

한국 성인 여성의 구리 섭취 상태 및 단백질에 의한 구리 대사에 관한 연구

김 순 경

순천향대학교 식품영양학과

The Study of Copper Metabolism by Protein Intake and Status of Copper Intake in Young Adult Woman.

Soon Kyung, Kim

Dept. of food and nutrition, Soonchunhyang University, Onyang, 336-600 Korea

Abstract

The study was designed to examine the effects of level of protein intake on Cu metabolism in 6 healthy young adult women. The subjects were given 4 levels of protein diet, 0.45g (period I), 0.60g (period III), 0.75g (period II) and 0.90g (period IV) of protein per Kg of body weight and 0.86mg, 0.70mg, 1.86mg and 2.34mg of Cu per day for 5 days respectively. During the experimental period, urine sample were collected everyday and fecal sample were collected for last 2 days of each dietary period. The samples were analyzed for Cu contents.

Mean daily urinary Cu excretion were $0.12 \pm 0.03\text{mg}$ for period I, $0.16 \pm 0.02\text{mg}$ for period III, $0.35 \pm 0.08\text{mg}$ for period II and $0.11 \pm 0.02\text{mg}$ for period IV, and the mean daily urinary excretion of Cu was not affected significant difference by the level of protein intake.

Mean daily fecal Cu excretion were $0.12 \pm 0.03\text{mg}$ for period I, $0.16 \pm 0.02\text{mg}$ for period III, $0.35 \pm 0.08\text{mg}$ for period II and $0.11 \pm 0.02\text{mg}$ for period IV, and the mean daily urinary excretion of Cu was not affected significant difference by the level of protein intake.

Mean daily fecal Cu excretion were $1.23 \pm 0.16\text{mg}$ for period I, $1.28 \pm 0.25\text{mg}$ for period III, $0.99 \pm 0.01\text{mg}$ for period II and $1.85 \pm 0.19\text{mg}$ for period IV, and the difference of the 2 periods I vs IV was significant($p < 0.05$).

Mean daily Cu balance were $0.48 \pm 0.14\text{mg}$ for period I, $0.74 \pm 0.26\text{mg}$ for period III, $0.52 \pm 0.12\text{mg}$ for period II and $0.38 \pm 0.20\text{mg}$ for period IV, and the difference of the 2 period of I vs IV was significant($p < 0.05$).

서 론

구리는 생체내에 극미량 존재하는 Traceelement로서, Hart¹⁾ 등에 의해 Hemoglobin 형성 과정에 필수적인 요소로 보고된 이래, 영양학적으로 중요성이 인정되었다.

현재까지 알려진 구리의 생리적 기능은 ferroxide의 형태로 철의 흡수와 이용을 도와주며^{2,3)}

lysyl oxidase 등의 효소성분으로서 Collagen과 elastin의 형성을 도와주어 정상적인 골격형성에 관여하는 것으로 알려져 있다.⁴⁻⁸⁾ 또한 구리는 신경계의 cytochrome oxidase의 활성을 도와 myelin 합성에 관여하며,^{5,9,10)} 색소침착과정에도 polyphenol oxidase의 형태로서 관여하는 것으로 알

려져 있다.⁸⁾ 지방대사에도 관계하여 Wahle과 Davies¹¹⁾등은 구리가 결핍되면 피하지방조직내의 포화지방산과 불포화지방산의 비율이 변화가 생김을 보고하였으며, Petering¹²⁾, Klevay¹³⁾, Lei¹⁴⁾ 등은 구리가 결핍되면 혈청내의 cholesterol이 증가됨을 보고하였다.

이와같이 다양한 기능을 갖는 구리는 여러가지 실험연구를¹⁵⁻¹⁹⁾ 통하여 우리가 섭취하는 식이요인에 의해 체내에서 그 이용율이 달라질 수 있다고 보고되고 있다. 그러나 우리나라의 식생활형태나 식품선택의 차이점등을 고려하여 이루어진 구리 대사에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구는 우리나라 중류 일반가정의 식단내용을 참작하여 식단을 작성한 후, 구리의 섭취상태와 단백질 섭취에 따른 구리 대사의 변화를 관찰하여 보고하는 바이다.

실험대상 및 방법

실험 설계

실험대상자에게 섭취에너지량은 거의 같은 수준이며 단백질의 양을 달리한 식이를 섭취시키고 소변과 대변으로 배설되는 구리의 양을 비교 관찰하였다.

전 실험기간은 23일간으로 처음 3일간의 적응기간을 가진 후 5일간씩 단백질 함유 수준이 1인 1일 체중 1kg당 각각 0.45g, 0.60g, 0.75g, 0.90g인 식이를 섭취시켜 소변은 각 식이 기간중 매일, 대변은 각 식이 기간의 마지막 2일 동안 시료로 수집하여 분석하였다. (Fig. 1)

실험대상

본 실험의 실험대상자는 연령 만 19~21세의

| Date | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|--------------|------------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|----|---|----|----|-------------------|----|----|----|----|-------------------|----|----|----|----|-------------------|----|
| * Period | Adaptation | | | I | | | | II | | | | III | | | | IV | | | | | | | |
| Urine sample | | | | [Hatched pattern] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Feces sample | | | | | | | [Hatched pattern] | | | | | [Hatched pattern] | | | | | [Hatched pattern] | | | | | [Hatched pattern] | |

Fig. 1. Experimental design.

- * Period I : protein intake 0.45g / kg of body weight / day.
- " III : " 0.60g / kg of body weight / day.
- " II : " 0.75g / kg of body weight / day.
- " IV : " 0.90g / kg of body weight / day.

여대생으로서 임상진찰 결과, 간 기능검사를 포함한 혈액검사 및 흉부의 X-선검사등으로 특기할 만한 이상이 없이 건강하며 또 실험기간이 월경출혈기가 아닌 6명을 선택하였다.

이들은 실험 전기간중 고려대학교 영양분제연구소의 인체대사 연구실내에 기거 섭식하면서 일상 생활을 평소와 다름없이 자유로이 행동하도록 하였으며 적당량의 운동도 권장하였다. 또한 이들은 본 실험전에 미리 인체대사 연구시설내에 들어와 3일간 적응기간을 가진 뒤 실험에 임하였다. 각 실험대상자의 인적사항은 Table 1에 표시하였다.

