

亞鉛과 鐵分 同時投與가 白鼠의 臟器內 鉛含量에 미치는 影響

高麗大學校 醫科大學 豫防醫學教室 및 環境醫學 研究所

嚴 亨 澤 · 宋 東 彬 · 車 喆 煥

=Abstract=

Combined Effects of Iron and Zinc on Accumulation of Lead in Some Organs of Rats

Hyung-Taek Ohm, M.D., Dong-Bin Song, M.D., Chul-Whan Cha, M.D.

*Department of Preventive Medicine & Institute for Environmental Health
College of Medicine, Korea University*

In order to study the effects of iron and zinc on the lead poisoning of rats, lead with iron and zinc, or lead alone were administered orally to a total of 98 adult rats of Sprague-Dawley Species.

The concentrations of lead, zinc, and iron were measured by atomic absorption spectrophotometer at every 20 days intervals of 20th, 40th, 60th, 80th and 120th day as a final measurement. Those datas were analysed and compared with those of control groups.

The results were summarized as follows;

1. The concentration of lead in blood, bone, and liver tissues kept increasing in case of lead exposure group whereas it started decreasing at 60-80th day when concentration of zinc started increasing in case of combined exposure group. However, in kidney tissue, the concentration of lead in combined exposure group kept increasing up to the end of observation showing special high concentration at the final measurement at 120th day.
2. Concentration of zinc in blood and liver tissues had increased from 60-80th day in case of combined exposure group.
3. Concentration of iron in blood showed decreasing from 44.15 ± 9.67 to $32.44 \pm 2.69 \mu\text{g/ml}$ in case of lead exposure group, whereas it showed constant level of $47.50 \sim 45.65 \mu\text{g/ml}$. However, in liver tissue it kept constant as control did from 40th to 60th days, but from 100th day on it started increasing to show much higher concentration than control.

I. 緒 論

金屬의 使用量은 人類進歩의 尺度라 하리만큼 生活과 密接한 關係를 가지고 使用되어 왔다. 世近 工業時代와 併行하여 金屬으로 因한 職業病의 有病率은 增加하고 있고 最近에는 工業副産物에 의한 金屬의 生活環

境의 汚染問題가 世界的으로 專門家들의 關心을 모으게 되었다¹⁾. 金屬汚染의 問題點은 일단 環境中으로 放出된 金屬은 分解되어 變化되는 일이 없이 環境中에 殘存하며 生體內에 吸收되었을 때 직접 生體成分과 結合하여 各臟器에 選擇的으로 서서히 蓄積되는 毒性을 나타내고 그 排泄이 難易한 點이라 할 수 있겠다. 더욱기 이러한 金屬類는 그 化學的 特性에 의하여 地質이

나 生物界에 相互共存하고 있어서 相互 不可分의 關係로 環境을 오염시키고 있음으로 그 相互作用을 考慮하지 않고서는 金屬의 中毒作用을 論할 수 없다고 한다²⁾.

