

## 아동의 모발 내 무기물 농도와 주의력결핍 및 과잉행동장애와의 상호연관성에 관한 연구

유연아 · 정문호\*

서울대학교 보건대학원 환경보건학과

## A study on the Association between Mineral Concentration in Children's Hair and Attention-Deficit Hyperactivity Disorder

Yu Yeon Ah · Moon Ho Chung\*

Department of Environmental Health, Graduate School of Public Health, Seoul National University

(Received January 16, 2004; Accepted March 10, 2004)

### ABSTRACT

Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is one of the most general childhood problems occurs locally and internationally, but the causes of ADHD are not cleared yet. Therefore, this study tried to examine some parts of the causes of ADHD closely, and finally contribute to the medical treatment of ADHD and its precautionary measures, by measuring and comparing concentration of minerals in hairs of the patients of ADHD and their control group's children, which can analyze the relevance to ADHD and the mineral content in human bodies, and mutual relations between toxic minerals and essential minerals in human bodies. After collection of hairs from 200 children(5 to 7-year-old, boys:159 girls:41) diagnosed as ADHD by medical specialists based on the standard of DSM-IV diagnosis and their control group's 177 children(boys:138 girls:39), the mineral concentration of samples was measured through ICP-MS and compared. And correlations between toxic minerals and essential minerals in human bodies among patients group was analyzed. All the toxic minerals(Pb, Hg, Al, Cd, As) of hairs analyzed in the study showed more higher range of concentration in patients group in comparison with their control group. Among them, the concentration of Pb( $3.27 \pm 3.82$  ppm) and As( $0.16 \pm 0.15$  ppm) in patients group were significantly high compared to their control group. And in this study Pb among toxic minerals showed negative correlation with Zn( $r = -0.43$ ), Mg( $r = -0.15$ ) among essential minerals. Cd among toxic minerals showed negative correlation with Zn( $r = -0.20$ ) among essential minerals. As among toxic minerals showed negative correlation with Ca( $r = -0.14$ ) among essential minerals.

**Keywords:** hair mineral analysis, attention-deficit hyperactivity disorder(ADHD), toxic mineral, essential mineral

### I. 서 론

주의력결핍 과잉행동장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder, ADHD)는 국제적으로, 또 국내에서도 가장 일반적인 아동기 문제들 중의 하나이므로 다양한 학문 분야의 많은 연구자들에 의해 활발히 연구되고 있는 주제이다.

ADHD 출현을 추정치는 누가 어느 도구를 사용하는가에 따라 다양한 결과가 나타나고 있지만, 소아에서

가장 흔한 정신과적 질환으로서 전 세계적인 유병율은 5-10%로 추정된다.<sup>1)</sup> 우리나라도 유병율에 관한 의견이 다양하지만 조수철과 신윤오의 연구(1994)<sup>2)</sup>에 의하면 유치원 아동의 약 2%, 학령기 아동의 약 4-5%가 이 질환을 앓고 있는 것으로 보고된다. 최근 14년간 미국 정신의학회의 ADHD에 대한 정의는 세 번 변화되었지만 현재까지도 진단은 철저하게 병력에만 의존하며 진단적 특이도, 민감도가 있는 심리학적, 임상적 검사는 아직 없다.<sup>3)</sup>

이 증상이 나타나는 시기는 7세 이전으로 대부분 3세 이전에 증상이 나타나는 것으로 알려져 있으나 유치원 또는 초등학교에 입학하면서부터 그 특징이 뚜렷해지는 경우가 많으며 남아에서 여아에 비해 3.9배 정

\*Corresponding author : Department of Environmental Health  
Graduate School of Public Health, Seoul National University  
Tel: 82-2-740-8881, Fax: 82-2-3672-1140  
E-mail : chungmh@snu.ac.kr

도 더 흔히 나타난다. ADHD의 기본 증상은 주의력 결핍, 과다한 활동, 충동성 등 3가지이며, 이외에도 대인관계 장애, 정서적 어려움, 학습부진 등과 함께 대소변 가리거나 언어 발달 등이 늦어지는 수도 있다.<sup>4)</sup> 아동기 때 적절한 치료를 받지 못한다면 성인까지도 증상이 계속해서 나타나는 경우가 있는데 아동기 때의 증상 외에도 패배감과 반사회적 경향을 보일 가능성이 많다.

그러나 이러한 문제의 심각성에도 불구하고, 아동기의 정신적 장애에 대한 병인학은 지금까지 상대적으로 불충분하게 이해되어져 왔다. ADHD는 단일한 원인에 의해서보다는 다양한 원인이 복합적으로 얽힘으로써 나타나며, 환경적 또는 심리적인 원인보다는 기질적인 요인들이 작용할 가능성이 큰 것으로 보고되고 있다. 도파민 등의 뇌 신경전달물질의 불균형, 유전자 이상, 영양의 불균형, 독성 미네랄(중금속)의 축적, 해부학적 이상, 뇌손상, 임신 중 감염, 알레르기 등 그 원인에 대한 많은 추측들이 있어 왔지만, 현재에도 분명한 것은 없는 실정이다.<sup>4)</sup>

이러한 필요성에 부응하여 지금까지 무기물에 대한 노출과 감소된 인지 기능 사이의 관계에 대한 증거가 모발, 혈액, 치아 샘플 등을 사용한 상당히 많은 연구들에서 수집되어 왔다. 그러나 과거의 연구들은 대부분 납 중독과 행동상의 관련성에 대한 연구 보고이며, 특히 우리나라에서는 납 이외의 다른 미네랄에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 납(Pb) 외에도 카드뮴(Cd), 비소(As), 수은(Hg)과 같은 유독한 금속들의 축적과 영양의 불균형에서 기인하는 필수 미네랄의 불균형은 보통 행동 이상에 영향을 미치고 신경화학적, 생화학적 기능에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.<sup>5)</sup>

