

高速道路로부터의 距離에 따른 쥐의 器官內 납과 카드뮴 含量

李 海 浜 · 鄭 玩 鎬
(東國大學校 大學院)

Content of Lead and Cadmium in Organs of Rats by the Distance from Highway

Lee, Hai-Poong and Wan-Ho Chung
(Graduate School of Dongguk University)

ABSTRACT

The concentrations of lead and cadmium in each organ of the rats were measured by the different distance from the Kyungbu highway at Yangjae-dong, Seoul and control site, Dongguk university forest at Mt. Unack, Namyangju-gun, Kyunggi from 1984 to 1986. The lead was concentrated in the bone with the largest amount, in the kidney and liver with moderate, and in the brain and muscle with the least. The lead concentration in the bone of the rats inhabiting within 10 m from the highway was determined more than 5 times of the control site and significantly this was inversely proportional to the distance from the highway. The cadmium, on the other hand, was specifically concentrated in the kidney as compared with other organs, i.e., the decreasing order of it was the kidney, brain, liver, bone, muscle and heart. The cadmium content in the kidney within 10 m from the highway was more than 3 times of that of the control, although the concentration in the organs was not significantly related with the distance from the highway.

緒 論

自動車 排氣가스 속의 납과 타이어로부터 나오는 카드뮴에 의한 環境汚染은 生物에 피해를 준다. 더구나 交通量이 많은 高速道路邊의 生物에는 많은 被害를 줄 것이 豫想된다. 京釜 高速道路의 日平均 交通量은 1986년에 49,000臺에 이르고 있다. 따라서 高速道路邊에 棲息하는 들쥐는 큰 被害를 받을 것이다. 生體 內에 存在하는 重金屬 特히 납은 動物의 種類에 따라서 그 含量이 다를 뿐 아니라 암·수에 따라 다른데, 特히 박쥐는 암컷보다 수컷에 납含量이 많으며 쥐의 體內 납含量은 生活 習性, 例를 들면 地下 棲息型 보다 地上 棲息型에 많으며 또 어린 쥐보다 늙은 것이 더 많다(Donald, 1979). 들쥐의 行動圈은 半徑 100 m 이며 主로 自身의 집을 根據로 하여 그 周邊에서 먹이를 求하므로 高速道路로부터의 距離와 交通量에 따라 重金屬 含量에 差異가 있다(Jefferies and French, 1972; Williamson and Evans, 1971; Welch and Dick, 1975).

高速道路邊에 棲息하는 哺乳動物體 内の 重金屬 含量에 關한 研究은 外國에서 이미 이루어지고 있지만 國內에서는 未洽하다. 特히 動物體 内の 카드뮴 含量을 測定한 研究은 거의 없는 實情이다.

本 論文에서는 高速道路로 부터의 距離에 따라 잡은 쥐의 器官을 分離하여 그 속의 重金屬 含量을 測定함으로써 그 距離에 따른 差異, 器官에 따른 差異 및 高速道路와 高速道路가 없는 對照區와의 差異를 比較하는데 目的이 있다.

材料 및 方法

材料 採取 場所 本 研究에서 使用한 材料의 採取 場所는 京釜 高速道路의 서울 始發點의 남쪽 4 km 地點 또는 서울톨게이트 북쪽 2 km 地點에 位置한 江南區 良材洞 良才 國民學校의 남쪽 100 m 距離에 있는 良才川 周邊을 擇하였다.

이 定點의 日平均 車輛 通行은 1984年 37,926臺, 1985年 47,957臺, 1986年 49,839臺이었다(韓國道路公司 提供). 高速道路로부터의 距離에 따라 쥐의 各 臟器의 鉛 含量을 알아 보기 爲하여 高速道路와 垂直으로 10 m(地所 1), 50 m(地所 2), 100 m(地所 3), 160 m(地所 4)의 距離를 定하였다(Fig. 1). 對照區으로는 高速道路가 없는 京畿道 南楊州郡 雲岳山과 兩水里에 걸쳐 있는 東國大學校 演習林을 擇하였다.