그리고 金屬의 複合汚染에 關하여서는 Hill(1963)³⁾의 亞鉛과 카드뮴의 拮抗作用, Bunn(1966)⁴⁾에 의한 鐵과 銅의 카드뮴中毒에 對한 補償效果 및 Schroeder(1974)⁵⁾의 카드뮴, 니켈, 亞鉛 및 銅의 相互作用에 의한 動物臟器內 分布의 變化等 多數의 研究報告가 있다. 그러나 그 作用機轉이 아직 不分明한 點이 있고 또한 그 量的關係에 따라 相異한 反應結果를 나타내는等 重金屬의 環境汚染과 그 相互作用은 더욱 深刻하고 복잡해질 것으로 기대된다. 금속 가운데 특히 鉛은 鉛板, 鉛合金 및 顏料等 多樣하게 紀元前 수세기 이전부터 人類生活에 利用되고 있는 金屬이다. 그 使用量은 年間 數十萬 Ton⁶⁾에 達하고 있으며 人體의 造血機能 阻害作用 및 腎臟과 睪丸에 發癌作用⁷⁾이 있음이 確認된 金屬으로서 鉛에 對한 研究報告는 多數이며 最近에는 그 複合作用에 對한 研究가 활발히 進行되고 있다. Six and Goyer(1972)⁸⁾는 體內에 鐵분이 부족하면 鉛의 毒作用이 더욱 顯著하게 나타남을 報告하였고 Birgitta(1976)⁹⁾ Cerklewski(1976)¹⁰⁾는 亞鉛이 鉛의 毒作用에 對하여 防禦作用을 나타낸다고 하였다. 그러나 Settlemyre(1967)¹¹⁾는 過量의 亞鉛이 生體內의 鐵分代謝과정에서 鐵分利用을 阻害하여 貧血症을 惹起시킨다고 報告하였다. 以上과 같이 鉛과 亞鉛, 鉛과鐵 그리고 亞鉛과 鐵分의 相互作用을 考慮하여 볼 때 相互間의 相加 혹은 補償效果임을 간단히 斷定지을 수는 없다고 생각된다.

이런 視點에서 著者는 같은 個體內에서 亞鉛과 鐵分이 同時에 鉛의 毒性에 對하여 미치는 影響을 糾明하고자 하였던 바 Six and Goyer外 여러 學者들에 의해 報告된 鉛과鐵分의 相互作用과 Cerklewski(1979)¹²⁾ 등에 의한 鉛과亞鉛의 相互作用을 基礎로하여 體重 158.5±15.5g인 白鼠에 對하여 鉛單獨 投與群과 鉛, 亞鉛 및 鐵 同時投與群, 對照群으로 나누어 一次的으로 金屬의 長期投與에 의한 各群의 成長의 變化와 各臟器의 鉛蓄積量을 檢討하였다.

II. 調查對象 및 方法

1) 調查 對象

실험動物은 體重 158.5±15.5g의 Sprague-Dawley 種 白鼠(♂) 98마리를 使用하였으며 同一條件下에서 3週間 飼育한 후 實驗에 投入하였다.

2) 實驗 方法

1981年 4月부터 8月까지 實驗動物을 對照群과 鉛單獨投與群, 鉛, 鐵 및 亞鉛 同時投與群으로 區分하고 다시 各群을 20日, 40日, 60日, 80日, 100日, 120日群으로 나누어 實驗하였으며 個個群을 6~7마리로 하였고 對照群은 20日群 10마리, 120日群 10마리로 하였다. 金屬投與는 보통 飲料水에 鉛 400ppm($Pb(Ac)_2 \cdot 3H_2O$: 日本關東化學), 亞鉛 200ppm($ZnCl_2 \cdot 2H_2O$: 日本國產化學), 鐵 200ppm($FeCl_2 \cdot H_2O$: 日本國產化學)이 되도록 溶解시켜 各群別로 經口投與하면서 20日間격으로 ether麻醉 후 즉시 採血하고 肝臟, 腎臟 및 骨을 採取하여 金屬을 分析 測定하였다.

3) 分析 方法

鉛, 鐵分 및 亞鉛測定¹³⁾; 血液과 各組織을 各各 질산과 과염소산으로 濕式分解하고 DDTC Chelate 化合物을 生成시켜 MIBK로 抽出 原子吸光度計(Shimadzu AA-630-11)를 利用 Pb-217.0nm, Fe-248.3nm, Zn-213.9nm 波長에서 各各 測定하였으며 標準系列은 日本和光純藥劑인 原子吸光分析用 標準試藥을 利用하였다.

