

예방의학회지 : 제22권 제4호
Korean J. of Preventive Medicine
Vol. 22, No. 4, December 1989

정신지체아 두발 중 중금속 함량 IV* -구리와의 관련성-

경북대학교 의과대학 예방의학교실

김 두 희·남 상 숭·박 순 우

= Abstract =

Hair Heavy Metal Contents in Mentally Retarded Children IV

-In Association with Copper-

Doohie Kim, Sang Soong Nam, Soon Woo Park

Department of Preventive Medicine and Public Health
College of Medicine, Kyungpook National University

The relationship between copper content in scalp hair and mental retardation was investigated. Samples of scalp hair were collected from 297 mentally retarded children who were students in one of two schools providing special educational services, one, consisted of children living in an orphan home, the other, children living with parents. For comparison, 117 scalp hair samples were collected from the children who had got average or above average academic achievement in a regular elementary school. Hair samples were taken from the nape of the neck and the copper content was determined by an atomic absorption spectrophotometer (IL 551).

There was no statistically significant difference in scalp copper levels across different age groups except female orphan group, but no trend or correlation between copper contents and age was found.

The hair copper contents of the mentally retarded children groups were significantly lower than that of control groups. But there was no dose-response relationship between degree of mental retardation and hair copper level.

The hair copper contents of the group accompanied by Down's syndrome and unknown group were significantly lower than that of control group in both sex, and in the case of accompanied by epilepsy or autism, lower than control group in male.

Although the results of this study show no evidence that mental retardation has owed to copper deficiency, the possibility of copper deficiency in their fetal or infant age could not be ruled out. Thus further study is needed to determine whether mental retardation could be attributed to copper deficiency, through the examinations about their living environments, dietary pattern, eating habit

* 이 논문은 1988년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

and the impact of copper deficiency on brain development.

Key Words : Cooper, hair, mentally retarded

I. 서 론

구리는 뇌에서 가장 농도가 높고 간, 심장, 신장의 순으로 체내에 분포되어 있다. 구리는 심혈관계 및 골격 발달, 적혈구 생성 기능 유지, 모발 각화(keratinization) 및 염색소 생성과 함께 중추신경계의 구조와 기능에 발달에 있어서 매우 중요한 역할을 한다(Krause와 Mahan, 1984 ; Shils와 Young, 1988). 동물실험에서, 구리가 결핍된 상태에서 2'3'-cyclonucleotide-3'-phosphodiesterase의 활동성이 감소하게 되는데 이 효소는 신경계의 발달에 있어서 축색화(myelination)의 지표가 되는 것으로서 저축색화(hypomyelination) 병변을 이 효소의 결핍으로써 설명할 수 있다. 또한 tyrosine에서 DOPA로 가는 과정의 중간 단계에 관여하는 tyrosine hydroxylase와 뇌에서 cerebroside의 생성과정에 관여하는 UDP-galactose, HFA-ceramide galactosyl transferase, 그리고 소뇌 synaptic membrane의 latent hexokinase는 구리를 결핍시킨 동물실험에서 모두 감소되었다(Shils와 Young, 1988).

인체에 있어서 구리 결핍에 의한 신경계 장애에 대한 연구로는 Menkes 등(1962)이 처음으로 정신지체와 발육부진, 특이한 두발모양, 저체중 등의 소견과 함께 3세 이전에 사망하는 X-염색체 열성유전 중추 신경계 퇴행 질환을 처음 발견한 이래 Bray(1965), Aguilar 등(1966), Wesenberg 등(1969), Seelenfreund 등(1968), Billing과 Degnan (1971), Danks 등(1972a)에 의해 같은 질환이 보고되어 kinky hair disease 혹은 Menkes' syndrome 등으로 명명되었고 그뒤 Danks 등(1972a, 1972b)에 의해 이 질환의 원인이 장관흡수 장애로 인한 구리결핍이라는 것이 밝혀졌다.

한편 동물실험을 통한 구리 결핍의 신경계에 대한 영향의 연구는 여러 학자들에 의해 이루어지고 있다(Everson 등, 1967 ; Everson 등, 1968 ; Carlton과 Kelly, 1969 ; Dipaolo 등, 1974 ; Prohaska와 Wells, 1974 ; Keen과 Hurley, 1976 ; Zimmerman 등, 1976 ; Rosenfeld 등, 1983 ; Cloez와 Bourre, 1987). 그러나 구리와 인간의 지적능력간의 상관성을 관한 연구는 세계적으로 드물다. Pihl과 Parkes(1977)는 학습지진아를 대상으로 연구하여 대조군에 비해 두발

중 구리 함량이 적었으나 통계학적인 의의는 없었다고 하였으며 Bruhl 등(1987)은 정신지체아의 혈장 구리 농도가 Down씨 증후군의 경우에는 대조군과 차이가 없었으나 정신사회적(psychosocial) 지체와 소뇌증, 그리고 난장이인 경우에는 대조군에 비해 유의하게 낮았다고 하였다. Shrestha와 Carrena(1988)도 정신지체아의 두발 중 구리함량이 대조군에 비해 유의하게 낮았다고 보고한 바 있다.

한편 국내에서는 구리와 인간 지능간의 상관성을 대한 연구가 아직 없는 실정이다. 이에 따라 저자는 정신지체아를 대상으로 두발 중 구리함량을 조사하여 그의 상관성을 밝혀보고자 본 연구를 시도하였다.

