

납 중독된 흰쥐에서 식이 단백질 수준 및 제독기간에 따른 제독효과 비교 연구

김 미 경·이 혜 영

이화여자대학교 식품영양학과

Detoxification Study with Different Dietary Protein Levels and Detoxifying Periods in Lead Poisoned Rats

Kim Mi Kyung · Lee Hye Young

Dept. of Food & Nutrition, Ewha Womans University

=ABSTRACT=

This study was performed to investigate lead(Pb) detoxification with different dietary protein levels and detoxifying periods in Pb poisoned rats.

Forty nine male rats of Sprague-Dawley strain weighing $114 \pm 4g$ were used and they were fed 1% Pb-15% casein diet ad libitum for 2 weeks. After sacrificing 7 animals as control group, remaining forty two rats were blocked into 6 groups according to body weight. Three groups were fed each detoxifying diet(5%, 15% or 40% casein diet without Pb) for 1 week and the other 3 groups were fed the same diets for 3 weeks.

The results obtained were summerized as follows ;

1) Liver and kidney weights, bone weight, and bone length were increased with increasing dietary protein level and detoxifying period.

2) Hematocrit values were recovered to normal level during detoxifying periods but hemoglobin contents in detoxifying diet groups showed no significant difference from those in control group.

3) Pb contents in blood were decreased with increasing dietary protein level, and Pb contents in liver were significantly decreased in high protein diet groups. Pb contents in kidney were significantly decreased during detoxifying period compared to control group, but no significant difference was shown within the detoxifying diet groups. Pb contents in femur were significantly decreased after 3 weeks of detoxifying period but no difference was shown with different dietary protein level.

4) Urinary Pb excretions were significantly increased with increasing dietary protein level. Fecal Pb excretions were remarkably decreased after 3 weeks of detoxifying period, but no difference was shown in fecal Pb excretions with different dietary protein level.

Above results suggest that high protein diet improves Pb detoxification by increasing urinary Pb excretion.

접수일자 : 1989년 4월 26일

서 론

실험재료 및 방법

환경오염성 중금속 가운데 납(Pb)은 자연계에 널리 분포되어있고 인체는 주로 오염된 식품과 물의 섭취, 대기 중의 Pb를 흡수하게 된다.¹⁾

최근 우리나라에서도 Pb를 취급하는 산업 근로자들의 Pb중독 위험성이 날로 증가되고있는 실정이다. 일반인의 경우 성인이 하루 섭취하게 되는 Pb의 양은 약 0.3mg~0.6mg이며, 체중 1Kg 당 0.05mg으로 보고되어 있다.²⁾

인체에 Pb가 축적되면 체중감소, 빈혈, 간과 신장등 장기의 형태학적 및 생화학적 변화, 면역능력의 감소등 중독현상을 유발하게 된다.³⁾ 이와같은 Pb중독은 연령, 개체의 영양상태, 식이조성등에 따라 달라지는데, 특히 신생아나 성장기 어린이의 경우 성인보다 Pb흡수율이 더 크며, 영양불량일 경우 Pb중독에 더욱 민감하다고 한다.³⁻⁵⁾ 그리고 Ca, P, Zn, Fe등의 무기질과 비타민 C, D, 식이섬유질, 단백질, 지방등의 식이인자가 Pb의 체내 대사과정에서 Pb와 상호작용을 함으로써 Pb중독에 영향을 준다고 보고된바 있다.⁶⁻¹⁰⁾

또한 Pb나 Cd와 같은 유해성 중금속의 중독을 영양학적인 측면에서 해결하고자하는 시도가 여러학자들에 의해 행해진 바 있고,^{6-10), 18-22)}

본 연구실에서도 중금속의 흡수억제에 관한 동물실험을 계속 수행해 오고 있다.¹¹⁻¹³⁾ 그러나, 이들 연구보고의 대부분은 중금속 중독을 예방하거나 경감시킬 수 있는 식이 인자들을 밝히기 위한 것이었으며, 중독된 후의 제독효과에 관한 연구는 별로 수행된 바가 없었다. 앞서 본 연구실에서 Pb와 동시에 고단백식을 흰쥐에게 섭취시켰을 때 뇨로의 Pb배설이 증가됨으로써 Pb중독이 경감되는 것을 볼 수 있었기에¹⁴⁾ 본 연구에서는 Pb중독시킨 흰쥐에게 고단백식을 공급할 경우 Pb의 제독효과가 있고 그 효과가 단기간에 나타날 수 있는지를 알아보하고자 하였다.

