織에 따라 달라서 減少, 또는 增加하는 것도 있고, 아무런 變動을 보이지 않는 것도 있었다(Table 11).

즉, 肝臟과 心臟의 銅含量은 年齡이 많아 질수록 減少하였고, 腦 및 肋軟骨의 銅含量은 年齡과 더불어 增

Table 12. Correlation coefficients of copper contents in tissues with age

Tissue	Correlation coefficient
Liver	-0.842**
Brain	0.870**
Heart	-0.560**
Kidney	-0.278
Lung	0.142
Spleen	0.122
Costal cartilage	0.691
Stomach	0.224
Large intestine	-0.191
Fat	0.135
Muscle	0.238
Hair	0.216
Blood	-0.126
Urine	-0.094

*P<0.05 **P<0.01

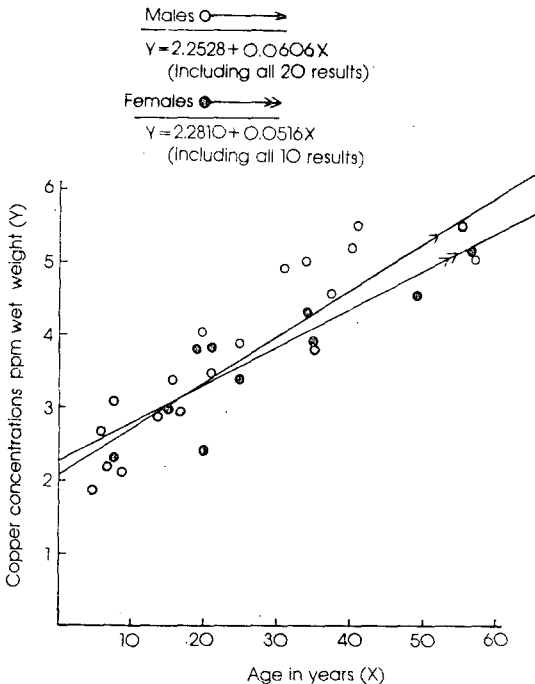


Fig. 3. copper Concentrations in brain by age.

加하였으며, 그밖의 臟器組織의 銅含量은 年齡과 아무런 相關이 없었다(Table 12).

腦組織의 銅含量은 비록 男女間에 有義한 差異는 없었으나 年齡이 많아질수록 銅含量이 增加하여 (Fig. 3. 男子 $r=0.890$, $p<0.01$; 女子 $r=0.870$, $p<0.01$) 10代, 20代, 30代, 40代 및 50代 年齡群에서의 銅含量은 10歲 未滿 年齡群에 比하여 各各 1.3, 1.5, 1.8, 1.9, 2.1倍로 增加하였다.

IV. 考 察

鉛과 카드뮴은, 元來 우리 體內代謝作用에 關與하지 않는 重金屬이나, 産業이 發達함에 따라 環境中에 排出된 이들 物質이 生態界를 汚染시키므로서 直接 또는 間接으로 住民들의 健康을 危脅하고 있으며, 때로는 急性中毒을 이르기기도 하고, 徐徐히 少量씩 吸收되어 體內 各臟器組織에 蓄積되어 慢性中毒을 이르기는 수도 있다¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾.

한편 銅은 人體에 必須의인 元素의 하나이며, 特別히 鐵의 補助要素로서 造血作用에 必要하다. 그러나 銅에 依한 環境汚染으로 過量의 銅이 吸收될 때에는 亦是 急性 또는 慢性 健康障害를 이르게 된다¹⁹⁾²⁰⁾.

1. 鉛

Schroder와 Tipton²¹⁾ 및 Balassa²²⁾의 報告에 依하면 體內에 吸收된 總鉛量의 90~96%는 骨속에 沈着되며, 一般적으로 鉛은 60歲程度까지 骨組織과 大動脈에 蓄積하는 傾向을 나타낸다고 하였다. 이번 研究에서도 肋軟骨에는 다른 組織보다 鉛含量이 顯著하게 높았고, Barry²³⁾에 依하여 報告된 flat bone(rib)의 平均 鉛含量인 7.77ppm과 비슷한 값을 나타냈다.