따라서 본 연구에서는 신체 내 미네랄 측정의 도구로서 장기적인 노출에 대한 신체 내 축적을 반영할 수 있는 안정적 표지자로 증명되어져 온 모발 샘플을 이용하여, 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD)를 갖는 아동(200명)들을 대상으로 모발 내의 무기물 농도를 측정하였으며 이를 정상 아동(177명)과 비교함으로써 환자군과 대조군 사이에서의 농도 차이, 신체 내의 독성 미네랄과 필수 미네랄과의 상호연관성을 분석하였다. 이러한 결과를 통하여 본 연구는 첫째, 특정 무기물의 모발 중 농도와 행동과의 유의한 관련성을 보고해 온 이전 연구들의 결과를 뒷받침하고자 하였다. 둘째, ADHD의 원인 중 생화학적 원인 일부를 규명하고자 하였다. 셋째, 본 연구에서 강한 양-반응 관계가 찾아진다면 더 나아가 의학적, 역학적 연구들에서도 중금속 오염의 영향에 대해 모발 분석 기술이 사용되도록 뒷받침하고자

하였다. 마지막으로 장기적으로는 ADHD의 치료와 예방 대책 수립에 기여하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

2002년 5월 1일부터 2003년 5월 30일 사이에 아동의 주의력결핍 과잉행동 장애(ADHD)를 전문으로 치료하는 서울의 한 소아 정신과 클리닉에서 전문의로부터 DSM-IV 진단기준에 의해 ADHD로 진단 받은 만 5-7세 아동 200명(남아 159명, 여아 41명)을 환자군으로, 서울의 일반 유치원에서 부모의 동의를 받은 후 성별과 나이 등을 고려해서 모집된 일반 아동 177명(남아 138명, 여아 39명)을 대조군으로 선정하였다.

모든 대상군에 있어서 medication-free 상태(최소한 4주일간은 투약을 중지한 경우)를 원칙으로 하였다. 다른 주요 정신질환 즉 정신분열증 또는 기분장애가 동반된 경우, 과거력에 경련성 질환이 있거나 뇌염 또는 뇌막염의 병력이 있는 경우에는 제외되었다. 지능지수(IQ)는 혼란변수로 작용할 수 있기 때문에 지능검사를 시행하여 지능지수가 70 이하인 경우도 제외되었으며, 뇌파검사를 시행하여 이상소견이 발견되는 경우에도 제외되었다. 또한 내부 및 외부 환경의 영향을 최소화하기 위하여 탈색, 염색, 피머를 시행 받은 지 최소 8주가 지나지 않은 경우는 대상에서 제외되었다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 모발의 채취

대상군의 뒷머리 부분을 스테인레스 가위를 이용하여 물기가 없는 상태에서 채취하였다. 모근 근처로부터 약 4-5 cm 모발을 약 50 mg 정도씩 채취한 후 깨끗한 종이봉투에 보관하였다.

#### 2) 시료의 전처리

IAEA 추천방법과 캐나다 Anamol 연구소의 세척방법을 병행하여 사용하였다.<sup>6)</sup>

약 50 mg의 모발 시료를 취하여 비커에 모근 쪽으로 2 cm 정도씩 분획하여 넣은 후, 샴프(Triton X-100, 농도 2.5 ml/l)액을 모발이 완전히 잠길 정도까지 넣고 shaker를 이용하여 10분 동안 세척하였다. 샴프액을 따라 버리고 5-10 ml DI water로 15번씩 씻은 후, DI water에 완전히 잠기게 한 상태에서 다시 shaker를 이용하여 10분 동안 세척하였다. DI water을 따라 버리고 5-10 ml Aceton으로 헹군 후, 자연 건조하였다. 건조된 모발을 30 mg 취하여 테플론 베슬에 넣은 다음, 적당량의 보정용 내부 표준물질(In) 및 질산(동우반도체

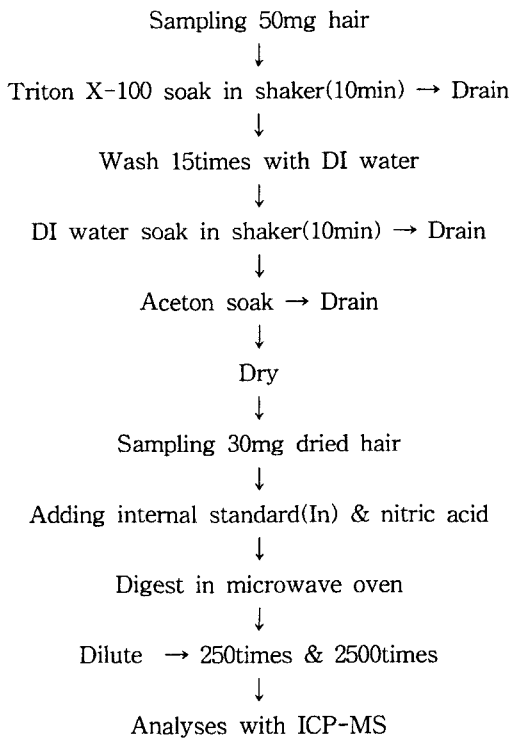


Fig. 1. Schematic diagram for hair analysis.

약품, 70%) 1.5 ml를 가하고 밀봉하여 마이크로파 오븐에서 분해하였다.