1. 실험동물의 사육

평균체중이 114±4g인 Sprague-Dawley종 숫컷 흰쥐 49마리를 2주동안 납중독 시킨 후 무작위로 7마리를 선택하여 1차 희생시켰다. 1차 희생후 나머지 42마리를 체중에 따라 난괴법에 의해 7마리씩 6군으로 나누어 3군은 1주간, 나머지 3군은 3주간 각 해당 실험식으로 사육하였다 (Fig. 1)

실험동물은 Stainless steel cage 에서 1마리씩 분리사육 하였고, 흰쥐의 사육시 일어날 수 있는 무기질의 오염을 방지하기 위하여 쥐장, 식이그릇, 물병등을 0.4% EDTA(Etylene Diamine Tetraacetic acid)로 처리하였다. 그리고 물은 탈이온 증류수를 제한 없이 먹게 하였다.

Fig. 1. Feeding design of experimental animals

Exp. groups*	Exp. diet**	1week	2weeks	3weeks	4weeks	5weeks
C	15% pro. +1% Pb	←→				
LD1	5% pro.	←→	←-----→			
SD1	15% pro.	←→	←-----→			
HD1	40% pro.	←→	←-----→			
LD3	5% pro.	←→	←-----→	←-----→		
SD3	15% pro.	←→	←-----→	←-----→		
HD3	40% pro.	←→	←-----→	←-----→		

- C : Control group
- LD1 : Low protein detoxifying diet for 1 week group
- SD1 : Standard protein detoxifying diet for 1 week group
- HD1 : High protein detoxifying diet for 1 week group
- LD3 : Low Protein detoxifying diet for 3 weeks group
- SD3 : Standard protein detoxifying diet for 3 weeks group
- HD3 : High protein detoxifying diet for 3 weeks group
- ** - : Pb added diet.
- : Detoxifying diet.

2. 실험동물의 식이

본 실험에서 사용한 식이의 구성은 Table 1 과 같다. 납(Pb)은 lead acetate를 이용하여 무게비로 1%(10,000ppm)수준으로 식이에 섞어 실험시작후 2주동안 공급하였다(대조군). 2주 후 부터는 Pb를 제거하고 단백질 수준(5%, 15%, 40%)을 각각 달리한 제독식이를 1주(제독 1주군)와 3주(제독 3주군)동안 각각 공급하였다.

3. 실험 방법

1) 혈액채취 및 hematocrit, hemoglobin, Pb함량 분석

혈액은 실험기간 종료시 12시간 굶긴 쥐들을 ethyl ether 로 마취시킨 후 heart puncture 법으로 채취하여 채혈직후 hematocrit, hemoglobin 함량을 측정하였고, 나머지 혈액은 heparin 처리한 병에 받아서 Pb 분석을 위해 냉동보관하였다.

Hematocrit 은 채혈직후 heparin 이 처리된 모세관에 빨아올려 hematocrit centrifuge 에서 원심분리시킨후 packed red cell volume 의 백분율로 측정하였다. hemoglobin 은 Sahli 씨 혈액색계를 사용하여 측정하였다.

혈액중 Pb 함량은 Zinterhofer 법¹⁰⁾을 이용하

여 수포화 Methyl Isobutyl Ketone(MIBK) 로 Pb 를 추출하여 원자흡광계(Atomic Absorption Spectrophotometer, Perkin-Elmer Co, Model 2380) 283.3nm 에서 측정하였다.