실험기간

본 실험기간은 1985년 6월 29일부터 7월 21일까지의 23일간으로 6월 29일부터 7월 1일까지의 3일간의 적응기간을 가졌으며 식사의 단백질 수준별로 한 수준의 동일 식사를 5일간 연속하여 섭취시키고 다음 식사로 교체하였다. 즉, 단백질 함유 수준이 1인 1일 체중 1kg당 각각 0.45g인 식사는 7월 2일부터 7월 6일까지, 0.75g인 식사는 7월 7일부터 7월 11일까지, 0.60g인 식사는 7월 12일부터 7월 16일까지, 0.90g인 식사는 7월 17일부터 7월 21일까지 섭취시켰다.

실험식이

실험대상자들에게 섭취시킨 식사는 단백질의 함유 수준에 따라 4종류의 기본 식단을 마련하였다. 그 단백질 수준은 1일 1인 체중 1kg당 0.45g, 0.60g, 0.75g 및 0.90g으로 정하였으며, 에너지 수준은 대상자 전원이 1일 1인 체중 1kg당 약 40

kcal를 섭취하도록 하였다. 구리의 섭취량은 식단구성상의 어려움으로 조정치 않았으나 기본식 이내의 구리의 양을 정확히 측정하였다. 이 기본 식단은 한국인 영양권장량²⁰⁾과 식품분석표²¹⁾에서 한국인의 영양권장량에 맞추어 설정한 5가지 기초식품군을 기준으로 하여 한국인의 상용식품을 주로 선택하였으며 대상자들의 평소의 식습관도 함께 배려하여 구성하였다.

기본 식단의 식품구성은 Table 2와 같다.

실험기간 동안 식기나 조리에 필요한 모든 기구는 가능한 한 유리제품이나 플라스틱으로 선택하여 사용하기 전에 용액(ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA) 4g/l로 12시간 이상 담구어 둔 다음 사용하기 직전에 반드시 이온제거수로 3번이상 행구어 사용하였다. 식이 준비에도 항상 이온제거수가 사용되었고 실험대상자들에게 음료수로 사용된 이온제거수는 무제한 공급하였다.

대상자의 건강 관찰

체중

각 대상자는 매일 아침 기상 후 방뇨 배변하고 아침 식사를 섭취하기 직전에 체중을 측정하였다.

체온

각 대상자는 매일 아침 기상 직후에 체온을 측정하였다.

신체상태

고려대학교 인체대사 연구시설에서 23일간 생

Table 1. Characteristics of study subjects

| No. | Name | Age | Sex | Height(cm) | Body weight(kg) | Occupation |
|-----|------------|-----|-----|------------|-----------------|------------|
| 1 | Kim H. J. | 19 | F | 150.6 | 44.0 | Student |
| 2 | Han H. S. | 19 | ♂ | 154.2 | 46.6 | ♂ |
| 3 | Choi Y. R. | 20 | ♂ | 157.8 | 46.8 | ♂ |
| 4 | Song H. H. | 21 | ♂ | 158.1 | 51.2 | ♂ |
| 5 | Shon M. O. | 21 | ♂ | 155.9 | 50.7 | ♂ |
| 6 | Yang M. S. | 21 | ♂ | 159.4 | 53.8 | ♂ |

Table 2. Composition of experimental diets(g /day)

| Food | period* | I | II | III | IV |
|------|--|------|-----|-----|-----|
| 1. | Rice | 120 | 120 | 140 | 150 |
| 2. | Barley | 2 | 4 | 4 | 5 |
| 3. | Potato | | 50 | 50 | 50 |
| 4. | Sweet potato | 250 | 300 | 200 | 100 |
| 5. | Starch dried noodle(dangmyun) | 50 | 60 | 60 | 50 |
| 6. | A Corn mook | 150 | 100 | | |
| 7. | Corn starch | 20 | 40 | 20 | 30 |
| 8. | Kimchie | 150 | 150 | 150 | 150 |
| 9. | Cabbage, Korean | | | 30 | |
| 10. | Onion | 50 | 50 | 70 | 80 |
| 11. | Korean radish(large rooted) | 20 | 20 | 20 | |
| 12. | Cucumber, improved fresh | | 100 | 100 | 100 |
| 13. | Squash, improved | | | 50 | 50 |
| 14. | Cabbage, common style | 10 | | 10 | |
| 15. | Green onion | 12 | 3 | 2 | 2 |
| 16. | Garlic | 4 | 4 | 2 | 3 |
| 17. | Carrot | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 18. | Green pepper | | 30 | | 20 |
| 19. | Pork lean meat | | 10 | 30 | |
| 20. | Beef, lean | | | | 30 |
| 21. | Egg, whole | | | 50 | 50 |
| 22. | Fish ball | | 30 | | 50 |
| 23. | Fish sausage | 20 | | 70 | |
| 24. | Bacon, curd | | 20 | | 20 |
| 25. | Soybean curd | | 20 | 50 | 30 |
| 26. | Fermented soybean paste | | | 2 | |
| 27. | Modified soybean paste powder with red pepper | | | 5 | |
| 28. | Targle, dried | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 29. | Soybean oil | 18 | 21 | 25 | 25 |
| 30. | Sesame oil | 12 | 8 | 6 | 2 |
| 31. | Butter | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 32. | Mayonaise | | 10 | 10 | 10 |
| 33. | Soya souce, commercial | 4 | 9 | 4 | 4 |
| 34. | Tomato catchup | | | | 10 |
| 35. | White sugar | 5 | | 5 | |
| 36. | Dried small sardone large | 0.75 | 0.2 | | |
| 37. | Tasida, anchovy | | 0.5 | | |
| 38. | Yoghurt | 100 | 120 | 100 | 130 |
| 39. | Soda pop and cola | 400 | 200 | 200 | 200 |
| 40. | Peach white freshed variety | | 100 | 100 | 100 |

| | | | | |
|-----|-------------------|-----|-----|----|
| 41. | Grape nectar | | 100 | |
| 42. | Peach nectar | 200 | | |
| 43. | Pineapple, canned | 100 | | |
| 44. | Potato chips | | 10 | 20 |
| 45. | Candy | 30 | 40 | 30 |

* Period I : protein in take 0.45g/kg of body weight/day

〃 III : 〃 0.60g/kg 〃
 〃 II : 〃 0.75g/kg 〃
 〃 IV : 〃 0.90g/kg 〃

활하는 동안 수시로 신체 상태의 이상 유무를 확인하고 가끔적 정한 시각에 배변토록 유의시켰다.