3) 분석 절차

분해한 시료는 깨끗이 세척된 폴리에틸렌 병에 옮겨 최종 부피가 약 15ml가 되도록(250배) 희석시키고, 농도가 높은 일부 원소에 대해서는 한차례의 희석과정을 더 거친 후(2500배), 21종의 원소에 대하여 ICP-MS (Thermo Elemental, VG PQ EXCell)로 분석하였다 (Fig. 1). 21개의 다원소 동시 측정을 위하여 산 용액에서의 침전이나 불용성 상태가 될 수 있는 화학종 상태를 고려하면서 모발시료에 존재하는 측정원소의 농도 범위를 구분하여 희석배수를 세 그룹으로 나누어서 각 그룹에 대해 따로 표준용액을 제조하고 분석하였다.

4) 통계 및 자료 분석

먼저 기술통계(descriptive statistics)로 기초통계량을 산출하였고, 환자군과 대조군간의 독성 미네랄과 필수 미네랄 수치에 대한 차이 검증을 위하여 t-test로 비교, 분석하였다. 환자군에서의 독성 미네랄과 필수 미네랄 사이의 상호연관성을 보기 위해서 Pearson 상관계수로 상관분석(correlation analysis)을 수행하였다. 분석된 내용의 통계적 유의성 검정은 일반적으로 적용하는 유의

수준 0.05를 기준으로 하였으며, 이용된 통계 프로그램은 SPSS(ver. 10.0, SPSS사)이었다.

III. 결과 및 고찰

1. ADHD 환자군과 대조군의 성별 및 연령 분포

주의력결핍 과잉행동장애(ADHD) 환자군 200명(남:159명, 여: 41명), 대조군 177명(남: 138명, 여: 39명)을 대상으로 분석하였다. 환자군 내의 남녀 비율은 남 79.5%, 여 20.5%, 대조군 내의 남녀 비율은 남 78%, 여 22%로 그 비율이 비슷하도록 조정하였다. 환자군의 평균 연령은 6.02세였고, 대조군의 평균 연령은 6.46세였다.

2. ADHD 환자군과 대조군의 모발 내 독성 미네랄 농도의 차이

ADHD 환자군과 대조군에서의 모발 내 독성 미네랄 함량은 Table 1와 같다. 본 연구에서 분석된 모발 내 독성 미네랄(Pb, Hg, Al, Cd, As)은 모두 대조군에 비해 환자군에서 높은 농도 범위를 보였다(Fig. 2). 이러한 집단 간 독성 미네랄 농도의 차이가 가지는 통계적 유의성을 검정한 결과, 납(Pb)과 비소(As)에서만 유의한 차이가 있는 것으로 검정되었고, 수은(Hg), 알루미늄(Al), 카드뮴(Cd)에서는 유의한 차이가 없으므로 검정되었다. 납의 경우 이전 연구들에서 주의력 결핍, 충동성, 과잉행동과 납의 관련성을 시사한 것과 일치된 결과라 하겠다.

낮은 농도의 납(Pb)은 환경을 통해 자연적으로 분포하지만 납의 더 높고 유독한 농도는 인간의 활동에 의한 납과 납 화합물로 인해 발생되어 왔다. 과거의 집중

Table 1. Comparison of toxic mineral concentration in hair between ADHD and control group

Element	Group	Mean ± S.D*	T	Prob> T
Pb	ADHD	3.27 ± 3.82	3.025	0.003*
	Control	2.25 ± 1.18		
Hg	ADHD	0.62 ± 0.46	1.34	0.181
	Control	0.57 ± 0.28		
Al	ADHD	9.55 ± 6.06	1.678	0.094
	Control	8.58 ± 3.70		
Cd	ADHD	0.14 ± 0.25	-0.032	0.974
	Control	0.14 ± 0.23		
As	ADHD	0.16 ± 0.15	4.247	0.000*
	Control	0.11 ± 0.06		