II. 대상 및 방법

대구시내에 소재하고 있는 정신지체아 교육을 위한 특수학교 학생을 조사 대상으로 하여 성장환경이 다른 두 군으로 나누어 관찰하였다. 즉 가정이 있는 아동이 다니는 1개교에서 132명(I 군, 남자 88명, 여자 44명), 고아로만 구성되어 있는 1개교에서 165명(II 군, 남자 88명, 여자 77명), 합계 297명을 실험군으로 하였으며 지체아의 분류는 현재 국내의 각 특수학교에서 교육상의 목적으로 분류한 기준(보호급, 지능지수 25미만 ; 훈련가능급, 25~49 ; 교육가능급, 50~74 ; 경계선급, 75~90미만)에 따랐다. 대조군으로는 대구시내 모 일반 국민학교에 재학중인 학생 중 지난 학기 성적이 상대 평가로 '미'이상인 117명(남학생 63명, 여학생 54명)을 임의 추출하였다.

위 조사 대상자들의 생활기록부와 아동조사서를 통해 각 개인의 신상을 파악하였으며 각 군의 평균 나이와 평균 지능지수는 표 1과 같다.

각 군의 평균 연령은 남녀 모두 정신지체군이 대조군보다 많았으며 ($p<0.001$), 지능지수는 대조군에서는 학업에 지장이 있는 자가 없었으며 정신지체군에서는 I 군과 II 군간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

여기에서 정신지체아의 경우 대조군과는 달리 13세 이상의 연령군까지 고려하였다. 이는 정신지체의 발생이

Table 1. Mean age and I.Q. of mentally retarded children and control group

| Group | No. of cases | Age(years) | | I.Q. | |
|----------|--------------|------------|-------|--------------------------|---------------|
| | | Mean±S. D. | Range | Mean±S. D. | Range |
| Male | 239 | | | | |
| Control | 63 | 10.7±1.7 | 7-12 | average or above average | school record |
| Group I | 88 | 13.4±4.1** | 6-26 | 41.4±16.9 | 19-89 |
| Group II | 88 | 16.6±5.2## | 6-31 | 37.6±14.8 | 20-75 |
| Female | 175 | | | | |
| Control | 54 | 10.2±1.8 | 7-13 | average or above average | school record |
| Group I | 44 | 12.6±4.0** | 6-21 | 40.2±15.4 | 20-75 |
| Group II | 77 | 16.0±5.2## | 6-34 | 37.8±16.0 | 15-80 |

** : p<0.001 (compared with control group)

: p<0.001 (compared with group I) by Student's t-test

주로 어릴때 발생한 것으로 추정되며 또한 근래의 생활 환경이 과거와 상관성이 높을 것이라는 가정하에 연령에 따른 두발중 구리함량의 차이가 없다면 같이 포함시켜 분석하여도 가능할 것으로 생각되었기 때문이다.

두발의 채취는 1987년 3월부터 5월까지 이발사와 미용사를 고용하여 녹슬지 않은 가위로 뒷머리 부분을 채취하였으며 구리의 분석은 김두희 등(1989)이 아연의 분석시 사용한 방법과 같이 하였다.

여자 $12.94 \pm 4.98 \text{ ppm}$ 에 비해 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ($p<0.001$). 정신지체아군을 가정이 있는 군(I 군)과 고아군(II 군)으로 나누어 대조군과 비교하여도 모두 유의한 차이가 있었으며 ($p<0.01$ 혹은 $p<0.001$) 여자 I 군과 II 군 사이에도 각각 $10.34 \pm 3.02 \text{ ppm}$, $8.90 \pm 1.89 \text{ ppm}$ 으로서 유의한 차이가 있었다 ($p<0.01$). 그리고 II 군의 경우 남녀간에도 유의한 차이($p<0.01$)가 나타났다 (표 3).

표 3의 결과를 다시 정신지체의 정도별로 나누어 각 군간에 비교해 보았다. 대조군과의 비교에서 대부분의 경우에서 유의한 차이를 나타냈으나 ($p<0.01$ 혹은 $p<0.001$) 여자 I 군의 보호급과 교육가능급에서는 각각 $11.00 \pm 1.94 \text{ ppm}$, $11.07 \pm 4.07 \text{ ppm}$ 으로서 대조군($12.94 \pm 4.98 \text{ ppm}$)에 비해 다소 낮은 수치이긴 하였으나 통계학적인 의의는 없었다. 그리고 남자 I 군의 보호급과 교육가능급 사이에는 각각 $9.68 \pm 3.38 \text{ ppm}$, $10.50 \pm 2.29 \text{ ppm}$ 으로 통계학적인 유의한 차이가 있었으나 ($p<0.05$) 다른 군에서는 지능군 간의 유의한 차이나 특별한 경향(양-반응 관계, dose-response relationship)을 볼 수 없었다. 한편 I 군과 II 군의 보호급에서는 남녀간에 유의한 차이를 보였는데 ($p<0.05$) 다른 군에서는 대체로 남자에서 수치가 더 높았던 반면에 I 군 보호급에서는 남자가 $9.68 \pm 3.38 \text{ ppm}$, 여자가 $11.00 \pm 1.94 \text{ ppm}$ 으로 여자에서 더 높았으며 I 군 교육가능급에서도 통계학적인 의의는 없었으나 여자에서 더 높은 수치 (남자 : $10.50 \pm 2.29 \text{ ppm}$, 여자 : $11.07 \pm 4.07 \text{ ppm}$)를 나타내었다 (표 4).

