

## 사료내 카드뮴 첨가가 체조직과 피모의 카드뮴, 아연, 철 및 구리함량에 미치는 영향

이 근 우 · 이 현 범  
경북대학교 농과대학 수의학과  
(1987. 7. 29 接受)

### The Effects of Dietary Cadmium, Zinc, Iron and Copper Concentrations of Tissues and Hair in Rats

Keun-woo Lee and Hyun-beom Lee

*Department of Veterinary Medicine, College of Agriculture, Kyungpook National University*  
(Received July 29th, 1987)

**Abstract:** This thesis was designed to find out whether the cadmium content of hair in living animals reflects the status of cadmium accumulation in internal organs or muscles so that this status can be used as a diagnostic method.

Forty-five rats were divided into 4 experimental groups and one control group. The control group received a basal diet which contained zinc 100 $\mu$ g/g, iron 80 $\mu$ g/g and copper 135 $\mu$ g/g. The experimental group received experimental diets supplemented with 1, 10, 100 or 1,000 $\mu$ g/g cadmium as cadmium sulfate. Rats were dissected on the 23th or 56th day of experimental periods and tissues, blood and hair samples were taken, dried and burned to ash and analysed. The cadmium, iron zinc and copper concentrations were measured with an atomic absorption spectrophotometer. In addition feed efficiency and hematological changes were observed.

The results obtained can be summerized as follows:

A marked decrease in feed intake, weight gain and feed efficiency were observed from 1 or 2 weeks of experimental periods, which was in accordance with the dosage and periods.

The cadmium contents of kidney, liver, spleen and muscle were significantly increased in all experimental rats; the accumulation was marked in kidney and liver tissues.

It was shown that the cadmium contents of hair reflects the cadmium accumulation in internal organs and muscle; the higher the cadmium levels of diet and of rat tissues, the higher the cadmium content of hair.

In the 100 $\mu$ g/g group of rats erythrocyte counts and hemoglobin concentrations were decreased.

A significant ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ) increase in iron contents of kidney, liver and muscle was observed in 10, 100, 1,000 $\mu$ g/g groups of rats on the 28th day of experiment.

A significant ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ) increase in zinc contents of kidney, liver and muscle was observed in all experimental rats. On the other hand, serum zinc concentration was decreased.

A significant ( $p < 0.01$ ) increase in copper contents in the liver was observed on the 28th day in 100 $\mu$ g/g and 1,000 $\mu$ g/g groups of rats.

From these results it may be concluded that the analysis of hair for cadmium is a useful diagnostic approach for the cadmium status of internal organs and muscle in living animals.

## 서론

사람이나 동물은 체내에 카드뮴(Cd)을 함유하지 않고 출생하지만 출생 후의 생활과정에서 소화관 또는 기도를 통하여 흡수된 Cd는 항상성을 유지하지 못하고 체조직에 축적되며 사람에서는 30세에 평균 20~30 mg의 Cd를 보유하게 된다고 한다(Underwood, 1977; Neathery와 Miller, 1975; Lucis 등, 1972; Shaikh 등, 1972; Schroeder와 Balassa, 1961; Schroeder 등, 1961). 체내의 Cd는 주로 metallothionein이라 부르는 단백질과 결합되어 있으며(Goodhart와 Shill, 1980; Dorn 등, 1979; Verma 등, 1978; Neathery 등, 1974), 따라서 이것을 생물체의 정상적 구성분이라고 보는 의견도(Goodhart와 Shill, 1980) 있지만 그 확실한 작용이나 중요성에 관하여는 아직 밝혀져 있지 않으며 현재까지는 인체에 독성을 나타내는 물질로 알려져 있다(Sharma 등, 1980; Valberg, 1976; Sharkman, 1974; Robert 등, 1973; Jones, 1971; Lucis 등, 1969; Lucis 등, 1969; Gunn 등, 1962).

Cd중독에 관하여서는 1941년 Wilson과 Deds(1941)가 rat에서 빈혈 및 성장저하를 보고한 것이 처음이며 그 후 많은 연구자들의 추이에 의하여 Cd는 주로 신장 및 간에 축적되어 변성 또는 섬유화를 일으키며(Stowe 등, 1972), 철(Fe)과 구리(Cu) 및 아연(Zn)의 흡수를 장애함으로써 빈혈(Goodhart와 Blood 등, 1983; Leman 등, 1981; Osuna 등, 1981; Goodhart와 Shils, 1980; Underwood, 1977; Sharkman, 1974; Pond 등, 1973; Richardson 등, 1973; Stowe 등, 1972; Fox 등, 1971; Piscator 등, 1970; Bains 등, 1969; Jacobs 등, 1969; Berlin과 Friberg, 1960; Friberg, 1952; Plum, 1951; Pindborg 등, 1946), 부전산화증을 일으킬 수 있으며(Blood 등, 1983; Bartik, Piskac, 1981; Cousins 등, 1973) 사람에 있어서는 폐기종을 일으키며(Bartik과 Piskac, 1981; Goodhart와 Shils, 1980; Underwood, 1977) 특히 일본에서는 골연중, 가성골절 및 신변성증에 기인하여 심한 통증을 특징으로 하는 이른바 itai-itai병을 일으키며, 그 밖에 실험동물이나 사람의 고혈압도 Cd와 관련되는 것으로 알려졌다(Bartik과 Piskac, 1981; Goodhart와 Shils, 1980; Underwood, 1977; Sharkman, 1974; Shaikh 등, 1972; Jones 등, 1971; Perry와 Erlanger, 1971; Lucis 등, 1969).

가축은 사람처럼 오래 생존하지는 못하기 때문에 자연상태에서 Cd의 축적에 의한 피해는 드물지만(Bartik과 Piskac, 1981) 가축의 체조직에 축적된 Cd는 사람의 침착원이 될 수 있으므로 공중위생상 중요한 문제

로 대두되고 있다(Bartik과 Piskac, 1981).

체내의 Cd는 주로 신장 및 간에 축적되어 존재한다는 것은 여러 사람에 의하여 밝혀졌다. 즉 Combs 등(1983) Goodhart와 Shils(1980), Valberg 등(1976), Winge 등(1974), Shaikh 등(1972), Lucis(1969), Decker 등(1957) 및 Wilson과 Deds(1941)은 rat에서, Osuna 등(1981), Neathery 등(1974) 및 Cousins 등(1973)은 돼지에서, Miller 등(1969, 1968), Doyle 등(1969, 1968)은 자양과 산양에서, Stowe 등(1972)은 토끼에서 그리고 Barkik과 Piskac(1981), Sharma 등(1980), Neathery(1975)은 소에서 이러한 결과를 보고하였다. 한편, Willson과 Deds(1941)는 rat에서 그리고 Cousins 등(1973)은 돼지에서 비장에도 Cd이 축적된다는 것을 보고하였다. 그러나 Osuna 등(1981), Sharma 등(1980) 및 Cousins 등(1973)은 돼지에서, Combs 등(1983), Doyle(1975, 1974) 및 Miller 등(1969)은 자양과 산양에서 그리고 Blood 등(1983)과 Neathery 등(1975, 1974)은 소에서 관찰한 결과 근육에는 Cd이 축적되지 않았다고 보고하였다.

Schroeder 등(1969)과 Pawell 등(1964)은 각각 정상인 및 정상송아지의 피모내 Cd함량을 보고하였으며 Combs 등(1983)과 Doyle 등(1974)은 Cd의 사료내 첨가에 따르는 피모내의 축적상태를 조사하였으나 피모내에는 축적이 일어나지 않는다고 보고하였다.

Hamilton과 Valberg(1974), Itokawa 등(1974), Sharkman(1974), Bains 등(1969), Berlin과 Friberg(1960), Friberg(1952), Plum(1951), Pindborg(1946) 및 Wilson과 Deds(1941)는 rat에서, Leman 등(1981), Osuna 등(1981), Cousins 등(1973) 및 Pond 등(1973)은 돼지에서, Doyle 등(1975, 1974)은 자양에서, Piscator와 Axelsson(1970)은 토끼에 대한 실험에서 사료내의 Cd이 Fe의 흡수를 방해하며 그 결과 빈혈증이 유발된다고 보고하였다. Leman 등(1981), Osuna 등(1981)은 돼지에 대하여 그리고 Combs 등(1983)과 Doyle 등(1975, 1974)은 자양과 산양에 대하여 실험한 결과 Cd의 투여로 간의 Fe함량이 감소된다고 하였으며 Osuna 등(1981)은 또 신장의 함량도 감소된다는 것을 보고하였다.

Lucis 등(1969)과 Gunn 등(1962)은 rat에서, Leman 등(1981), Osuna 등(1981) 및 Cousins 등(1983)은 돼지에서, Doyle 등(1975, 1974)은 자양에서, Miller 등(1969, 1968)은 산양에서, Blood 등(1983), Bartik과 Piskac(1981), Neathery와 Miller(1975) 및 Robert 등(1973)은 소에서, 사료내의 Cd이 Zn의 흡수도 방해한다는 것을 보고하였다. 그러나 Cousins 등(1973)에 의

하면 돼지의 사료에 Cd를 첨가한 결과 신장, 간, 근육의 Zn함량은 증가되었다고 보고하였다.

사료내의 Cd은 또한 Cu의 흡수도 방해한다는 것이 Combs 등(1983), Doyle 등(1975)에 의하여 보고되었다.

Cd의 사료내 첨가가 혈액에 미치는 영향에 대하여는 Wilson과 Deds(1941)이 rat에서 저색소성 빈혈증을 보고한 예가 있으나 혈청내의 무기질함량에 미치는 영향에 관하여는 문헌을 찾아볼 수 없다.