시료 수집

소변

각 대상자들의 소변은 매일 아침 8시부터 다음날 아침 8시까지 24시간 수집하였다. 수집한 소변은 1ml의 toluene이 들어있는 용량 2ℓ의 플라스틱소변 수집 용기에 수집하여 냉장고에 보관하였다. 수집한 24시간 소변은 실온(20~25℃)에 약 1시간 방치한 후 전용량, 중량 및 비중을 측정하고 일정량을 취하여 구리 분석에 사용하였다.

대변

각 대상자들의 대변은 동일 수준의 단백질 식사 기간 5일 중 마지막 2일간의 대변을 한 용기에 수집하였다.

대변은 용량 1kg정도의 뚜껑이 있는 플라스틱제 대변 수집 용기내에 넓이 50cm×50cm의 2중 비닐막을 깔아서 수집하여 냉장고에 보관하였다. 수집된 2일간의 대변은 용기와 함께 그 중량을 측정한 다음 비닐막과 함께 용기내에서 꺼내어 비닐막을 잘 묶은 후, 그 내용물인 대변 시료를 비닐막 외부로부터 손으로 주물러 잘 혼합하여 균질화한 다음 그 일부를 취하여 냉동 보관하였다가 구리 분석에 사용하였다.

식이

각 실험기간 동안 섭취 식이와 동일한 내용의 하루 식이를 따로 준비하여 Mixer에 전량을 넣고 갈아 총 중량을 잰 다음 그 일부를 취하여 냉동 보관하였다가 구리 분석에 사용하였다.

시료분석

실험에 사용된 모든 실험 기구들은 0.1N HNO₃ 용액에 24시간 담근 후, 이온제거수로 3번이상 세척하여 사용하였다.

식이분석

식이내의 구리는 시료 10g을 정확히 취하여 Thompson²²⁾의 습식분해법으로 전처리하여 50ml 이온제거수에 녹인 후, 일부를 취하여 DDTC-MIBK법에 의해 용매를 추출한 뒤 원자흡광광도계(Shimadzu AA646)로 측정하였다.

소변

소변내의 구리는 냉동고에 보관한 시료를 꺼내어 상온에 방치하여 녹인 후 잘 흔들어 혼합하고 15ml를 취하여 습식분해법으로 전처리하여 50ml 이온제거수에 녹인 후 식이와 같은 방법으로 측정하였다.

대변

대변내의 구리는 냉동고에 보관한 대변 시료를 꺼내어 상온에 방치하여 녹인 후, 약 1.5g을 채 취하여 습식분해법으로 전처리하여 50ml 이온제거수에 녹인후 식이와 같은 방법으로 측정하였다.

자료의 처리 및 분석

본 연구의 모든 실험 결과는 통계처리하여 각 실험단계별 평균치와 표준오차를 계산하였고, 각 단계별의 유의성검정은 Anova(f-test) test와 paired t-test를 사용하였다. 각 실험식이의 섭취량, 배설량, Balance등의 상관관계는 Pearson's moment product correlation coefficients를 사용하였는데 숙명여자대학교의 IBM 4361에 설치된 통계처리용 package spss를 이용하여 분석하였다.

실험결과

실험식이

실험대상자 각 개인이 실험기간 중 섭취한 에너지, 단백질, 당질, 지방 및 구리의 양은 Table 3과 같다.

에너지 섭취량은 1인 1일 1,720~2,166kcal의 범위이며 체중 1kg당으로는 실험기간 동안 한국인 영양권장량²⁰⁾과 실험실시전 식이섭취조사에 근거하여 1일 체중 1kg당 약 40kcal를 섭취시켰다.

단백질 섭취량은 제 I 식사기간에는 1인 1일 체중 1kg당 평균 0.45g이었고 제 II 식사기간에는 0.75g, 제 III 식사기간에는 0.60g, 제 IV 식사기간에는 0.90g을 일정하게 각 대상자들에게 섭취시켰다.

한편, 한국인의 일상식사에서 에너지원으로 중요한 비중을 차지하고 있는 당질은 실험 전기간을 통해서 평균 제 I 식사기간에는 346.9g, 제 II 식사기간에는 307.2g, 제 III 식사기간에는 330.6g, 제 IV 식사기간에는 298.6g을 섭취시켰다. 이는 전체 에너지의 각각 71.3%, 63.3%, 68.2%, 61.3%를 차지하고 있다.

지방은 실험 전기간을 통해서 평균 제 I 식사기간에는 48.8g, 제 II 식사기간에는 62.9g, 제 III 식사기간에는 51.1g, 제 IV 식사기간에는 64.1g을 섭취시켰다. 이는 전체 에너지의 각각 22.6%, 25.6%, 29.2%, 29.6%를 차지하였다.

구리의 섭취량은 식단 구성상의 어려움으로 조정치 않았으나 섭취식이를 분석하여 정확히

측정하였으며, 제 I 식사기간에는 0.86mg, 제 II 식사기간에는 0.70mg, 제 III 식사기간에는 1.86mg, 제 IV 식사기간에는 2.34mg이었다.

구리의 대사

실험기간 동안 단백질섭취량에 따른 대상자들의 단백질 및 구리의 대사는 Table 4, 5와 같다.

소변과 대변중의 평균 구리의 배설량

실험기간중 대상자들의 단백질 섭취량에 따른 소변과 대변중의 평균 구리 배설량은 Table 6과 같으며 단백질의 섭취단계별 유의적인 차이는 보이지 않았으나 단백질을 체중 1kg당 1일 0.45g과 0.90g을 섭취시킨 두 기간 동안의 유의성을 살펴본 결과, 단백질을 체중 1kg당 0.90g을 섭취시켰을 때 대변중의 평균 구리배설량은 유의적으로 증가되었다. ($p < 0.05$)

구리의 섭취량에 따른 소변과 대변중의 구리 배설량의 평균 비율

실험기간중 대상자들 각각의 소변과 대변중의 구리배설량을 구리섭취량에 대한 비율로 환산한 결과는 Table 7과 같다.