S.D:standard deviation, \* : p<0.05

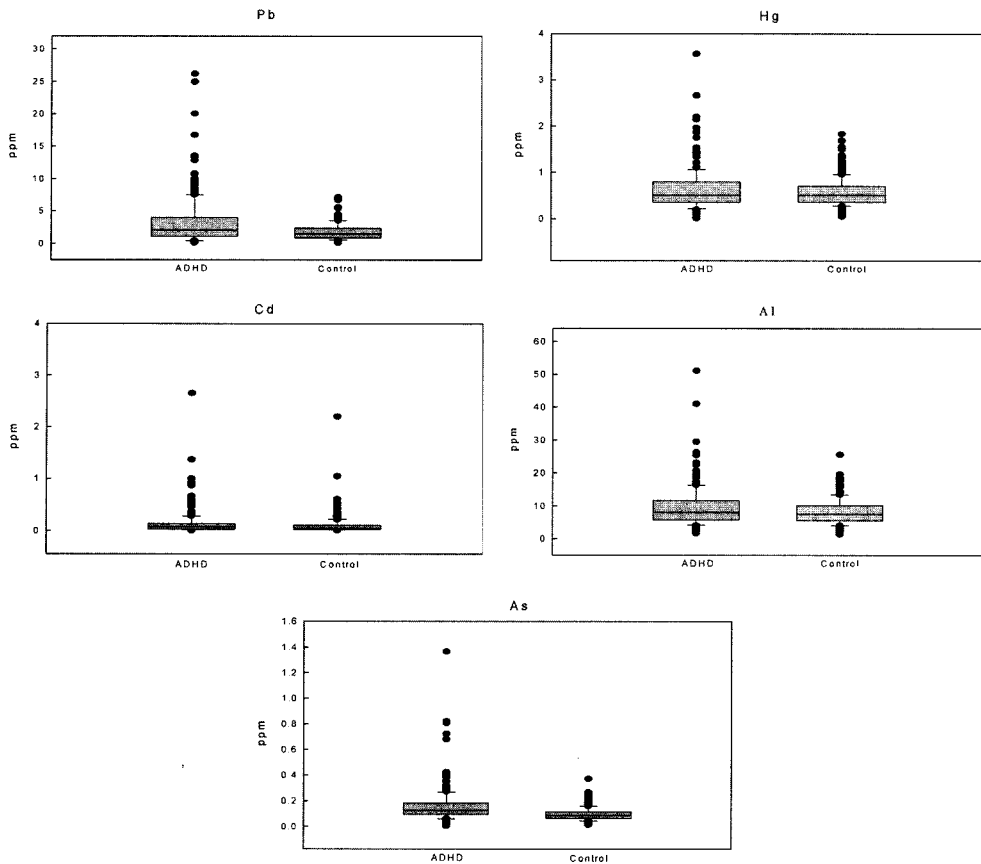


Fig. 2. Comparison of toxic mineral concentration in hair between ADHD and control group.

된 고농도의 노출은 납의 제련 작업의 결과로써 발생했던 반면에, 현대에 들어와서 대기 중 납 오염의 가장 중요한 발생원은 납이 포함된 가솔린을 연료로 한 자동차의 배기가스 방출을 통해서였다. 납은 또한 그 가공과정이나 금속에 의해 오염된 식품의 섭취를 통해 장관으로 흡수되어질 수 있다. 예를 들어, 납 합금 캔은 금속으로 보존되는 식품(참치, 주스, 과일)을 오염시킬 수 있다.<sup>7)</sup>

이렇듯 납 노출은 우리 주위의 현대적 환경에 판재되어 있다. 특히 납 노출은 어른보다 아동에게 더 심각한 문제이다. 납은 태반 막을 쉽게 통과하므로 태아는 엄마의 혈류에서 순환하는 납에 노출되어질 수 있으며, 아동의 Hand-to-mouth 행동, 바닥을 기어 다니는 행동, 이식증 등은 페인트 부스러기(paintchip), 납 먼지, 오염된 흙으로부터 우선적으로 아동에 의해 납이 섭취되는데 대한 위험수준을 증가시킨다. 또한 먹는 물, 납 유약으로 칠해진 세라믹 식기, 산업·광업 활동, 부모의 직업에서의 직업성 오염도 아동의 납 노출에 기여할 수

있다. 또한 아동은 신체 사이즈가 작기 때문에, 단위체 중 당 납 섭취량이 어른보다 많게 되며, 어른보다 섭취된 납의 더 많은 부분을 흡수하게 된다. 또한 아동의 경우는 납 제거 메카니즘도 잘 발달되어 있지 않아서, 납의 신체 내 농도는 더 쉽게 증가하게 된다.<sup>8)</sup>

아동의 행동과 지적 발달에 대한 납 노출의 해로운 영향에 관한 연구는 다른 원소들에 비해서는 다양하게 이루어져 왔다. 이전에는 상당히 높은 농도의 노출만이 아동의 행동에 있어서 독성을 갖는 것으로 간주되기도 하였지만, 납에 대한 낮은 농도의 노출 또한 행동에 해로운 영향을 줄 수 있다고 제안하는 증거들이 증가하고 있다. 대조군과 비교해서 유의하게 더 높은 납 농도가 과잉행동 아동(Oliver 등, 1983)<sup>9)</sup>과 신경과민 아동(Krackle, 1982)<sup>10)</sup>의 혈액과 소변에서 인지되어 졌다. 또한 Minder 등(1994)<sup>11)</sup>과 Marlowe 등(1993)<sup>12)</sup>은 모발 내 납 농도를 학령기 아동의 주의력 문제와 Walker Problem Behavior Identification Checklist(WPBIC) 점수와 연관시켜 보았다. 납에 대한 노출과 아동행동평가

척도(CBCL) 점수 사이에서의 직접적인 관계는 혈액 (Sciarillo 등, 1991)<sup>13)</sup>과 뺨(Needleman 등, 1996)<sup>14)</sup>에서 금속의 농도를 측정 한 연구들에서도 관찰되어졌다. Needleman 등(1979)은 비공식적인 11-item classroom behavior scale을 사용하여 아동에 대한 teacher's ratings 과 치아 내 납 농도 사이에서의 관계를 시험하는 연구 (N=2146)에서 환경의 다른 독성 물질들에 대해 통제하지는 못했지만 납이 신경독성의 영향을 발휘한다는 증거를 제공했다.

최근의 낮은 농도의 납 노출에 대한 신경 화학적 연구들은 낮은 농도에서의 납은 잠재적인 신경독성 영향을 갖으며, 그 영향은 신경 전달물질로써 acetylcholine, catecholamines, GABA을 사용하는 신경계에서 명백하다는 것을 확실히 한다.<sup>15)</sup> 또한 납은 dopamine 전달을 방해하고,<sup>16)</sup> NMDA(N-methyl-D-aspartate) receptor에 대한 방해 작용을 하여 낮은 농도의 노출은 기억력과 학습 능력에 유해한 영향을 미친다는 연구들이 있다.<sup>17)</sup>

본 연구에서도 이러한 연구들과 함께 납 노출에 대한 '안전' 농도의 존재를 가정하는 것에 대해서는 조심스러워지게 되며, 신경이 낮은 농도의 납 노출에 의해서도 손상될 수 있다는 가능성에 대해 더 높은 관심을 갖게 된다.