이상의 문헌을 총괄하여 보면 Cd의 사료내 첨가로 인하여 특히 신장 및 간의 Cd함량이 증가된다는 것은 거의 확실하다. 그러나 이러한 조직내 축적에 따라 피모내에도 Cd이 축적되는지에 대하여서는 상세한 연구 보고가 없으며 또 조직내 무기질의 함량에 미치는 영향도 아직 의견의 일치를 보지 못하고 있다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 피모의 화학적 분석으로 내부장기의 Cd축적상태를 판단할 수 있는 방법을 모색하고자 하는 목적으로 사료내에 각종량의 Cd을 첨가한 사료를 rat에 투여한 후 내부장기, 근육, 피모, 혈액의 Cd, Fe, Zn, Cu함량의 변화를 관찰하였으며 이에 따르는 생체의 피모내 함량의 검사로써 내부장기의 Cd 침착상태를 판단할 수 있는 데에 도움이 되고자 하였다.

### 재료 및 방법

**공시동물** : 체중 약 250g의 Wistar rat 45마리를 구입하여 2주간 적응사육을 실시한 후 A, B, C, D(이상 실험군) 및 E(대조군)의 5군으로 나누어 공시하였다.

**공시사료** : 시판되는 양돈용 배합사료(Table 1)를 구입하여 Cd, Fe, Zn, Cu의 함량을 측정(Cd : ND, Fe : 80 $\mu$ g/g, Zn : 100 $\mu$ g/g, Cu : 135 $\mu$ g/g)한 후 이것을 기초사료로 하여 대조군(E)에 급여하였다. 기초사료에 황산카드뮴(日本, 純正化學제)을 적당량 첨가하여 Table 2에 표시한 바와 같이 1 $\mu$ g/g(A군), 10 $\mu$ g/g(B군), 100 $\mu$ g/g(C군), 1000 $\mu$ g/g(D군)의 Cd이 함유된 실험사료를 배합하여 9두씩의 rat에 급여하였다. 실험기간 중 모든 rat는 개별적으로 사육상자에 수용하면서 공시사료와 순수한 음료수만을 급여하였다.

**검사항목** : 1) 사료이용률 및 증체량 ; 매일의 사료섭취량과 1주 간격으로 체중을 측정하여 여기에서 이용률 및 증체량을 구하였다.

2) 조직내 Cd, Fe, Zn, Cu의 측정 ; 모든 실험동물은 4주 및 8주 후에 각각 5두 및 4두씩을 ether로 마취하고 심장천자로서 혈액을 채취한 후 해체하여 신장, 간, 근육(대퇴부), 비장 및 피모를 채취하였다. 채취

한 혈액으로부터 분리한 혈청은 군별로 pooling하였으며 기타의 가검물은 각각 재증류수로 5회씩 세척하였고 100~120°C에서 충분히 건조시킨 후 밀봉한 플라스틱 용기에 넣어 분석시까지 테시케이터 내에 보관하였다.

각 원소의 측정은 600°C에서 24시간 회화시킨 후 1 : 1 염산액으로서 회분을 용해하여 이것을 원자흡광분광광도계(일본, Hitachi제 모델 170-30)로 측정하였다. 각 원소별 측정조건은 Table 3과 같이 하였다. 각 분석치는 군별로 평균치를 구한 후 컴퓨터를 사용하여 T-test에 의한 유의성을 검정하였다.

### 결 과

**사료섭취량, 증체량 및 사료이용률** : Table 4~9에 표시한 바와 같이 일당 평균증체량은 A군 : -0.77g, B군 : -1.39g, C군 : -4.79g, D군 : -7.80g으로써 E군의 1.26g에 비하여 첨가량이 증가할 수록 현저한 감소를 나타내었다. 평균 사료섭취량은 A군 : 12.90g, B군 : 10.89g, C군 : 5.87g, D군 : 5.28g으로써 대조군의 18.44g에 비하여 현저한 감소경향을 나타내었다. 사료이용률도 A군 : -0.060, B군 : -0.126, C군 : -0.997, D군 : -1.637로써 어느 군에서나 대조군의 0.069에 비하여 현저한 감소를 나타내었다.

**조직내 Cd축적** : A군 : 1 $\mu$ g/g Cd첨가군의 성적은 Table 10에 표시한 바와 같다. 신장에서는 4주째에 검출되지 않은 예(rat No. 2)도 있었으나 그 평균치는 4주째에 104.97 $\mu$ g/g, 8주째에 810.77 $\mu$ g/g으로써 투여기간에 따라 모든 체조직중 가장 뚜렷한 축적현상을 나타내었다.

간에서는 4주째 부터 전예가 축적현상을 나타내었으며 그 평균치는 4주째에 36.20 $\mu$ g/g, 8주째에 128.37 $\mu$ g/g으로써 신장 다음으로 현저한 축적현상이 인정되었다.

근육에서는 4주째에는 2예에서 검출되었으나 8주째에는 전예에서 검출되었으며 그 평균치는 4주째에 5.75 $\mu$ g/g, 8주째에 17.96 $\mu$ g/g이었다.

비장에서는 4주째에는 전예에서 검출되지 않았으나 8주째에는 1예를 제외한 3예에서 검출되었으며 평균치는 93.23 $\mu$ g/g이었다.

피모에서는 4주째에는 3예에서 검출되었으나 8주째에는 전예에서 검출되었으며 그 평균치는 4주째에 15.00 $\mu$ g/g, 8주째에 42.89 $\mu$ g/g이었다.

B군 : Table 11에 표시한 바와 같이 10 $\mu$ g/g 첨가군의 성적도 대체로 1 $\mu$ g/g 첨가군과 유사한 축적현상을 나타내었다. 즉 신장에서는 4주째 부터 전예가 축적현

**Table 1.** Compositions of Basal Diet for Rats

Item	Contents(%)	
<b>Ingredients</b>		
Corn	(%)	63.54
Wheat bran	(%)	13.20
Barley bran	(%)	5.30
Rice bran, solvent	(%)	4.00
Soybean meal	(%)	6.20
Salt	(%)	0.30
Vitamin supplement*	(%)	0.20
Sesame meal	(%)	5.80
Oyster shell, ground	(%)	1.46
<b>Chemical compositions**</b>		
Cadmium	(mg/kg)	0
Zinc	(mg/kg)	100.00
Copper	(mg/kg)	135.00
Iron	(mg/kg)	80.00

\*: Vitamin A:10,000,000 IU/kg+Vitamin  
D:2,000,000 IU/kg (Bayer Co).

\*\* : Analytical value.

**Table 2.** Chemical Compositions of Experimental Diets for Rats

Group	Elements( $\mu\text{g/g}$ )			
	Cadmium	Zinc	Copper	Iron
A (Cd 1 $\mu\text{g/g}$ )	1.00	100.00	135.00	80.00
B (Cd 10 $\mu\text{g/g}$ )	10.00	100.00	135.00	80.00
C (Cd 100 $\mu\text{g/g}$ )	100.00	100.00	135.00	80.00
D (Cd 1,000 $\mu\text{g/g}$ )	1,000.00	100.00	135.00	80.00

**Table 3.** Conditions of Atomic Absorption Spectrophotometry

Elements	Wave length(nm)	Lamp current(mA)	Air flow(kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> flow(kg/cm <sup>2</sup> )	Slit (mm)
Cd	228.8	6.0	1.6	0.8	0.18
Zn	213.8	10.0	1.6	0.8	0.18
Cu	324.8	5.0	1.6	0.8	0.18
Fe	248.3	10.0	1.6	0.8	0.18

**Table 4.** Effects of Dietary Cadmium(1 $\mu\text{g/g}$ ) on Weight Gain, Feed Intake and Feed Efficiency in Rats

Rat NO	Initial weight(g)	Final weight(g)	Average daily gain(g)	Average daily feed intake(g)	Feed efficiency
1	250	240	-0.36	13.47	-0.027
2	235	222	-0.46	14.11	-0.033
3	235	223	-0.43	15.13	-0.028
4	240	210	-1.07	15.00	-0.071
5	255	212	-1.54	13.11	-0.118
6	245	215	-0.54	10.22	-0.053
7	240	210	-0.54	10.00	-0.054
8	255	200	-0.98	13.13	-0.075
9	255	200	-0.98	12.77	-0.077
Mean	246	214	-0.77	12.90	-0.060
Control	246	298	1.26	18.44	0.069

**Table 5.** Effects of Dietary Cadmium( $10\mu\text{g/g}$ ) on Weight Gain, Feed Intake and Feed Efficiency in Rats

Rat No.	Initial weight(g)	Final weight(g)	Average daily gain(g)	Average daily feed intake(g)	Feed efficiency
10	260	212	-1.71	11.72	-0.150
11	255	200	-1.96	10.27	-0.191
12	230	200	-1.07	10.98	-0.097
13	255	205	-1.79	10.00	-0.179
14	254	184	-2.50	13.44	-0.186
15	245	210	-0.63	9.47	-0.067
16	245	200	-0.80	11.13	-0.072
17	240	185	-0.98	11.00	-0.089
18	255	195	-1.07	9.98	-0.107
Mean	249	199	-1.39	10.89	-0.126
Control	246	298	1.26	18.44	0.069

**Table 6.** Effects of Dietary Cadmium( $10\mu\text{g/g}$ ) on Weight Gain, Feed Intake and Feed Efficiency in Rats

Rat No.	Initial weight(g)	Final weight(g)	Average daily gain(g)	Average daily feed intake(g)	Feed efficiency
19 (10th)+	235	140	-9.50	4.27	-2.225
20 (13th)+	240	160	-6.15	5.14	-1.197
21 (15th)+	255	130	-8.33	3.92	-2.125
22 (15th)+	260	160	-6.67	4.18	-1.596
23 (17th)+	237	175	-3.65	8.40	-0.435
24 (22nd)+	254	220	-1.55	8.45	-0.183
25 (28th)+	247	178	-2.46	6.06	-0.406
26 (28th)+	230	165	-2.32	7.24	-0.320
27 (28th)+	240	170	-2.50	5.18	-0.483
Mean	244	166	-4.79	5.87	-0.997
Control	246	298	1.26	18.44	0.069

+ : Date of death during experimental periods.