材料 採取 各 地所別로 쥐덫을 40個씩 日沒時에 設置하고 그 다음날 아침 收去하는 捕獲方法으로 反復하였다. 한 地所에서 20마리 以上の 쥐를 잡았는데 잡힌 쥐는 두 種類이었다. 하나는 쥐科(Muridae)에 屬하는 등줄쥐(*Apodemus agrarius coreae* Thomas)이고, 다른 하나는 啮齒科(Soricidae)에 屬하는 밭쥐(*Crocidura suaveolens shantungensis* Miller)였지만 本 研究의 試料은 두 種類를 區別하지 않았다(文教部, 1967). 잡힌 쥐 數로 150마리 中에서 밭쥐는 約 15마리이고 나머지는 等줄쥐이었다.

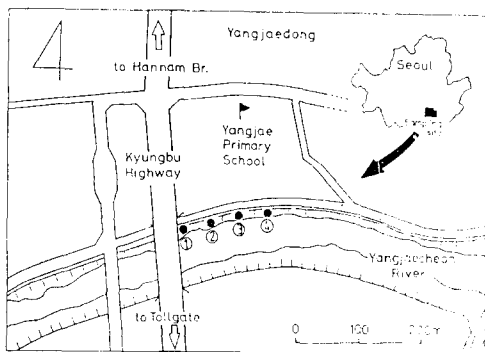


Fig. 1. Map showing sampling site near the Kyungbu highway. Numerals indicate sampling sites.

實驗溶液으로 使用하였다.

前處理한 實驗溶液 및 空實驗溶液을 各各 50 ml씩 取하여 250 ml 플라스크에 넣고 各各 25% 암모늄사이트레이트 10 ml와 BTB 溶液 2방울을 加하고 綠色이 될 때까지 NH_4OH 로 中和하고 이것을 40% 황산암모늄 溶液 10 ml와 蒸溜水를 加하여 100 ml로 하였다. 여기에

重金屬 定量 쥐를 解剖하여 各 器官別로 分離하여 건조후 오븐에 넣어 105°C 에서 乾燥시킨 後 粉碎하여 5 g을 500 ml의 kjeldahl flask에 넣어 蒸溜水를 試料의 75% 以上 되도록 넣어 여기에 질산 約 30 ml 加한 다음 加熱하여 식히고 黃酸 約 520 ml를 다시 加하여 加熱하였다. 內容物이 暗色이 되기 始作하면 질산 2~3 ml를 追加한 後 加熱하여 無色이 되면 完了하였다.

分解液을 冷却 한 後 蒸溜水 50 ml, 포화 암모늄옥살산 溶液 25 ml를 加하여 黃酸의 흰 연기가 發生할 때까지 加熱한 後 冷却시켜 100 ml가 되도록 蒸溜水를 加하여 實

SDTC(sodium diethyldithiocarbamate) 10% 溶液 10 ml를 加하고 MIBK (methylisobutyl ketone) 20 ml를 加하고 振湯하였다. MIBK層을 分離한 다음 atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer 372)를 利用하여 金屬 測定波長(Pb : 283.3 nm, Cd : 228.8 nm)에서 定量하였다(日本藥學會編, 1980).

結果 및 考察

납함량 Fig. 2는 高速道路로부터의 距離에 따라 쥐의 臟器別 납 함량의 比較이고, Fig. 3은 距離別로 器官에 따른 납 함량의 比較이다.

쥐의 各 器官 別 납 함량을 보면 高速道路邊 地所 1에서는 뼈에 特히 많으며 筋肉에 가장 적다. 即 뼈, 콩팥, 간 및 근육이 各各 12.4, 6.4, 4.5 및 2.4 ppm의 順이었다. 距離에 따른 납 함량은 地所 1과 地所 2는 큰 差異가 나타나지 않으나 地所 1과 地所 3은 差異가 있으며 더욱 地所 1과 地所 4 사이에는 큰 差異가 나타났다.