III. 實驗 成績

1) 體重 變化

體重의 變化는 Fig. I에서 볼 수 있는 바와 같이 對照群이 178.5±8.2g에서 120日間에 350.5±10.5g으로 成長한데 比하여 鉛單獨投與群은 40日부터 僅少한 差를 나타내면서 60日에 301.8±8.7g으로 成長하였으나 이후부터 停止한 상태를 나타내어 120日에는 297.6±4.1g으로 對照群에 比하여 약 15% 減少한 輕함을 나타냈다. 한편 鉛, 亞鉛 및 鐵 同時投與群에서는 60日까지는 鉛單獨投與群과 같은 추세를 보였으나 계속 成

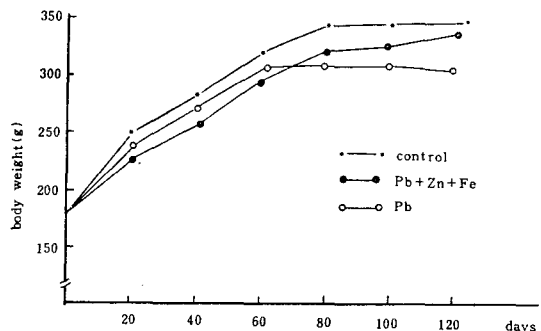


Fig. 1. Changes of mean body weights of rats exposed to Pb or Pb with Zn & Fe

Table 1. Lead levels in blood, liver, kidney and bone of rats exposed to lead or lead with zinc & iron unit : $\mu\text{g/g}$

Treatment No. of rat Day	Blood ($\mu\text{g/ml}$)		Liver		Kidney		Bone		
	Pb	Pb+Zn+Fe	Pb	Pb+Zn+Fe	Pb	Pb+Zn+Fe	Pb	Pb+Zn+Fe	
20	12	0.64 \pm 0.30	0.72 \pm 0.14	1.02 \pm 0.18	1.14 \pm 0.35	4.83 \pm 1.07	9.49 \pm 6.86	17.12 \pm 1.35	15.21 \pm 1.50
40	12	0.73 \pm 0.19	0.62 \pm 0.08	1.11 \pm 0.34	0.73 \pm 0.70	10.03 \pm 3.98	12.97 \pm 2.87	33.52 \pm 10.71	30.32 \pm 4.56
60	13	0.84 \pm 0.10	0.80 \pm 0.14	1.38 \pm 0.14	1.28 \pm 0.31	14.39 \pm 1.74	15.76 \pm 2.04	34.23 \pm 8.34	36.33 \pm 8.94
80	12	0.84 \pm 0.16	0.91 \pm 0.15	1.59 \pm 0.31	1.63 \pm 0.29	21.08 \pm 3.94	25.95 \pm 6.86	35.16 \pm 7.02	31.05 \pm 0.55
100	14	0.98 \pm 0.25	0.86 \pm 0.27	1.83 \pm 0.11	1.45 \pm 0.14	22.17 \pm 3.27	24.99 \pm 4.19	43.23 \pm 11.10	37.26 \pm 2.85
120	14	0.99 \pm 0.22	0.82 \pm 0.24	1.84 \pm 0.26	1.41 \pm 0.16	35.45 \pm 6.97	44.78 \pm 6.47	54.43 \pm 6.08	38.67 \pm 10.63
Control	10a	0.09 \pm 0.03		0.05 \pm 0.02		0.09 \pm 0.08		0.48 \pm 0.12	
	10b	0.12 \pm 0.04		0.06 \pm 0.02		0.15 \pm 0.05		0.61 \pm 0.10	

** : P<0.01 Compared with Pb group

a : data concerned with 20th experimental day

* : P<0.05

b : data concerned with 120th experimental day

Table 2. Iron levels in blood, liver of rats exposed to lead or lead with zinc & iron unit : $\mu\text{g/g}$