特別히 肋軟骨을 비롯한 各臟器組織中的 鉛含量은 年齡과 더불어 增加하여 環境汚染物質로서의 鉛이 體內에 吸收되어 蓄積하고 있음을 나타내고 있다.

Mehani²³⁾와 Kehoe²⁴⁾ 및 Nozaki²⁵⁾等에 依하면 肺臟으로 吸入된 鉛量의 37%(30~40%)가 吸收되어 血中으로 移行된다고 한다. 一般적으로 正常人의 血中鉛量은 5~25 μ g/100g의 範圍內에 들어있는 사람이 大部分이며, 一般人의 血中鉛量의 上限値는 40 μ g/100g程度로 보고있다.²⁶⁾ 이번 研究 結果에서 얻은 韓國人의 平均 血中鉛量은 24 μ g/100g으로 俞正植²⁷⁾의 성적(22.2 μ g/100g)과 비슷하였으나, 比較的 變域이 커서 2~79 μ g/100g을 나타냈다.

本 研究結果에서 얻은 尿中の 鉛含量 平均은 0.05ppm으로서 吳世敏²⁸⁾의 성적(36.6 \pm 16.4 μ g/l)과 比較하여 분배 높다. 尿中の 鉛濃度는 主로 鉛暴露의 指標가 되는 는 하지만 尿의 濃縮度에 따라 顯著한 差異가 있

므로 尿比重 또는 Creatinine排泄量으로 補正할 必要가 있을 뿐 아니라 血液의 pH에 따라 血中鉛量에 變動이 생긴다고 하므로 24前間 尿에서 定量함의 變動이 있다.

2. 카드뮴

空氣中の 카드뮴 濃度가 $0.001\sim 0.01\mu\text{g}/\text{m}^3$ 일 때는 呼吸器를 통하여 하루에 $0.02\sim 0.2\mu\text{g}$ 씩 吸收되며 特히 1日 20가지의 담배를 吸煙하면 대체로 $2\sim 4\mu\text{g}$ 의 카드뮴을 吸收하게 된다. 吸收된 카드뮴은 肺臟에서 그 $20\sim 40\%$ 가 吸收되고¹⁸⁾ 飲食物을 통하여 經口的으로 攝取되는 카드뮴量은 $15\sim 34\mu\text{g}$ 으로 그중 $5\sim 10\%$ 가 吸收된다고 한다²⁹⁾³⁰⁾.

肺臟 혹은 腸에서 吸收된 카드뮴은 組織中에 있는 metallothionein과 같은 金屬과 結合하는 蛋白質과 結合하여 組織에 蓄積되며, 特히 腎臟 및 肝臟에 그 75% 가 蓄積된다고 한다³¹⁾.

本 研究에서 各組織中の 카드뮴含量 分布는 腎臟 83.9% , 肝臟 4.7% 로 다른 組織에 비해서 顯著하게 많이 含有되어 있어서 Syerson³¹⁾, Schroeder³²⁾ 및 Chaube & Nishimura³³⁾들의 報告와 비슷하였다.

腎臟의 카드뮴含量은 各個體間에 差가 컸으나, 이것은 各 個人의 生活狀態의 差異에 緣由되는 것으로 生覺된다.

Schroeder³²⁾에 依하면 出生時의 腎臟 및 肝臟에서는 카드뮴이 檢出되지 않았다고 하며, 그後 Chaube & Nishimura³³⁾들은 正常人 胎兒의 腎臟 14個 試料中 9個에서는 檢出되지 않았으나 5個 試料에서는 0.05ppm (wet weight)이 檢出되었다고 한다.

山縣登³⁴⁾들은 日本의 都市 28地域, 農材 16個 地域에서 調査한 日本人의 1人 1日 平均 카드뮴 攝取量은 $31.3\pm 28.3\mu\text{g}$ 이라고 報告하였다. 우리나라에서의 하루의 카드뮴 攝取량이 얼마나 되는지에 대하여는 아직 報告된 바 없다.

本 研究에서 腎臟의 平均카드뮴 含量은 $20.7\pm 9.82\text{ppm}$ 으로 正常 日本人¹⁹⁾의 平均 카드뮴含量 $47\pm 24\text{ppm}$ 보다 顯著히 낮았다.