단백질 섭취단계별 구리섭취량과 소변과 대변중의 구리배설량과의 평균 비율은 Table 8에 나타내었으며, 단백질 섭취단계별 구리섭취량에 대한 소변과 대변중의 구리배설량과의 평균 비율에는 유의적인 변화는 보이지 않았다. 그러나 단백질을 체중 1kg당 1일 0.45g과 0.90g을 섭취시킨 두 기간 동안의 구리섭취량에 대한 소변과 대변중의 구리배설량의 평균 비율은 단백질을 체중 1kg당 1일 0.90g을 섭취시킨 기간 동안 유의적으로 감소하였다. ($p < 0.05$)

구리 Balance

실험기간 중 대상자들의 단백질 섭취량에 따른 평균 구리balance는 Table 9와 같으며 단백질 섭취단계별 유의적인 변화는 보이지 않았으나 단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g과 0.90g을 섭취시킨 두 기간 동안의 유의성을 살펴본 결과 0.90g을

Table 3. Intake of energy, protein, fat, carbohydrates, copper per day

| Period | Sub. No. | *B. W. (kg) | Energy (Kcal) | | Protein (g) | | Fat (g) | | Carbohydrate (g) | | Copper (μ g) | |
|--------|----------|-------------|---------------|-----|-------------|------|---------|-----|------------------|-----|-------------------|------|
| | | | Total | /kg | Total | /kg | Total | /kg | Total | /kg | Total | /kg |
| I | 1 | 43.2 | 1,723 | 40 | 19.7 | 0.45 | 43.1 | 1.0 | 314.0 | 7.3 | 860 | 19.9 |
| | 1 | 47.0 | 1,878 | 40 | 21.2 | 0.45 | 49.0 | 1.0 | 338.1 | 7.2 | 860 | 18.3 |
| | 3 | 46.4 | 1,878 | 40 | 21.2 | 0.45 | 49.0 | 1.0 | 338.1 | 7.2 | 860 | 18.5 |
| | 4 | 50.5 | 2,020 | 40 | 22.8 | 0.45 | 49.6 | 1.0 | 346.8 | 7.0 | 860 | 17.0 |
| | 5 | 50.0 | 2,020 | 40 | 22.8 | 0.45 | 49.6 | 1.0 | 346.8 | 7.0 | 860 | 17.2 |
| | 6 | 53.7 | 2,159 | 40 | 24.6 | 0.45 | 52.4 | 1.0 | 397.3 | 7.4 | 860 | 16.0 |
| | Mean. | 48.5 | 1,946 | 40 | 22.1 | 0.45 | 48.8 | 1.0 | 346.9 | 7.2 | 860 | 17.8 |
| | S. E. | 1.5 | 62 | | 0.7 | | 1.3 | | 11.2 | 0.1 | | 0.6 |
| III | 1 | 42.7 | 1,720 | 40 | 25.9 | 0.60 | 48.1 | 1.1 | 255.9 | 6.9 | 700 | 16.4 |
| | 2 | 46.8 | 1,880 | 40 | 28.2 | 0.60 | 54.4 | 1.1 | 319.4 | 6.8 | 700 | 15.0 |
| | 3 | 45.8 | 1,880 | 40 | 28.2 | 0.60 | 54.4 | 1.1 | 319.4 | 6.8 | 700 | 15.3 |
| | 4 | 49.8 | 1,990 | 40 | 30.0 | 0.60 | 56.8 | 1.1 | 337.2 | 6.7 | 700 | 14.1 |
| | 5 | 49.3 | 1,990 | 40 | 30.0 | 0.60 | 56.8 | 1.1 | 337.2 | 6.7 | 700 | 14.2 |
| | 6 | 53.4 | 2,166 | 40 | 32.4 | 0.60 | 59.8 | 1.1 | 374.6 | 6.9 | 700 | 13.1 |
| | Mean. | 48.0 | 1,938 | 40 | 29.1 | 0.60 | 55.1 | 1.1 | 330.6 | 6.8 | 700 | 14.7 |
| | S. E. | 1.5 | 60 | | 0.9 | | 1.6 | | 10.8 | 0.0 | | 0.4 |
| II | 1 | 42.8 | 1,720 | 40 | 32.3 | 0.75 | 56.6 | 1.3 | 270.4 | 6.3 | 1,860 | 43.5 |
| | 2 | 46.8 | 1,880 | 40 | 35.3 | 0.75 | 62.8 | 1.3 | 293.4 | 6.2 | 1,860 | 39.7 |
| | 3 | 45.9 | 1,880 | 40 | 35.3 | 0.75 | 62.8 | 1.3 | 293.4 | 6.2 | 1,860 | 40.5 |
| | 4 | 49.4 | 2,000 | 40 | 37.7 | 0.75 | 63.1 | 1.3 | 320.3 | 6.4 | 1,860 | 37.7 |
| | 5 | 49.9 | 2,000 | 40 | 37.7 | 0.75 | 63.1 | 1.3 | 320.3 | 6.4 | 1,860 | 37.3 |
| | 6 | 53.4 | 2,165 | 40 | 41.0 | 0.75 | 68.8 | 1.3 | 345.4 | 6.4 | 1,860 | 34.8 |
| | Mean. | 48.0 | 1,940 | 40 | 36.6 | 0.75 | 62.9 | 1.3 | 307.2 | 6.3 | 1,860 | 38.9 |
| | S. E. | 1.5 | 61.2 | | 1.2 | | 1.6 | | 10.9 | 0.0 | | 1.2 |
| IV | 1 | 42.6 | 1,720 | 40 | 38.7 | 0.90 | 57.6 | 1.3 | 261.7 | 6.1 | 2,340 | 54.9 |
| | 2 | 46.9 | 1,880 | 40 | 42.3 | 0.90 | 63.4 | 1.3 | 285.1 | 6.1 | 2,340 | 49.9 |
| | 3 | 45.8 | 1,880 | 40 | 42.3 | 0.90 | 63.4 | 1.3 | 285.1 | 6.1 | 2,340 | 51.1 |
| | 4 | 49.1 | 2,020 | 40 | 45.1 | 0.90 | 65.3 | 1.3 | 312.8 | 6.3 | 2,340 | 47.7 |
| | 5 | 50.1 | 2,020 | 40 | 45.1 | 0.90 | 65.3 | 1.3 | 312.8 | 6.3 | 2,340 | 46.7 |
| | 6 | 53.3 | 2,160 | 40 | 48.7 | 0.90 | 69.8 | 1.3 | 334.3 | 6.2 | 2,340 | 43.9 |
| | Mean. | 48.0 | 1,947 | 40 | 43.7 | 0.90 | 64.1 | 1.3 | 298.6 | 6.2 | 2,340 | 49.0 |
| | S. E. | 1.5 | 62.5 | | 1.4 | | 1.6 | | 10.7 | 0.0 | | 1.6 |