비소(As) 또한 본 연구에서 주의력결핍 과잉행동장애 (ADHD)와의 유의한 관련성을 보였다. 과거로부터 비소에 대해서는 필수적인 기능(암이나 매독 등의 치료)으로도 제안되어져 왔지만, 오랜 동안 독극물으로써 더 인지되어 왔다. 자연 환경에 보통 낮은 농도로 분포하는 비소는 식물과 동물의 조직, 그리고 일반 하천의 물과 바닷물(해산물)에서 다양한 농도로 찾아질 수 있다. 비소와 비소 화합물의 인간에 의한 노출원은 유리화 세라믹 제품, 금속 제련, 석탄의 연소, 살충제, 제조제, 살균제 등을 포함한다.<sup>7)</sup>

비소는 호흡관, 장관, 피부를 통해서 인간의 신체로 흡수되어질 수 있다. 이 금속의 신경독성이 혼란 (Werbach, 1991),<sup>18)</sup> 학습 장애, 흥분(Hartman, 1988)을 일으킬 가능성을 갖는다는 과거의 연구들이 본 연구의 결과와 연결되어질 수 있다. Marlowe 등(1983)<sup>19)</sup>은 초등학교 아동들의 모발 내 비소 농도와 Walker Problem Behavior Identification Checklist(WPBIC) 점수 사이에서의 직접적인 관련성이 있음을 보고했다.

### 3. ADHD 환자군과 대조군의 모발 내 필수 미네랄 농도의 차이

ADHD 환자군과 대조군의 모발 중 필수 미네랄 함량은 Table 2와 같다. 본 연구에서 분석된 필수 미네랄

**Table 2.** Comparison of essential mineral concentration in hair between ADHD and control

Element	Group	Mean ± S.D	T	Prob>ITI
Mn	ADHD	0.32 ± 0.20	1.66	0.098
	Control	0.29 ± 0.17		
Zn	ADHD	91.52 ± 40.31	5.632	0.000*
	Control	69.08 ± 28.63		
Ca	ADHD	265.43 ± 212.39	4.512	0.000*
	Control	181.95 ± 55.12		
Mg	ADHD	18.79 ± 17.72	5.72	0.000*
	Control	10.01 ± 4.00		
Cu	ADHD	12.56 ± 12.58	-1.444	0.150
	Control	14.26 ± 6.77		
Fe	ADHD	12.96 ± 5.20	1.673	0.095
	Control	12.10 ± 3.73		
Sb	ADHD	0.06 ± 0.08	1.492	0.137
	Control	0.05 ± 0.03		
Ba	ADHD	0.48 ± 0.59	2.85	0.005*
	Control	0.33 ± 0.23		
Na	ADHD	24.90 ± 24.03	2.689	0.008*
	Control	18.80 ± 13.87		
P	ADHD	139.29 ± 24.84	4.044	0.000*
	Control	129.72 ± 15.06		
K	ADHD	40.98 ± 37.34	2.802	0.005*
	Control	31.65 ± 13.96		
V	ADHD	0.07 ± 0.03	-9.303	0.000*
	Control	0.11 ± 0.04		
Sr	ADHD	1.98 ± 0.53	-0.439	0.661
	Control	2.00 ± 0.00		
Mo	ADHD	0.09 ± 0.03	0.418	0.676
	Control	0.09 ± 0.06		

S.D:standard deviation, \* : p<0.05

(Ca, Mg, Cu, Mn, Ca, Zn, Fe 등)은 거의 모두가 대조군에 비해 환자군에서 높은 농도 범위를 보였으며, 바나듐(V), 스트론튬(Sr)만이 대조군에 비해 환자군에서 낮은 농도 범위를 보였다(Fig. 3).

이러한 집단간 필수 미네랄 농도의 차이가 가지는 통계적 유의성을 검정한 결과 아연(Zn), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 바륨(Ba), 나트륨(Na), 인(P), 칼륨(K), 바나듐(V), 코발트(Co)에서는 유의한 차이가 있는 것으로 검정되었고, 구리(Cu), 철(Fe), 주석(Sb), 스트론튬(Sr), 몰리브덴(Mo)에서는 유의한 차이는 없는 것으로 검정되었다.