Day	Treatment No. of rat	Blood ($\mu\text{g/ml}$)		Liver	
		Pb	Pb+Zn+Fe	Pb	Pb+Zn+Fe
20	12	44.15 \pm 9.67	47.50 \pm 13.14	16.64 \pm 1.69	18.06 \pm 3.55
40	12	44.22 \pm 10.64	47.59 \pm 7.33	17.58 \pm 3.99	19.72 \pm 7.46
60	13	41.35 \pm 1.40	46.23 \pm 10.55	16.49 \pm 1.82	**19.98 \pm 1.49
80	12	42.45 \pm 6.74	44.48 \pm 9.39	17.37 \pm 1.23	**20.21 \pm 3.80
100	14	34.44 \pm 10.49	*44.37 \pm 13.06	17.08 \pm 4.42	**24.71 \pm 6.37
120	14	32.44 \pm 2.69	**45.65 \pm 3.94	15.35 \pm 3.54	**29.72 \pm 3.83
Control	10a	41.08 \pm 6.94		19.50 \pm 5.61	
	10b	40.45 \pm 6.74		17.48 \pm 8.99	

** : P<0.01 compared with Pb group

* : P<0.05

a : data concerned with 20th experimental day

b : data concerned with 120th experimental day

長하여 120일에 328.5 \pm 6.7g으로 對照群에 比하여 약 6.3% 減少하였다.

2) 血液, 肝臟, 腎臟 및 骨組織內 鉛含量

Table 1에서 볼 수 있는 바와 같이 血液內 鉛含量은 鉛單獨 投與群에서는 20日에서 120日까지 0.64 \pm 0.30 $\mu\text{g/ml}$ 에서 0.99 \pm 0.22 $\mu\text{g/ml}$ 로 계속 增加하는 경향을 보이고 있으며 鉛과 鐵 및 亞鉛同時投與群에서는 80日까지는 0.72 \pm 0.14 $\mu\text{g/ml}$ 에서 0.91 \pm 0.15 $\mu\text{g/ml}$ 로 鉛單獨投與群과 같은 경향이였으나 다시 減少하기 시작하여 120日에서는 0.82 \pm 0.24 $\mu\text{g/ml}$ 을 나타내고 있다. 마찬가지로 肝臟內 鉛含量에 있어서도 (Table 1) 鉛單獨投與群에서는 1.02 \pm 0.18 $\mu\text{g/g}$ ~1.84 \pm 0.26 $\mu\text{g/g}$ 으로

로 계속 增加하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 鉛과 鐵 및 亞鉛 同時投與群에서는 80日까지는 1.14 \pm 0.35 $\mu\text{g/g}$ ~1.63 \pm 0.29 $\mu\text{g/g}$ 으로 增加하면서 다시 減少하는 趨勢를 보여 120日에는 前者가 1.84 \pm 0.26 $\mu\text{g/g}$ 인데 比하여 1.41 \pm 0.16 $\mu\text{g/g}$ 으로 減少하였다(P<0.01). 腎臟에 있어서는 (Table 1) 血液과 肝臟과는 달리 鉛單獨投與群에서 4.83 \pm 1.07 $\mu\text{g/g}$ ~35.45 \pm 6.97 $\mu\text{g/g}$ 으로 增加하고 있는데 比하여 三金屬同時投與群에서는 100日까지는 9.49 \pm 6.86 $\mu\text{g/g}$ 에서 24.99 \pm 4.19 $\mu\text{g/g}$ 으로 더욱 많은 量이 增加하였으며 120日에는 44.78 \pm 6.47 $\mu\text{g/g}$ 으로서 현저하게 增加하였다(P<0.05).

한편 骨組織의 경우는 腎臟과는 反對로 鉛單獨投與群이 20日에서 120日 사이에 17.12 \pm 1.35 $\mu\text{g/g}$ 에서 54.43 \pm 6.08 $\mu\text{g/g}$ 으로

Table 3. Zinc levels in blood, liver of rats exposed to lead or lead with zinc & iron unit : $\mu\text{g/g}$