*B. W. : Body Weight

Table 4. Summary of nitrogen data for six subject during the experimental period(g/day)

| Protein level (g/kg) | Sub. No. | Nitrogen(g/day) | | |
|-------------------------|-------------|-----------------|---------|-------|
| | | Intake | Urinary | Fecal |
| 0.45 | 1 | 3.17 | 3.34 | 1.24 |
| | 2 | 3.39 | 3.30 | 1.26 |
| | 3 | 3.35 | 3.21 | 1.34 |
| | 4 | 3.69 | 3.58 | 1.64 |
| | 5 | 3.65 | 3.60 | 1.38 |
| | 6 | 3.91 | 3.49 | 1.63 |
| | Mean. | 3.53 | 3.42 | 1.42 |
| | S. E. | 0.11 | 3.51 | 0.07 |
| 0.60 | 1 | 4.12 | 3.30 | 1.31 |
| | 2 | 4.49 | 3.51 | 1.44 |
| | 3 | 4.40 | 3.27 | 1.30 |
| | 4 | 4.78 | 3.57 | 1.60 |
| | 5 | 4.73 | 3.99 | 1.51 |
| | 6 | 5.13 | 3.61 | 1.68 |
| | Mean. | 4.61 | 3.54 | 1.47 |
| | S. E. | 0.14 | 3.11 | 0.06 |
| 0.75 | 1 | 5.14 | 3.64 | 1.32 |
| | 2 | 5.63 | 3.60 | 1.46 |
| | 3 | 5.52 | 3.74 | 1.29 |
| | 4 | 5.96 | 4.13 | 1.56 |
| | 5 | 6.02 | 4.61 | 1.36 |
| | 6 | 6.49 | 4.39 | 1.55 |
| | Mean. | 5.79 | 4.02 | 1.42 |
| | S. E. | 0.19 | 0.17 | 0.05 |
| 0.90 | 1 | 6.13 | 3.81 | 1.37 |
| | 2 | 6.75 | 4.50 | 1.59 |
| | 3 | 6.60 | 4.07 | 1.33 |
| | 4 | 7.09 | 4.78 | 1.80 |
| | 5 | 7.23 | 4.97 | 1.77 |
| | 6 | 7.69 | 5.42 | 1.77 |
| | Mean. | 6.92 | 4.59 | 1.61 |
| | S. E. | 0.22 | 0.24 | 0.09 |

1. Values are means for the last two days at each protein level.

2. Mean fecal N loss for the last two days at each protein level.

* Eliminated anomalous data may be due to experimental error or some metabolic difference.

Table 5. Cu balance data for six subjects during experimental periods

| Period | Protein level (g/kg) | Sub. No. | (Copper mg/day) | | | |
|--------|----------------------|----------|-----------------|---------|-------|---------|
| | | | Intake | Urinary | Feces | Balance |
| I | 0.45 | 1 | 0.86 | 0.25 | 0.78 | -0.17 |
| | | 2 | | 0.11 | 1.24 | -0.49 |
| | | 3 | | 0.12 | 0.83 | -0.09 |
| | | 4 | | 0.09 | 1.12 | -0.35 |
| | | 5 | | 0.05 | 1.79 | -0.98 |
| | | 6 | | 0.07 | 1.59 | -0.80 |
| | | Mean* | 0.12 | 1.23 | -0.48 | |
| | | S. E. | 0.03 | 0.16 | 0.14 | |
| III | 0.60 | 1 | 0.70 | 0.16 | 1.00 | -0.46 |
| | | 2 | | 0.13 | 1.15 | -0.58 |
| | | 3 | | 0.22 | 1.21 | -0.73 |
| | | 4 | | 0.14 | 1.72 | -1.16 |
| | | 5 | | 0.09 | 0.42 | 0.19 |
| | | 6 | | 0.21 | 2.17 | -1.68 |
| | | Mean | 0.16 | 1.28 | -0.74 | |
| | | S. E. | 0.02 | 0.25 | 0.26 | |
| II | 0.75 | 1 | 1.86 | 0.25 | 1.18 | 0.43 |
| | | 2 | | 0.16 | 1.00 | 0.70 |
| | | 3 | | 0.26 | 0.74 | 0.86 |
| | | 4 | | 0.70 | 1.13 | 0.03 |
| | | 5 | | 0.29 | 1.20 | 0.37 |
| | | 6 | | 0.46 | 0.66 | 0.74 |
| | | Mean | 0.35 | 0.99 | 0.52 | |
| | | S. E. | 0.08 | 0.10 | 0.12 | |
| IV | 0.90 | 1 | 2.34 | 0.09 | 1.79 | 0.46 |
| | | 2 | | 0.17 | 2.14 | 0.03 |
| | | 3 | | 0.18 | 2.54 | -0.38 |
| | | 4 | | 0.10 | 1.40 | 0.84 |
| | | 5 | | 0.04 | 1.91 | 0.39 |
| | | 6 | | 0.08 | 1.33 | 0.93 |
| | | Mean | 0.11 | 1.85 | 0.38 | |
| | | S. E. | 0.02 | 0.19 | 0.20 | |

* Mean ± S. E. of six subjects.

Table 6. Mean daily urinary and fecal copper excretion for the experimental period

| Protein level (g/kg) | Urinary Cu (mg) | Fecal Cu (mg) |
|----------------------|-----------------|---------------|
| 0.45 | 0.12± 0.03 | 1.23± 0.16 |
| 0.60 | 0.16± 0.02 | 1.28± 0.25 |
| 0.75 | 0.35± 0.08 | 0.99± 0.10 |
| 0.90 | 0.11± 0.02 | 0.85± 0.19 |
| P-value | N. S. | N. S. |

* Mean± S. E. of six subjects

** N. S. : Statistically not significant at α=0.05 level.

섭취시킨 기간동안 유의적으로 positive balance를 나타내었다. (p<0.05)

각 대상자별로 살펴보면, 단백질을 체중 1kg당 0.45g과 0.60g을 섭취시켰던 기간에는 1명을 제외한 대상자 전원이 negative balance를 나타내었다.

단백질을 체중 1kg당 0.75g과 0.90g을 섭취시켰던 기간에는 대상자중 1명만이 negative balance를 나타내었다.

구리섭취량, 소변중의 구리배설량, 대변중의 구리배설량, 구리 balance, 각각의 상관관계는 Table 10에 나타내었다.