상을 나타내었으며 그 평균치는 4주째에  $375.57\mu\text{g/g}$ , 8주째에  $1600.83\mu\text{g/g}$ 이었다.

간에서도 4주째부터 전예가 축적현상을 나타내었으며 그 평균치는 4주째에  $205.80\mu\text{g/g}$ , 8주째에  $178.74\mu\text{g/g}$ 이었다.

근육에서는 4주째에는 2예에서 그리고 8주째에는 3예에서 검출되었으며 그 평균치는 4주째에  $9.95\mu\text{g/g}$ , 8주째에  $26.11\mu\text{g/g}$ 이었다.

비장에서는 4주째에는 전예에서 검출되지 않았으나 8주째에는 2예에서 검출되었으며 평균치는  $101.31\mu\text{g/g}$

이었다.

피모에서는 4주째 부터 전예가 축적현상을 나타내었으며 그 평균치는 4주째에  $40.91\mu\text{g/g}$ , 8주째에  $63.87\mu\text{g/g}$ 이었다.

C군 :  $100\mu\text{g/g}$ 군은 10일째부터 28일 사이에 전예가 폐사되었던 바 이에 대한 검사성적은 Table 12에 표시한 타와 같이 10일째 폐사한 예를 비롯하여 모든 예가 신장, 간, 피모, 근육내에 Cd의 축적현상을 나타내었으며 2예에서는 비장내 축적도 인정되었다.

D군 :  $1000\mu\text{g/g}$ 을 첨가한 D군은 7일째 부터 28일

**Table 7.** Effects of Dietary Cadmium(1,000 $\mu$ g/g) on Weight Gain, Feed Intake and Feed Efficiency in Rats

Rat No.	Initial weight(g)	Final weight(g)	Average daily gain(g)	Average daily feed intake(g)	Feed efficiency
28 (7th)+	260	110	-21.43	4.85	-4.412
29 (10th)+	250	170	-8.00	4.60	-1.739
30 (11th)+	280	149	-11.91	3.90	-3.051
31 (12th)+	265	150	-9.58	3.76	-2.553
32 (12th)+	240	157	-6.92	7.27	-0.949
33 (14th)+	245	166	-5.64	7.00	-0.806
34 (25th)+	235	174	-2.44	5.37	-0.447
35 (28th)+	240	180	-2.14	5.43	-0.387
36 (28th)+	243	184	-2.11	5.37	-0.391
Mean	250	160	-7.80	5.28	-1.637
Control	246	298	1.26	18.44	0.069

+ : Date of death during experimental periods.

**Table 8.** Weight Gain, Feed Intake and Feed Efficiency in Control Rats

Rat No.	Initial weight(g)	Final weight(g)	Average daily gain(g)	Average daily feed intake(g)	Feed efficiency
37	240	280	1.42	17.08	0.083
38	255	285	1.07	18.00	0.059
39	240	280	1.42	19.34	0.073
40	240	275	1.25	18.22	0.069
41	255	275	0.71	18.42	0.039
42	240	325	1.52	18.42	0.083
43	265	335	1.25	19.24	0.065
44	230	315	1.52	18.17	0.084
45	250	320	1.25	19.11	0.065
Mean	246	298	1.26	18.44	0.069

**Table 9.** Effects of Dietary Cadmium on Weight Gain, Feed Intake and Feed Efficiency in Rats

Group	Initial weight(g)	Final weight(g)	Average daily gain(g)	Average daily feed intake(g)	Feed efficiency
A	246	214	-0.77	12.90	-0.060
B	249	199	-1.39	10.89	-0.126
C	244	166	-4.79	5.87	-0.997
D	250	160	-7.80	5.28	-1.637
E	246	298	1.26	18.44	0.069

**Table 10.** Effects of Dietary Cadmium(1 $\mu$ g/g) on Cadmium Accumulations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Hair( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
1	60.01		ND		142.59		ND		ND	
2	47.64		"		ND		"		"	
3	19.90		"		150.93		"		32.32	
4	17.23		"		126.37		23.70		27.67	
5	36.22		"		104.96		5.05		15.01	
6		99.70		ND		800.00		15.92		27.09
7		74.08		163.18		784.23		18.74		23.66
8		193.18		100.83		667.54		19.55		64.47
9		128.50		108.89		991.30		17.71		56.32
Mean	36.20	128.37	0	93.23	104.97	810.77	5.75	17.96	15.00	42.89
Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ND : Not detectable.  
a : Dry matter basis

**Table 11.** Effects of Dietary Cadmium(10 $\mu$ g/g) on Cadmium Accumulations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Hair( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
10	222.47		ND		470.18		ND		25.97	
11	233.75		"		589.14		"		22.83	
12	144.40		"		202.16		"		45.62	
13	217.59		"		240.79		39.79		69.20	
14	205.79		"		375.58		9.96		40.93	
15		133.46		254.85		1,774.51		ND		62.89
16		166.80		ND		1,402.19		30.36		64.39
17		133.77		150.40		1,312.86		25.80		71.62
18		276.94		ND		1,910.83		48.28		56.57
Mean	205.80	178.74	0	101.31	375.57	1,600.83	9.95	26.11	40.91	63.87
Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ND : Not detectable.  
a : Dry matter basis.

**Table 12.** Effects of Dietary Cadmium(100 $\mu\text{g/g}$ ) on Cadmium Accumulations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat NO	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>
19 (10th) +	373.04	259.37	116.51	42.27	55.57
20 (13th) +	411.40	ND	257.80	ND	93.69
21 (15th) +	322.18	"	344.09	68.11	72.18
22 (15th) +	458.66	"	385.87	59.11	168.70
23 (17th) +	600.72	"	1,015.47	ND	64.48
24 (22nd) +	655.06	"	2,121.59	39.74	82.34
25 (28th) +	257.04	"	1,147.53	20.26	94.65
26 (28th) +	487.44	"	983.55	ND	58.94
27 (28th) +	149.84	70.00	1,426.21	38.18	109.44
Mean	382.54	41.17	866.51	28.49	88.89
Control	0	0	0	0	0

Remarks ND : Not detectable.

+ : Date of death during experimental periods.

a : Dry matter basis

**Table 13.** Effects of Dietary Cadmium(1,000 $\mu\text{g/g}$ ) on Cadmium Accumulations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat NO	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>
28 (7th) +	440.44	473.21	484.72	44.39	144.42
29 (10th) +	498.89	256.64	644.36	59.50	380.71
30 (11th) +	328.85	468.20	1,267.83	71.98	100.15
31 (12th) +	299.63	232.02	842.27	69.08	100.05
32 (12th) +	559.39	434.11	749.13	63.91	212.99
33 (14th) +	373.79	508.02	813.26	91.63	142.20
34 (25th) +	698.48	339.37	1,299.70	93.50	350.75
35 (28th) +	240.10	300.00	963.93	40.00	120.72
36 (28th) +	319.87	172.16	1,047.75	35.95	488.47
Mean	417.49	353.75	901.99	63.32	226.72
Control	0	0	0	0	0

Remarks + : Date of death during experimental periods.

a : Dry matter basis.

**Table 14.** Cadmium Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Control Rats

Rat No.	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
37	ND		ND		ND		ND		ND	
38	"		"		"		"		"	
39	"		"		"		"		"	
40	"		"		"		"		"	
41	"		"		"		"		"	
42		ND		ND		ND		ND		ND
43		"		"		"		"		"
44		"		"		"		"		"
45		"		"		"		"		"
Mean	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ND : Not detectable.  
a : Dry matter basis.

**Table 15.** Effects of Dietary Cadmium on Cadmium Accumulations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Group	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
A	36.20	128.37	0	93.23	104.07	810.77	5.75	17.96	15.00	42.89
B	205.80	178.74	0	101.31	375.57	1,600.83	9.95	26.11	40.91	63.87
C	382.54		41.17		866.51		28.49		88.89	
D	417.49		353.75		901.99		63.32		226.72	
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

a : Dry matter basis.

사이에 전예가 폐사되었으며 그 검사성적은 Table 13에 나타내었다. 즉 7일째 폐사한 예를 포함한 전예가 신장, 간, 피모, 근육, 비장내에 Cd의 축적 현상을 나타내었다.

E군 : 사료에 Cd를 첨가하지 않은 대조군의 rat에서는 전예에서 실험기간 중 어느 조직에서도 Cd를 검출할 수 없었다.

이상의 실험결과를 요약하면 Table 15와 같다. 즉 Cd의 첨가에 따르는 조직의 Cd축적현상을 보면 10 $\mu\text{g/g}$  이하를 첨가한 A, B군의 비장에서는 4주째에 축적현상이 인정되지 않았으나 기타의 조직에서는 어느 군에서나 4주째부터 뚜렷한 축적현상이 인정되었다. 축적량은 신장, 간에서 가장 현저하였으며 피모내의 함량

도 신장이나 간에 비하여는 소량이었으나 대부분이 4주째 부터 축적현상이 인정되었다.

조직내 Fe함량에 미치는 영향 : A군 : 1 $\mu\text{g/g}$  첨가군의 조직내 Fe함량은 Table 16에 표시한 바와 같이 어느 조직 및 피모에서도 대조군과 유의한 차이는 인정되지 않았다.

