

초생추에서의 납의 독성과 철·구리·아연 및 단백질과의 상호작용

박 전 홍·김 춘 수

한국과학기술원
(1984.3.12. 접수)

Effects of Over-dosed Lead and its Interaction with Iron, Copper, Zinc or Protein Supplement in Chicks

Jun-hong Park and Chun-su Kim

Korea Advanced Institute of Science and Technology

(Received March 12, 1984)

Abstract: The protective effects of high levels of dietary iron, copper, zinc or protein on lead toxicity were studied in chicks. Growth retardation, reduction of feed intake, anemia and accumulation of lead in the bone and kidney were observed in chicks fed a diet containing 500mg lead as chloride per kg of feed for 42 days. Early changes due to ingested lead were inhibition of red blood cell δ -aminolevulinic acid dehydrase at all doses and no effect of iron, copper, zinc or protein addition were observed. Tibia lead accumulation was reduced in chicks receiving additional dietary iron or zinc compared to the lead only group but increased in chicks given supplementary protein. Decreased body weight gain was overcome by supplementary zinc or protein in chicks fed lead but not by supplementary iron. Overall the results of this study show that lead poisoning can be partly reduced by providing supplementary iron, zinc or protein, but the interaction of these element remained to be elucidated.

서 론

사람과 가축에서 빈발하는 납중독은 최근 국내에서도 발생보고가 있으며 납오염으로 인한 중독 위험성은 심각한 관심거리가 되고 있다^{18,34)}. 납중독을 예방하기 위하여는 납오염원의 제거가 최선의 방법이지만, 납의 독성은 영양상태에 따라 다르게 나타나며 미량광물질을 급여할 때 납중독증상이 완화되는 것으로 보고되었다³⁾.

즉 철⁹⁾, 구리²⁰⁾ 또는 아연³³⁾의 급여는 납의 독성을 효과적으로 감소시키는 것으로 보고되었으나, 상용량의

철을 급여하였을때 납의 혈중농도가 오히려 증가되거나¹⁾ 구리를 급여한 경우 오히려 납의 독성이 악화되었다는¹¹⁾ 상반된 보고도 있다. 따라서 임상증상을 나타내지 않는 만성납중독인 경우에 미량광물질의 급여가 납중독증상을 완화시키는 효과가 있는지는 문제시 되고 있다.

본 실험에서는 납중독의 위험을 줄이기 위한 미량광물질의 효과를 조사하기 위하여 철, 구리, 아연 또는 단백질원으로 대두박을 납과 동시에 급여하면서 납의 독성에 대한 이들 물질의 상호작용을 조사하였다.

본 논문의 요지는 1983년도 대한수의학회에서 발표하였음.

재료 및 방법

실험동물은 하이라인계 수평아리(양지부화장) 325수와 마니나백계 수평아리(천호부화장) 390수를 대상으로 24시간 점등된 비닐피복케이지에서 물과 실험사료(산란계초생추용, 홍성사료)를, 자유급여하며 7주령까지 적응사용하였다.

상기의 적응사용에 사용한 사료의 성분을 분석하였던바, 사료 kg당 Fe 27mg, Cu 12mg, Zn 51mg, Pb 8mg 및 Ni 8mg이 함유되어 있고, 일반성분으로는 조단백 19%, 조지방 3.16%, 조섬유 3.71% 및 회분 6.97%였다.

그리고 물 속에는 물 1당 아연 0.4mg, 철 0.2mg, 구리 0.1mg이 함유되어 있었으나 남은 검출되지 않았다.

배두박 첨가군에 대하여는 위의 기본사료에 배두박(등방유량)을 同量比로 혼합하였는데 이 때의 성분 함량은 kg당 Fe 44mg, 조단백 33%, 조지방 1.68%, 조섬유 4.11% 및 회분 6.40%였다.