소변과 대변중의 구리배설량은 구리섭취량과는

Table 8. Mean ratio of copper excretion to copper intake for the experimental period

| Protein level (g/kg) | Cu in urine Cu intake (%) | Cu in feces Cu intake (%) |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0.45 | 13.37± 3.37 | 142.44± 19.20 |
| 0.60 | 22.66± 2.88 | 182.62± 35.24 |
| 0.75 | 19.00± 4.31 | 48.12± 5.21 |
| 0.80 | 4.70± 0.95 | 79.13± 7.96 |
| P-value | N. S. | N. S. |

* Mean± S. E. of six subjects

** N. S. ; Statistically not significant at α=0.05 level

상관관계가 없는 것으로 나타났으며 대변중의 구리배설량은 구리 balance와 음(-)의 상관관계를 나타냈다. (p<0.05)

소변중 구리배설량과 대변중 구리배설량과는 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

고 찰

식이내 구리의 함량

식이내의 구리의 양은 식이 성분분석결과, 단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g, 0.60g, 0.75g과 0.90g을 섭취시킨 기간 동안 각각 0.86mg, 0.70mg, 1.86mg과 2.34mg이었다. 우리나라의 경우 현재까지

Table 7. Ratio of copper excretion to copper intake for six subjects during the experimental period

| Protein level %of intake | 0.45 | | 0.60 | | 0.75 | | 0.90 | |
|--------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | Urine | Feces | Urine | Feces | Urine | Feces | Urine | Feces |
| Sub. No. | | | | | | | | |
| 1 | 29.07 | 90.70 | 22.86 | 142.86 | 13.44 | 63.44 | 3.85 | 76.50 |
| 2 | 12.79 | 144.19 | 18.57 | 164.29 | 8.60 | 53.76 | 7.26 | 91.45 |
| 3 | 13.95 | 96.51 | 31.43 | 172.86 | 13.98 | 39.78 | 7.69 | 08.55 |
| 4 | 10.47 | 130.23 | 20.00 | 245.71 | 37.63 | 60.75 | 4.27 | 59.83 |
| 5 | 5.81 | 208.14 | 12.86 | 60.00 | 15.59 | 64.52 | 1.71 | 81.62 |
| 6 | 8.14 | 184.88 | 30.00 | 310.00 | 24.73 | 35.48 | 3.42 | 56.84 |
| Mean | 13.37 | 142.44 | 22.66 | 182.62 | 19.00 | 48.12 | 4.70 | 79.13 |
| S. E. | 3.37 | 19.20 | 2.88 | 35.24 | 4.31 | 5.21 | 0.95 | 7.96 |

Table 9. Mean copper balance for the experimental period

| Protein level (g/kg) | Copper(mg/day) | | |
|----------------------|----------------|-------------|--------------|
| | Intake | Excretion | Balance |
| 0.45 | 0.86 | 1.34 ± 0.14 | -0.48 ± 0.14 |
| 0.60 | 0.70 | 1.44 ± 0.26 | -0.74 ± 0.26 |
| 0.75 | 1.86 | 1.34 ± 0.12 | 0.52 ± 0.12 |
| 0.90 | 2.34 | 1.96 ± 0.20 | 0.38 ± 0.20 |
| P-value | | | N. S. |

* Mean ± S. E. of six subjects
 ** N. S. ; Statistically not significant at α=0.05 level

Table 10. Correlation coefficients among intake, urinary excretion, fecal excretion, and balance of copper

| | Intake | Urine | Feces | Balance |
|---------|--------|---------|----------|---------|
| Intake | - | | | |
| Urine | 0.1639 | - | | |
| Feces | 0.3004 | -0.2641 | - | |
| Balance | 0.7365 | 0.1552 | -0.3974* | - |

* p<0.05

구리의 권장량이나 필요량이 설정되어 있지 않으며, 1일 구리의 섭취량을 조사한 연구도 거의 없어 비교하기는 어렵지만, 미국이나 유럽에서 권장하고 있는 1일 성인 2.2mg의 수준²³⁾과 1980년도 RDA(Recommended Daily Allowance)²⁴⁾에서 선정한 성인 1일 2-3mg의 권장량 수치와 비교해보면, 단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g과 0.60g을 섭취시킨 기간 동안에는 극히 부족, 무의식적인 땀으로의 손실량과 인체내 평형을 유지하기위해 최소한 1일 1.3mg이 필요하다는 Klevay²⁵⁾ 등의 연구 결과에 비해서도 부족한 수준이었다. 그러나 단백질이 1일 체중 1kg당 0.75g과 0.90g 섭취시켰던 기간의 구리섭취 수준은 Klevay 등의 연구결과와 비슷한 수준이었다. 이 기간동안 단백질의 섭취량이 1일 체중 1kg당 0.45g과 0.60g이었던 기간에 비해 식이내 구리 함유량이 높게 나타났는데, 이는 실험기간 동안 사용된 식단내용과 사용된 식품의 구리함량에 따른 차이로 보여진다. 식품내의 구리함량은 품종, 토양, 사료등에 따라 달라지며 실제 우리나라 식품의 구리함량을 측정하

분석치가 없으므로 본 실험을 통하여 정확한 이유를 찾기는 어렵다.

구리의 대사

단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g, 0.60g, 0.75g과 0.90g을 섭취시킨 후, 대상자들의 1일 소변중의 평균 구리배설량은 각각 0.12 ± 0.03mg, 0.16 ± 0.02mg, 0.35 ± 0.08mg과 0.11 ± 0.02mg으로 단백질 섭취량에 따른 유의적인 변화는 없었다. 일반적으로 인체내에서 소변중의 구리배설량은 구리섭취량에 크게 좌우되지 않으며, 성인의 경우 1일 약 0.01~0.06mg 배설되는 것으로 알려져 있는데,^{18,26)} 본 실험기간중의 1일 소변중의 구리배설량과 비교해보면, 본 실험기간중에 소변중의 구리배설량이 다소 많았다. 이는 본 실험기간 동안의 실험성적으로는 정확히 논의하기는 어려우나 Table 10에서 구리섭취량과 소변중 구리배설량의 상관관계를 살펴본 결과, 소변중 구리배설량은 구리섭취량과는 관계가 없음을 알 수 있었는데 이는 앞서의 보고²⁶⁾들과 같은 결과로서, 소변중 구리

배설량은 구리섭취량의 다·소에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

단백질 섭취량에 따른 소변중의 구리배설량의 변화를 알아보기 위하여 각 단계별 구리섭취량에 대한 소변중의 구리배설량의 평균비율을 비교해 본 결과(Table 7, 8), 단백질섭취량에 따라서 구리섭취량에 대한 소변중의 구리배설량의 평균비율에는 유의적인 변화가 없었다. 그러나 단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g과 0.90g을 섭취시켰던 두 기간동안의 평균 비율은 각각 13.37%와 4.7%로서 단백질을 많이 섭취시켰던 기간동안 구리섭취량에 대한 소변중 구리배설량의 비율이 유의적으로 감소되었다. ($p<0.05$) 그러나 이 두 기간중 실제 소변중의 구리배설량은 $0.12 \pm 0.03\text{mg}$ 과 $0.11 \pm 0.02\text{mg}$ 으로 크게 차이가 없었던 점과 소변중 구리배설량은 구리섭취량과는 상관관계가 없었던 점등으로 미루어 볼때, 단백질섭취량과 관계가 있을 것으로 생각되나 본 실험에 사용된 식단내용이나 식품구성등에 차이가 있었던 점을 감안할 때 정확한 결과를 얻기는 힘들었다.