2) 간, 신장, 뼈(Femur)와 뇨, 변의 채취 및 Pb 함량분석

채혈직후 실험동물을 해부하여 간, 신장의 무게 및 대퇴골(Femur)의 길이, 무게를 측정하였다.

뇨와 변은 제독 1주와 제독 3주 기간중 동물을 희생시키기 전 마지막 3일동안 S tainless steel 로 된 대사장에서 채취하였다. 채취한 뇨는 증류수로 희석하여 150ml로 만든 후 일정량을 취해 7000rpm에서 10분간 원심분리시켜 상등액을 분석 전까지 냉동보관 하였다.

간, 신장, 뼈, 변은 110℃ drying oven 에서 향량이 되도록 건조시킨 후 550℃ 회화로(muffle furnace)에서 회화시켜 Yeager법¹⁵⁾을 이용하여 원자흡광계 283.3nm에서 Pb함량을 측정하였다.

뇨중의 Pb함량은 뇨의 PH를 5.5로 맞춘 뒤 Zinterhofer 법¹⁰⁾에 의해 원자흡광계 283.3nm에서 측정하였다.

4. 통계처리

Table 1. Compositions of experimental diets (per kg diet)

Exp. groups Ingredients	C	LD ₁ , LD ₃	SD ₁ , SD ₃	LD ₁ , LD ₃
Corn starch(g)	700	810	710	460
Casein(g)	150	50	150	400
Corn oil(g)	100	100	100	100
Pb(g)	10	0	0	0
Salt Mix.*(g)	40	40	40	40
Vit.A.D.Mix.*(ml)	1	1	1	1
Vit.E.K.Mix.*(ml)	2	2	2	2
Water sol.vit.*	-	-	-	-
Vit.B ₁₂ *(ml)	1	1	1	1

* Added according to Chung & Kim Korean J Nutr 15 : 258(1982)

본 연구의 모든 실험결과는 각 실험군당 평균 치와 표준오차를 계산하였고, 각 실험군당 평균 치간의 유의성은 $\alpha=0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test 에 의해 검정하였다.

각 실험인자(A : 제독기간에 의한 영향, B : 식이단백질 수준에 의한 영향, AB : 제독기간과 식이단백질 수준의 상호작용에 의한 영향) 들의 영향은 2원 분산분석 후 $\alpha=0.05$ 수준에서 F test에 의해 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

Table 2에서 보듯이 간, 신장의 무게는 제독기간의 차이와 식이 단백질 수준에 의한 영향이 유의적으로 나타나 Pb중독시의 장기 무게에 비하여 제독기간이 길고 식이 단백질 수준이 높을수록 증가하였다. 대퇴골(Femur)의 길이와 무게는 제독기간이 길수록 더욱 증가하였는데, 1주간 제독식을 섭취한 군(제독 1주군)은 식이 단백질 수준에 따른 대퇴골의 성장에 차이가

없었으나 3주간 제독식을 섭취한 군(제독 3주군)에서는 식이 단백질 수준에 따른 차이가 있어 식이 단백질 수준이 높을수록 유의적으로 증가되었다.

한편, Pb중독시 혈액내의 Pb에 의해 적혈구의 용혈이 증가되고 heme합성과정중의 여러단계에서 효소작용이 방해받기 때문에 hemoglobin 및 적혈구 생성이 감소되어 빈혈이 유발된다고 한다.³⁾

이처럼 일반적으로 Pb중독시 빈혈현상이 나타나는데¹¹⁾¹²⁾ 본 실험결과에서도 Table 3에서 보듯이 중독기간 중 대조군의 hematocrit 치(26.7%)가 정상범위¹⁰⁾(44.4~50.4%)에 크게 미달된 것을 볼 수 있었다. Hematocrit 치는 제독식을 공급한 후 중독시 보다 유의적으로 증가되었는데, 제독 1주군들 중에서는 고단백식이군이 저단백식이군에 비해 회복되는 정도가 유의적으로 크게 나타났고, 제독 3주군들에서는 모든 실험군이 37~40%로 비슷한 수준을 나타내었다. 한편, hemoglobin 함량은 실험군들 간에 유