III. 성 적

표 1에서 각 군간의 연령분포가 달랐으므로 연령에 따른 구리의 함량을 보았다. 그 결과 여자 II 군을 제외한 다른 군에서는 각 연령군 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며 대조군과 같은 연령층인 13세 이하군과 14세 이상군으로 나누어 비교하여도 유의한 차이가 없었다. 여자 II 군의 경우에는 비모수 검정에 의해 각 연령군에 따라 통계학적으로 유의한 차이가 나타났으나 ($p<0.05$) 특별한 증감양상은 보이지 않았으며 13세 이하군과 14세 이상군으로 나누어 비교한 결과 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으므로 14세 이상군을 같이 포함시켜 분석하기로 하였다 (표 2-1, 표 2-2).

두발 중 구리농도를 각 군 및 남녀별로 비교해 보았더니 정신지체아군의 남자군은 $10.14 \pm 3.23 \text{ ppm}$, 여자군은 $9.42 \pm 2.46 \text{ ppm}$ 으로서 대조군의 남자 $13.20 \pm 5.25 \text{ ppm}$,

Table 2-1. Copper contents(mean±S. D.) in scalp hair in male mentally retarded groups and control group by age group
unit : ppm

| Age(Yrs) | No. | Control | No. | Group I | No. | Group II |
|----------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|
| 6-7 | 5 | 11.98±3.45 | 5 | 8.32±0.70 | 4 | 11.63±4.44 |
| 8-9 | 9 | 11.58±2.82 | 11 | 10.51±3.30 | 3 | 12.87±3.71 |
| 10-11 | 18 | 12.68±6.34 | 14 | 9.92±5.02 | 8 | 9.66±3.29 |
| 12-13 | 31 | 14.17±5.31 | 13 | 9.29±3.57 | 5 | 10.58±4.10 |
| Subtotal | 63 | 13.20±5.25 | 43 | 9.70±3.82 | 20 | 10.77±3.67 |
| 14-15 | | | 15 | 10.92±3.66 | 19 | 9.26±1.52 |
| 16-17 | | | 19 | 10.59±2.98 | 19 | 9.55±2.82 |
| 18-19 | | | 7 | 11.07±4.01 | 6 | 9.55±3.78 |
| 20- | | | 4 | 10.90±1.70 | 24 | 10.51±2.84 |
| Subtotal | | | 45 | 10.80±3.21 | 68 | 9.81±2.62 |

Table 2-2. Copper contents(mean±S. D.) in scalp hair in female mentally retarded groups and control group by age group
unit : ppm

| Age(Yrs) | No. | Control | No. | Group I | No. | Group II |
|----------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|
| 6-7 | 4 | 14.35±6.75 | 4 | 10.93±1.02 | 2 | 8.50±0.28* |
| 8-9 | 16 | 14.17±5.85 | 6 | 9.27±3.86 | 2 | 9.65±0.35 |
| 10-11 | 19 | 10.99±3.98 | 8 | 11.01±4.43 | 11 | 7.57±1.82 |
| 12-13 | 15 | 13.73±4.37 | 10 | 10.23±2.06 | 15 | 8.91±2.25 |
| Subtotal | 54 | 12.94±4.98 | 28 | 10.35±3.14 | 30 | 8.44±2.02 |
| 14-15 | | | 5 | 11.72±3.63 | 8 | 8.36±0.71 |
| 16-17 | | | 4 | 8.70±1.40 | 12 | 9.43±1.64 |
| 18-19 | | | 4 | 10.80±1.96 | 14 | 9.62±1.52 |
| 20- | | | 3 | 9.60±4.17 | 13 | 9.01±2.43 |
| Subtotal | | | 16 | 10.34±2.92 | 47 | 9.19±1.77 |

* : p<0.05 by Kruskal-Wallis 1-Way ANOVA

정신지체아군의 두발 중 구리함량을 현재 동반질환에 따라 분류하여 대조군과 비교하였더니 남녀 모두 특별한 질환이 발견되지 않은 경우 (남자군 10.21±2.94ppm, 여자군 9.19±2.35ppm)와 Down 증후군이 동반된 경우 (남자 10.62±5.14ppm, 여자 9.73±2.91ppm)에서 대조군에 비해 유의한 차이가 있었으며 (p<0.01 혹은 p<0.001) 남자 정신지체아의 경우에는 이외에도 간질 또는 자폐증이 동반된 경우에도 각각 8.98±1.56ppm, 8.38±0.74ppm으로서 대조군과 유의한 차이(p<0.01 혹은 p<0.001)를 나타내었다(표 5).

정신지체아를 현재 동반장애에 따라 나누어 정신지체 이외의 장애가 없거나 알려지지 않은 경우, 한가지 만의 장애를 동반한 경우, 이중장애, 삼중이상의 장애로 나누어 두발 중 구리함량을 각 군간에 비교하였다. 대조군에 비해서는 남녀 모두 비교적 대상자 수가 적은 감각장애, 식이장애, 심장질환, 그리고 삼중장애를 동반한 경우를 제외한 언어장애, 지체부자유, 정서장애 및 장애가 없거나 알려지지 않은 경우에서 모두 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.01 혹은 p<0.001). 그러나 동반장애가 없거나 알려지지 않은 경우에 대해서는 여자군에서

Table 3. Copper contents(mean±S.D.) in scalp hair of mentally retarded groups and control group by sex

| Group | Male | | Female | |
|-------------------|------|---------------|--------|--------------|
| | No. | Cu (ppm) | No. | Cu (ppm) |
| Control | 63 | 13.20±5.25 | 54 | 12.94±4.98 |
| Mentally retarded | 176 | 10.14±3.23** | 121 | 9.42±2.46** |
| Group I | 88 | 10.26±3.54** | 44 | 10.34±3.02* |
| Group II | 88 | 10.03±2.90**+ | 77 | 8.90±1.89**# |