대변중의 구리배설량은 단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g, 0.60g, 0.75g과 0.90g을 섭취시킨 기간 동안 각각 $1.23 \pm 0.16\text{mg}$, $1.28 \pm 0.25\text{mg}$, $0.99 \pm 0.10\text{mg}$ 과 $1.85 \pm 0.19\text{mg}$ 으로 단백질 섭취량에 따른 유의적인 변화는 보이지 않았다. 그러나 단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g과 0.90g을 섭취시켰던 두 기간 동안의 유의성을 살펴본 결과 대변중 구리배설량은 유의적으로 증가되었다. ($p<0.05$)

Cartwright²⁷⁾와 Greger²⁸⁾ 등은 구리섭취량이 1일 1.5~3mg일때 흡수율은 개인에 따라 1~60%까지 큰 차이를 보인다고 하였으며, 또한 식품으로 섭취하는 구리의 양이 2~5mg일때 0.6~1.6mg정도 흡수된다고 보고하여 대변중의 구리의 배설량은 많은 차이가 있음을 알 수 있는데, 본 실험의 결과를 위의 보고들과 비교하여 보면, 단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g과 0.60g을 섭취시켰던 기간에는 대변중의 구리배설량은 다소 많았으며, 단백질을 1일 체중 1kg당 0.75g과 0.90g을 섭취시켰던 기간에는 위의 보고들과 비슷한 결과를 나타냈다. 이와같은 현상이 구리섭취량과 어떠한

관계가 있는가를 알아보기 위하여 구리섭취량과 대변중의 구리배설량과의 상관관계를 살펴본 결과, 대변중 구리배설량은 구리섭취량과는 관계가 없는 것으로 나타났다. 이는 구리의 흡수율은 항상성조절 작용에 의해서 음식으로 소량 섭취했을 때에는 많은 양이 흡수되며 음식으로 많은 양의 구리를 섭취했을 때에는 흡수율이 감소된다는 보고¹⁵⁾와는 다른 결과라 하겠다. 그러나 단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g과 0.90g을 섭취시킨 두 기간동안의 대변중의 구리 배설량은 0.90g을 섭취시켰을 때 유의적으로 증가되었는데 이는 구리의 흡수상태가 식품에 함유된 Phytic acid, 아미노산의 중합상태, 위(胃)내의 HCl함량¹⁵⁾, ascorbic acid²⁹⁾ 등에 의해 달라질 수 있다는 점으로 미루어 보아, 각 단계별 실험기간 동안 사용된 식단구성이나 식품선택의 차이점등으로 보여진다.

또 단백질섭취량에 따른 각 단계별 대변중의 구리배설량의 변화를 알아보기 위해서 구리섭취량에 대한 대변중 구리배설량의 비율을 비교해 보았는데, 단백질 섭취량에 따른 4단계의 유의적인 변화는 없었으나 단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g과 0.90g을 섭취시켰던 두 기간동안의 평균 비율은 각각 142.44%와 79.13%로서 단백질 섭취가 증가되었던 기간 동안 구리섭취량에 대한 대변중 구리배설량의 비율이 유의적으로 감소되었다. ($p<0.05$) 이와같은 결과는 이 기간 동안 구리의 섭취량이 각각 0.87mg과 2.34mg으로 약 2.7배 증가하였으며, 대변중의 구리배설량은 $1.23 \pm 0.16\text{mg}$, $1.85 \pm 0.19\text{mg}$ 으로 1.5배 증가된 사실로 미루어 보아 구리섭취량에 의해서 보다는 단백질 섭취량과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

실험기간 동안 평균 구리 balance는 단백질을 체중 1kg당 0.45g, 0.60g, 0.75g과 0.90g을 섭취시키고 평균 구리섭취량이 각각 0.86mg, 0.70mg, 1.86mg과 2.34mg일때 각각 $-0.48 \pm 0.14\text{mg}$, $-0.74 \pm 0.26\text{mg}$, $0.52 \pm 0.12\text{mg}$ 과 $0.38 \pm 0.20\text{mg}$ 으로 단백질 섭취량에 따른 유의적인 변화는 없었다. (Table 10)

단백질을 1일 체중 1kg당 0.45g과 0.60g을 섭

취시켰던 기간 동안 평균 구리 balance는 negative balance를 보였는데, 인체의 구리평형실험에서 섭취된 구리의 양이 2mg이상일 때 positive balance를 보였다는 보고¹⁵⁾와 비교하면, 이 기간 동안 구리의 섭취량이 극히 부족되어 나타난 현상으로 보여진다. 또한 단백질을 1일 체중 1kg당 0.75g과 0.90g을 섭취시켰던 기간동안에는 positive balance를 나타냈는데, 이와같은 결과로 미루어 볼 때, 우리나라의 일반적 식사형태에서 1일 구리의 섭취량이 2mg정도일때 구리평형은 유지되는 것으로 사료된다.

구리 balance와 소변과 대변중의 구리배설과의 상관관계를 살펴본 결과 구리 balance는 대변중의 구리배설량과 음의 상관관계가 있으며($p < 0.05$), 따라서 대변중 구리배설량이 늘어날수록 balance는 negative에 가까와짐을 알 수 있었다.

요 약

건강한 여대생을 대상으로 하여 1일 총 열량은 체중 1kg당 40kcal, 단백질은 체중 1kg당 0.45g (I 단계식이), 0.60g(III단계식이), 0.75g(II 단계식이), 0.90g(IV 단계식이)의 4가지 수준으로 조정된 식이를 각각 5일간씩 20일간 섭취시키고 구리의 섭취량, 배설량및 대사를 관찰한 결과는 다음과 같다.