철 첨가군에 대하여는 사료 kg당 $PbCl_2$ 로서 342.4, 684.8, 1027.2 및 1369.6mg이 되게 첨가하였고, 철, 구리 및 아연 첨가군에 대하여는 사료 kg당 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 2032.1mg, $CuSO_4$ 517.9mg 및 ZnO 503.5mg을 각각 첨가하였다. 철, 구리, 아연 및 단백질이 철 중독에 미치는 영향을 알아 보기 위하여 사료 kg당 $PbCl_2$ 684.4mg이 첨가된 사료에 상기의 광물을 위에서와 동량 각각 첨가하였다.

체중과 사료섭취량을 매주일 측정하였으며 실험종료시 십장에서 채혈하고 후두부를 타격한 후 간장, 신장

및 경골을 분리하여 분석시까지 $-20^{\circ}C$ 에 보관하였다. 진한 질산과 과염소산(1:1)으로 습식회화(회수율 평균 98%) 하여 원자흡광 분석기(Perkin-Elmer, Model 2380)로 조직사료중의 납, 철, 구리와 아연을 측정하였다.

혈색소는 cyanmethemoglobin법²⁰⁾으로, 적혈구용적비는 microhematocrit법⁴⁾으로, 혈액의 alkaline phosphatase는 p-nitrophenylphosphate를 기질로 사용한 방법⁴⁾으로 적혈구의 δ -aminolevulinic acid dehydrase (ALAD)는 Burch와 Siegel¹⁶⁾의 방법으로 측정하였다.

결 과

납의 급여수준이 증가됨에 따라 증체량과 사료섭취량이 감소되었다. 즉, 실험조건에 따라 Pb 250mg 급여시 증체량은 2~10% 감소되었고 사료섭취량은 2~19% 감소되었으며, Pb 500mg 급여시 증체량은 10~17% 감소되었고 사료섭취량은 18~19% 감소되는 현저한 증독증상을 나타내었다(Table 1).

철, 구리, 아연 및 단백질의 급여시 증체량과 사료섭취량에 미치는 영향은 Table 2에 나타낸 바와 같다. 즉, Fe 400mg을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 철을 단독으로 급여한 경우보다 증체량과 사료섭취량은 각각 10% 감소되었고 납을 단독으로 급여한 경우에 비하여 각각 7%, 2% 감소되었다. 그리고 Cu 200mg을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 구리를 단독으로 급여한 경우에 비하여 각각 17%, 13% 감소되었고 납을 단독으로 급여한 처리군에 비하여 각각 13% 감소되었다. 그러나

Table 1. Average body weight gain, feed intake and feed efficiency in [chicks fed different levels of lead

| Diet mg/kg | Initial weight(g) | Final* weight(g) | Weight gain(g) | Feed intake(g) | Feed efficiency |
|-------------|-------------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|
| Treatment 1 | | | | | |
| Pb 0 | 68 | 554 | 486 | 1386 | 2.85 |
| 250 | 68 | 546 | 478 | 1368 | 2.86 |
| 500 | 68 | 503 | 435 | 1128 | 2.59 |
| 750 | 67 | 461 | 394 | 1194 | 3.03 |
| 1000 | 67 | 441 | 374 | 1140 | 3.05 |
| Treatment 2 | | | | | |
| Pb 0 | 62 | 590 | 528 | 1194 | 2.26 |
| 250 | 61 | 524 | 463 | 1015 | 2.19 |
| 500 | 61 | 497 | 436 | 985 | 2.26 |
| 750 | 61 | 411 | 350 | 865 | 2.47 |
| 1000 | 61 | 379 | 318 | 868 | 2.73 |

* Average weight of 7 weeks old chicks.

Table 2. Effect of dietary supplements on average body weight gain, feed intake and feed efficiency in chicks fed lead

| Diet (mg/kg) | Pb 0 | | | Pb 500mg/kg feed | | |
|--------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|
| | weight gain(g) | Feed intake(g) | Feed efficiency | Weight gain(g) | Feed intake(g) | Feed efficiency |
| Treatment 1 | | | | | | |
| Control | 486 | 1386 | 2.85 | 435 | 1128 | 2.59 |
| Fe 400 | 462 | 1242 | 2.69 | 402 | 1146 | 2.85 |
| Cu 200 | 468 | 1278 | 2.73 | 366 | 1044 | 2.85 |
| Zn 400 | 486 | 1332 | 2.74 | 462 | 1296 | 2.81 |
| Protein | 540 | 1560 | 2.89 | 444 | 1338 | 3.01 |
| Treatment 2 | | | | | | |
| Control | 528 | 1194 | 2.26 | 436 | 985 | 2.26 |
| Fe 400 | 465 | 1150 | 2.47 | 408 | 1003 | 2.47 |
| Cu 200 | 462 | 1110 | 2.40 | 402 | 1023 | 2.55 |
| Zn 400 | 462 | 1035 | 2.24 | 444 | 1180 | 2.67 |
| Protein | 492 | 1216 | 2.47 | 438 | 1059 | 2.42 |