Table 2. Liver and kidney weight, length and weight of femur of rats fed on Pb or detoxifying diet

Exp · groups	Liver(g)	Kidney(g)	Length(cm)	Weight(g)
C	4.65±0.58 ^{1) a 2)}	1.47±0.13 ^{ab}	2.94±0.09 ^a	0.27±0.02 ^a
LD ₁	4.90±0.31 ^{ab}	1.32±0.07 ^a	2.92±0.05 ^a	0.30±0.02 ^a
SD ₁	6.87±0.61 ^{bcd}	1.69±0.14 ^b	2.98±0.10 ^a	0.30±0.03 ^a
HD ₁	6.30±0.28 ^{bc}	1.76±0.14 ^c	3.03±0.04 ^{ab}	0.29±0.02 ^a
LD ₃	5.63±0.30 ^{abc}	1.54±0.07 ^{ab}	3.00±0.07 ^a	0.33±0.03 ^a
SD ₃	7.94±0.27 ^{de}	2.09±0.13 ^c	3.33±0.01 ^c	0.41±0.03 ^b
HD ₃	8.82±0.79 ^e	2.56±0.15 ^d	3.22±0.06 ^{bc}	0.43±0.03 ^b
Significant ³⁾ factor	A, B	A, B	A, B	A

1) Mean±SE

2) Values with same alphabet within the column are not significantly different at $\alpha=0.05$ level by Duncan's multiple range test.

3) A : The effect of time length in the detoxifying period is significant at $\alpha=0.05$ level by F test.
B : The effect of dietary protein level is significant at $\alpha=0.05$ level by F test

Table 3. Hematocrit and hemoglobin content of rats fed on Pb or detoxifying diet

Exp. groups	Hematocrit(%)	Hemoglobin(g / 100ml)
C	26.7±1.8 ^{1) a²⁾}	14.1±0.9 N.S. ³⁾
LD ₁	34.2±1.2 b	11.6±0.9
SD ₁	37.2±2.6 bc	12.9±0.7
HD ₁	40.8±1.6 c	12.7±0.9
LD ₃	37.4±1.1 bc	11.6±0.2
SD ₃	38.6±3.1 bc	12.2±1.1
HD ₃	40.4±0.8 bc	12.6±0.4
Significant factor ⁴⁾	B	

1) Mean±SE

2) Values with same alphabet within the column are not significantly different at $\alpha=0.05$ level by Duncan's multiple range test.

3) Not significant at $\alpha=0.05$ level by Duncan's multiple range test.

4) B : The effect of dietary protein level is significant at $\alpha=0.05$ level by F test.

의적인 차이는 없었으나 제독식이군들의 함량이 대조군들보다 오히려 낮게 나타났다. 따라서 hemoglobin보다는 hematocrit치가 중독이나 제독에 의한 영향을 더 민감하게 받는 것을 볼 수 있었다.

Table 4 에서와 같이 혈액내의 Pb 함량은 제독기간과 식이 단백질 수준에 따른 영향이 유의적으로 나타나 3주간 고단백식이를 공급한 군에서 Pb함량이 가장 낮았다. 제독 1주군들에서는 중독시의 혈중 Pb함량보다 다소 높거나 비슷한 수준으로 회복현상이 빠르게 나타나지는 않았으나 제독 3주군들에서는 표준단백식이군과 고단백식이군에서 점차 감소되어 저단백식이군에 비해 유의적으로 낮았다.($P<0.05$) 간의 g당 Pb함량은 식이 단백질 수준에 의한 영향이 유의적이어서 식이 단백질 수준이 높을수록 Pb 함량은 감소되었다. 반면, 저단백식이군은 제독 1주와 제독 3주에 모두 대조군보다 높은 Pb 함량을 보였다. 신장의 g당 Pb함량은 대조군에 비하여 모든 제독식이군들에서 유의적($P<0.05$)으로 낮았으며, 제독식이군들 간에는 유의적인

차이를 보이지 않았으나 제독 3주의 고단백식이군(HD3)에서 가장 Pb함량이 낮았다. 대퇴골의 g당 Pb함량은 제독기간에 따른 차이가 유의적으로 나타나 제독 1주군들은 대조군과 별 차이가 없었으나 제독 3주후에는 Pb함량이 모두 유의적($P<0.05$)으로 감소되었다. 한편, 식이 단백질 수준에 따른 차이는 나타나지 않았다.