日本人에서 40歲以上の 健康者에게는 腎臟에 $50\sim 60\mu\text{g}/\text{gr}$, 肝臟에 $4\sim 5\mu\text{g}$ 의 카드뮴이 含有되어 있다.³⁵⁾ 그러나, 5名의 Itai-Itai 患者의 肝臟의 카드뮴量은 顯著히 높아서 $63\sim 132\text{ppm}$ (wet weight)範圍로 그 平均値는 99ppm 였다고 한다. Friberg³⁶⁾는 60歲까지 C.G Elinder³⁷⁾는 30~59歲 年齡群에서 腎皮質의 카드뮴含量이 200ppm (wet weight)達할 때 健康障害를 일으키는 臨界點(Critical Level)이라하였다.

3. 銅

銅은 飲食物中에 널리 分布되어 있으며, 大氣, 河川

等 環境汚染狀態에 따라 그 含量이 크게 左右된다. 銅의 代謝過程을 살펴보면 飲食物을 통해서 攝取된 銅은 그 50% 가 吸收되고 나머지는 大便으로 排泄된다. 吸收된 銅은 곧 血清 albumin 또는 amino酸과 結合하여 肝臟에 蓄積된다. 그러나 肝臟에 蓄積된 銅은 다시 血液 또는 膽汁으로 排泄되므로 年齡이 많아져도 肝臟內의 銅含量은 增加하지 않는다고 한다³⁸⁾.

銅의 必要量은 鐵分 必要量의 約 10分の 1로서 1日 1.2mg 의 銅을 勸奨量으로 하고있다³⁹⁾.

職業性 暴露에 依한 銅中毒症¹⁹⁾으로서는 嘔吐와 肝臟 및 腎臟의 障害, 溶血性貧血 및 毛細血管의 損傷이 일어나고 重症일때는 中樞神經系 障害가 생긴다고 하였고, 長期間동안 銅蒸氣 및 銅鹽²⁰⁾을 含有한 粉塵에 暴露되머는 金屬熱로 因한 呼吸器의 刺戟症狀으로 鼻粘膜의 萎縮 및 鼻中隔穿孔이 일어난다 하였다.

4. 組織內 鉛, 카드뮴 및 銅含量의 國際比較

(1) 鉛

韓國人 毛髮의 平均 鉛含量은 英國人(18.65ppm) 보다는 3.6ppm 낮았다. 肋軟骨에서의 平均値는 英國人 보다는 2.2ppm 낮았으나 日本人($0.35\pm 0.18\text{ppm}$) 보다는 16.4 배 높았다. 軟部組織中 肝臟과 腎臟의 鉛含量은 日本人에 比하여 約 2배 높았으나, 英國人과는 비슷한 含量을 나타내었다. 血中 鉛含量은 日本人, 英國人에서의 값과 비슷한 含量을 나타내었다(Table 13).

肺臟의 鉛含量은 日本人 보다는 0.09ppm 낮았고, 英國人과는 거의 비슷한 含量을 나타냈다.

脾臟의 鉛含量은 日本人 및 英國人과는 비슷하였다. 脂肪의 鉛含量은 英國人과 類似하나 日本人 보다는 6.5 배 낮았다.

腦의 鉛含量은 日本人 보다 2.9 배 낮고 英國人에 비해서 약간 낮다.

心臟과 筋肉은 英國人과는 鉛含量이 비슷하나 日本人 보다는 約 4배 程度 낮다.

尿中の 鉛含量은 英國人과는 비슷하고 日本人 보다는 약간 높은 편이다.

따라서 韓國人의 各臟器組織中の 鉛含量은 日本人의 肋軟骨을 除外하고는 英國人, 日本人과 대체로 비슷한 分布를 나타냈다.

各臟器組織內의 性別 鉛含量은 韓國人과 英國人에서는 男性이 女性보다 대체로 높았으나 日本人에서는 女性이 男性보다 높은 傾向을 나타냈다.

(2) 카드뮴

韓國人 腎臟 및 心臟의 平均 카드뮴含量은 日本人에 比하여 各各 $1/2.3$ 과 $1/2.7$ 이었다.