Day	Treatment		Blood ($\mu\text{g/ml}$)		Liver	
	No. of rats		Pb	Pb+Zn+Fe	Pb	Pb+Zn+Fe
			20	12	3.99 ± 1.22	4.45 ± 0.92
40	12	3.19 ± 0.97	4.58 ± 1.15	4.78 ± 1.48	6.11 ± 1.01	
60	13	5.17 ± 2.61	6.38 ± 0.27	5.62 ± 1.73	** 7.10 ± 0.62	
80	12	4.53 ± 3.03	* 6.72 ± 1.24	5.35 ± 0.23	** 9.60 ± 1.55	
100	14	4.45 ± 4.19	* 6.98 ± 4.24	5.08 ± 1.35	** 10.74 ± 0.25	
120	14	4.19 ± 1.08	** 8.83 ± 1.53	6.24 ± 1.27	** 16.53 ± 1.85	
Control	10a		3.49 ± 1.21		4.19 ± 2.01	
	10b		4.68 ± 3.25		6.05 ± 1.55	

** : $P < 0.01$ compared with Pb group

* : $P < 0.05$

a : data concerned with 20th experimental day

b : data concerned with 120th experimental day

$43 \pm 6.08 \mu\text{g/g}$ 으로 증가한데 비하여 三金屬同時投與群에서는 $15.21 \pm 1.50 \mu\text{g/g}$ 에서 $38.67 \pm 10.63 \mu\text{g/g}$ ($P < 0.05$)으로 單獨投與群에 비하여 낮은 蓄積率을 보이고 있다.

3) 血液 및 肝組織內的 鐵分 含量

Table 2에서 볼 수 있는 바와 같이 血液內的 鐵分含量은 鉛單獨投與群에서는 $44.15 \pm 9.67 \mu\text{g/ml}$ 에서 120日間에 $32.44 \pm 2.69 \mu\text{g/ml}$ 로 減少하였으며 특히 80日 이후부터 그 減少現象이 顯著하였다. 그러나 鉛과 鐵 및 亞鉛 同時投與群에서는 120日間에 $47.50 \pm 13.14 \mu\text{g/ml}$ 에서 $45.65 \pm 3.94 \mu\text{g/ml}$ 로서 對照群의 $41.08 \pm 6.94 \mu\text{g/ml}$ 을 上廻하고 있었다. 한편 肝組織에서는 單獨投與群의 경우는 20日 이후부터 $16.64 \pm 1.69 \mu\text{g/g}$ 으로서 對照群의 $19.50 \pm 5.61 \mu\text{g/g}$ 에 미치지 못하였으며 계속 같은 現象을 보이면서 120日 이후에는 $15.35 \pm 3.54 \mu\text{g/g}$ 으로 減少하였다. 반면에 三金屬同時投與群에서는 80日까지는 $18.06 \pm 3.55 \sim 20.21 \pm 3.80 \mu\text{g/g}$ 으로서 對照群과 近似한 값을 나타내었으나 80日 이후부터는 顯著的한 增加現象을 나타내어 120日에는 $29.72 \pm 3.83 \mu\text{g/g}$ 을 나타내었다.

4) 血液 및 肝組織內的 亞鉛含量

血液內的 亞鉛含量은 Table 3에서 볼 수 있는 바와 같이 鉛單獨投與群에서는 $3.99 \pm 1.22 \mu\text{g/ml}$ 에서 120日後에 $4.19 \pm 1.08 \mu\text{g/ml}$ 로 微量의 增加를 보이고 있으며 三金屬同時投與群에서는 $4.45 \pm 0.92 \mu\text{g/ml}$ 에서 120日後에 $8.83 \pm 1.53 \mu\text{g/ml}$ 로서 특히 60日 이후부터 增加現象을 나타내고 있다. 肝組織의 경우는 鉛單獨投與