1. I, III, II와 IV 단계 식이내의 구리함유량은 각각 0.86mg, 0.70mg, 1.86mg과 2.34mg이었다.

2. 소변중의 평균구리배설량은 I, III, II과 IV 단계 식이섭취 기간 동안 각각 0.12 ± 0.03 mg, 0.16 ± 0.02 mg, 0.35 ± 0.08 mg과 0.11 ± 0.02 mg으로 단백질 섭취량에 따른 유의적인 변화는 없었다.

3. 대변중의 평균 구리배설량은 I, III, II과 IV 단계 식이섭취 기간 동안 각각 1.23 ± 0.16 mg, 1.28 ± 0.25 mg, 0.99 ± 0.01 mg과 1.85 ± 0.19 mg으로 4 단계별 단백질 섭취량에 따른 유의적인 차이는 없었으나 I 단계와 IV 단계 식이섭취 기간 동안 대변중 평균 구리배설량에는 유의적인 차이가 있었다. ($p < 0.05$)

4. 평균 구리 balance는 I, III, II과 IV 단계

식이섭취 기간 동안 각각 -0.48 ± 0.14 mg, -0.74 ± 0.26 mg, 0.52 ± 0.12 mg과 0.38 ± 0.20 mg으로 4단계별 단백질 섭취량에 따른 유의적인 변화는 있었으나 I 단계와 IV 단계 식이 섭취시의 평균 구리 balance에는 유의적인 차이가 있었으며($p < 0.05$), 대변중의 구리배설량과 음의 상관관계를 나타냈다. ($p < 0.05$)

문 헌

- Hart, E. B., Steenbok, H., Waddel, J. and Elevehjem, C. A. : Iron in Nutrition VII. Copper as a supplement to iron for hemoglobin building in the rat., *J. Biol.*, 77, 792(1928)
- Mason, K. E. : A Conspectus of Research on Copper metabolism and Requirements of Man., *J. Nutr.*, 109, 1979(1979)
- Frieden E. and Hsieh, H. S. : Ceruloplasmin : The Copper Transport Protein with Essential Oxidase Activity., *Adv. Enzymology*, 44, 187(1976)
- O'Dell, B. L. : Trace Elements in Human Health and Disease., A. S. Prasad and D. Obeleas, Editors, Vol. 1, 391. Academic Press, Inc., New York(1976)
- O'Dell B. L. : Biochemistry of Copper., *Med. Chim., North, A.*, 60, 687(1976)
- Harris, E. D. : Copper-Induced Activation of Aortic Lysyl Oxidase in Vivo., *Proc. Natl. Acad. Sci.*, U. S. A. 73, 371(1976)
- Rayton, J. K. and Harris, E. D. : Induction of Lysyl Oxidase with Copper., *J. Biol. Chem.*, 254, 621(1979)
- 김기남 : 비타민, 광물질 영양학, 향문사, 354(1980)
- Morgan, R. F. and O'Dell, B. L. : Effect of Copper Deficiency on the Concentration of Catecholamines and Related Enzyme Activities in the Rat Brain., *J. Neurochem.*, 28, 207(1977)
- Feller, D. J. and O'Dell, B. L. : Dopamine and Norepinephrine in Discrete Areas of the Copper-Deficient Rat Brain., *J. Neurochem.*, 34, 1259(1980)
- Wahle, K. W. J. and Davies, N. T. : Effect of Dietary Copper Deficiency in the Rat on Fatty acid Composition of Adipose Tissue and Desaturase Activity of Liver Microsomes., *Br. J. Nutr.*, 34 105(1975)

12. Petering, H. G., Murthy, L. and O'Flaherty, E. : Influence of Dietary Copper and Zinc on Rat Lipid Metabolism., *J. Agr. Food Chem.*, **25**, 1105(1977)
13. Klevay, L. M. : Hypercholesterolemia in Rats Produced by an Increase in the Ratio of Zinc to Copper Ingested., *Am. J. Clin. Nutr.*, **26**, 1060(1973)
14. Lei, K. Y. : Oxidation, Excretion and Tissue Distribution of [^{26}C] Cholesterol in Copper-Deficient Rats., *J. Nutr.*, **108**, 232(1978)
15. 송정자 : 극미량원소의 영양, 민음사, 72(1984)
16. Hill, R. : Trace element metabolism in animals., Univ. Park Press, Baltimore, Maryland, Vol. 2, 632(1974)
17. Suttle, N. F. and Mills, C. F. : Studies of the toxicity of copper to pigs., *Brit. J. Nutr.* **20**, 135(1966)
18. Goodhart, R. S. and Shils, M. E. : Modern Nutrition in Health and Disease, 6th ed., 413 (1980)
19. Van Campen, D. and House, W. A. : Effect of a low protein diet on retention of oral dose of Zn and on tissue concentrations of Zinc, iron and copper in rats., *J. Nutr.*, **104**, 84 (1974)
20. 한국인구보건연구원 : 한국인영양권장량, 제 14차개정(1985)
21. 농촌진흥청 : 식품분석표, 제2개정판(1981)
22. Thompson, R. H. and Blanchflower, W. J. : Wet-ashing apparatus to prepare biological materials for atomic absorption spectrophotometry., *Lab. Prac.*, **20**, 859(1971)
23. Mason, K. E. : A Conspectus of Research on copper metabolism and requirement of man., *J. Nutr.*, **109**, 1979(1979)
24. Food and nutrition board, national research council : Recommended dietary allowance. 9th ed., national academy of sciences., Washington, D. C.(1980)
25. Klevay, L. M., Reck, R. A., Jacob, G. M., Logan, Jr., Munoz, J. M. and Sandstead, H. H. : The human requirement for copper, I. Nealthy men fed conventional American diets., *Am. J. Chin. Nutr.*, **33**, 45(1980)
26. Alpers, D. H., Clonse, R. E. and Stenson, W. F. : Manual of nutritional therapeutics., A Little Brown., 100(1984)
27. Cartwright, G. E., in McElroy, E. D. and Glass, B. : Copper metabolism., 274, Johns-Hopkins Press., Baltimore(1950)
28. Greger, J. L., Bennet, O. A., Buckley, S., Baligar, P. and in Kirchgessner, M. : Trace element metabolism in man and animals-3., **300**, ATW, Freising-Weihestephen, (1978)
29. Van Camnen D and Gross F. *J. Nutr.* **95**, 617 (1968)

(Received November 14, 1989)