日 平均 通行 車輛이 19,800臺의 道路邊의 쥐에서는 뼈에 52.10 ppm, 콩팥에 8.46 ppm, 肝에 3.29 ppm, 腦에 0.84 ppm이 있고 對照群에서 뼈에 4.84 ppm, 콩팥에 3.28 ppm, 肝에 1.06 ppm, 腦에 0.14 ppm (Mierau and Favara, 1975)이 있다. 以上の 美國의 測定值에 比하면 本研究의 값은 美國의 1/4程度의 값이다. Welch and Dick (1975)에 依하면 日 平均 4,200臺의 通路邊에서 쥐 뼈에 납이 5.05, 콩팥에 2.55, 肝에 0.70 ppm이며 車輛 通行이 18,500臺의 道路邊에서 뼈, 콩팥, 肝에 各各 27.0, 3.85, 1.30 ppm이 含有되었다. 이 結果는 本研究의 結果보다 뼈의 함량은 2倍 以上이지만 콩팥이나 肝은 오히려 그 量이 적게 나타났다. 또 道路에서 14 m 떨어진 곳에서 뼈에 29.0 ppm, 콩팥에 5.4 ppm, 肝에 1.5 ppm이며 45 m 떨어진 곳에서 뼈에 22 ppm, 콩팥에 2.6 ppm, 肝에 1.1 ppm이 含有되었는데 (Welch and Dick, 1975) 이 結果로 보아 뼈는 다른 器官보다 두드러지게 많은 납이 蓄積 되는 것을 알 수 있다. 本研究에서도 뼈에 납의 濃度가 가장 높고, 그 다음이 콩팥, 肝, 心臟, 腦, 筋肉의 順이며 다른 研究者들도 이와 비슷한 傾向을 發表하고 있다 (Schroeder and Balassad, 1964; Gage and Lithfield, 1968; Goyer *et al.*, 1970; Smith 1955; Welch and Dick, 1975).

道路邊의 사슴쥐에서 납의 함량을 調査한 結果 뼈는 52.10 ppm으로 對照群의 4.84 ppm

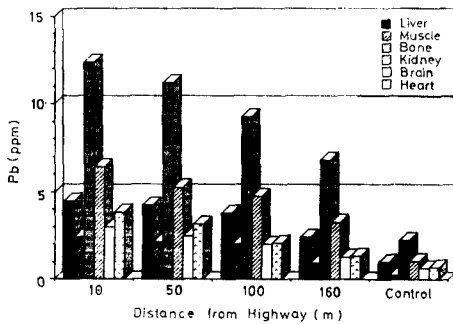


Fig. 2. Pb content in the organs of the rats by the distance from the Kyungbu highway at Yangjae-dong and control site.

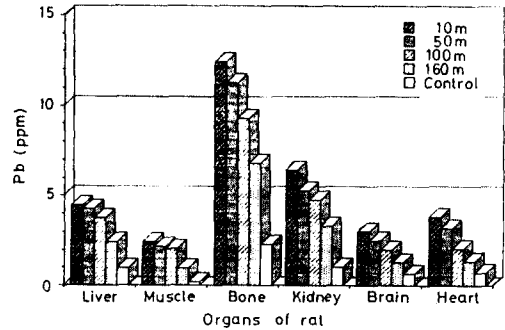


Fig. 3. Pb content in the organs of the rats near the Kyungbu highway at Yangjae-dong and control site.

보다 약 10배 더蓄積되었는데(Mierau and Favara, 1975) 그含量은 본 연구의 결과보다 6배나 많았다. 몇종의 들쥐의 콩팥에蓄積된 납含量은道路邊의 것은 13~27 ppm, 60 m距離에서 5.0~17.5 ppm, 800 m距離에서 5~9 ppm으로 나타났다(Williamson and Evans, 1971). 본 연구에서는 콩팥이 地所 1에서 6.41 ppm, 地所 2에서 5.26 ppm, 地所 3에서 4.76 ppm, 地所 4에서 3.28 ppm으로 나타나며, 對照群에서 1.02 ppm으로 나타나서 前述한 美國의 研究者의 結果보다 그 값이 적다.