B군 : 10 $\mu\text{g/g}$  첨가군의 조직내 Fe함량은 Table 17에 표시한 바와 같이 신장의 4주째 평균치를 제외한 모든 조직의 Fe함량은 대조군에 비하여 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으며 4주째 신장의 Fe함량은 1211.59  $\mu\text{g/g}$ 으로써 대조군의 603.15 $\mu\text{g/g}$ 에 비하여 유의한( $p < 0.05$ ) 증가를 나타내었다.

C군 : 100 $\mu\text{g/g}$  첨가군의 조직내 Fe함량은 Table 18

**Table 16.** Effects of Dietary Cadmium( $1\mu\text{g/g}$ ) on Iron Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
1	300.02		1,453.49		748.54		106.86		52.31	
2	419.65		1,645.11		666.12		100.01		121.18	
3	534.01		1,795.84		1,048.86		137.47		90.19	
4	409.15		2,474.58		1,001.43		98.36		75.45	
5	415.72		1,842.28		866.25		111.60		84.77	
6		302.11		5,565.72		865.23		148.62		40.00
7		313.60		4,627.45		886.53		71.57		31.27
8		219.80		2,577.78		382.61		36.90		67.59
9		380.49		2,916.59		340.31		55.86		78.60
Mean	415.71	304.00	1,842.26	3,946.89	866.24	618.67	110.68	78.24	84.78	54.37
Control	447.36	483.66	1,442.54	2,115.69	603.15	971.32	54.31	56.31	86.00	82.85

a : Dry matter basis.

**Table 17.** Effects of Dietary Cadmium( $10\mu\text{g/g}$ ) on Iron Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
10	389.94		2,642.01		671.68		75.14		148.39	
11	311.67		1,547.49		1,371.41		52.95		101.52	
12	566.28		1,319.18		1,138.95		130.82		91.14	
13	627.67		1,777.78		1,664.31		119.26		132.51	
14	473.89		1,821.64		1,211.60		94.53		118.44	
15		606.65		2,684.08		1,208.79		190.30		108.43
16		444.80		4,407.95		1,345.19		89.16		97.48
17		232.60		1,336.89		594.50		57.16		66.55
18		297.81		1,661.24		700.64		61.60		81.08
Mean	473.89	395.47	1,821.62	2,522.54	1,211.59*	962.28	94.54	99.56	118.42	88.39
Control	447.36	483.66	1,442.54	2,115.69	603.15	971.32	54.31	56.31	86.00	82.85

\* : Significant( $p < 0.05$ ) difference.

a : Dry matter basis.

**Table 18.** Effects of Dietary Cadmium(100 $\mu\text{g/g}$ ) on Iron Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>
19 (10th)+	1,367.83	2,977.91	1,214.31	269.64	59.12
20 (13th)+	1,100.94	2,046.26	1,526.46	202.10	329.90
21 (15th)+	1,279.26	4,213.48	1,684.59	182.17	200.13
22 (15th)+	968.99	2,599.65	2,030.87	77.45	113.41
23 (17th)+	1,067.95	4,225.98	822.05	127.98	92.78
24 (22nd)+	1,001.85	1,835.32	1,713.59	79.48	134.73
25 (28th)+	1,056.11	4,112.09	1,196.71	102.68	76.62
26 (28th)+	1,274.18	4,586.33	670.60	131.69	338.70
27 (28th)+	1,272.43	2,606.61	2,356.35	318.19	118.77
Mean	1,154.39**	3,244.85**	1,498.73**	165.72*	162.28
Control	447.36	1,442.54	603.15	54.31	86.00

\* : Significant( $p < 0.05$ ) difference.

\*\* : Higher significant( $p < 0.01$ ) difference.

+ : Date of death during experimental periods.

a : Dry matter basis.

**Table 19.** Effects of Dietary Cadmium(1,000 $\mu\text{g/g}$ ) on Iron Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>
28 (7th) +	1,415.69	3,030.30	1,212.61	202.64	85.58
29 (10th)+	1,226.59	2,378.52	2,904.56	229.50	143.13
30 (11th)+	1,389.89	4,188.95	1,778.50	225.70	142.98
31 (12th)+	1,055.03	2,397.53	2,390.82	127.25	108.17
32 (12th)+	1,902.01	3,720.93	2,119.70	93.93	108.43
33 (14th)+	417.37	5,609.76	1,060.89	247.80	134.13
34 (25th)+	800.34	2,476.88	2,008.67	450.55	190.84
35 (28th)+	693.63	2,011.49	885.55	128.75	208.78
36 (28th)+	523.08	2,926.83	985.66	95.74	133.97
Mean	1,047.07*	3,193.47**	1,705.22**	200.21**	154.44
Control	447.36	1,442.54	603.15	54.31	86.00

+ : Date of death during experimental periods.

\* : Significant( $p < 0.05$ ) difference.

\*\* : Higher significant( $p < 0.01$ ) difference.

a : Dry matter basis.

에 표시한 바와 같이 피모를 제외한 모든 조직에서 대조군에 비하여 유의한(신장:  $p < 0.01$ , 간:  $p < 0.01$ , 비장:  $p < 0.01$ , 근육:  $p < 0.05$ ) 증가를 나타내었다.

D군:  $1000\mu\text{g/g}$  첨가군의 조직내 Fe함량은 Table 19에 표시한 바와 같이 C군에서 처럼 피모를 제외한 모든 조직에서 유의한(신장:  $p < 0.01$ , 간:  $p < 0.05$ , 비장:  $p < 0.01$ , 근육  $p < 0.05$ ) 증가가 인정되었다.

E군: 대조군의 각 조직 및 피모의 Fe함량은 Table 20에 표시한 바와 같다.

조직내 Zn의 함량에 미치는 영향: A. :  $1\mu\text{g/g}$  첨가군의 조직내 Zn함량은 Table 22에 표시한 바와 같이 4주째에 신장에서만 유의한( $p < 0.05$ ) 증가가 인정되었을 뿐이며 기타의 조직 및 피모에서는 뚜렷한 변

화가 인정되지 않았다.

B군:  $10\mu\text{g/g}$  첨가군의 조직내 Zn함량은 Table 23에 표시한 바와 같이 4주째에 신장에서만 유의한( $p < 0.05$ ) 증가를 나타내었다.

C군:  $100\mu\text{g/g}$  첨가군의 조직내 Zn함량은 Table 24에 표시한 바와 같이 4주째에 신장 뿐만 아니라 간 및 근육에서도 유의한 ( $p < 0.01$ ) 증가가 인정되었다.

D군:  $1000\mu\text{g/g}$  첨가군의 조직내 Zn함량은 Table 25에 표시한 바와 같이 대체로 C군과 동일하게 신장, 간, 근육에서 유의한( $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ) 증가가 인정되었다.

E군: 대조군의 각 조직 및 피모의 함량은 Table 26에 표시한 바와 같다.

**Table 20.** Iron Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Control Rats

Rat No.	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
37	948.13		1,125.00		384.63		48.42		61.30	
38	177.18		1,262.72		500.00		146.23		194.02	
39	453.06		2,281.62		947.69		22.89		53.99	
40	328.31		2,171.22		419.32		17.83		44.45	
41	330.14		1,372.16		764.12		36.17		76.24	
42		679.48		1,426.00		794.24		67.77		34.17
43		200.32		897.68		864.32		78.15		180.66
44		754.54		2,964.73		900.48		39.17		66.24
45		300.29		3,174.34		1,326.25		40.14		50.34
Mean	447.36	483.66	1,442.54	2,115.69	603.15	971.32	54.31	56.31	86.00	82.85

a : Dry matter basis.

**Table 21.** Effects of Dietary Cadmium on Iron Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Group	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
A	415.71	304.00	1,842.26	3,946.89	866.24	518.67	110.68	78.24	84.78	54.37
B	473.89	395.47	1,821.62	2,522.54	1,211.59*	962.28	94.54	99.56	118.42	88.39
C	1,154.39**		3,244.85**		1,498.73**		165.72*		162.28	
D	1,047.07*		3,193.47**		1,705.22**		200.21**		154.54	
E	447.36	483.66	1,442.54	2,115.69	603.15	971.32	54.31	56.31	86.00	82.85

\* : Significant( $p < 0.05$ ) difference.

\*\* : Higher significant ( $p < 0.01$ ) difference.

a : Dry matter basis.

**Table 22.** Effects of Dietary Cadmium(1 $\mu$ g/g) on Zinc Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Hair( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
1	102.52		118.92		221.80		39.37		116.25	
2	94.14		113.46		285.48		50.43		132.54	
3	114.08		157.53		306.93		61.62		195.40	
4	101.21		203.39		309.97		70.12		194.92	
5	103.00		148.35		281.07		55.41		159.79	
6		90.04		246.38		122.75		50.72		186.13
7		93.65		258.50		119.52		51.56		215.35
8		84.54		144.44		260.87		47.97		202.77
9		114.15		80.20		130.89		38.67		196.49
Mean	102.99	95.59	148.33	182.38	281.05*	159.26	55.39	47.23	159.78	200.19
Control	97.12	113.59	169.06	226.97	166.79	201.14	39.08	55.79	161.26	172.97

\* : Significant(p<0.05) difference.

a : Dry matter basis.

**Table 23.** Effects of Dietary Cadmium(10 $\mu$ g/g) on Zinc Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>		Hair( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
10	134.85		99.08		241.81		41.65		48.41	
11	116.88		133.41		320.18		52.95		75.55	
12	147.23		128.70		398.63		73.94		172.34	
13	154.83		222.22		318.70		129.93		250.30	
14	138.46		145.87		319.85		74.64		138.68	
15		191.70		339.81		395.60		90.78		114.21
16		169.02		479.69		328.32		68.45		309.74
17		71.57		167.11		272.48		79.22		188.73
18		128.58		203.46		254.78		79.15		202.70
Mean	138.45	140.22	145.85	297.52	319.83*	312.78	74.62	79.40	138.68	203.85
Control	97.12	113.59	169.06	226.97	166.79	201.14	39.08	55.79	161.26	172.97

\* : Significant(p<0.05) difference.

a : Dry matter basis.