이 결과에서 보듯이 중독기간 중 체내로 흡수된 Pb는 주로 뼈와 신장에 축적되고, Pb를 함유하지 않은 제독식이를 섭취함에 따라 신장조직의 Pb가 가장 먼저 감소되었다. 그리고 식이 단백질수준에 따른 제독효과는 혈액과 간에서 유의적으로 나타나 고단백식이로 3주간 제독시킨 군에서 가장 낮은 Pb함량을 보였다.

제독기간 중 하루동안 뇨와 변을 통해 배설된 Pb양은 Table 5.와 같았다.

뇨를 통해 배설된 Pb양은 식이 단백질 수준에 의한 영향이 유의적이어서 식이 단백질 수준이 높을수록 증가되었고, 제독 1주군들에서는 표준단백식이군이, 제독 3주군들에서는 고단백식이군이 각각 가장 많은 양의 Pb를 배설하였

Table 4. Pb contents in blood, liver, kidney and bone of rats fed on Pb or detoxifying diet

Exp. groups	Blood	Liver	Kidney	Femur
	($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	($\mu\text{g}/\text{g}$ wet tissue)		
C	78.8 \pm 10.3 ^{1) abc 2)}	32.3 \pm 4.2 ^{bc}	171.2 \pm 42.4 ^b	478.9 \pm 65.1 ^b
LD ₁	103.5 \pm 8.5 ^c	42.7 \pm 4.2 ^c	43.7 \pm 15.6 ^a	505.6 \pm 45.4 ^b
SD ₁	104.5 \pm 18.9 ^c	22.8 \pm 3.7 ^{ab}	58.5 \pm 15.4 ^a	562.1 \pm 50.1 ^b
HD ₁	78.6 \pm 11.4 ^{abc}	15.3 \pm 3.0 ^{ab}	45.7 \pm 8.0 ^a	515.9 \pm 33.3 ^b
LD ₃	96.0 \pm 8.8 ^{bc}	61.4 \pm 11.8 ^d	51.0 \pm 8.2 ^a	260.4 \pm 34.6 ^a
SD ₃	65.4 \pm 7.8 ^{ab}	18.9 \pm 6.3 ^{ab}	41.5 \pm 15.3 ^a	236.5 \pm 52.7 ^a
HD ₃	53.4 \pm 4.6 ^a	14.4 \pm 1.4 ^a	11.1 \pm 7.5 ^a	277.9 \pm 19.9 ^a
Significant ³⁾ factor	A, B	B		A

1) Mean \pm SE

2) Values with same alphabet within the column are not significantly different at $\alpha=0.05$ level by Duncan's multiple range test.

3) A : The effect of time length in the detoxifying period is significant at $\alpha=0.05$ level by F test.
 B : The effect of dietary protein level is significant at $\alpha=0.05$ level by F test.

Table 5. Urinary and fecal Pb excretions of rats fed on Pb or detoxifying diet

Exp. groups	Urinary Pb ($\mu\text{g}/\text{day}$)	Fecal Pb ($\mu\text{g}/\text{day}$)
LD ₁	2.8 \pm 0.7 ^{1) a 2)}	165.5 \pm 28.3 bc
SD ₁	7.0 \pm 1.5 b	206.8 \pm 24.2 c
HD ₁	5.6 \pm 1.9 ab	115.1 \pm 12.7 ab
LD ₃	3.0 \pm 1.0 a	59.3 \pm 11.1 a
SD ₃	6.0 \pm 0.9 ab	65.7 \pm 10.9 a
HD ₃	7.4 \pm 0.8 b	73.7 \pm 17.3 a
Significant factor ³⁾	B	

1) Mean \pm SE

2) Values with same alphabet within the column are not significantly different at $\alpha=0.05$ level by Duncan's multiple range test.