Zn 400mg Pb 500mg과 동시에 급여하면 아연을 단독으로 급여한 경우에 비하여 증체량은 5% 감소되지만 사료섭취량은 5% 증가되었고 납을 단독으로 급여한 경우에 비하여 각각 4%, 16% 증가되었다. 그리고 단백질을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 단백질을 단독으로 급여한 경우에 비하여 각각 15%, 13% 감소되었으나 납을 단독으로 급여한 경우에 비하여 각각 1%, 12% 증가됨으로써 Zn 400mg이나 단백질의 첨가급여는 Pb 500mg의 증독증상인 증체량과 사료섭취량의 감소를 완화시키는 경향을 보였다(Table 2).

대조군의 경골의 납축적량은 14mg/kg이지만 Pb 250mg 급여시에는 236mg/kg으로 증가되었으며 납의 급여 수준 증가에 따라 경골과 신장에서 잔류량이 현저히 증가되었다(Table 3). 간장에서의 구리축적량은 대조군에서는 7mg/kg이었으나 Pb 750mg 급여시에는 4mg/kg

으로 감소되었고 경골과 신장에서는 변화가 없었으며 조직내의 철과 아연의 축적량은 납의 급여수준 증가에 따라 변화하지 않았다(Table 3).

Fe 400mg이나 Zn 400mg을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 Pb 500mg을 단독급여한 경우의 경골의 납축적량 482mg/kg에 비하여 각각 23%, 16% 감소하였으나, Cu 200mg을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 경골의 납축적량은 변화가 없었으며, 단백질을 Pb 500mg과 동시에 급여한 경우에는 경골, 간장, 신장의 납축적량은 Pb 500mg을 단독급여한 경우보다 각각 26%, 25%, 100% 증가되었다(Table 4).

체중에 대한 신장과 경골의 백분율은 각각 0.7%, 0.5%이며 납의 급여수준 증가에 따른 변화는 관찰되지 않았으나 대조군의 간장은 2.2%이고 Pb 1000mg 급여시에는 2.6%로 증가되었다. 대조군의 혈색소량은 7.8

Table 3. Some mineral contents of tibia, liver and kidney from the chicks fed different levels of lead (wet basis, mg/kg)

| Diet | Tibia | | | | Liver | | | | Kidney | | | |
|------|-------|-----|----|-----|-------|-----|----|----|--------|----|----|----|
| | Pb | Fe | Cu | Zn | Pb | Fe | Cu | Zn | Pb | Fe | Cu | Zn |
| Pb 0 | 14 | 102 | 6 | 122 | 2 | 92 | 7 | 25 | 1 | 53 | 4 | 22 |
| 250 | 236 | 117 | 6 | 126 | 3 | 118 | 5 | 29 | 2 | 49 | 2 | 23 |
| 500 | 482 | 99 | 12 | 141 | 4 | 100 | 6 | 28 | 3 | 55 | 4 | 22 |
| 750 | 747 | 110 | 12 | 137 | 4 | 172 | 4 | 29 | 5 | 47 | 4 | 22 |
| 1000 | 1098 | 109 | 6 | 133 | 4 | 110 | 4 | 28 | 6 | 48 | 4 | 22 |