쥐는 年齡에 따라 납의 濃도에 差異가 있다(Tansy and Roth, 1970). 또 쥐의 몸全體의 납含量은 對照群이 4.19 ppm, 작은 道路邊이 5.98 ppm, 高速 道路邊이 7.00 ppm이고 種類別로는 *Microtus agretis*가 10.14 ppm, *Clethrionomys glareolus*가 5.71 ppm, *Apodemus sylvaticus*가 5.31 ppm으로 나타났다(Jefferies and French, 1972). 여기에서 *Microtus*의 값이 큰 理由는 晝夜間에 地上生活을 하고 菜食生活을 하기 때문이다. 그러나 *Apodemus*의 값이 적은 理由는 主로 地下生活을 하고 열매等 覓食을 까먹어 汚染物質에 적게 接觸하기 때문이다. 그런데도 不拘하고 하루 35,000臺의 道路邊에서 *Microtus*는 6.1 ppm이고 *Apodemus*는 22.3 ppm이며, 19,600臺의 道路邊에서는 *Microtus*가 5.1 ppm, *Apodemus*는 6.3 ppm이었다(Donald, 1979). 한편 道路邊의 쥐 肝에 납蓄積量은 *Microtus*가 10.5 ppm, *Apodemus*가 12.0 ppm, *Clethrionomys*가 13.5 ppm이었다(Williamson and Evans, 1971). 따라서 이 결과와 Donald(1979)의 結果는 一致하지 않는다. 즉 어떤 動物이 한 地域에서 다른 動物보다 납含量이 많다고 반드시 다른 地域에서도 납含量이 많다고는 할 수 없다.

本 研究에서 各 器官을 距離에 따라 납含量의 變化를 統計 處理한 結果, 對照群에 對하여 모두 $p < 0.05$ 혹은 $p < 0.01$ 의 有意水準으로 差異가 있었다.

즉 高速道路邊 地所 1의 뼈와 對照群의 것은 모두 有意水準이 $p < 0.01$ 이고 모든 기관 사이에서도 같은 水準이었다.

Table 1. Comparison of Pb and Cd concentrations in the rats at the different distances from highway and control site

Site	Pb	Cd
1	5.413	0.239
2	4.736	0.190
3	3.978	0.146
4	2.673	0.108
Control	0.959	0.056
LSD 5%	1.862	NS
1%	2.467	NS

LSD: Least significant difference
NS: Nonsignificant.

前述한 납과 같이 카드뮴도 도로에 가까울수록 그含量이 많다.

Table 1과 같이 쥐 몸 속의 카드뮴含量은 거리에 따른 減少가 有意하지 않았다. 모든 地所에서 콩팥에 特히 카드뮴의 축적이 많으며 그 다음이 뇌와 간의 순으로 나타나며 근육과 심장에서 가장 적게 나타났다.

Table 1은 地所別로 쥐의 간, 근육, 뼈, 콩팥, 뇌, 심장 등을 한꺼번에 처리하여 얻은 평균치를 one way ANOVA test에 의하여 얻은 값이다. 여기에서 地所 1과 地所 2, 그리고 地所 3은 有意差가 없으나 地所 1과 地所 4, 그리고 對照群의 값은 99%의 有意差를 나타낸다. 또 地所 2의 쥐라도 地所 4의 쥐와는 $p < 0.05$ 水準, 道路邊과 對照群의 쥐 사이에는 $p < 0.01$ 水準으로 差異가 있다.

地所 3의 쥐는 對照群의 것과 $p < 0.01$ 水準으로 差異가 있으나 다른 곳의 쥐와는 差異가 없다.

카드뮴含量 Fig. 4는 거리에 따른 기관별 카드뮴含量의 比較이고 Fig. 5는 거리에 따른 거리별 카드뮴含量的 比較이다.

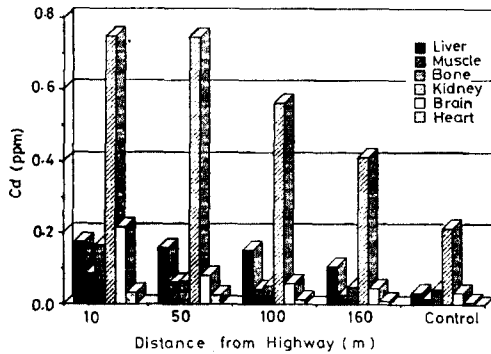


Fig. 4. Cd content in the organs of the rats by the distances from the Kyungbu highway at Yangjae-dong and control site.