3) B : The effect of dietary protein level is significant at $\alpha=0.05$ level by F test.

는데 이는 저단백식이군에 비해 유의적($P < 0.05$)으로 증가된 양이었다. 변을 통한 Pb의 배설은 제독기간에 따라 차이를 보여 제독 1주군들보다 제독3주군들에서 유의적으로 감소되었고,

식이 단백질 수준에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

이상의 결과를 종합해보면, 제독기간중 고단백식이군에서 성장 및 hemotocrit치가 더욱 양

호하였고, 혈액 및 간의 Pb함량이 다른 군에 비해 유의적으로 감소되었으며, 뇨로 배설되는 Pb 양은 증가하였다. 그러므로 고단백식이 체내에 축적된 Pb의 뇨를 통한 배설을 증가시킴으로써 제독효과를 나타냈다.

이와같은 단백질의 Pb제독효과는 본 실험결과관으로 직접 알 수 없지만 체내 중금속 이온 운반 단백질인 metallothionein(MT)의 작용과 관련이 있을 것으로 생각된다. 일반적으로 MT는 Cd, Pb, Zn, Cu등의 metal과 친화력이 매우 강하며, 특히 Cd과 Pb에 의해 세포내 합성이 유도되는 다량의 cysteine을 함유한 저분자량의 metal binding protein으로 알려져 있다.¹⁷⁾

여러 동물실험¹⁸⁾⁻²⁰⁾에 의해 밝혀진 MT의 제독작용은 체내로 중금속이 흡수될 경우 주로 간과 신장조직내에서 MT합성이 크게 증가되고, 이 MT는 조직내에서 free toxic metal ion과 결합하여 non-toxic form으로 전환시킬 뿐 아니라 간에서 신장으로의 중금속이온 운반 및 뇨를 통한 배설을 돕는 등 전반적인 유독성 중금속이온들의 체내대사에 관여한다고 한다. 또한, 고단백식이 공급시 간과 신장조직내의 MT함량이 증가되고 중금속의 독성이 완화되었다는 이전의 연구보고들을¹⁸⁾⁻²⁰⁾ 통해서 식이 단백질에 의한 Pb제독효과를 기대해 볼 수 있겠다. Pb와 같은 2가 중금속이온인 Cd제독연구에서도²¹⁾ Cd으로 중독된 흰쥐에게 식이로부터 Cd을 제거하고 고단백식을 공급한 결과 간과 신장조직내의 Cd축적이 크게 감소되었고, 뇨로 배설되는 Cd양이 서서히 증가되었다고 한다. 따라서 본 연구에서 Pb중독된 흰쥐에게 Pb공급을 중단하고 고단백식을 공급하였을 때 체내 축적된 Pb의 뇨를 통한 배설이 증가된 것도 MT의 작용과 연관이 있다고 생각할 수 있겠다.

Shaikh에²²⁾ 의하면 Cd에 의해 중독된 흰쥐의 혈액과 뇨에서 저농도의 MT가 발견되었고, 이는 이 단백질이 중금속과 결합하여 혈액을 따라서 이동되다가 신장을 통해 뇨로 배설된 것이라