**Table 24.** Effects of Dietary Cadmium(100 $\mu$ g/g) on Zinc Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Spleen( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Kidney( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Muscle( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Hair( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>
19 (10th)+	435.22	365.03	387.27	96.93	148.74
20 (13th)+	422.99	578.29	368.05	101.46	237.53
21 (15th)+	360.09	365.17	372.76	108.40	181.23
22 (15th)+	452.20	583.48	450.85	145.66	160.19
23 (17th)+	246.96	155.69	265.96	83.68	137.78
24 (22nd)+	131.01	148.81	305.99	97.14	124.55
25 (28th)+	253.62	91.81	343.71	116.49	74.37
26 (28th)+	213.93	49.16	304.10	64.85	76.62
27 (28th)+	140.76	126.23	310.05	84.63	73.46
Mean	315.72**	289.36	350.96**	100.26**	151.81
Control	97.12	169.06	166.79	39.08	151.26

\*\* : Higher significant( $p < 0.01$ ) difference.

+ : Date of death during experimental periods.

a : Dry matter basis.

**Table 25.** Effects of Dietary Cadmium(1,000 $\mu$ g/g) on Zinc Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Spleen( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Kidney( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Muscle( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Hair( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>
28 (7th) +	365.49	650.62	394.10	106.08	128.69
29 (10th)+	124.72	154.87	231.88	101.99	238.55
30 (11th)+	324.09	591.87	414.94	129.36	243.32
31 (12th)+	312.29	274.56	353.84	128.16	237.97
32 (12th)+	532.56	600.78	482.13	98.90	233.43
33 (14th)+	372.27	691.96	480.35	114.54	163.67
34 (25th)+	227.59	188.54	336.56	54.57	150.68
35 (28th)+	136.06	114.94	135.49	50.38	102.17
36 (28th)+	251.81	97.56	143.53	67.58	223.13
Mean	271.88*	373.97	330.87*	94.62**	191.29
Control	97.12	169.06	166.79	39.08	161.26

+ : Date of death during experimental periods.

\* : Significant( $p < 0.05$ ) difference.

\*\* : Higher significant( $p < 0.01$ ) difference.

a : Dry matter basis.

조직내 Cu함량에 미치는 영향 : Table 28~33에 표시한 바와 같이 100 $\mu\text{g/g}$  이상을 첨가한 C군, D군의 간에서만 4주째에 유의한( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ) 증가를 나타내었으며 기타의 조직 및 피모의 함량에는 유의한 변화가 인정되지 않았다.

혈액에 미치는 영향 : 1) Cd가 혈액에 미치는 영향은 Table 34에 표시한 바와 같다. 1 $\mu\text{g/g}$  Cd첨가군의 4주째 및 8주째 적혈구수는  $723 \times 10^4/\text{cmm}^3$ ,  $760 \times 10^4/\text{cmm}^3$ 이었으며, 10 $\mu\text{g/g}$  Cd첨가군에서는  $779 \times 10^4/\text{cmm}^3$ ,  $692 \times 10^4/\text{cmm}^3$ 으로써 대조군의  $612 \times 10^4/\text{cmm}^3$ ,  $650 \times 10^4/\text{cmm}^3$ 에 비하여 유의한 변화가 인정되지 않았다. 그러나 100 $\mu\text{g/g}$  Cd첨가군에서는 4주째에  $478 \times 10^4/\text{cmm}^3$ 으로써 대조군의  $612 \times 10^4/\text{cmm}^3$ 에 비하여 감

소경향을 나타내었다. 혈색소함량은 1 $\mu\text{g/g}$  Cd첨가군에서 4주째 및 8주째에 11.7g/dl, 12.6g/dl이었으며, 10 $\mu\text{g/g}$  Cd첨가군에서는 12.0g/dl, 11.5g/dl로써 대조군의 12.3g/dl, 12.7g/dl에 비하여 유의한 변화를 나타내지 않았다. 그러나 100 $\mu\text{g/g}$  Cd첨가군에서는 4주째에 9.38g/dl로써 대조군의 12.3g/dl에 비하여 감소 경향을 나타내었다.

2) Cd이 혈청내의 무기질함량에 미치는 영향은 Table 35에 표시한 바와 같다. 1 $\mu\text{g/g}$  Cd첨가군의 4주째 및 8주째 혈청내 Cd함량은 7.33mg/dl, 12.11mg/dl을 나타내었다. Fe함량은 68.59mg/dl, 107.69mg/dl로 대조군의 85.64mg/dl, 113.61mg/dl에 비하여 유의한 변화는 나타나지 않았으나, Zn함량은 15.74mg/dl, 20.00

**Table 26.** Zinc Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
37	95.14		162.97		265.35		42.50		95.52	
38	90.61		139.58		216.89		57.95		136.80	
39	128.81		200.00		150.00		37.74		194.12	
40	70.88		118.64		76.92		27.23		223.14	
41	100.14		224.11		124.78		30.00		156.74	
42		105.46		300.04		196.74		56.49		158.44
43		120.79		156.74		200.91		70.48		200.67
44		88.74		200.74		307.44		55.44		132.11
45		139.35		250.67		100.35		40.73		200.64
Mean	97.12	113.59	169.06	226.97	166.79	201.14	39.08	55.79	161.26	172.97

a : Dry matter basis.

**Table 27.** Effects of Dietary Cadmium on Zinc Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Group	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
A	102.99	95.59	148.33	182.38	281.05*	159.26	55.39	47.23	159.78	200.19
B	138.45	140.22	145.85	297.52	319.83*	312.78	74.62	79.40	138.68	203.85
C	315.72**		289.36		350.96*		100.26**		151.81	
D	271.88*		373.97		330.87*		94.62**		191.29	
E	97.12	113.59	169.06	226.97	166.69	201.14	39.08	55.79	161.26	172.97

\* : Significant( $p<0.05$ ) difference.

\*\* : Higher significant( $p<0.01$ ) difference.

<sup>a</sup> : Dry matter basis.

**Table 28.** Effects of Dietary Cadmium( $1\mu\text{g/g}$ ) on Copper Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
1	28.75		ND		66.54		ND		ND	
2	36.29		39.98		106.04		2.88		"	
3	29.13		78.77		51.16		ND		7.52	
4	12.92		50.85		23.84		7.25		3.14	
5	26.76		42.40		62.42		2.52		2.89	
6		7.86		17.71		80.66		6.06		10.47
7		11.40		28.99		54.56		ND		4.86
8		8.46		20.46		75.34		5.74		6.84
9		14.24		30.27		68.73		4.45		8.00
Mean	26.77	10.49	42.40	24.36	62.00	69.82	2.53	4.06	2.67	7.54
Control	13.96	23.27	19.93	33.79	76.69	121.27	18.28	20.86	24.33	28.37

ND : Not detectable.

a : Dry matter basis.

**Table 29.** Effects of Dietary Cadmium( $10\mu\text{g/g}$ ) on Copper Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
10	39.00		ND		88.66		8.33		ND	
11	25.97		"		105.22		4.54		6.08	
12	14.16		48.26		56.95		ND		5.07	
13	12.55		ND		70.82		24.36		ND	
14	22.92		32.14		80.15		9.32		2.80	
15		19.41		24.47		137.36		10.56		ND
16		15.57		86.43		114.00		5.95		"
17		10.48		44.24		159.24		8.74		4.42
18		20.36		30.78		94.34		6.86		3.20
Mean	22.92	16.46	16.08	46.43	80.36	126.24	9.31	8.03	2.79	1.91
Control	13.96	23.17	19.93	33.79	76.69	121.27	18.28	10.86	24.33	28.37

ND : Not detectable.

a : Dry matter basis.

**Table 30.** Effects of Dietary Cadmium(100 $\mu$ g/g) on Copper Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Spleen( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Kidney( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Muscle( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Hair( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>
19 (10th)+	49.74	ND	96.41	21.86	11.82
20 (13th)+	23.18	"	135.69	16.17	ND
21 (15th)+	28.43	112.36	107.53	19.17	14.97
22 (15th)+	35.53	88.97	81.24	42.22	22.24
23 (17th)+	22.69	ND	79.79	6.40	ND
24 (22nd)+	30.83	49.60	122.39	26.49	21.27
25 (28th)+	13.17	ND	46.94	5.07	ND
26 (28th)+	24.10	"	123.39	2.16	10.43
27 (28th)+	9.08	"	82.68	9.55	8.74
Mean	26.37*	41.82	97.34	16.56	9.94
Control	13.96	19.93	76.69	18.28	24.33

+ : Date of death during experimental periods.

ND : Not detectable.

\* : Significant( $p < 0.05$ ) difference.

a : Dry matter basis.

**Table 31.** Effects of Dietary Cadmium(1,000 $\mu$ g/g) on Copper Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Rat No.	Liver( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Spleen( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Kidney( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Muscle( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>	Hair( $\mu$ g/g) <sup>a</sup>
28 (7th) +	36.03	178.57	174.67	15.05	10.69
29 (10th)+	30.98	88.34	150.69	5.22	31.81
30 (11th)+	41.95	178.25	161.68	26.43	32.27
31 (12th)+	59.08	77.34	63.76	36.36	13.52
32 (12th)+	53.26	232.56	80.84	22.82	8.94
33 (14th)+	48.74	68.44	92.14	10.00	ND
34 (25th)+	34.74	100.10	120.43	9.60	20.20
35 (28th)+	16.54	63.22	79.35	8.40	ND
36 (28th)+	22.31	77.32	84.91	10.14	15.64
Mean	38.18**	118.24	112.05	16.00	14.79
Control	13.96	19.93	76.69	18.28	24.33

+ : Date of death during experimental periods.