하지만 본 연구에서 가설로 세웠던 ADHD와 모발

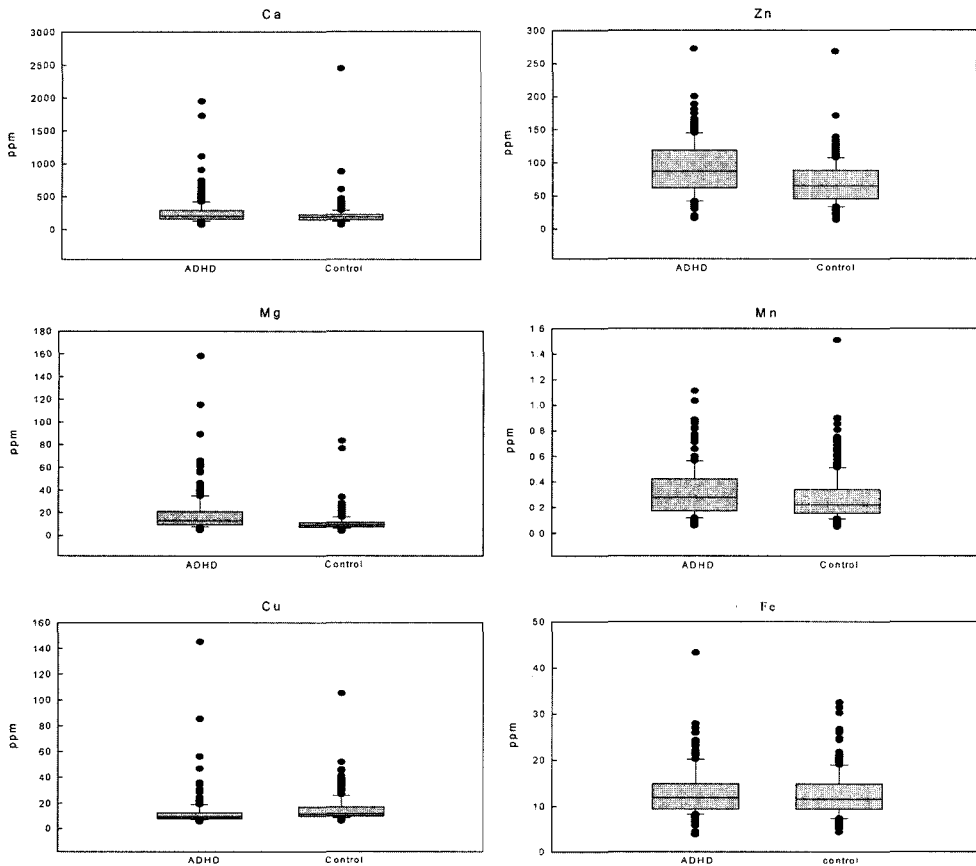


Fig. 3. Comparison of essential mineral concentration in hair between ADHD and control group.

내 필수 미네랄 부족과의 관련성을 확인할 수는 없었다. 아연(Zn), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)은 환자군에서 대조군보다 유의하게 높은 모발 내 농도를 보여 아연, 마그네슘, 구리, 철 등의 부족과 인지기능 사이에서 유의한 관련성을 보여 온 이전의 연구들<sup>20</sup>과 상이한 결과를 나타냈다.

아연은 뇌에 널리 퍼져 있고, 뇌의 구조와 기능에 기여하면서 단백질과 결합한다. 동물실험에 의해 아연의 결핍이 인지력과 운동신경을 손상시킬 가능성이 있다는 것은 확인되었지만 인간에 대한 연구결과에는 아직 논란의 여지가 있다. Kasperik 등(1977), Colquhoun과 Bun day(1981), Arnold 등(1990), Naveh(1995) 등은 아연의 결핍과 ADHD 사이의 관련성이 있음을 보고하였으나 McGee 등(1990)<sup>21</sup>은 신체 내 아연의 함량과 주의력 결핍, 과잉행동은 관련성이 없다는 결론을 내렸다. Penland 등(1997)<sup>22</sup>은 중국의 학생들을 대상으로 한 연구에서 아연의 보충에 의한 신경정신학적 기능의

발달을 제안하였지만, Cavan 등(1993)<sup>23</sup>에 의해 과테말라 유아들을 대상으로 한 단면연구와 Gibson 등(1989)<sup>24</sup>이 캐나다에서 수행한 연구에서는 아연의 보충과 아동의 주의력 사이에는 아무런 관련성이 없다고 보고하였다.

칼슘의 경우에 Werbach(1991)<sup>18</sup>는 칼슘 부족이 흥분, 인지기능 장애, 망상, 우울증, 과잉행동, 과민 증상들을 나타낼 수 있다고 제안하였으며, Aresteh(1994)<sup>25</sup>는 칼슘의 보충이 기분을 상승시키는 효과를 갖는다고 보고했다. 반면에 Pfeiffer(1975)<sup>26</sup>는 과잉의 칼슘이 근육과 신경의 기능을 침체시켜 우울증, 불안, 기억 장애를 일으킬 수 있다고 보고하여 본 연구와 연결된다.

마그네슘의 경우는 유익한 진정 효과를 갖기 때문에, 이 미네랄의 부족으로부터 나타나는 증상들은 불안, 우울, 과잉행동, 흥분, 환각, 신경과민, 공격성, 만성적 스트레스, 학습 장애, 기억력 장애를 포함한다. Werbach(1992)<sup>27</sup>는 마그네슘 부족과 자살행위 사이에서의 관계

**Table 3.** Correlation between toxic mineral concentration and essential mineral concentration of hair in ADHD group

	Pb		Hg		Al		Cd		As	
	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
Mn	0.51	0.00*	-0.01	0.9	0.48	0.00*	0.33	0.00*	-0.03	0.68
Zn	-0.43	0.00*	-0.1	0.15	-0.13	0.06	-0.2	0.01*	-0.03	0.65
Ca	-0.08	0.25	-0.13	0.07	0.46	0.00*	-0.02	0.77	-0.14	0.05*
Mg	-0.15	0.03*	-0.05	0.47	0.34	0.00*	-0.08	0.29	-0.12	0.1
Cu	0.13	0.08	-0.12	0.09	0.45	0.00*	0.02	0.78	-0.07	0.36
Fe	0.34	0.00*	-0.08	0.24	0.66	0.00*	0.26	0.00*	-0.06	0.43

\* : p<0.05.

r : pearson correlation coefficient.