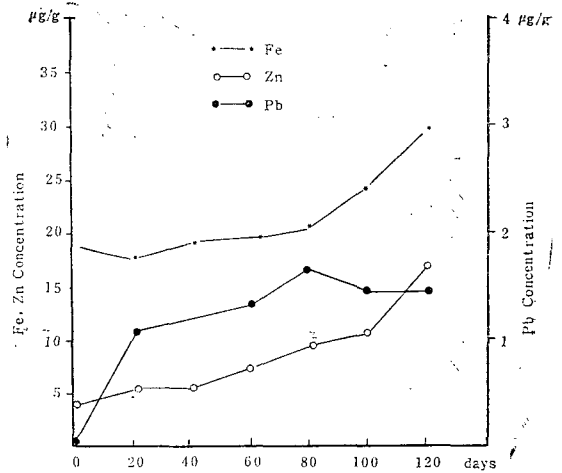


Fig. 2. Pb, Fe, Zn levels in liver of rats exposed to Pb+Fe+Zn (Time study of metal accumulation)

群에서는 血液과 같은 樣相으로 $5.22 \pm 0.63 \sim 6.24 \pm 1.27 \mu\text{g/g}$ 인데 비하여 三金屬同時投與群에서는 60日 이후부터 현저히 增加하기 시작하여 120日 이후에는 20日의 $5.58 \pm 1.00 \mu\text{g/g}$ 의 약 3배인 $16.53 \pm 1.85 \mu\text{g/g}$ 까지 增加하였다.

IV. 考 察

重金屬類는 그 物理化學의 特性에 의해서 必然的으로 複合된 形態로 生體內에 吸收되며 生體內에서 金屬相互間的 作用은 金屬과 金屬間的 直接反應과 Metallothioneine 生成에 의한 毒性抑制效果 및 構造의 類似生에 의한 金屬間的 置換反應등에 起因되어 相

互拮抗 혹은相加作用이 나타난다고解釋되어지고 있으나¹⁴⁾ 그量的關係 및 宿主의 年令, 榮養狀態등 여러 因子에 따라서 發現되는 中毒現象이 相異함으로서 拮抗 및 相加作用을 간단히 說明할 수 없음을 이미 잘 알려져 있는 바이다.

亞鉛은 體內에서 카드뮴이나 鉛에 의한 造血阻害作用에 補償效果를 갖고 있으나 過量吸入時에는 δ -ALAD 活性에 對한 鉛의 阻害作用에 對하여 相加作用을 나타내고 있음을 Tomokuni(1978)¹⁵⁾는 報告하였고 Six and Goyer¹⁶⁾는 鐵分 및 칼슘등이 부족한 상태에서는 鉛의 吸收가 容易하게 되고 반대로 鉛은 鐵分의 heme 形成을 阻害한다고 報告하였다. 한편 亞鉛과 鐵分의 關係를 보면 Settlemire는 一定量 이상의 亞鉛은 Ferritin의 Fe가 結合할 -SH基에 Zn이 結合함으로서 鐵分이 Ferritin으로 利用되는 것을 방해하기 때문에 組織內의 鐵分含量이 減少됨을 報告하였다.