* : p<0.01, ** : p<0.001 (compared with control group)

: p<0.01 (compared with group I)

+ : p<0.01 (compared with same group of female) by t-test

식이장애를 동반한 경우에서만 13.68±4.31ppm으로서 유의한 차이가 있었다(p<0.01). 단일, 이중, 삼중장애군간 및 유형별 장애군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 볼 수 없었다. 한편 편식이나 이식증이 동반된 경우가 17명이 있었는데 편식이 동반된 경우 남자군은 9.85±2.68ppm으로서 대조군(13.20±5.25ppm)과 유의한 차이(p<0.01)가 있는 반면에 여자군은 12.05±2.05ppm으로서 동반장애가 없거나 알려지지 않은 경우(9.17±2.57ppm)와 유의한 차이(p<0.01)가 있었다. 한편 이식증이 있는

Table 5. Copper contents(mean±S.D.) in scalp hair of mentally retarded groups and control group by concomitant disease

| Concomitant disease | Male | | Female | |
|---------------------|------|--------------|--------|-------------|
| | No. | Cu (ppm) | No. | Cu (ppm) |
| Control | 63 | 13.20±5.25 | 54 | 12.94±4.98 |
| Mentally retarded | | | | |
| Unknown | 130 | 10.21±2.94** | 94 | 9.19±2.35** |
| Down's syndrome | 24 | 10.62±5.14* | 15 | 9.73±2.91* |
| Epilepsy | 13 | 8.98±1.56** | 7 | 11.84±2.57 |
| Cerebral palsy | 5 | 10.58±2.91 | 2 | 9.95±0.50 |
| Autism | 6 | 8.38±0.74* | 2 | 8.40±0.57 |
| Microcephaly | - | - | 1 | 11.00 |

* : p<0.01, ** : p<0.001 compared with control group
by Mann-Whitney U test or t-test(unknown group)

경우가 남자 2명, 여자 1명이 있었다(표 6).

정신지체아의 두발 중 구리 함량을 과거력에 따라 나누어 대조군과 비교하였더니 특별한 과거력이 없거나 알지 못하는 경우에서 9.69±2.79ppm으로 대조군의 13.08±5.10ppm과 통계학적으로 유의한 차이(p<0.001)가 있었다. 과거력이 있는 경우를 크게 외적인자와 내적인자로 나누어 대조군과 비교한 결과 유의한 차이가 없었

Table 4. Copper contents (mean±S.D.) in scalp hair of mentally retarded groups and control group by degree of mental retardation

| Group | I.Q. | Male | | Female | |
|-----------|-------|------|---------------|--------|--------------|
| | | No. | Cu (ppm) | No. | Cu (ppm) |
| Control | | 63 | 13.20±5.25 | 54 | 12.94±4.98 |
| Group I | | | | | |
| Dependent | <25 | 20 | 9.68±3.38** | 10 | 11.00±1.94x |
| Trainable | 25-49 | 43 | 10.40±4.20** | 24 | 9.77±2.90* |
| Educable | 50-74 | 25 | 10.50±2.29**# | 10 | 11.07±4.07 |
| Group II | | | | | |
| Dependent | <25 | 23 | 10.71±3.23* | 23 | 9.22±2.34**x |
| Trainable | 25-49 | 53 | 9.84±2.76** | 39 | 8.71±1.42** |
| Educable | 50-74 | 12 | 9.54±2.87** | 15 | 8.89±2.26** |

* : p<0.01, ** : p<0.001 (compared with control group)

: p<0.05 (compared with dependent group)

x : p<0.05 (compared with group I) by Mann-Whitney U test

Table 6. Copper contents (mean±S. D.) in scalp hair of mentally retarded groups and control group by accompanying handicap

| Accompanying handicap | Male | | Female | |
|--------------------------|------|--------------|--------|-------------|
| | No. | Cu (ppm) | No. | Cu (ppm) |
| Control | 63 | 13.20±5.25 | 54 | 12.94±4.98 |
| Unknown | 58 | 10.04±2.90** | 35 | 9.17±2.57** |
| Single | 99 | 10.44±3.60** | 63 | 9.53±2.54** |
| Speech Disturbance | 53 | 10.63±4.19* | 30 | 9.53±2.30** |
| Crippled | 19 | 10.47±2.92* | 13 | 8.54±1.83** |
| Emotional Disturbance | 17 | 9.43±2.03** | 13 | 9.28±1.86* |
| Sensorium Disturbance | 5 | 11.56±4.24 | 2 | 10.65±4.03 |
| Feed Disturbance+ | 5 | 10.72±3.10 | 4 | 13.68±4.31# |
| Cardiac problem | | | 1 | 6.80 |
| Double + | 18 | 8.91±1.53** | 20 | 9.42±2.20** |
| Triple + | 1 | 8.90 | 3 | 10.17±1.31 |

+ : The mentally retarded children accompanying unbalanced diet and/or pica are included as follows :

| | | | | |
|-----------------------------|---|------------|---|-------------|
| Unbalanced diet | 8 | 9.85±2.68* | 6 | 12.05±2.05# |
| Pica | 1 | 11.90 | 1 | 20.10 |
| Unbalanced diet and Pica | 1 | 8.90 | | |

* : p<0.01, ** : p<0.001 (compared with control group)

: p<0.01 (compared with unknown group) by Mann-Whitney U test or t-test

으나 외적인자인 외상의 과거력이 있는 경우에는 8.80±0.14 ppm으로서 대조군과 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ($p<0.05$). 그러나 과거력이 있는 경우 과거력이 없거나 알지 못하는 경우 사이에는 유의한 차이가 없었다 (표 7).