또한 大腸, 肋軟骨, 脾臟, 肺臟, 大腦는 日本人에 비해서 $1/1.4\sim 1/1.7$ 이었다

Table 13. Lead, cadmium and copper concentrations in tissues of normal Japanese and English
(ppm. wet weight)

Geographical area			Japanese							
Heavy metals			Lead				Cadmium			
Tissues	Sex	No. of cases	Average	Range	Mean±SD	Sex	No. of cases	Average	Range	Mean±SD
Hair	M	69	11.8	—	—	M	66	0.30	0.01~3.32	—
	F	60	14.3			F	88	0.46		
Costal cartilage	M	4	0.34	0.13~0.82	0.35±0.18	M	6	0.11	0.04~0.21	0.097±0.056
	F	8	0.35			F	6	0.089		
Liver	M	15	0.55	0.16~1.00	0.46±0.24	M	15	3.2	1.1~23.0	5.7 ±4.6
	F	15	0.37			F	15	8.1		
Kidney	M	14	0.42	0.16~1.200	0.47±0.23	M	15	36	10~94	47±24
	F	14	0.52			F	15	58		
Blood	M	10	0.26	0.10~0.53	0.29±0.13	M	13	0.16	0.05~0.58	0.17±0.11
	F	10	0.32			F	12	0.21		
Lung	M	14	0.20	0.098~0.81	0.30±0.20	M	15	0.58	0.15~2.3	0.72±0.52
	F	15	0.39			F	15	0.86		
Spleen	M	4	0.12	0.080~0.33	0.2±0.83	M	10	0.40	0.20~2.4	0.81±0.69
	F	8	0.24			F	12	1.1		
Fat	M	—	—	0.18~2.00	0.84±1.00	M	—	—	0.035~0.13	—
	F	3	0.84			F	3	0.068		
Stomach	M	—	—	—	—	M	—	—	—	—
	F	—	—			F	—	—		
Brain	M	6	0.18	0.11~0.62	0.26±0.16	M	10	0.084	0.02~0.23	0.12±0.06
	F	9	0.31			F	11	0.15		
Large intestine	M	15	0.72	0.20~2.50	0.84±0.57	M	14	0.38	0.13~0.98	0.43±0.22
	F	13	0.98			F	13	0.49		
Heart	M	15	0.30	0.065~0.98	0.32±0.25	M	14	0.16	0.06~0.33	0.16±0.69
	F	14	0.34			F	13	0.17		
Muscle	M	8	0.22	0.09~0.52	0.26±0.16	M	11	0.23	0.075~1.1	0.29±0.24
	F	5	0.31			F	14	0.34		
Urine	M	—	—	0.005~0.09	0.039	M	107	1.7	—	2.0±2.1µg/l
	F	—	—			F	92	2.3		

Geographical area			Japanese				English			
Heavy metals			Copper				Lead			
Tissues	Sex	No. of cases	Average	Range	Mean±SD	Sex	No. of cases	Average	Range	Mean
Hair	M	102	16.1	6.4~85.8		M	18	18.44	2.57~8.30	18.65
	F	95	22.6			F	4	19.07		
Costal cartilage	M	7	0.48	0.23~0.79	0.52±0.21	M	39	8.66	0.012~28.50	7.768
	F	—	—			F	26	6.43		
Liver	M	15	10.0	2.1~23	9.9±5.5	M	38	0.98	0.03~3.13	0.838
	F	15	9.7			F	26	0.63		
Kidney	M	15	2.7	1.8~3.4	2.6±0.38	M	38	0.67	0.012~2.20	0.603
	F	14	2.5			F	25	0.50		
Blood	M	13	1.1	0.79~1.7	1.1±0.24	M	30	0.22	0.01~0.79	0.189
	F	13	1.1			F	19	0.14		
Lung	M	15	1.4	0.81~1.9	1.3±0.24	M	38	0.2	0.01~0.59	0.208
	F	15	1.2			F	26	0.22		
Spleen	M	10	1.2	0.83~1.7	1.2±0.23	M	38	0.25	0.03~1.43	0.222
	F	10	1.1			F	25	0.18		