以上과 같은 資料를 基礎로하여 本 실험에서는 鐵分 및 亞鉛이 同時에 鉛中毒에 미치는 影響을 糾明하고자 鉛單獨投與群에 比하여 鉛, 亞鉛 및 鐵 同時投與群의 組織內 各 金屬의 蓄積量을 20日間격으로 觀察 하였던 바 鉛의 경우 그 蓄積量은 血液 및 肝臟에서 兩群 다 같이 80日까지는 같은 傾向으로 增加하고 있으나 80日 이후부터 兩群의 差가 나타나기 시작하여 三個 金屬 同時投與群에서만 減少하여서 120日후에는 血液 및 肝에서 各各 前者의 17%, 23% 減少하였으며 鉛의 選擇 臟器인 骨組織에 있어서도 마찬가지로 前者에 있어서는 그 增加率이 높는데 比하여 後者の 경우 鉛의 增加率이 점차 낮아지고 있었다. 이와같이 三金屬 同時投與群에서 各臟器의 鉛含量이 減少하기 시작하는 60~80日 이후에 亞鉛含量을 보면 血液 및 肝에서 各各 그 含量이 顯著히 增加하였고 특히 肝에서는 鉛單獨投與群 보다 2~3倍 增加하고 있다. 即 臟器內에 亞鉛의 一定量 以上の 濃度가 維持될 때 비로서 鉛의 蓄積量이 減少하는 傾向을 나타내었다(Fig.2). 이러한 鉛에 對한 亞鉛의 拮抗作用은 Chen(1977)¹⁷⁾이 生體內에서 亞鉛의 半減期가 3~5日 정도로 짧음으로 1000ppm 前後의 비교적 多量의 亞鉛을 白鼠에 投與할 때 肝 및 腎臟에서 Metallothioneine이 形成된다고 報告한 바 鉛의 毒性에 對한 亞鉛의 補相效果는 血液 및 組織內의 一定量 以上の 아연 濃度가 維持될 때 나타나는 것으로 생각된다. 한편 腎臟의 경우는 血液, 肝 및 骨組織과는 반대 현상으로 120日間に 三金屬 同時投與群에서 鉛單獨投與群에 比하여 그 26%가 더욱 增加하였는데 이와 같은 현상은 鉛의 排泄 혹은 再吸收에 의해서 形成된 Pb-protein으로 推定되어지나 本研究에서 腎臟內의

Pb-protein의 分離測定은 하지 못하였다.

이상과 같이 組織內의 亞鉛이 增加하면서 鉛의 減少가 顯著한 時期에 血液 및 肝의 鐵分含量을 보면 鉛單獨投與群에서는 점차 減少하고 있으나 鐵分 同時投與群에서는 血液內의 鐵分은 增減의 差가 없이 一定한 濃度를 維持하면서 對照群의 $41.08 \pm 6.94 \mu\text{g/ml}$ 을 上廻하고 있다. 그러나 肝에서는 鉛의 減少가 분명히 100日부터 鐵分の 增加幅이 커지고 120日에는 鉛單獨投與群의 약 2倍로 增加하였다.

以上과 같은 結果에서 鉛의 吸收와 同時에 亞鉛과 鐵分을 投與하여 그 Ion 濃度를 크게 해줌으로서 腸管壁에서의 相互競爭의 吸收阻害作用 및 相互置換反應의 抑制¹⁴⁾ 등에 기인하여 鉛에 對한 亞鉛의 補償作用과 鉛과 亞鉛에 對한 鐵의 補償效果가 나타난 것으로 解釋된다.

V. 結 論

鐵과 亞鉛이 同時에 鉛中毒에 미치는 影響을 糾明하고자 白鼠를 鉛單獨投與群과 鉛, 亞鉛 및 鐵 同時投與群, 對照群으로 區分하고 다시 各群을 20日, 40日, 60日, 80日, 120日로 나누었으며 金屬을 보통 飲料水에 鉛 400ppm, 亞鉛 200ppm, 鐵 200ppm이 되도록 溶解시켜 各群別로 經口投與하고 期日의 經過에 따른 各金屬의 組織內 蓄積量을 測定한바 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 血液 및 肝組織內의 鉛含量은 鉛單獨投與群의 경우 계속 서서히 增加하고 있는데 比하여 三個金屬 同時投與群에서는 60~80日이 經過후부터 即 血液 및 肝臟內에 亞鉛含量의 增加가 나타난 이후부터 減少현상을 나타내었으며 특히 肝組織內의 鉛含量은 經口投與 후 120日에 前者의 77%에 지나지 않았다. 骨組織에 있어서도 같은 樣相으로 120日에는 三個金屬投與群의 경우 鉛單獨投與群의 71%를 나타내었다. 그러나 腎臟에 있어서는 三個金屬 同時投與群에서 더욱 增加하는 反對現象을 나타내었다.