IV. 고 칠

두발 중의 금속농도를 측정하여 인체의 미량금속 농도 지표로써 사용한 연구가 여러차례 보고되었다 (Schroder와 Nason, 1969 ; Baumslag 등, 1974 ; Pihl과 Parkes, 1977 ; Shrestha와 Carrena, 1988).

두발을 사용할 때의 장점은 여러 가지가 있다. 즉 시료를 통증이나 상처없이 손쉽게 얻을 수 있고 특별한 기구나 저장방법이 필요하지 않다. 그리고 두발중의 금속농도는 혈중농도보다 높은 경우가 많고 많은 양의 시료를 얻는 것이 가능하다. 또한 쉽게 상하지 않기 때문에 오랜기간 저장이 가능하다. 이와 함께 두발을 사용할 때의 가장 큰 이점이라고 할 수 있는 것은 두발중의 금속농도는 현재의 농도가 아니라 과거에 폭로된 것을 추정해 준다는 것이다 (Hilderbrand와 White, 1974 ; Hambidge, 1982).

그러나 위와같은 여러 이점에 반하여 Hambidge(1982)는 두발을 시료로 사용할 시 외부물질에 의한 오염, 두발 세척에 대한 문제, 두발 성장 속도의 개인차, 두발중

Table 7. Copper contents(mean±S. D.) in scalp hair of mentally retarded groups and control group by past history

| Past history | No. | Cu (ppm) |
|--------------------|-----|-------------|
| Control | 117 | 13.08±5.10 |
| Unknown | 109 | 9.69±2.79** |
| Exogenous factor | 15 | 11.53±4.38* |
| Trauma | 6 | 8.80±0.14 |
| Drug | 5 | 13.22±5.13 |
| Difficult delivery | 2 | 10.55±4.45 |
| Encephalitis | 2 | 14.55±7.85 |
| Endogenous factor | 8 | 12.05±3.80 |
| Convulsion | 6 | 11.82±4.46 |
| Metabolic disease | 2 | 12.75±0.64 |

* : p<0.05, ** : p<0.001 compared with control group by Mann-Whitney U test or t-test

농도의 정상치 미획립 등 여러 문제가 있을 수 있다고 지적하였다. 한편 Hilderbrand와 White(1974)에 의하면 임산부의 치모(pubic hair)로써 구리농도를 조사하였더니 그 수치가 14 ± 40 ppm으로서 그 범위가 매우 넓었으며 세척용액의 종류에 따른 측정치 결과의 차이에 있어서는 특별한 경향을 볼 수 없었다고 하였다. 두발에 바르는 화장용품이나 약품에 따른 차이도 모발 성장 촉진제로 처리한 경우는 구리의 농도가 전반적으로 낮게 나왔으나 다른 경우는 별다른 경향을 볼 수 없었다고 하였다. Yukawa 등(1984)은 두발의 길이에 따른 여러 미량금속의 농도를 조사한 결과 구리의 경우 두피쪽에서 멀어질수록 농도가 높아지는 것을 관찰하였다고 하였고 De Antonio 등(1982)은 두발과 치모의 구리농도를 조사하여 치모의 경우 38 ± 17 ppm, 두발이 45 ± 22 ppm으로써 통계학적으로 유의한 차이가 없었고 또한 치모와 두발 농도간의 상관계수가 0.273으로 통계학적인 유의성이 없었다고 하였는데 이들은 이러한 결과를 두발 중 금속 농도에는 외부환경인자가 많이 관여하는 것으로 해석하였다.

두발을 시료로 사용하는데 있어서 이와 같이 학자간에 논란이 있으나 저자는 본 연구의 목적이 구리농도의 정상치 유무를 보고자 함이 아니고 정신지체와 구리의 상관성을 보기 위한 것이고 가장 문제가 될 수 있는 외부 오염에 있어서 본 연구의 대상자가 모두 대구시내 거주자라는 점, 그리고 정신지체가 대부분 매우 어릴 때 혹은 태아시절에 생기기 때문에 현재의 혈중 구리농도는 별 의미가 없다는 이유와 함께 외국에서 연구된 결과와 비교해 보기 위해 두발을 시료로 사용하였다.

Schroeder와 Nason(1969)은 두발중 미량금속을 조사하여 구리의 경우 남자는 평균 16.1 ± 1.19 $\mu\text{g/g}$ (ppm), 여자는 평균 55.6 ± 10.27 $\mu\text{g/g}$ 으로서 서로 유의한 차이가 있었으며 이때 여자의 경우 30세 이전에는 86.2 ± 16.67 $\mu\text{g/g}$, 40~70세 사이에서는 16.6 ± 1.58 $\mu\text{g/g}$ 으로서 유의한 차이가 있었다고 하였다. Petering 등(1971)의 조사에 의하면 두발중 구리 농도가 남자의 경우 12세까지 증가 하다가 그뒤 감소하는 경향을 보였고 여자의 경우는 나이에 따라 약간 증가하는 경향을 보였는데 남녀 모두 통계학적인 의의는 없었다고 하였다. 본 연구에서는 여자 고아군을 제외한 다른 군에서는 연령에 따른 차이를 볼 수 없었으며 여자 고아군의 경우에도 연령의

변화와 관련하여 일정한 양상은 보이지 않았고 특히 대조군의 연령층을 기준으로 하여 13 세 이하군과 그 이상의 군으로 나누어 서로 비교하였을 때 차이가 없어서 앞의 다른 연구들과는 다른 결과를 보였다.