를 제안했으며, Capel 등(1981)<sup>28)</sup>은 대조군과 비교해서 난독증 환자들에게서 유의하게 더 낮은 모발 내 마그네슘 농도를 보고했다. 반면에 드물긴 하지만 과잉의 마그네슘이 충추신경계의 저하를 유발할지도 모른다는 연구들이 나오고 있어 본 연구와 연결된다.<sup>26)</sup> Marlowe & Bliss(1993)<sup>12)</sup>은 취학 전 아동들의 증가된 모발 내 마그네슘 농도와 Walker Problem Behavior Identification Checklist(WPBIC) 점수 사이에서의 유의한 관련성을 보고하였으며, Gentile 등(1983)<sup>29)</sup>은 정상적인 대조군과 비교하여 증가된 마그네슘 농도가 자폐증 아동들의 모발에서 인지됨을 보고했다.

#### 4. ADHD 환자군에서 독성 미네랄과 필수 미네랄과의 상관관계

환자군에서의 독성 미네랄과 필수 미네랄 사이의 상호연관성을 보기 위하여 독성 미네랄 각 성분군에 대하여 본 연구에서 관심을 갖는 필수 미네랄 성분군들을 중점적으로 하여 상관분석을 시행한 결과가 Table 3와 같다.

독성 미네랄 중 납(Pb)은 필수 미네랄 중 아연(Zn), 마그네슘(Mg)과 유의한 음의 상관관계를 보였다. 반면에 필수 미네랄 중 망간(Mn), 철(Fe)과는 유의한 양의 상관관계를 보였다.

독성 미네랄 중 알루미늄(Al)은 필수 미네랄 중 망간(Mn), 칼슘(Ca), 구리(Cu), 철(Fe), 마그네슘(Mg)과 유의한 양의 상관관계를 보였다. 독성 미네랄 중 카드뮴(Cd)은 필수 미네랄 중 아연(Zn)과 유의한 음의 상관관계를, 반면에 필수 미네랄 중 망간(Mn), 철(Fe)과는 유의한 양의 상관관계를 보였다. 독성 미네랄 중 비소(As)는 필수 미네랄 중 칼슘(Ca)과 유의한 음의 상관관계를 보였다.

아연과 중금속인 납( $r = -0.43, p < 0.01$ ), 카드뮴( $r = -0.2, p = 0.01$ ) 사이에 부의 상관관계를 보인 것은 아

연이 납과 카드뮴의 독성 효과에 대한 보호 효과를 제공한다라는 가능성을 제시한 이전의 연구들과 일치한다. 칼슘과 독성 미네랄인 비소( $r = -0.14, p = 0.05$ ), 마그네슘과 독성 미네랄인 납( $r = -0.15, p = 0.03$ ) 사이에 부의 상관관계를 보였다. 이는 칼슘과 마그네슘이 중금속인 비소와 납의 독성 효과에 대한 보호 효과를 제공한다라는 가능성을 제시한 이전의 연구들과 일치한다. 칼슘과 독성 미네랄인 비소( $r = -0.14, p = 0.05$ ), 마그네슘과 독성 미네랄인 납( $r = -0.15, p = 0.03$ ) 사이에 부의 상관관계를 보였다. 이는 칼슘과 마그네슘이 중금속인 비소와 납의 독성 효과에 대한 보호 효과를 제공할 수 있다는 가능성과 비소와 납과 같은 중금속의 체내 축적에 의해 칼슘과 마그네슘과 같은 필수 미네랄의 체내 흡수가 방해받을 수 있다는 가능성을 함께 제시한다.

## IV. 결 론

본 연구에서는 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD) 환자군 200명과 대조군 177명을 대상으로 모발 내 미네랄 함량을 측정된 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 환자군과 대조군에서의 모발 내 독성 미네랄 농도를 비교해 본 결과 납(Pb)과 비소(As)는 대조군에 비해 환자군에서 유의하게 높은 농도를 보였다. 따라서 독성 미네랄의 신체 내 축적과 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD)와의 관련성에 대해서는 비교적 유의한 결론을 도출해 낼 수 있었다.

둘째, 환자군과 대조군에서의 모발 내 필수 미네랄 농도를 비교해 본 결과 아연(Zn), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 바륨(Ba), 나트륨(Na), 인(P), 칼륨(K), 바나듐(V), 코발트(Co)가 대조군에 비해 환자군에서 유의하게 높은 농도를 보였다. 하지만 필수 미네랄의 부족과 인지기능 사이에서 유의한 관련성을 보여 온 이전의 연

구 결과들과 상이한 결과를 보여 추후의 연구를 필요로 하였다.

셋째, 환자군에서의 독성 미네랄과 필수 미네랄 사이의 상호연관성을 보기 위하여 상관분석을 시행한 결과 독성 미네랄 중 납(Pb)은 필수 미네랄 중 아연(Zn), 마그네슘(Mg)과 음의 상관관계를 보였다. 또한 독성 미네랄 중 카드뮴(Cd)은 필수 미네랄 중 아연(Zn)과 음의 상관관계를 보였으며, 독성 미네랄 중 비소(As)는 필수 미네랄 중 칼슘(Ca)과 음의 상관관계를 보였다. 따라서 환자군 내에서의 독성 미네랄과 필수 미네랄 사이의 상호연관성에 대해서는 비교적 유의한 결론을 도출해 낼 수 있었다.

따라서 본 연구를 통하여 아동의 정신 보건에 관한 추후의 연구들에서도 독성 물질에 대한 노출과 식단에서의 영양결핍의 잠재적인 누적효과에 대해 고려하는 것은 충분한 가치를 가질 것으로 사료된다.