Table 4. Effect of dietary supplements on lead contents of tibia, liver and kidney from the chicks fed lead (wet basis, mg/kg)

| Diet | Pb 0 | | | Pb 500 | | |
|---------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | Tibia | Liver | Kidney | Tibia | Liver | Kidney |
| Control | 14 | 2 | 1 | 482 | 4 | 3 |
| Fe 400 | 10 | 6 | 1 | 370 | 3 | 4 |
| Cu 200 | 14 | 4 | 1 | 480 | 5 | 5 |
| Zn 400 | 13 | 2 | 1 | 404 | 3 | 5 |
| Protein | 10 | 0 | 1 | 606 | 5 | 6 |

g/dl이었으나 Pb 1000mg 급여시에는 6.4g/dl로 18% 감소되었다. 그러나 적혈구 용적비는 차이가 없었다. Fe 400mg이나 Zn 400mg을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 혈액소량은 각각 7.5g/dl, 8.9g/dl로 Pb 500mg을 급여한 경우보다 각각 9%, 29% 증가되었으나 Cu 200mg이나 단백질을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 Pb 500mg을 급여한 경우보다 각각 3%, 6% 감소되었다. 그러나 적혈구 용적비는 변화가 없었다(Table 5).

대조군의 ALAD는 151unit이고 철, 구리, 아연 및 단백질 투여군의 ALAD는 각각 128, 126, 96, 129unit로 유의성 있는 변화를 볼 수 없었다. 그러나 Pb 250mg을 급여한 경우는 2unit로 현저히 억제되었으며 Pb 500mg과 동시에 철, 구리, 아연 및 단백질의 급여시에도 3unit로 현저히 억제되었다(Table 6).

납의 급여수준 증가에 따라 혈장 ALP는 대조군의 경

Table 5. Effect of dietary supplements on hemoglobin and packed cell volume in chicks fed different levels of lead

| Diet(mg/kg) | Hb(g/dl) | PCV(%) | MCHC(%) |
|---------------|----------|--------|---------|
| Pb 0 | 7.8 | 29 | 27 |
| 250 | 7.5 | 28 | 27 |
| 500 | 6.9 | 29 | 24 |
| 750 | 6.3 | 26 | 24 |
| 1000 | 6.4 | 28 | 23 |
| Fe 400 | 8.2 | 27 | 31 |
| Cu 200 | 7.4 | 24 | 31 |
| Zn 400 | 8.5 | 27 | 32 |
| Protein | 8.4 | 27 | 31 |
| Fe 400 | 7.5 | 27 | 28 |
| Pb 500+Cu 200 | 6.7 | 27 | 25 |
| Zn 400 | 8.9 | 23 | 39 |
| Protein | 6.5 | 27 | 42 |

Table 6. Effect of dietary supplements on red blood cell δ -aminolevulinic acid dehydrase (ALAD) and plasma alkaline phosphatase (ALP) in chicks fed different levels of lead

| Diet(mg/kg) | ALAD(unit*) | ALP(units/L) |
|---------------|-------------|--------------|
| Pb 0 | 151 | 750 |
| 250 | 2 | 603 |
| 500 | 3 | 300 |
| 750 | 3 | 360 |
| 1000 | 2 | 133 |
| Fe 400 | 128 | 170 |
| Cu 200 | 126 | 249 |
| Zn 400 | 96 | 170 |
| Protein | 129 | 220 |
| Fe 400 | 3 | 274 |
| Pb 500+Cu 200 | 3 | 220 |
| Zn 400 | 3 | 300 |
| Protein | 3 | 260 |

* Unit : $\Delta A/ml$ RBC/hr.

우 750 units/L에 비하여 Pb 1000mg 급여시에는 133 units/L로 감소되었고 철, 구리, 아연 및 단백질을 급여한 경우에는 대조군에 비하여 억제되었으며 Pb 500mg과 동시에 급여한 경우에는 Pb 500mg을 단독급여한 경우와 차이가 없었다(Table 6).