ND : Not detectable.

\*\* : Higher significant( $p < 0.01$ ) difference.

a : Dry matter basis.

**Table 32.** Copper Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Control Rats

Rat No.	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
37	19.63				114.16		25.30		45.98	
38	10.60				115.77		44.58		38.81	
39	4.44		49.43		59.09		1.62		16.67	
40	25.30		20.23		29.29		6.70		ND	
41	9.84		30.00		65.14		13.26		20.18	
42		25.28		65.14		126.54		24.17		34.68
43		42.14		70.00		220.13		30.00		12.17
44		10.25		ND		60.11		8.14		40.49
45		38.26		"		78.28		21.11		26.14
Mean	13.96	23.17	19.93	33.79	76.69	121.27	18.28	20.86	24.33	28.37

ND : Not detectable.  
a : Dry matter basis.

**Table 33.** Effects of Dietary Cadmium on Copper Concentrations in the Liver, Spleen, Kidney, Muscle and Hair in Rats

Group	Liver( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Spleen( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Kidney( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Muscle( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>		Hair( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>a</sup>	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
A	26.77	10.49	42.40	24.36	62.00	69.82	2.53	4.06	2.67	7.54
B	22.92	16.46	16.08	46.43	80.36	126.24	9.31	8.03	2.79	1.91
C	26.37*		41.82		97.34		16.56		9.94	
D	39.18**		118.24		112.05		16.00		14.79	
E	13.96	23.17	19.93	33.79	76.69	121.27	18.28	10.86	24.33	28.37

\* : Significant( $p < 0.05$ ) difference.  
\*\* : Higher significant( $p < 0.01$ ) difference.  
a : Dry matter basis.

**Table 34.** Effects of Dietary Cadmium on Mean Erythrocyte Counts and Hemoglobin Values in Rats

Group	Erythrocytes ( $10^4/\text{cmm}^3$ )		Hemoglobin (gm/dl)	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
A	723.0	760.0	11.7	12.6
B	779.0	692.0	12.0	11.5
C	478.0		9.3	
Control	612.0	650.0	12.3	12.7

mg/dl로써 대조군의 42.85mg/dl, 63.14mg/dl에 비하여 감소경향을 나타내었다. 그러나 Cu함량은 6.67mg/dl, 9.68mg/dl로 대조군의 10.12mg/dl, 12.76mg/dl에 비하여 유의한 변화는 나타나지 않았다. 10 $\mu\text{g/g}$  Cd첨가군의 4주째 및 8주째의 Cd함량은 10.47mg/dl, 15.24mg/dl을 나타내었다. Fe함량은 64.23mg/dl, 124.18mg/dl로 대조군의 85.64mg/dl, 113.61mg/dl에 비하여 유의한 변화를 나타내지는 않았으나 Zn함량은 26.78mg/dl, 23.24mg/dl로 대조군의 42.85mg/dl, 63.14mg/dl에 비하여 감소경향을 나타내었다. 그러나 Cu함량은 7.48mg/dl, 12.11mg/dl로 대조군의 10.12mg/dl, 12.76mg/dl에 비하여 유의한 변화는 인정되지 않았다.

**Table 35.** Cadmium, Zinc, Copper and Iron Concentrations in Serum Fed Experimental Diets and Control Diet

Group	Cd(mg/dl)		Zn(mg/dl)		Cu(mg/dl)		Fe(mg/dl)	
	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks	4weeks	8weeks
A	7.33	12.11	15.74	20.00	6.67	9.68	68.59	107.69
B	10.47	15.24	26.78	23.24	7.48	12.11	64.23	124.18
E	ND	ND	42.85	63.14	10.12	12.76	85.64	113.61

### 고 찰

Fox(1976)에 의하면 사람의 경우 Cd의 중독증상이 유발되기 위하여는 음식물에 최소한 5 $\mu$ g/g 이상의 Cd이 함유되어야 한다고 하였으며, WHO에서도 Cd의 음식물내의 허용량은 1일 체중 kg당 1 $\mu$ g/g 이하라고 보고한 바 있다(Underwood, 1977). 그러나 Cd의 흡수와 대사는 음식물내의 무기질 특히 Fe, Zn, Cu의 함량에 의하여 큰 영향을 받음으로 최소한의 중독량 또는 안전량을 한정지우기는 곤란하다고 하였다(Underwood, 1977). 따라서 본 연구에서는 Cd의 사료내 첨가량을 1, 10, 100, 1000 $\mu$ g/g의 4가지로 하였다.

Osuna 등(1981), Cousins 등(1973), Pond 등(1973) 및 Henning 등(1964)은 돼지에서, Doyle 등(1974)은 자양에서, Weber와 Reid(1969) 및 Schroeder 등(1963)은 mice에서, Miller 등(1967)은 소에서 그리고 Wilson과 Deds(1941)는 rat에서의 실험을 통하여 Cd를 첨가한 사료를 급여하면 사료섭취량, 증체율 및 사료이용률이 감소된다는 것을 보고하였다. 그러나 Combs 등(1983)은 rat에 0.1~15.9 $\mu$ g/g의 Cd를 첨가한 사료를 57일간 급여하여 본 결과 이러한 변화는 나타나지 않았다고 하였다. 본 실험에서는 Fe : 80 $\mu$ g/g, Zn : 100 $\mu$ g/g, Cu : 135 $\mu$ g/g이 함유된 기초사료에 Cd를 1, 10, 100, 1000 $\mu$ g/g씩 첨가한 사료를 rat에 급여하여 본 결과 어느 군에서나 사료섭취량, 증체율 및 사료이용률의 현저한 감소를 나타내었으며 특히 100 $\mu$ g/g 이상의 Cd를 첨가한 C군과 D군은 대부분이 28일 이내에 폐사되었다. 이러한 결과로 보아 rat에서 1 $\mu$ g/g 이상의 Cd은 중독증상을 유발시킬 수 있는 것으로 추측된다.

Cd은 체내의 여러 조직중에서도 특히 신장과 간에 축적된다는 것은 많은 연구자 Bartik과 Piskac, 1981; Osuma 등 1981; Goodhart 등, 1980; Sharma와 Street, 1980; Valberg 등, 1976; Neathery 등, 1975; Doyle 등, 1974; Itokawa 등, 1974; Neather 등, 1974; Winge 등, 1974; Cousins 등, 1973; Shaikh 등, 1972; Stowe 등,

1972; Perry와 Erlanger, 1971; Lucis 등, 1969; Miller 등, 1969; Decker 등, 1957; Wilson 등, 1941들에 의하여 인정되고 있으나 근육, 비장, 혈액 및 피모내의 Cd축적에 의한 보고는 매우 적다. 체내에 흡수된 Cd은 주로 신장과 간에 축적된다는 것은 Valberg 등(1976)을 비롯하여 많은 연구자들에 의하여 보고되었으며 rat에 대하여는 Combs 등(1983)의 보고가 있다. 본 연구 결과에서도 Cd의 첨가량 및 투여기간에 따른 차이는 있으나 모든 군에서 유사한 현상이 인정되었으며 특히 B군에서는 8주째 신장에서 1600.83 $\mu$ g/g의 Cd이 축적되었다. 이러한 성적으로 보아 체내에 흡수된 Cd은 주로 신장 및 간에 축적된다는 것은 확실시 된다. 그러나 전술한 선인들의 보고에서는 Cd의 흡수, 대사에 깊은 관련을 가진다고 알려진 사료내의 Fe, Zn, Cu의 함량을 제시하지 않았으므로 본 실험결과와 비교하기는 곤란하다.

Cd의 근육내 축적에 관하여는 의견이 일정하지 않다. 즉 Sharma 등(1980)은 소에 11.3 $\mu$ g/g의 Cd를 첨가한 사료를 12주간 급여하였으나 Cd의 근육내 축적은 인정되지 않았다고 하였으며 Cousins 등(1973)은 돼지에 소량의 Cd첨가사료를 급여할 경우에는 Cd의 근육내 축적이 인정되지 않았으나 1350 $\mu$ g/g의 Cd를 첨가할 경우에는 축적현상이 인정되었다고 하였다. 본 실험 결과에서는 모든 실험군에서 4주째 부터 Cd의 근육내 축적현상이 인정되었으며 그 함량은 Cd의 투여기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 근육은 주로 사람의 식용으로 제공된다는 점을 고려할 때 이러한 사실은 공중위생상 중요한 문제라 생각된다.

Cd의 비장내 축적에 관하여는 보고가 적으며 단지 Wilson과 Deds(1941)가 rat에서, Cousins 등(1973)이 돼지에서 비장에도 Cd이 축적된다는 것을 보고하였을 뿐이다. 본 실험 결과에서도 A, B군에서는 8주째에 C, D군은 4주째 부터 뚜렷한 축적현상이 인정되었다.

이상과 같이 Cd이 내부장기에 축적된다는 것은 여러 연구자들에 의하여 확인되었으나 이에 수반하여 피

모에도 축적되는지에 관하여는 아직까지 문헌을 찾아볼 수 없다. 단지 Combs 등(1983)과 Doyle 등(1974)이 자양 및 산양과 rat에 대하여 60 $\mu\text{g/g}$ 까지의 Cd를 첨가한 사료를 57~191일간 급여하였으나 피모내의 Cd함량은 0.70 $\mu\text{g/g}$ 으로 대조군과 유의한 차이를 인정할 수 없었다는 것을 보고하였을 뿐이다. 본 실험 결과에서는 모든 실험군에서 4주째 부터 뚜렷한 축적경향이 인정되었으며, 특히 8주째에는 전예가 42.89~63.87 $\mu\text{g/g}$ 에 달하는 축적을 나타내었는 바 이러한 결과로 보아 피모의 Cd함량을 측정함으로써 내부조직의 Cd축적상태를 추정할 수 있을 것이라 생각된다.