고 했다. 또, MT는 조직내에서 생합성된 후 효소에 의해 빠르게 분해되는데 이때 결합하고 있던 중금속이온은 free metal ion으로 유리되어 뇨로 배설되거나 다시 조직내에서 새로운 MT생합을 유도하기도 한다고 한다.¹⁷⁾ 그러므로 Pb중독기간 중 MT와 결합하여 조직내에 축적되어 있던 Pb가 체내대사를 거치면서 간으로부터 혈액을 타고 신장조직으로 이동된 후 MT로부터 유리되고 뇨로 배설되는 과정 속에서 세포내의 새로운 MT합성이 필요하게 되고, 이때 식이 단백질이 MT합성을 위한 공급원이 될 수 있을 것으로 생각된다. 한편, 본 실험결과에서 조직에 축적된 Pb의 제거율이 조직에 따라 각각 달라서 간과 신장의 Pb함량은 제독 초기부터 감소되었으나, 혈액과 뼈의 Pb함량은 제독 3주간들에서 감소되었다. 또한, 혈액과 간의 Pb 제거율은 식이 단백질 수준이 높을수록 증가되었으나 뼈의 Pb제거율은 식이 단백질 수준에 의한 영향을 받지 않았다. 그러나 제독 3주간들에서 hemoglobin함량이 여전히 낮았고 여러 조직내 축적된 Pb가 완전히 제거되지 않았으며, 뇨와 변으로 Pb가 배설되고 있는 것으로 보아 고단백식의 Pb제독효과는 제독초기부터 나타나기는 하였으나 본 실험조건에서는 Pb중독으로부터 완전히 회복되기에는 3주간의 기간이 짧은 것으로 생각된다.

결 론

본 실험에서는 식이 단백질 수준 및 제독기간에 따른 Pb제독효과를 알아보고자 하였는데 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

간, 신장의 무게 및 대퇴골의 길이와 무게는 제독기간이 길고 식이 단백질 수준이 높을수록 증가하였다. Hematocrit치는 제독기간 중 완화되었고 고단백식이 공급시 더욱 증가하여 제독 식이를 3주간 섭취하였을 때 모든 동물이 정상 수준으로 회복되었다. 그러나, hemoglobin함량

은 제독식을 섭취하였을때에도 Pb중독군에 비해 차이가 없이 계속 낮았다. 한편, 조직에 축적된 Pb의 제거율은 조직에 따라 달랐다. 즉, 혈액 중 Pb함량은 제독기간 및 식이 단백질 수준에 따라 차이가 있어 제독기간이 길고 식이 단백질 수준이 높을수록 감소되었고, 간의 Pb함량은 제독기간에 따른 차이는 없었으며 고단백식이군에서 유의적으로 낮았다. 신장의 Pb함량은 제독초기부터 Pb중독군에 비해 유의적으로 감소되었으나 제독식이군들 간에는 별 차이가 없었다. 뼈의 Pb함량은 제독3주군에서 Pb중독군에 비해 유의적으로 감소되었고 식이 단백질수준에 따른 차이는 없었다. 제독기간중 뇨를 통한 Pb배설은 식이 단백질 수준이 높을수록 유의적으로 증가되었고 변을 통한 Pb배설은 제독 3주군에서 크게 감소되었으나 식이 단백질 수준에 따른 차이는 없었다. 즉, 식이 단백질 수준이 높을수록 체내 축적된 Pb의 뇨를 통한 배설을 증진시킴으로써 제독효과가 있는 것으로 보였으며, 이때 조직에 따라 Pb의 제거율이 각각 달라 본 실험에서의 제독기간 3주는 완전한 회복을 위하여는 짧은 것으로 생각되었다. 따라서 앞으로의 연구에서는 Pb제독기전 및 조직간의 제독율의 차이를 분명히 밝히기 위해 제독기간을 좀 더 연장시키고 기간별로 조직내 MT함량의 변화를 측정하는 것이 필요하리라 생각된다.

References

- 1) Bryce SD, Stephens R. *Sources & effects of environmental lead. In : Trace elements in health. ed. Rese, J pp88-131, Butterworths, London, 1983*
- 2) 김기남 외. *비타민, 광물질 영양학. 향문사 506, 1985*
- 3) Grandjean P. *Widening perspectives of lead toxicity. : A review of health effects of lead*

exposure in adults. Env Res 17 : 303, 1978.