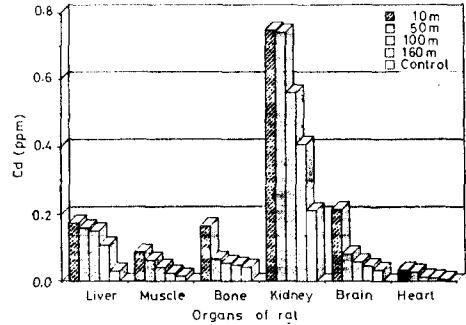


Fig. 5. Cd content in the organs of the rats near the Kyungbu highway at Yangjae-dong and control site.

카드뮴과 납은 같은 양성 二價 ion이지만 後者는 뼈에 特히 많고 前者는 콩팥에 많은 理由는 아직 밝혀지지 않고 있다. 이 두 重金屬은 다같이 한번 動物體 內에 들어오면 排泄이 잘 되지 않는 특징이 있다. 아마도 납은 카드뮴과 代置되어 뼈 속에 축적되는 것으로 생각되고 있다(Williamson and Evans, 1971).

摘 要

良才洞에서 京釜 高速道路로 부터의 거리에 따라 1984년~1986년 사이에 잡은 쥐의 各 器官에 含有된 납과 카드뮴 量을 分析하고 對照群으로 京畿道南陽州郡 雲岳山(兩水里)의 쥐와 比較하였다.

납은 뼈에 가장 많고 콩팥, 간의 順으로 적고 뇌와 근육에 가장 적었다. 뼈속의 납은 高速道路邊으로 부터 10 m 거리인 地所 1이 對照群 보다 5倍 以上 많았다. 쥐의 體內의 납 含量은 高速道路로 부터의 거리 사이 및 이것과 對照群 사이에서 높은 有意差가 있었다.

카드뮴 含量은 콩팥에 特히 많아서 地所 1이 對照群보다 3倍 以上이고 그 含量은 콩팥, 뇌, 간, 뼈, 근육의 順으로 減少하며 심장에 가장 적었지만 체내의 카드뮴 含量은 고속도로로부터의 거리와는 相關이 없었다.

引 用 文 獻

文教部. (1967). 動植物圖鑑. 第7卷 動物編(哺乳類).
 日本藥學會編. (1980). 日本衛生試驗法. 金原出版株式會社, 東京 pp. 2~7, pp. 398~425.
 Donald, R.C. Jr. (1979). Lead concentrations: Bats vs. terrestrial small mammals collected near a major highway. Environ. Sci. & Technol., 13:338~340.
 Gage, J.C. and M.H. Litchfield. (1968). The migration of lead from polymers in the rat gastrointestinal tract. Food and Cosmet. Toxicol., 6:328~338.
 Goyer, R.A., D.L. Leonard, J.F. Moore, B. Rhyne and M.R. Krigman. (1970). Lead dosage and the role of the intranuclear inclusion body. Archs Environ. Hlth., 20:705~711.
 Jefferies, D.J. and M.C. French. (1972). Lead concentrations in small mammals trapped on roadside

- verges and field sites. *Environ. Pollut.*, 3:147~156.
- Mierau, G.W. and B.E. Favara. (1975). Lead poisoning in roadside populations of deer mice. *Environ. Pollut.*, 8:55~63.
- Schroeder, H.A. and J.J. Balassad. (1961). Abnormal trace metals in man. Cadmium. *J. Chronic Dis.*, 14:236~258.
- Smith, J.C. (1955). Determination of cadmium in urine and observations on urinary Cd and protein excreted in men exposed to CdO dust. *Biochem. J.*, 61:698~701.
- Tansy, M.F. and R.P. Roth. (1970). Pigeons: A new role in air pollution. *J. Air Pollut. Control Ass.*, 20:307~309.
- Welch, W.R. and D.L. Dick. (1975). Lead concentrations in tissues of roadside mice. *Environ. Pollut.*, 8:15~21.
- Williamson, P. and P.R. Evans. (1971). Lead: Levels in roadside invertebrates and small mammals. *Bull. Environ. Contam. & Toxicol.*, 8:280~288.

(1987年 2月 15日 接受)