고 찰

본 실험에서 납오염원에 의한 납중독증상이 나타나는 수준과 철, 구리, 아연 및 단백질과의 상호작용을 조사한 결과 Pb 500mg 급여시 증체량은 평균 14% 감소하고 사료섭취량은 18% 감소하였으며 Pb 750mg 급여시에는 각각 26%, 21% 감소하였다(Table). 납의 중독증상인 성장 저해는 사료 kg당 Pb 1000mg 수준에서 나타나는 것으로 보고되어 있으나¹³⁾ Stone과 Soaras³⁰⁾는 Pb 1000mg 수준에서도 성장장애가 나타나지 않는다고 보고하였다. 이와같은 Stone과 Soares³⁰⁾의 보고는 성숙된 메추리를 사용한 것과 성에 따른 체내의 납흡수 정도와 축적량에 차이가 있기 때문에 서로 다른 결과를 얻은 것으로 사료된다.

그러나 Morgem²⁴⁾은 Pb 500mg 수준에서도 성장장애가 관찰되었다고 하였으며 이 결과는 본 실험결과와 일치한다. 납중독시에는 신장³¹⁾과 간장²⁴⁾이 비례해지고 급성 납중독시에는 신장의 근위극세포노반의 미토콘드리아가 종대되나 만성 납중독시에는 신장에서 납의 분

입체를 관찰할 수 있다고 한다^{12,19)}. 소화관에서 흡수된 납은 골조직, 신장, 간장의 순서로 축적된다고 한다^{20, 25,28)}. 이 실험에서도 납의 급여수준이 증가됨에 따라 경골과 신장의 납 축적량은 증가되었으며 간장의 체중백분율은 대조군의 2.2%에 비하여 Pb 1000mg 수준에서는 2.6%로 납의 급여수준 증가에 따라 증가되었으나 경골과 신장의 체중백분율은 변화가 없었다(Table 3).

간장에서의 구리 축적량은 대조군의 7mg/kg에 비하여 Pb 1000mg 수준에서는 4mg/kg으로 감소되었다(Table 3). 납중독시 뇌에서의 철과 망간 축적량이 증가되고 신장에서는 아연 축적량이 증가되었다는 보고가 있다²⁷⁾. 그리고 다량의 아연급여시 간장과 신장에서의 납축적량은 증가되지만 골조직에서는 감소되며³³⁾ 아연은 장에서 납의 흡수를 억제하는 작용이 있다는 보고도 있다¹⁰⁾. 본 실험에서 대조군의 경골과 간장에서의 아연축적량은 각각 122mg/kg, 25mg/kg인 반면 Pb 1000mg 수준에서는 각각 133mg/kg, 28mg/kg으로 증가되었으나 신장에서는 변화가 없었다(Table 3). 그러나 Zn 400mg과 Pb 500mg을 동시에 급여하였을 때 Pb 500mg을 단독으로 급여한 경우보다 경골에서의 납축적량은 482mg/kg에서 404mg/kg으로 16% 감소되었다(Table 4).

철은 장에서 납의 흡수를 억제하는 작용이 있어³¹⁾ Pb 500mg을 단독으로 급여한 경우보다 Fe 400mg을 동시에 급여하면 경골에서의 납축적량은 482mg/kg에서 370mg/kg으로 23% 감소된 본 실험의 결과를 뒷받침해 준다(Table 4). 철이나 아연이 장에서 납의 흡수를 억제하는 작용은 Barltrop과 Khoo³⁾에 의하여 추정되었으며 납의 흡수는 물의 이동과 관련된 확산작용에 의한 것으로 미루어 보면⁵⁾ 농도차이에 의한 단순 확산작용인 것으로 사료된다.

단백질의 급여로 경골에서의 납의 축적량이 Pb 500mg 수준의 482mg/kg에서 606mg/kg으로 26%증가한 것은 실험사료에 단백질원으로 대두박을 첨가하여 조단백은 33%, 조지방은 1.68%이었으므로 사료중의 단백질의 증가와 조지방의 감소가 그 원인인 것으로 사료된다. Barltrop과 Khoo³⁾에 의하면 지방의 함량은 납의 흡수에 영향을 주지 않는다고 하였으나 단백질의 과다 또는 소량 급여시 납의 흡수가 증가된 결과로 미루어보아 사료중의 단백질의 증가가 경골에서의 납축적 증가와 밀접한 연관이 있는 것으로 사료된다.