2) 血液 및 肝臟內에 亞鉛含量은 三個金屬 同時投與群에서 一定한 期日(60~80日)이 經過한 후 비로서 增加現象이 나타났다.

3) 血液에서의 鐵分은 鉛單獨投與群에서는 $44.15 \pm 9.67 \mu\text{g/ml}$ 에서 $32.44 \pm 2.69 \mu\text{g/ml}$ 로 減少하는 傾向인데 比하여 三個金屬 同時投與群에서는 $47.50 \pm 13.14 \mu\text{g/ml}$ ~ $45.65 \pm 3.94 \mu\text{g/ml}$ 로서 대체적으로 一定한 濃度를 나타내고 있었다. 그러나 肝에서는 40~60日부터 對照群과 類似한 값을 나타내며 100日경부터는 그 增加幅

이 넓어지면서 對照群을 훨씬 上廻하는 값을 나타내고 있었다.

參 考 文 獻

- 1) 土屋健三郎：重金屬 中毒學における 問題點. 日本公衆衛生誌, 22 : 3, 1975.
- 2) 山根靖弘, 內山 充：環境汚染物質と毒性(無機物質篇). 南江堂, 增刊 126 : 35, 東京, 1980.
- 3) Hill, C.H. and Matrone, G. et al : *In vivo interactions of cadmium with copper, zinc and iron. J. Nutrition*, 80 : 227, 1963.
- 4) Bunn, C.R. and Matrone, G : *In vitro interaction of cadmium, copper, zinc and iron in the mouse and rat. J. Nutrition*, 90 : 359, 1966.
- 5) Schroeder, H.A. and Nasan, A.P. : *Interaction of trace metals in rat tissues: Cadmium and nickel with zinc, chromium, copper. J. Nutrition*, 104 : 167, 1974.
- 6) 鄭奎澈：作業環境과 鉛中毒. 環境과 公害, 3 : 98, 1980.
- 7) 梅田誠：金屬の變異原性・形質轉換性. 變異原と毒性, 12 : 44, 1980.
- 8) Six, K.M. and Goyer, R.A. : *The influence of iron deficiency on tissue content and toxicity of ingested lead in rat. J. Lab. Clin. Med.*, 79 : 128, 1972.
- 9) Birgitta, H. and Mohanmed, A. : *antagonistic effect in vivo of zinc on inhibition of δ -ALAD by lead. Arch. Envir. Health*, 31 : 215, 1976.
- 10) Cerklewski, F.L. and Forbes, R.M. : *Influence of dietary zinc on lead toxicity in the rat, J. Nutrition*, 106 : 689, 1976.
- 11) Settlemire, C.T. and Matrone, G. : *In vivo interference of zinc with ferritin iron in rat, J. Nutrition*, 92 : 153, 1967.
- 12) Cerklewski, F.L. : *Influence of dietary zinc on lead toxicity during gestation and lactation in the emale rat. J. Nutrition*, 109 : 1703, 1979.
- 13) 神奈縣：公害關係の分析法と解説, 公害對策事務局, 神奈縣公害センタ, 1974.
- 14) 山根靖弘 外・環境汚染物質と毒性(無機物質篇), 南江堂, 增刊 126 : 44, 東京, 1980.
- 15) Tomokuni, K. : *Behavior of erythrocyte ALAD activity under the coexistence of zinc and each of other metals. Jap. J. Ind. Health*, 20 : 280, 1978.
- 16) Six, K.M. and Goyer, R.A. : *Experimental enhancement of lead toxicity by low dietary calcium. J. Lab. Clin. Med.*, 76 : 933, 1970.
- 17) Chen, R.W. and Vasey, E.J. : *Accumulation and depletion of zinc in rat liver and kidney metallothioneins. S.J. Nutrition*, 107 : 805, 1977.
- 18) Albert, C. and Neilands, J.B. : *Zinc, an essential metal ion for beef liver δ -ALAD. Biochem. Bioph. Res. Communications*, 55 : 1060, 1973.