- 4) Wapnir RA, Moak SA, Lifshitz F. *Malnutrition during development : Effects on later-susceptibility to lead poisoning. Am J Clin Nutr 33 : 1071, 1980*
- 5) Mahaffey KR. *Nutritional factors in lead poisoning. Nutr Rev 39 : 353, 1981*
- 6) Nzelibe CG, Knight EM, Adkinds JS. *Effect of carbohydrate on lead absorption and retention in weanling rats. Env Res 41 : 458, 1986*
- 7) Rose HE, Quarterman J. *Dietary fiber and heavy metal retention in the rats. Env Res 42 : 166, 1987*
- 8) Conrad ME, Barton JC. *Factors affecting the absorption and excretion of lead in the rats. Gastroenterology 74 : 731, 1978*
- 9) Garber BT, Wei E. *Influence of dietary factors on the gastrointestinal absorption of lead. Toxicol Appl Pharm 27 : 685, 1974*
- 10) Kiyozumi M, Mishima M, Noda S. *Studies in poisonous metal. IX Effects of dietary fibers on absorption of cadmium in rats. Chem Pharm Bull 30(12) : 4494, 1982*
- 11) Kim MK, Cho KH. *Metabolic changes in growing rats fed diets with different levels of lead and protein. Korean J Nutr 19(5) : 323, 1986*
- 12) Kim JS, Kim MK. *Metabolic changes in growing rats fed diets with different levels of lead and lipid. Korean J Nutr 20(4) : 225, 1987*
- 13) Lee HY, Kim MK. *Effects of dietary cadmium and protein levels on the body protein metabolism and cadmium toxicity in growing rats. Korean J Nutr 21(6) : 27, 1988*
- 14) Zinterhofer LJM, Jatlow I, Fappiano A. *Atomic absorption determination of lead in blood and urine in the presence of EDTA. J*

- Lab Clin Med* 78 : 664, 1971
- 15) Yeager DW, Cholak J, Henderson EW. *Determination of lead in biological and related material by atomic absorption spectrophotometry. Environ Sci Technol* 5 : 1020, 1971
 - 16) Mitruka BM, Rawnsley HM. *Clinical biochemical & hematological reference values in normal experimental animals & normal humans 2nd ed. Masson, New York, pp 63, 1981*
 - 17) Foulkes EC. *Biological roles of metallothionein. Elsevier North Holland, New York, 1982*
 - 18) Revis NW, Osborne TR. *Dietary protein effects on cadmium and metallothionein accumulation in the liver and kidney of rats. Environ Health Persp* 54 : 83, 1984
 - 19) Revis NW. *The relationship of dietary protein to metallothionein and cadmium-induced damage. Toxicology* 20 : 323, 1981
 - 20) Kotsonis FN, Klaassen CD. *The relationship of metallothionein to the toxicity of cadmium after prolonged oral administration to rats. Toxicol Appl Pharm* 46 : 39, 1978
 - 21) Kojima S, Kiyozumi M, Mishima M. *Effects of three proteins on absorption of cadmium in rats. Toxicology* 34 : 161, 1985
 - 22) Muto Y, Omori M. *Nutritional influence on the onset of renal damage due to long-term administration of cadmium in young and adult rats. J Nutr Sci Vitaminol* 23 : 349, 1977
 - 23) Cherian MG, Nordberg M. *Cellular adaptation in metal toxicology and metallothionein. Toxicology* 28 : 1, 1983
 - 24) Omori M, Muto Y. *Effects of dietary protein, calcium, phosphorus and fiber on renal accumulation of exogenous cadmium in young rats. J Nutr Sci Vitaminol* 23 : 361, 1977
 - 25) Hildebrand CE, Griffith RA, Tobey RA. *Molecular mechanism of cadmium detoxification in cadmium-resistant cultured cells: Role of metallothionein and other inducible factors. In ; Biological roles of metallothionein. pp279, 1981*
 - 26) Foulkes EC. *Role of metallothionein in transport of heavy metals. In ; Biological roles of metallothionein. pp131, 1981*
 - 27) Shaikh ZA. *Metallothionein as a storage protein for cadmium: Its toxicology implications. In ; Biological roles of metallothionein. pp69, 1981*
 - 28) Suzuki KT. *Induction and degradation of metallothionein and their relation to the toxicity of cadmium, In ; Biological roles of metallothionein. pp215, 1981*