본 실험에서 구리의 다량 급여시 경골에서의 납축적량에는 영향이 없었으나 간장과 신장에서의 납축적량은 대조군의 4mg/kg 및 3mg/kg에서 Pb 500mg과 Cu 500mg을 동시에 급여하면 각각 5mg/kg으로 증가되었다(Table 4). 이는 Cerklewski와 Richard¹¹⁾의 보고와

일치한다. 납 중독증상인 빈혈²⁰⁾은 PCV보다는 혈색소량을 분석하여 알 수 있다고 하였으나³⁰⁾, Pearl 등²⁷⁾은 PCV의 증가를 보고하였고 Carson 등⁷⁾은 혈색소량과 PCV의 현저한 감소를 보고하였다. 본 실험에서는 혈색소량은 대조군의 7.8g/dl에서 Pb 1000mg 수준에서는 6.4g/dl로 감소되었으나 PCV는 변화가 없었다. Fe 400mg이나 Zn 400mg을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 혈색소량은 각각 7.5g/dl 및 8.9g/dl로 Pb 500mg을 급여한 경우보다 각각 9% 및 21% 증가되고 Cu 200mg이나 단백질을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 각각 3% 및 6% 감소되었으나 PCV는 변화가 없었다(Table 5). 혈색소의 생합성에 작용하는 ALAD는 임상증상을 나타내기 전의 납중독을 진단하는 지표로 알려져 있다^{16,17,21,23)}. Stone과 Soares³⁰⁾는 Pb 500mg급여시 체중의 변화는 없으나 ALAD는 현저히 감소한다고 보고하였으며 본 실험에서는 Pb 250mg급여시 대조군의 체중은 평균 6% 감소되었으나 ALAD는 151unit에서 2unit로 감소되었다. 철, 구리, 아연 및 단백질의 급여는 ALAD에 현저한 변화를 주지 않고 Pb 500mg과 동시에 급여시 3unit로 납의 독성을 완화시키지 못하였다(Table 6). 다량의 아연을 급여하면 납중독증상인 ALAD의 억제가 부분적으로 완화되지만^{8,10)} 납의 급여수준이 증가되거나 체내축적량이 증가될 때에는 아연은 납중독증상인 ALAD의 억제를 완화시키지 못하는 것으로 사료된다.

신생조직에서 많이 분비되는 ALP는 간장, 소화관과 태반에 isoenzyme이 있으며¹⁴⁾ 아연결핍시에는 ALP는 감소된다고 한다²⁹⁾. 쥐에 Pb 500mg을 급여하였을 때 ALP의 변화가 없었다는 보고도 있으나³¹⁾, 본 실험에서는 병아리에 Pb 500mg을 급여하면 ALP는 대조군의 750 units/L에서 300 units/L로 감소된 상반된 결과를 나타내었다(Table 6). 납중독시 ALP가 감소된 이유는 장에서 아연의 흡수를 방해하거나 아연의 체내이용을 억제하는 경우를 생각할 수 있다. 전자의 경우 아연의 체내축적이 감소되고 배설량이 증가되는 현상이 있을 수 있으나 Table 3에 의하면 납은 체내에 축적된 아연에는 영향을 미치지 않았다. 그러나 납이 아연배사에 작용하는 기전에 관하여는 2가 양이온으로 전자자 배설이 유사하므로 상호작용이 있을 것으로 추정된다.

결 론

납중독을 예방 또는 완화시킬 목적으로 철, 구리, 아연 및 단백질의 급여효과를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 납중독증상인 증체량과 사료섭취량의 감소는 Pb

500mg급여시 각각 14%, 18% 감소되었고 Pb 750mg급여시 각각 26%, 21% 감소되었으며, Pb 500mg과 동시에 Zn 400mg을 급여하면 Pb 500mg을 단독급여한 경우에 비하여 각각 4%, 16% 증가되었고 단백질을 급여하면 Pb 500mg을 단독급여한 경우에 비하여 각각 1%, 12% 증가되었다. 그러나 Fe 400mg을 급여하면 각각 7%, 2% 감소하고 Cu 200mg을 급여하면 각각 13% 감소하였으므로 아연과 단백질의 다량급여는 Pb 500mg의 중독증상을 완화시킨다고 사료된다.