Fat	M	—	—	0.24~0.28	—	M	6	0.15	0.01~0.40	0.115
	F	3	0.26				F	6		
Stomach	M	—	—	—	—	M	17	0.09	0.02~0.65	0.116
	F	—	—				F	16		
Brain	M	9	5.2	2.9~8.4	5.1±1.4	M	37	0.12	0.01~0.78	0.132
	F	11	5.0				F	24		
Large intestine	M	15	1.8	1.0~2.6	1.7±0.40	M	—	—	—	—
	F	13	1.7				F	—		
Heart	M	15	3.6	2.2~4.6	3.3±0.67	M	38	0.07	0.01~0.31	0.074
	F	14	3.1				F	26		
Muscle	M	12	1.1	0.41~1.7	0.92±0.29	M	17	0.06	0.01~0.23	0.055
	F	15	0.81				F	17		
Urine	M	—	—	—	—	M	12	0.05	0.01~0.13	0.045
	F	—	—				F	40		

肝臟 및 血液의 카드뮴함량은 日本人보다 各各 1/4.9 및 1/3.4로 여러 臟器組織中에서 가장 낮았다.

韓國人の 男女 毛髮中の 平均 카드뮴함량은 日本人보다 1.4배가 높았다.

各臟器組織內의 性別 카드뮴함량은 韓國人と 日本人에서는 다같이 女性이 男性보다 높은 傾向을 나타냈다.

(3) 銅

韓國人 肝臟, 腦의 平均 銅함량은 日本人에 比하여 各各 1/1.5~1/1.3로서 各臟器組織中 가장 낮았고, 또한 腎臟, 肺臟, 心臟, 脾臟, 大腸, 筋肉, 血液의 銅함량은 日本人과 대체로 비슷하였으며 肋軟骨의 銅함량은 日本人보다 1.4배 높았다.

韓國人 男女 毛髮中の 平均 銅함량은 日本人에 比해서 若干 낮은 듯 하였으나 有意한 差異는 아니었고, 性別에 依한 韓國人と 日本人 毛髮中の 平均 銅함량은 女性이 男性보다 若干 높은 傾向을 보였다. 그 밖의 各臟器組織에서는 性別에 依한 銅함량의 差異가 認定되지 않는다.

V. 맺음말

韓國人の 各臟器組織에 含有된 重金屬量을 알아볼 目的으로 生存時에 職業的으로 重金屬에 暴露된 일이 없다고 生覺되는 剖檢體 30具에서 毛髮, 腦, 肋軟骨, 肝臟, 心臟, 腎臟, 肺臟, 脾臟, 胃, 大腸, 筋肉, 脂肪, 血液, 尿 中の 鉛, 카드뮴 및 銅의 含量을 原子吸光分光計를 使用하여 定量하였다.

1. 鉛의 含量

(1) 各臟器組織內 鉛의 含量은 個體差가 커서 毛髮에서의 平均 鉛함량은 14.90±9.74ppm으로 가장 높았고, 그 다음은 肋軟骨로서 5.57±3.86ppm이었다.

肝臟, 腎臟 및 筋肉의 平均 鉛함량은 各各 1.11±0.92ppm, 0.73±0.48ppm, 0.06±0.06ppm이었다.

(2) 10歲未滿 어린이 各臟器組織中の 鉛함량은 成人에 比해 顯著히 낮았고, 性別에 依한 鉛함량 分布는 女性보다 男性에서 대체로 높게 나타났다.

(3) 毛髮, 肋軟骨, 腎臟, 肺臟, 脂肪, 胃, 大腸, 心臟, 筋肉 등 各臟器組織中の 鉛함량 및 尿中 鉛함량은 年齡과 有義한 相關關係가 있었다.

2. 카드뮴의 含量

(1) 腎臟에 含有된 平均 카드뮴함량은 20.72±9.82ppm으로 다른 臟器組織에 比하여 越等하게 높았고, 그 다음은 肝臟으로 그 平均함량은 1.17±0.99ppm이었다.

各臟器組織에 含有된 總카드뮴함량의 83.9%는 腎臟에 그리고 4.7%는 肝臟에 含有되어 있었고 나머지 11.4%가 그 밖의 여러 臟器組織에 含有되어 있는 셈이었다.

(2) 各臟器組織中の 카드뮴함량은 性別에 따라 差異가 認定되었고, 男性보다 女性에서 顯著히 높게 나타나서 鉛의 含量과는 對照的이었다.