사료에 Cd를 첨가할 경우 혈청에도 Cd이 축적되는지에 관하여는 아직 보고예를 찾아볼 수 없다. 본 실험에서는 채혈이 가능했던 모든 군의 혈청을 분석하여 본 결과 소량의 Cd이 측정되었다. 그러나 4주째 및 8주째의 측정치 사이에 유의한 차이는 인정되지 않았다. 그러나 혈청내 Zn함량은 4주 및 8주째에 대조군에 비하여 감소경향을 나타내었으므로 이는 Cd이 Zn의 흡수를 방해한다는 현재까지의 여러 보고들과(Gunn 등, 1962; Blood 등, 1983; Leman 등, 1981; Osuna 등, 1981; Neathery 등, 1975; Doyle 등, 1974; Robert 등, 1973; Lucis 등, 1969; Miller 등, 1969; Gunn 등, 1962) 일치하는 결과라 생각된다. 한편 Fe 및 Cu함량은 대조군과 유의한 차이를 나타내지 않았다.

본 실험의 혈액검사에서 10 $\mu\text{g/g}$  이하의 Cd을 첨가한 A, B군에서는 적혈구 및 혈색소함량이 대조군과 비슷하였으나 100 $\mu\text{g/g}$ 의 Cd을 첨가한 C군에서는 적혈구 및 혈색소함량의 감소경향을 나타내었다. Decker 등(1957)은 음수에 50 $\mu\text{g/g}$ 의 Cd을 첨가하여 rat에 급여하여 본 결과 2주 후에는 혈색소함량이 현저히 저하되었으나 10 $\mu\text{g/g}$ 의 Cd을 첨가하면 1년간 빈혈이 나타나지 않았다고 하였다. 본 실험의 결과는 Cd첨가사료로 급여하면 빈혈이 나타난다고 한 여러 선인들의 보고와 유사한 결과라 생각되나 본 실험의 결과만으로는 어떠한 형태의 빈혈이 어떠한 기전을 통하여 유발되었는지 해석하기 곤란하다.

Combs 등(1983)은 rat에 0.1~15.9 $\mu\text{g/g}$ 의 Cd을 첨가한 사료를 57일간 급여하여 본 결과 간의 Fe함량이 감소되었다고 하였으며 Osuma 등(1981) 및 Doyle(1974)도 자양 및 돼지에서 유사한 결과를 보고하였다. 그러나 이와는 반대로 Anke 등(1975)에 의하면 닭에 200 $\mu\text{g/g}$ 의 Cd을 첨가한 사료를 28일간 급여하여 본 결과 간의 Fe함량이 증가되었다고 하였다. 본 실험결과 신장, 간, 근육의 Fe함량은 A군에서는 대조군과 유의한 차이가 인정되지 않았으나 C군과 D군에서는

4주째 유의한 증가를 나타내었다. 이러한 결과는 Anke 등(1971)이 닭에서 관찰한 성적과 일치되며, 따라서 사료에 다량의 Cd이 첨가될 경우에는 조직내의 Fe함량이 증가되는 것으로 보인다. 일반적으로 사료내의 Cd은 Fe의 흡수와 대사를 방해한다고 알려졌으나(Underwood, 1977; Richardson 등, 1973; Winge, 1973; Mills 등, 1972; Anke 등, 1971; Bains 등, 1969 및 Berlin 등, 1960) 다른 조직내의 Fe이 유리되어 간에 축적되므로 간의 Fe함량이 증가된다고 추정하였다. 본 실험결과에서는 간 뿐만 아니라 신장 및 근육에서도 Fe함량이 증가되었으므로 다른 조직에서 Fe이 유리되는 않는 것으로 추측된다.

조직내 Zn함량에 관하여 Combs 등(1983), Doyl 등(1975, 1974), Cousins 등(1973) 및 Robert 등(1973)이 rat, 돼지, 자양 및 소에 대한 실험을 통하여 Cd첨가사료를 급여하면 신장, 간, 근육과 같은 내부조직에서 증가된다는 것을 보고하였다. 본 실험결과에서도 4주째에는 전 군에서 유의한 증가를 나타내었으나 이러한 기전에 관하여는 아직 밝혀져 있지 않다.

Cu함량에 관하여 Doyle 등(1974) 및 Bunn과 Matrone(1966)은 자양 및 rat에서의 실험을 통하여 Cd첨가사료를 급여하면 조직내 함량이 저하된다고 보고하였다. 그러나 이와는 반대로 Anke 등(1971)은 닭에 Cd을 첨가한 사료를 급여하여 본 결과 A, B군에서는 대조군과 유의한 차이를 나타내지 않았으나 C, D군에서는 간의 Cd함량이 유의하게 증가되었으므로 이는 Anke 등(1971)의 보고와 일치하는 결과라 생각된다.

피모내의 Cd함량에 관하여 Combs 등(1983)과 Doyle 등(1974)이 자양과 rat 및 산양에서 Cd의 조직내 침착에 따르는 피모의 Cd함량을 측정하여 본 결과 피모의 함량은 대조군과 유의한 차이를 나타내지 않았다고 하였다. 정상우의 피모내 Cd함량에 관하여는 Bartik과 Piskac(1981) 및 Powell 등(1964)의 보고가 있으나 조직의 축적에 따르는 피모내의 Cd함량에 관하여는 아직 문헌상의 보고예를 찾아볼 수 없다. 본 연구결과 사료를 통하여 흡수된 Cd은 신장, 간, 근육을 비롯한 대부분의 조직에 축적된다는 것을 알 수 있었으며, 내부장기의 축적을 나타낸 모든 rat에서는 피모의 Cd함량도 현저히 증가됨을 알 수 있었다. 따라서 rat에서는 피모의 Cd함량을 측정함으로써 내부장기의 Cd축적상태를 예측할 수 있는 것으로 해석되었다.

## 결 론

사료내 카드뮴의 첨가가 체조직 및 피모의 카드뮴, 철, 아연, 구리의 함량에 미치는 영향을 규명할 목적

으로 본 실험을 시행하였다. 45두의 rat를 9두씩 4개 실험군(1, 10, 100, 1000 $\mu$ g/g의 Cd 첨가사료 급여군)과 대조군(기초사료 급여군)으로 나누어 실험하였다. 모든 실험군은 4주 및 8주째에 각각 5두 및 4두씩을 도살한 후 신장, 간, 근육, 비장, 혈액 및 피모를 채취하여 원자흡광분광도계법으로 상기원소의 함량을 측정하였으며 이와 병행하여 사료이용률 및 혈액학적 변화를 조사하였다.

실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 모든 군의 rat는 1~2주 후부터 식욕, 증체율 및 사료이용률의 감소를 나타내었다.
2. 모든 군의 rat에서는 카드뮴의 첨가량 및 투여기간이 증가됨에 따라 신장, 간, 근육, 비장에서 뚜렷한 카드뮴의 축적현상이 인정되었으며 이러한 축적현상은 특히 신장과 간에서 가장 현저하였다.
3. 카드뮴은 여러 조직 뿐만 아니라 피모에도 축적된다는 것이 입증되었다. 즉 내부장기에 카드뮴의 축적을 일으킨 모든 rat는 피모내에도 상당량의 카드뮴을 함유하고 있었다.
4. 100 $\mu$ g/g군에서는 적혈구수 및 혈색소량의 감소경향이 나타났다.
5. 1 $\mu$ g/g군을 제외한 모든 군에서는 4주째에 신장, 간 또는 근육내의 철 함량의 유의한( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ) 증가가 인정되었다.
6. 모든 군에서는 4주째에 신장, 간, 근육내의 아연 함량이 유의하게( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ) 증가되었다. 그러나 혈청내 아연 함량은 감소경향을 나타내었다.
7. 100 $\mu$ g/g군 및 1000 $\mu$ g/g군에서는 4주째 간의 구리함량이 유의하게( $p < 0.01$ ) 증가되었다.
8. 이상의 결과로 보아 피모내 카드뮴의 축적은 생체 내부장기의 카드뮴 축적상태를 추정하는 데에 큰 도움이 될 것으로 추측된다.

### 참 고 문 헌

Anke, M., Henning, A., Groppe, B. and Ludke, H. (1971) Der einfluss des Kadmioms auf das wachstum die fortpfanzungsleistung und den eisenzink-and kupferstoffwechsel. Arch. Exp. Veterinarmed., 25:799~803.

Bains, R.J., Pond, W.G., Walker, E.F. and O'Gonner, J.R. (1969) Dietary cadmium, iron and zinc interactions in the growing rat. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 130:802~830.

Bartik, M. and Piskac, A. (1981) Veterinary toxicology. Elsevier Scientific Pub, Comp. Amster-

rdam, pp.95~99.

Berlin, M. and Friberg, L. (1960) Bone-marrow activity and erythrocytes destruction in chronic cadmium posioning. Arch. Environ. Health., 1:478~486.

Blcod, D.C., Henderson, J.A. and Radostitis, O.M. (1983) Veterinary medicine. 6th ed., Baillire Tindall. London. p.1122.

Bunn, G.R. and Matrone, G. (1966) *In vivo* interaction of cadmium, copper, zinc and iron interactions in the mouse and rats. J. Nutr., 90:395~399.

Combs, D.K., Goodrich, R.D. and Meiske, J.C. (1983) Influence of dietary zinc or cadmium on hair and tissue mineral concentrations in rats and goats. J. Animal. Sci., 56:184~193.

Cousins, R.J., Barber, A.K. and Trout, J.R. (1973) Cadmium toxicity in growing swine. J. Nutr., 103:964~972.