2. 납의 급여수준 증가에 따라 경골, 간장 및 신장에서 철과 아연의 축적은 변화가 없었으며 구리는 간장에서 단대조군의 7mg/kg에서 Pb 1000mg 수준에서의 4mg/kg으로 감소되었으며 납축적은 경골, 신장, 간장의 순으로 많이 축적되었다. 대조군의 경골의 납축적은 14mg/kg, Pb 250mg 수준에서 236mg/kg으로 증가되어 납중독수준은 Pb 250mg으로 볼 수 있다.

3. Fe 400mg이나 Zn 400mg을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 경골의 납축적은 Pb 500mg 급여한 경우보다 각각 23%, 16% 감소되었으나, Cu 200mg이나 단백질을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 Pb 500mg 급여한 경우보다 Cu 200mg을 급여하면 변화가 없었고 단백질을 급여하면 26% 증가되었으므로 철과 아연의 다량급여는 Pb 500mg의 중독증상을 완화시킨다고 사료된다.

4. 납의 중독증상인 빈혈은 Pb 1000mg 수준에서 대조군의 혈색소량 7.8g/dl보다 낮은 6.4g/dl로 관찰되었으며 Fe 400mg이나 Zn 400mg을 Pb 500mg과 동시에 급여하면 Pb 500mg을 단독급여한 경우에 비하여 각각 9%, 21% 증가되었으나 Cu 200mg이나 단백질을 급여하면 첨가 효과는 혈색소가 각각 3%, 6% 감소되었다. 그러나 PCV는 변화가 없었으므로 철과 아연의 다량급여는 Pb 500mg의 중독증상을 완화시킨다고 사료된다.

5. 납의 급여수준 증가에 따라 ALAD는 억제되어 철, 구리, 아연 및 단백질의 첨가로 완화되지 않았으며 Pb 250mg 수준에서 ALAD는 현저히 억제되었다. ALP는 대조군의 750 units/L에 비하여 Pb 500mg 급여시에는 300 units/L로 억제되었으며 철, 구리, 아연 및 단백질의 첨가로 완화되지 않았다.

謝辭 : 본 실험을 수행하는 데 조연과 재료를 제공하여 주신 김창원, 김정일, 이남형 박사님과 광물질 축적을 조력한 이인옥 양과 동물사육에 조력한 성기승, 김홍만 학형의 노고에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Angle, C.R., Stelmak, K.L. and McIntire,

M.S.: Lead and iron deficiency. Chemical Abstr. (1977) 86:79.

2. Anonymous: Analytical methods for atomic absorption spectrometry. Perkin Elmer Corp. Norwalk(1976)
3. Barltrop, D. and Khoo, H.E.: The influence of nutritional factors on lead absorption. Postgraduate Med.J. (1975) 51:795.
4. Bauer, J.D.: Clinical laboratory methods. 9ed. C.V. Mosby, St. Louis (1982) p.188, p.580.
5. Blair, J.A., Coleman, I.P.L. and Hilburn, M.E.: The transport of the lead cation across the intestinal membrane. J. Physiol. (1979) 286:343.
6. Burch, H.B. and Siegel, A.L.: Improved method for measurement of delta-aminolevulinic acid dehydratase activity of human erythrocytes. Clin. Chem. (1971) 17:1038.
7. Carson, T.L., Van Gelder, G.A., Buck, W.B. and Hoffman, L.J.: Effects of low level lead ingestion in sheep. Clin. Toxicol. (1973) 6:389.
8. Cerklewski, F.L.: Influence of dietary zinc on lead toxicity during gestation and lactation in the female rat. J. Nutr. (1979) 109:1703.
9. Cerklewski, F.L.: Reduction in neonatal lead exposure by supplemental dietary iron during gestation and lactation in the rat. J. Nutr. (1980) 110:1453.
10. Cerklewski, F.L. and Forbes, R.M.: Influence of dietary zinc on lead toxicity in the rat. J. Nutr. (1976) 106:689.
11. Cerklewski, F.L. and Richard, R.M.: Influence of dietary copper on lead toxicity in the young male rat. J. Nutr. (1977) 107:403.
12. Chisolm, J.J.Jr.: Screening techniques for undue lead exposure in children: Biological and practical considerations. J. Pediatr. (1971) 79:719.
13. Damron, B.L., Simpson, C.F., Harms, R.H.: The effect of feeding various levels of lead on the performance of broilers. Poultry Sci. (1969) 48:1507.
14. Davis, M.J. and Motzok, J.: Zinc deficiency in the chick: Effect on tissue alkaline phosphatases. Comp. Biochem. Physiol. B (1971)