Pihl과 Parkes(1977)는 학습지진아를 대상으로 두발중 구리 함량을 조사한 결과 학습지진아군이 12 ppm, 대조군이 17 ppm으로서 학습지진아군이 대조군에 비해 다소 낮은 수치를 나타냈으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다고 하였는데 이는 대상자 수가 적었기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 Bruhl 등(1987)이 조사한 바에 의하면 혈장중 구리 농도가 신체적이나 신경학적 이상이 없는 정신사회적 지체 (psycho-socially retarded)아의 경우 1.04 ± 0.15 $\mu\text{g/ml}$ (ppm), 난장아가 동반된 경우는 1.02 ± 0.15 $\mu\text{g/ml}$, 소뇌증을 동반한 경우 0.91 $\mu\text{g/ml}$ 로서 대조군 (1.25 ± 0.29 $\mu\text{g/ml}$)과 유의한 차이가 있었으며 Down씨 증후군 (1.16 ± 0.36 $\mu\text{g/ml}$)에서는 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았다. Schrestha와 Carrena(1988)도 정신지체아의 두발중 미량 금속을 조사하여 정신지체아의 두발 중 구리함량이 8.64 ± 1.59 $\mu\text{g/g}$ 으로서 대조군의 11.42 ± 2.42 $\mu\text{g/g}$ 과 통계학적으로 유의한 차이가 있었다고 발표한 바 있다. 본 연구에서는 정신 지체아군을 가정이 있는 경우와 고아원에서 살고 있는 경우로 나누어 두발중 구리 함량을 대조군과 비교한 결과 남녀 모두 통계학적으로 유의하게 낮은 수치를 나타내어 Schrestha와 Carrena(1988)의 결과와 같았다. 한편 여자 고아군의 경우 남자 고아군에 비해 더 낮은 수치를 나타내었으며 가정이 있는 여자군에 비해서도 더 낮았는데 이는 보호자가 있는 경우보다 평소 식생활에 대한 주의의 관심이 적고 또한 남자에 비해 적극성이 부족하기 때문인 것으로 생각된다.

한편 정신지체아군을 지체정도별로 나누어 대조군 및 서로간에 비교해 본 결과 대부분의 경우에서 대조군과는 유의한 차이를 보였으나 가정이 있는 여자군의 보호급과 교육가능급에서는 대조군에 비해 수치는 다소 낮았으나 통계학적인 의의는 없었다. 정신지체의 정도에 따른 비교에서는 가정이 있는 남자군에서만 교육가능급이 보호급에 비해 통계학적으로 유의하게 높았을 뿐 구리 함량과 정신지체와의 양-반응 (dose-response) 관계는 찾아볼 수 없었다. 그리고 동반된 질환에 따라 보았을 때 Down씨 증후군을 동반한 경우에도 대조군과 유의한 차이가

있었으며 Bruhl등(1987)의 결과와 차이가 있었다. 만일 구리의 결핍이 정신지체의 원인으로 작용했고 현재의 식생활이 태아나 유아기때와 비슷하다는 가정을 한다면 구리의 함량과 정신지체 정도간의 양-반응 관계와 함께 비교적 진단이 확실하고 정신지체의 원인이 분명한 Down 씨 증후군의 경우에는 대조군과 차이가 없을 것이다 (Gordon등, 1967 ; David 등, 1976 ; Youroukos등, 1978). Down씨 증후군 외에 정신지체의 원인이 되었을 것으로 생각되는 여성 마비의 경우 대조군과 통계학적인 차이는 없었으나 이는 대상자 수가 적은 관계인 것으로 생각되며 수치 자체는 다른 정신지체들과 별 차이가 없었다. 따라서 본 연구의 결과로 볼 때 구리가 정신지체의 원인인자로 작용하였을 경우와 함께 정신지체로 인한 구리 섭취의 부족도 함께 고려하여야 할 것으로 생각된다.

이식증은 시설기관에 수용된 정신지체아에서 가장 흔한 식이장애로서(Danford등, 1982), Danford등(1982)이 정신지체아 중에서 이식증이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 혈장 및 두발중 구리를 측정한 결과 혈중 농도는 이식증이 없는 경우 $1.12 \pm 6 \mu\text{g}/\text{ml}$ 이고 이식증이 있는 경우 $1.21 \pm 5 \mu\text{g}/\text{ml}$, 두발중 농도는 이식증이 없는 경우가 $14 \pm 4 \mu\text{g}/\text{g}$, 이식증이 있는 경우가 $23 \pm 3 \mu\text{g}/\text{g}$ 이었다고 하였는데 이들의 구리 1일 섭취량은 이식증이 없는 경우가 $1.3 \pm 0.1 \text{mg/day}$, 이식증이 있는 경우는 $1.4 \pm 0.1 \text{mg/day}$ 로서 모두 1일 영양 권장량인 2~3mg에 부족하였다고 하였다. 이때 혈장 구리 농도와 두발 중 구리 농도 사이의 상관계수는 0.22로서 통계학적으로 유의하였다고 하였다. Mc Alpine과 Singh(1986)에 의하면 정신지체아를 위한 시설기관의 수용아 중 9.2%가 이식증이 있다고 하였는데 이식증의 정도는 정신지체의 정도에 비례하였고 나이에 반비례하였다. 이들의 보고에 의하면 대부분의 기관에서는 이식증을 중요한 행태학적 혹은 의학적 문제로 인식하지 않고 있었다고 한다. 본 연구에서 조사된 각종 장애 중 식이장애로서 편식증이 있는 경우는 14명, 이식증이 있는 경우는 2명, 두 가지 모두 동반한 경우가 1명 있었다. 앞의 다른 연구 결과로 미루어 볼 때 실제 수는 이보다 더 많을 것으로 생각되나 이들만의 결과를 보면 이식증이 있는 경우 1명의 여자는 20.10ppm 으로서 전체 평균치에 비해 높았으나 2명의 남자는 각각 11.90ppm , 8.90ppm 으로서 별 차이가 없었다. 편식증이 있는 경우 남자는 평균 9.85ppm 으로서