(3) 또한 카드뮴함량은 年齡과 함께 急增하였고 腎臟, 肝臟을 비롯한 여러 臟器組織內의 카드뮴함량은 대체로 年齡과 有義한 相關關係($P < 0.01$)를 나타냈다. 특히 腎臟에서의 相關關係는 $r = 0.844$ 로 가장 높았다.

3. 銅의 含量

毛髮中の 平均 銅함량은 10.36±2.21ppm으로 各臟器組織中에서 가장 높은 값을 나타냈고, 그 다음은 肝臟으로서 6.31±1.24ppm이었다.

體內에 吸收된 銅함량의 各臟器組織內 分布 狀態를 보면 毛髮에 29.9%와 肝臟에 18.2%로 가장 높았고 腦 心臟, 腎臟, 大腸에는 5~11.0%, 胃, 血液 및 肺臟에는 3.0~3.5%程度가 含有되어 있었다.

10歲未滿 어린이에서의 各臟器組織中 特別히 肝臟, 腎臟, 心臟, 大腸의 銅함량은 鉛 및 카드뮴과는 對照的으로 成人에 比하여 顯著하게 높았으나 成人에 있어서는 60歲에 이르기까지 年齡에 따른 差異를 認定할 수

없었다.

腦, 肋軟骨 및 脂肪組織中の 銅含量은 年齡과 더불어 增加하여 有義한 正相關關係를 나타내었으며, 그밖의 各臟器組織內에서는 年齡과 아무런 相關이 없었다. 腦組織中の 銅含量의 年齡에 대한 相關關係는 $r=0.870$ ($P<0.01$)으로 어느 組織에서 보다 높았다.

各臟器組織中の 平均 銅含量에 있어서는 性別 差異가 없었고, 日本人에 比하면 대체로 낮았다.

參 考 文 獻

1. Joselow, M.M., L.J. Goldwater, and S. Weinberg: *Absorption and excretion of mercury in man. XI. Mercury content of "normal" human tissues. Arch. Environ. Health 15, 64~66(1967).*
2. 백남원, 윤복상, 경규철: 原子吸光法을 利用한 尿中 鉛排泄量의 定量. 豫防醫學會誌 7, 377~382 (1974).
3. Barry, P.S.I. and D.B. Mossman: *Lead Concentrations in human tissues. Brit. J. Industri. Med. 27, 339~351 (1970).*
4. Selander, S. and K. Cremer: *Determination of lead in blood by atomic absorption spectrophotometry. Brit. J. Industri. Med. 25, 209~213 (1968).*
5. 堤忠一: 公害分析指針. 7 食品編. 日本分析化學會, 關東支部, 共立出版. (1972).
6. Cheek, D. B. G. K. Powell, R. Reba and M. Feldman: *Manganese, copper and zinc in rat muscle and liver cells and in thyroid and pituitary insufficiency. Bull. Johns Hopkins Hosp, 118, 338~348 (1966).*
7. Strasheim, A. E, Norval and L.R.P. Butler: *The atomic absorption determination of traces of lead in fish flour. J. South Afr. Chem. Instit. 17, 55~60 (1964).*
8. Altshuller, L.F., D.B. Halak, B. H. Landing and R. A, Kehoe: *Deciduoal teeth as an index of body burden of lead. J. Pediat. 60, 224~229 (1962).*
9. Nusbaum, R.E., E. M. Butt: T.C. Gilmour and S.L. DiDio: *Relation of air pollutants to trace metals in bone, Arch. Environ. Health. 10, 227~232 (1965).*
10. Selander, S. and K. Cramer: *Determination of lead in urine by atomic absorption spectrophotometry. Brit. J. Industr. Med. 25, 139~148 (1968).*
11. 小泉清太郎, 鈴木助治, 山野邊秀夫, 雨宮敬, 大澤映子, 戶谷哲也: 有害性元素に關する 衛生化學的研究(第4報). 東京都立衛生研究所 研究年報, 23, 101~109 (1977).
12. 石崎有信, 福島匡昭, 坂元倫子: 生物體内のCdの分析について(第1報). 日衛生誌 24, 375~379(1969).
13. Sumino, K. K. Hayakawa, T: Shibata, S. Kitamura: *Heavy metals in normal Japanese tissues. Arch. Environ. Health 30, 48~494 (1975).*
14. 秋山和幸, 高稿利惠子, 池田眞悟, 長嶋親治, 藤谷和正, 野生弘, 長崎護, 有衛亮二, 本塚年子, 東京都三多摩地區住民の尿中カドミウム量について, 東京都立衛生研究所年報 23, 283~286 (1971).
15. Griggs, R.C.: *Lead poisoning: Hematologic aspects, pp. 117~137. In C.V. Moore and E.B. Brown, Eds. Progress in Haematology Vol. IV. New York, Grune & Stratton, Inc. (1964)*
16. Whitfield, C.L., et al.: *Am. J. Med.; 53, 289 (1972).*
17. 石崎有信, 福島匡昭, 坂元倫子, イタイイタイ病患者および 北陸地方住民の臟器の Cd および Zn 濃度について, 日衛生誌 26, 268~275 (1971).
18. Nordberg, G.F. *カドミウム汚染による 健康被害, 公害と對策, 11, (8) (1975).*
19. Browning, E.: *Toxicity of Industrial Metals, 2nd ed., p. 149, 1969.*
20. Askergren, A. and M. Mellgren: *Scand. J. Work Environ. Health., 1, 45 (1975).*
21. Schroeder, H.A, and I.H. Tipton.: *The human body burden of lead. Arch. Environ. Health 17, 965~978 (1968).*
22. Schroeder. H.A. and J.J. Balassa,: F.S. Gibson and S.N. Valanja; *Abnormal metals trace in man: Lead J. Chr. Dis. 14 : 408~425 (1961).*
23. Mehani, S: *Ann. Occup. Hyg. 9 : 165, (1966).*
24. Kehoe, R.A.: *Metabolism of lead in man in health and disease. The Haben Lectures, J. Roy. Instit. Publ. Health Hyg. 24, 1~81, 101~120, 129~143, 177~203 (1961).*
25. Nosaki, K.: *Method for studies on inhaled particles in human respiratory system and retention of lead fume, Industr. Health (Japan) .4, 118~128 (1966).*
26. Committee on Biologic Effects of Atomospheric Pollutants, Div. Med. Scien. National Research Council: *Lead. p. 6, 106, 113, 118, Nat. Acad. Scien., Washington, D. C.(1972).*