15. Edens, F.W. and Garlich, J.D.: Lead induced egg production decrease in leghorn and Japanese quail hens. *Poultry Sci* (1983) 62 : 1757.
16. Goyer, R.A. and Mehlman, M.A.: *Toxicology of trace elements*. Hemisphere Publishing Corp., New York (1977) p.41.
17. Griffin, T.B. and Knelson, J.H.: *Lead*. Academic Press, New York (1975) p.241.
18. Hathcock, J.N.: *Nutritional toxicology*. Vol. 1. Academic Press, New York (1982) p.164.
19. Kendall, R.J. and Scanlon, P.F.: Chronic lead ingestion and nephropathy in ringed turtle doves. *Poultry Sci.* (1981) 60 : 2028.
20. Klauder, D.S. and Petering, H.G.: Anemia of lead intoxication: A role for copper. *J. Nutr.* (1977) 107 : 1779.
21. Lynch, G.P., Jackson, E.D., Kiddy, C. A. and Smith, D.F.: Responses of young calves to low doses of lead. *J. Dairy Sci.* (1976) 59 : 1490.
22. Lynch, G.P., Smith, D.F., Fisher, M., Pike, T.L. and Weinland, B.T.: Physiological responses of calves to cadmium and lead. *J. Anim. Sci.* (1976) 42 : 410.
23. Marks, G.S., Zelt, D.T. and Cole, P.C.: Alterations in the heme biosynthetic pathway as an index of exposure to toxins. *Can.J. Physiol. Pharmacol.* (1982) 60 : 1017.
24. Morgan, G.W., Edens, F.W., Thaxton, P. and Parkhurst, C.R.: Toxicity of dietary lead in Japanese quail. *Poultry Sci.* (1975) 54 : 1636.
25. Neathery, M.W. and Miller, W.J.: Metabolism and toxicity of cadmium, mercury and lead in animals: A review. *J. Dairy Sci.* (1975) 58 : 1767.
26. Oser, B.L.: *Hawk's physiological chemistry*. 14ed. McGraw-Hill, New York (1965) p.1096.
27. Pearl, D.S., Ammerman, C.B., Henry, P.R. and Littell, R.C.: Influence of dietary lead and calcium on tissue lead accumulation and depletion, lead metabolism and tissue mineral composition in sheep. *J. Anim. Sci.* (1983) 56 : 1416.
28. Peter, F. and Strung, G.: Effect of ingested lead on concentration of blood and tissue lead in rabbits. *Clin. Biochem.* (1983) 16 : 202.
29. Starcher, iB. and Kratzer, F.H.: Effect of zinc on bone alkaline phosphatase in turkey poults. *J. Nutr.* (1963) 79 : 18.
30. Stone, C.L. and Soares, J.H. Jr.: The effect of dietary selenium level on lead toxicity in the Japanese quail. *Poultry Sci.* (1976) 55 : 341.
31. Suzuki, T. and Yoshida, A.: Effect of dietary supplementation of iron and ascorbic acid on lead toxicity in rats. *J. Nutr.* (1979) 109 : 982.
32. Suzuki, T. and Yoshida, A.: Effectiveness of dietary iron and ascorbic acid in the prevention and cure of moderately long-term lead toxicity in rats. *J. Nutr.* (1979) 109 : 1974.
33. Willoughby, R.A., MacDonald, E., Mcsherry, B.J. and Brown, G.: The interaction of toxic amounts of lead and zinc fed to young growing horses. *Vet. Rec.* (1972) 91 : 382.
34. 문홍식 : 개와 비둘기 전폐의 중금속 함량. *한국수의공중보건학회지* (1981) 5권 2호 : 105.