대조군에 비해 유의하게 낮은 반면에 장애가 없거나 모르는 경우와는 차이가 없었으나 여자는 평균 12.05ppm 으로서 대조군과는 차이가 없으면서 장애가 없거나 모르는 경우에 비해서는 유의하게 높아 남자의 경우와 반대의 결과를 나타내었다. 이상의 사실로 미루어 이들의 식생활이나 식습관에 대해 별도의 조사를 할 필요성을 느낀다.

한편 과거력이 알려진 경우는 23명에 지나지 않아 별 다른 결과를 얻을 수는 없었으나 외상의 과거력이 있는 경우에게서 8.80ppm 으로 대조군에 비해 유의하게 낮아 특이하였다.

본 연구의 결과로 볼 때 정신지체의 원인이 구리 결핍이라는 증거는 없으나 이들이 태아나 유아시절에 구리의 섭취가 부족하였고 이로 인해 지능발달에 영향을 끼쳤을 가능성을 배제할 수는 없으며 이에따라 이들의 생활공간에 대한 환경조사, 식생활과 식습관 조사 및 더욱 상세한 과거력 조사와 함께 구리의 두뇌 성장에 대한 영향에 관하여 지속적인 연구를 통해 정신지체와 구리와의 인과관계를 밝혀 나가야 할 것으로 생각된다.

V. 요 약

정신지체와 인체내 구리 함량과의 관련성을 보기 위한 연구의 일환으로 정신지체아 297명(가정이 있는 아동이 다니는 특수학교 1개교의 132명과 고아로 구성된 특수학교의 165명)을 대상으로, 학업성적이 증위권 이상인 일반 국민학교 학생 117명을 대조군으로 하여 두발 중 구리 함량을 원자흡광광도계를 사용하여 측정, 비교해 보았다.

연령에 따른 두발중 구리함량은 여자 고아군에서 연령군간의 차이가 있었으나 일정한 증감 양상이나 경향은 보이지 않았고 남자군과 가정이 있는 여자군에서는 연령에 따른 차이가 없었다.

가정이 있는 정신지체아의 경우 두발 중 구리 함량이 남자가 $10.26 \pm 3.54 \text{ppm}$, 여자가 $10.34 \pm 3.02 \text{ppm}$, 가정이 없는 정신지체아군은 남자가 $10.03 \pm 2.90 \text{ppm}$, 여자가 $8.90 \pm 1.89 \text{ppm}$ 으로서 모두 대조군의 남자 $13.20 \pm 5.25 \text{ppm}$, 여자 $12.94 \pm 4.98 \text{ppm}$ 에 비해 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 그러나 정신지체아군을 정신 지체의 정도별

로 나누어 보았을 때 지체정도와 두발중 구리함량과의 상관성은 없었다.

동반질환으로서는 Down씨 증후군, 간질, 뇌성마비, 자폐증 등이 있었는데 동반질환이 없거나 모르는 경우와 Down씨 증후군을 동반한 경우에는 남녀 모두 대조군에 비해 두발중 구리 함량이 통계학적으로 유의하게 낮았으며 간질, 자폐증을 동반한 경우에는 남자만이 대조군에 비해 유의하게 낮았다.

동반된 장애유형은 언어장애, 지체부자유, 정서장애, 감각장애, 식이장애의 순으로 있었는데 이중 언어장애, 지체부자유, 정서장애를 동반한 경우에서 대조군에 비해 두발중 구리 함량의 유의한 차이가 있었다. 한편 과거력에 따라서는 외상의 과거력이 있는 경우에만 대조군과 유의한 차이가 있었다.

본 연구의 결과에서 정신지체의 원인이 구리의 결핍이라는 증거는 없으나 이들이 태아나 유아시절에 구리의 섭취가 부족하였고 이로 인해 지능발달에 영향을 끼쳤을 가능성을 배제할 수는 없으며 이에따라 이들의 생활공간에 대한 환경조사, 식생활 및 식습관 조사와 함께 구리의 두뇌 성장에 대한 영향에 관하여 지속적인 연구를 통해 정신지체와 구리와의 인과관계를 밝혀 나가야 할 것으로 생각된다.