Decker, C.F., Byerrum, R.U. and Hoppert, C.A. (1957) A study of distribution and retention of cadmium-115 in the albino rat. Arch. Biochem., 66:140~144.

Dorn, C.R. (1979) Cadmium and the food chain. Cornell. Vet., 69:323~344.

Doyle, J.J., Pfander, W.H., Grebing, S.E. and Pierce, J.O. (1974) Effect of dietary cadmium on growth, cadmium absorption and cadmium tissue levels in growing lambs. J. Nutr., 104:160~166.

Doyle, J.J. and Pfander, W.H. (1975) Interactions of cadmium with copper, iron, zinc and manganese in ovine tissues. J. Nutr., 105:599~606.

Friberg, L. (1952) Further investigations on chronic posioning. A study on rabbits with radioactive cadmium. A.M.A. Arch. Indust. Hyg., 5:30.

Fox, M.R. and Fry, B.E. (1970) Cadmium toxicity decreased by dietary ascorbic acid supplemented. Science., 169:989~991.

Fox, M.R.S., Fry, B.E., Harland, B.F., Schertel, M.E. and Weeks, C.E. (1971) Effects of ascorbic acid on cadmium toxicity in the young coturnix. J. Nutr., 101:1295~1236.

- Fox, M.R.S. (1976) Trace elements and human disease. Academic Press, New York, pp.401~406.
- Goodhart, R.S. and Shils, M.E. (1980) Modern nutrition in health and disease. 6th ed., Lea and Febiger, Philadelphia, pp.437~439.
- Gunn, S.A., Gould, T.C. and Anderson, W.A.D. (1962) Interference with fecal excretion of <sup>65</sup>Zn by cadmium. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 111:559~562.
- Hamilton, D.L. and Valberg, L.S. (1974) Relationship between cadmium and iron absorption. Am. J. Physiol., 227:1033~1037.
- Henning, A., Anke, M. and Kracht, W. (1974) The effect of cadmium. Jahrb. Tierernahrung. Fütterung., 5:297~304.
- Itokawa, Y., Abe, T., Tabei, R. and Tahaka, S. (1974) Renal and skeletal lesions in experimental cadmium poisoning. Arch. Health., 28:149~154.
- Jacobs, R.M., Fox, M.R.S. and Aldridge, M.H. (1969) Changes in plasma proteins associated with the anemia produced by dietary cadmium in Japanese quail. J. Nutr., 99:119~128.
- Jones, R.H., Williams, R.L. and Jones, A.M. (1971) Effects of heavy metal on immune response. Preliminary findings for cadmium in rats. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 137:1231~1239.
- Leman, A.D., Glock, R.D., Mengeling, W.L., Penny, R.C.H., Scholl, E. and Straw, B. (1981) Swine Disease. 5th ed., The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa, pp.605.
- Lucis, O.J., Lynk, M.E., Lucis, R. and Scotia, N.S. (1969) Turnover of cadmium-109 in rats. Arch. Environ. Health., 18:307~310.
- Lucis, O.J., Lucis, R. and Scotia, H.N. (1969) Distribution of cadmium-109 and zinc-65 in mice of inbred strains. Arch. Environ. Health., 19:334~336.
- Lucis, O.J., Lucis, R.S. and Shaikh, Z.A. (1972) Cadmium and zinc in pregnancy and lactation. Arch. Environ. Health., 25:14~22.
- Miller, W.J., Lampp, B., Powell, G.W., Salotti, C.A. and Blackmon, D.M. (1967) Influence of a high level of dietary cadmium on cadmium content in milk excretion and cow performance. J. Dairy. Sci., 50:1404~1408.
- Miller, W.J., Blackmon, D.M. and Martin, Y.C. (1968) 109-cadmium absorption, excretion and tissue distribution following single tracer oral and intravenous doses in young goats. J. Dairy. Sci., 51:1836~1839.
- Miller, W.J., Blackmon, D.M., Gentry, R.P. and Pate, F.M. (1969) Effects of dietary cadmium on tissue distribution of cadmium following a single oral dose in young goats. J. Dairy. Sci., 52:2029~2035.
- Mills, C.F. and Dargarno, A.C. (1972) Copper and zinc status of ewes and lambs receiving increased dietary concentrations of cadmium. Nature., 239:171~173.
- Neathery, M.W., Miller, W.J., Gentry, R.P., Stake, P.E. and Blackmon, D.M. (1974) Cadmium-109 and mercury-203 metabolism, tissue distribution and secretion into milk of cow. J. Dairy. Sci., 57:1177~1183.
- Neathery, M.W. and Miller, W.J. (1975) Metabolism and toxicity of cadmium, mercury and lead in animals. J. Dairy. Sci., 58:1767~1781.
- Osuna, O., Edds, G.T. and Popp, J.A. (1981) Comparative toxicity of feeding dried urban sludge and an equivalent amount of cadmium to swine. Am. J. Vet. Res., 42:1542~1546.
- Perry, H.M., Erlanger, M., Yuince, A., Schopf, E. and Perry, E.F. (1970) Hypertension and tissue metal levels following intravenous cadmium, mercury and zinc. Am. J. Physiol., 219:755~761.
- Perry, H.M. Jr. and Erlanger, M. (1971) Hypertension and tissue metal levels after intraperitoneal cadmium, mercury and zinc. Am. J. Physiol., 220:808~811.
- Pindborg, E.V., Pindborg, J.J. and Plum, C.M. (1946) Studies on incisor pigmentation in relation to liver, iron and blood picture in the white rat. IV. The relation between cadmium poisoning and iron metabolism. Acta. Pharmacol. Toxicol., 2:302~309.
- Piscator, M. and Axelson, B. (1970) Serum proteins

- and kidney function after exposure to cadmium. *Arch. Environ. Health.*, 21:604~614.
- Plum, C.M. (1951) Liver and spleen in haematopoeisis. *Arch. Internat. Pharmacodyn.*, 86:52~79.
- Pond, W.G., Walker, E.F. and Kirtland, D. (1973) Cadmium-induced anemia in growing pigs. Protective effect of oral or parenteral iron. *J. Animal. Sci.*, 36:1122~1124.
- Powell, G.W., Miller, W.J., Morton, J.D. and Clifton, C.M. (1964) Influence of dietary cadmium level and supplemental zinc on cadmium toxicity in bovine. *J. Nutr.*, 84:205~214.
- Richardson, M.E., Fox, M.R.S. and Fry, B.E. (1973) Pathological changes produced in Japanese quail by ingestion of cadmium. *J. Nutr.*, 104:323~338.
- Robert, K.R., Miller, W.J., Stake, P.E., Gentry, R.P. and Neathery, M.W. (1973) High dietary cadmium on zinc absorption and metabolism in calves fed for comparable nitrogen balance. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 144:906~908.
- Schroeder, H.A. and Balassa, J.J. (1961) Abnormal trace metals in man, cadmium. *J. Chronic. Dis.*, 14:236~271.
- Schroeder, H.A., Vinton, W.H. and Balassa, J.J. (1963) Effect of chromium, cadmium and other trace elements on growth and survival of mice. Effects of chromium cadmium and lead on the growth and survival of rats. *J. Nutr.*, 80:39~54.
- Schroeder, H.A., Kroll, S.S., Little, J.W., Livingstone, P.O. and Myers, M.A.G. (1966) Hypertension in rats from injection of cadmium. *Arch. Environ. Health.*, 13:788~789.
- Schroeder, H.A., Nason, A.P., Tipton, I.H. and Balassa, J.J. (1967) Essential trace metals in man: Zinc relation to environmental cadmium. *J. Chronic. Dis.*, 20:179~209.
- Shaikh, Z.A., Lucis, O.J. and Halifax, N.S. (1972) Cadmium and zinc binding in mammalian liver and kidney. *Arch. Environ. Health.*, 24:419~425.
- Sharma, R.P. and Street, J.C. (1980) Public health aspects of toxic heavy metals in animal feed. *J. A. V. M. A.*, 177:149~153.
- Sharkman, R.A. (1974) Nutritional influence on the toxicity of environmental pollutants. *Arch. Environ. Health.*, 28:108~109.
- Stowe, H.D., Wilson, M. and Goyer, R.A. (1972) Clinical and morphologic effects of oral cadmium toxicity in rabbit. *Arch. Pathol.*, 94:389~405.
- Underwood, E.J. (1977) Trace elements in human and animal nutrition. 4th ed., Academic Press, pp.243~257.
- Valberg, L.S., Sorbie, J. and Hamilton, D.L. (1976) Gastrointestinal metabolism of cadmium in experimental iron deficiency. *Am. J. Physiol.*, 231:462~467.
- Verma, M.P., Sharma, R.P. and Street, J.C. (1978) Hepatic and renal metallothionein concentration in cow, swine and chickens given cadmium and lead in feed. *Am. J. Vet. Res.*, 39:1191~1915.
- Weber, C.W. and Reid, B.L. (1969) Effect of dietary cadmium on mice. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 14:420~425.
- Whanger, P.D. (1975) Effect of dietary cadmium on intracellular distribution of hepatic iron in rats. *Res. Commum. Chem. Pathol. Pharmacol.*, 5:733~740.
- Wilson, R.H., Deds, F. and Cox, A.J. (1941) Effects of continued cadmium feeding. *J. Pharmacol. Exp. Thera.*, 71:222~235.
- Winge, D., Krasno, J. and Colucci, A.V. (1974) Trace element metabolism in animals. Univ. Park. Press, Baltimore, p.500.
- Yoshiki, S., Yanagisawa, T., Kimura, M., Otaki, N., Suzuki, M. and Suda, T. (1975) Bone and kidney lesions in experimental cadmium intoxication. *Arch. Environ. Health.*, 30:559~562.