27. 俞正植：鉛中毒에 關한 研究，公衆保健雜誌 5, 129~134 (1968).
28. 吳世敏：鉛中毒에 關한研究：韓國成人 男子의 尿中鉛量에 對하여. 公衆保健雜誌, 5, 135~138 (1968)
29. Larsson S.E. and M. Piscator: *Irsael J. Med. Scien.* 7, 155 (1969).
30. S. Suzuki, S.T. Tagushi and G. Yokohashi: *Industr. Health (Japan)* 7, 155 (1969).
31. Syverson, T.L.M : *Cadmium-binding in human liver and kideny. Archiv, Environ health* 30, 158~161 (1975).
32. Schroeder H.A. and J.J. Balassa: *Abnormal trace metals in man: Cadmium. J. Chr. Dis.* 14, 236 (1961).
33. Chaube, S. H. Nishimura and C.A. Swinyard: *Znic and cadmium in normal human embryos and fetuses, Archiv. Environ. Health* 26, 237~240 (1973).
34. 山県登, 岩島清, 日本人の 平均 Cd 攝取量. 環境保健 レポート, 24, 27~28 (1973).
35. 土屋健三郎：人體臟器中 Cd分布に關する研究：環境保健レポート 19, 53 (1973).
36. Fribery, L., M. Piscator, G.F. Nordberg. and T. Kjellström: *Cadmium in the environment (The Chemical Rubber Company Press, Cleveland, Ohio,(1974).*
37. Elinder, C.G. T. Kjellström L. Friberg B. Lind and L. Linnman *Cadmium in Kidney cortex, liver and pancreas from Swedish autopsies, Archiv. Environ. Health* 31, 292~301(1976).
38. Committee on Biologic Effects of Environmental Pollutants, Div. Med. Scien. A. Nat. Research Council: *Copper, p.32, Nat. Acad. Scien., Washington, D.C., 1977.*
39. Murthy G.K. and U.S. Rhea: *Cadmium, copper, iron, lead, manganese and zinc in evaporated milk, infant products, and human milk, J. Dairy Scien.* 54, 1001~1005 (1971).