각필에 앞서 본 연구 I~IV보를 발표하기까지 적극 도와주신 대구보령학교 유상덕 교장선생님, 남우석 선생님과 선명학교의 권영준 교장선생님, 김교식 교감 선생님에게 깊이 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 김두희, 김옥배, 장봉기. 정신지체아 두발 중 증금속 함량 I. 납과의 관련성. 대한예방의학회지. 1989; 22(1) : 125-135
- Aguilar MJ, Chadwick DL, Okuyama K, Kamoshita S. *Kinky hair disease : I. Clinical and pathological features. J Neuropath Exp Neurol* 1966 ; 25 : 507-522
- Baumslag N, Yeager D, Levin L, Petering HG. *Trace metal content of maternal and neonate hair. Arch Environ Health* 1974 ; 29 : 186-191
- Billing DM, Degnan M. *Kinky hair syndrome : A new case and a review. Amer J Dis Child* 1971 ; 121 : 447-449
- Bray PF. *Sex-linked neurodegenerative disease associated with monilethrix. Pediatrics* 1965 ; 36(3) : 417-420

- Bruhl HH, Foni J, Lee YH, Madow A. *Plasma concentrations of magnesium, lead, lithium, copper, and zinc in mentally retarded persons. Am J Ment Def* 1987 ; 92(1) : 103-111
- Carlton WW, Kelly WA. *Neural lesions in the offspring of female rats fed a copper-deficient diet. J Nutr* 1969 ; 97 : 42-52
- Cloez I, Bourre JM. *Copper, manganese and zinc in the developing brain of control and quaking mice. Neurosci Lett* 1987 ; 83 : 118-122
- Danks DM, Campbell PE, Stevens BJ, Mayne V, Cartwright E. *Menkes kinky hair syndrome. An inherited defect in copper absorption with widespread effects. Pediatrics* 1972 ; 50(2) : 188-201
- Danks DM, Stevens BJ, Campbell PE, Gillespie JM, Walker-Smith J, Blomfield J, Turner B. *Menkes's kinky-hair syndrome : An inherited defect in intestinal copper absorption with widespread consequences. Lancet* 1972 ; 1 : 1100-1103
- Danford DE, Smith JC Jr, Huber AM. *Pica and mineral status in the mentally retarded. Am J Clin Nutr* 1982 ; 35(5) : 958-967
- David O, Hoffman S, McGann B, Sverd J, Clark J. *Low lead levels and mental retardation. Lancet* 1976 : 1376-1379
- De Antonio SM, Katz SA, Scheiner DM, Wood JD. *Anatomically-related variations in trace-metal concentrations in hair. Clin Chem* 1982 ; 28(12) : 2411-2413
- Dipaolo RV, Kanfer JN, Newberne PM. *Copper deficiency and the central nervous system. Myelination in the rat : morphological and biochemical studies. 1974* ; 33 : 226-236
- Everson GJ, Tsai HCC, Wang TI. *Copper deficiency in the guinea pig. J Nutr* 1967 ; 93 : 533-541
- Everson GJ, Shrader RE, Wang TI. *Chemical and morphological changes in the brains of copper-deficient guinea pigs. J Nutr* 1968 ; 96 : 115-125
- Gordon N, King E, Mackay RI. *Lead absorption in children. Brit Med J* 1967 ; 2 : 480-482
- Hambidge KM. *Hair analyses : Worthless for vitamins, limited for minerals. Am J Clin Nutr* 1982 ; 36 : 943-949
- Hilderbrand DC, White DH. *Trace-element analysis in hair : An evaluation* 1974 ; 20(2) : 148-151
- Keen CL, Hurley LS. *Copper supplementation in quaking mutant mice : Reduced tremors and increased brain copper. Science* 1976 ; 193 : 244-246
- Krause MV, Mahan LK(Eds.). *Food, nutrition, and diet therapy, 7th ed. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1984*, pp.168-170
- Mc Alipine C, Singh NN. *Pica in institutionalized mentally retarded persons. J Ment Defic Res* 1986 ; 30 : 171-178
- Menkes JH, Alter M, Steigleder GK, Weakley DR, Sung

- JH. A sex-linked recessive disorder with retardation of growth, peculiar hair, and focal cerebral and cerebellar degeneration. *Pediatrics* 1962; 29: 764-779
- Petering HG, Yeager DW, Witherup SO. Trace metal content of hair I. Zinc and copper content of hair in relation to age and sex. *Arch Environ Health* 1971; 23: 202-207
- Pihl RO, Parkes M. Hair element content in learning disabled children. *Science* 1977; 198: 204-206
- Prohaska JR, Wells WW. Copper deficiency in the developing rat brain: a possible model for Menkes' steely-hair disease. *J Neurochem* 1974; 23: 91-98
- Rosenfeld J, Zimmerman AW, Friedrich VL. Altered brain copper and zinc content in quaking mice. *Exp Neurol* 1983; 82: 55-63
- Seelenfreund MH, Gartner S, Vinger PF. The ocular pathology of Menkes's disease. *Arch Ophthal* 1968; 80: 718-720
- Shils ME, Young VR(Eds.). *Modern nutrition in health and disease*, 7th ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 1988, pp. 249-259
- Shrestha KP, Carrera AE. Hair trace elements and mental retardation among children. *Arch Environ Health* 1988; 43(6): 396-398
- Schroeder HA, Nason AP. Trace metals in human hair. *J Invest Dermatol* 1969; 53(1): 71-78
- Wesenberg RL, Gwinn JL, Barnes GR. Radiological findings in the kinky-hair syndrome. *Radiology* 1969; 92: 500
- Youroukos S, Lyberatos C, Philippou A, Gardikas C. Increased blood lead levels in mentally retarded in Greece. *Arch Environ Health* 1978; 297-300
- Yukawa M, Suzuki-Yasumoto M, Tanaka S. The variation of trace element concentration in human hair: the trace element profile in human long hair by sectional analysis using neutron activation analysis. *Sci Tot Environ* 1984; 38: 41-54
- Zimmerman AW, Matthieu JM, Quarles RH, Brady RO, Hsu JM. Hypomyelination in copper-deficient rats. *Arch Neurol* 1976; 33: 111-119