또한 특히 성장기 아동을 대상으로 한 연구에 있어서, 모발분석은 그 변동사항을 파악하기 어려운 특정 미네랄의 함량 변화를 보다 뚜렷하게 관찰하거나 장기간에 걸쳐 누적된 변화를 확인하기 위한 유용한 수단으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 일반적으로 아동기의 정신적 문제들의 병인학에 관심을 갖는 연구들 중 다수가 행동적 상태를 결정하는데 있어서 사회적 요소, 가족 요소들의 역할에 초점을 맞춰 왔다. 몇 십년간의 그러한 연구에도 불구하고, 이 문제에 대한 개인적, 사회적 부담을 경감시키지는 못해왔다. 실로 아동기의 정신 건강 문제들에 대해 단 한 가지로 그 원인이 찾아질 수는 없지만, 특정 아동들의 행동 문제에 대한 원인을 확인하기 위한 시도에서 환경에서의 독성 물질들에 대한 노출과 식단에서의 영양 부족이 일반적인 것이라고 가정할 수 있다면 신체 내 독성 원소와 필수 원소의 상태는 그 원인으로써 상대적으로 쉽게 접근되어질 수 있는 부분이다.

하지만 본 연구에서는 남녀, 나이별로의 그룹 세분화가 이루어지지 않았으며, 아직 한국인에 대한 정상 참고치가 정립되어 있지 않은 상태였기 때문에 그에 대한 비교가 이루어지지 않았다.

따라서 이 분야에 대한 더 나아가는 연구가 원소 상태와 행동 사이에서의 관계를 명확히 하기 위해 확실히 필요하다. 특히 그러한 연구들에서 아동의 정신 보건에 대한 독성 물질에 대한 노출, 식단에서의 영양결핍의 잠재적인 누적 효과들에 대해 고려하는 것은 충분한 가치를 가질 것으로 사료된다. 앞으로 본 연구의 결과와 함께 추후의 연구가 이루어져 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD)에 대한 원인적인 규명과 치료와 예방의 부

분적인 대책 수립이 이루어져야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구에 도움을 주신 (주)메디닉스 임직원 여러분께 깊은 감사의 뜻을 표합니다.

## 참고문헌

1. Szatmari, P. : The epidemiology of attention-deficit hyperactivity disorder, *Child Adolesc Psychiatr Clin North Am*, **1**, 361-371, 1992.
2. 조수철, 신윤오 : 파탄적 행동장애의 유병율에 관한 연구. *소아·청소년의학*, **9**, 141-149, 1994.
3. Taylor, E., Chadwick, O., Heptinstall, E. and Danckaerts, M. : Hyperactivity and conduct problems as risk factors for adolescent development. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, **35**, 1213-1226, 1996.
4. 조수철 : 주의력결핍-과잉운동장애. *대한의사협회지*, **40**, 1122-1134, 1997.
5. Paul, F. C., Ben, R. A., Jay, T. S. and Marilee, K. : Hair mineral analysis : biochemical imbalances and violent criminal behavior. *Psychological Reports*, **64**, 259-266, 1989.
6. 차명진, 강준모, 박창준 : 유도결합 플라즈마 질량분석법에 의한 모발의 다원소 분석. *분석과학*, **15**, 335-341, 2002.
7. James, A. L. and David, W. Q. : Mineral status, toxic metal exposure and children's behaviour. *J. of Orthomolecular Medicine*, **16**, 13-32, 2001.
8. Tuthill, R. W. : Hair lead levels related to children's classroom attention-deficit behavior. *Arch. Environ. Health.*, **51**, 214-220, 1996.
9. Oliver, J. D., Hoffman, S. P. and Clark, J. : The relationship of hyperactivity to moderately elevated lead levels. *Arch. Environ. Health*, **38**, 341-346, 1983.
10. Kracke, K. R. : Biochemical bases for behavior disorders in children. *J. Orthomolecular Psychiat.*, **11**, 289-296, 1982.
11. Minder, B., Das-Smaal, E. A. and Brand, E. F. M. J. : Exposure to lead and specific attentional problems in schoolchildren. *J. Learn Disabil.*, **27**, 393-399, 1994.
12. Marlowe, M. and Bliss, L. B. : Hair element concentrations and young children's class room and home behavior. *J. Orthomolecular Med.*, **8**, 79-88, 1993.
13. Sciarillo, W. G., Alexanker, G. and Farrell, K. P. : Lead exposure and child behaviour. *Am. J. Public Health*, **82**, 1356-1360, 1991.
14. Needleman, H. L., Gunnoe, C. and Leviton, A. : Deficits in psychologic and classroom performance of children with elevated dentine lead levels. *N. Engl. J. Med.*, **300**, 689-695, 1979.
15. Silbergeld, E. K. and Hruska, R. E. : Neuro chemical investigations of low level lead exposure: In: Needleman HL, Low level lead exposure: The Clinical



- Implications of Current Research, New York, Raven Press, 1980.
16. 박형배, 주 열 : 주의력결핍 과잉행동장애의 신경생물학적 병태생리. 영남대학교학술지, 17 별책, 108-122, 2000.
  17. Zhang, X. Y., Liu, A. P., Ruan, D. Y. and Liu, J. : Effect of developmental lead exposure on the expression of specific NMDA receptor subunit mRNA in the hippocampus of neonatal rats by digoxigenin-labeled in situ hybridization histochemistry. *Neurotoxicol. Teratol.*, **24**, 149-160, 2002.
  18. Werbach, M. : Nutritional Influences on mental illness, Tarzana, CA. Third Line Press, 1991.
  19. Marlowe, M., Ballowe, T. and Errera, J. : Low metal levels in emotionally disturbed children. *J. Abnorm. Psychol.*, **92**, 386-389, 1983.
  20. Koziolec, T., Starbrat, E. and Herhelin, B. : Deficiency of certain trace elements in children with hyperactivity. *Pol. J. Psychiatry*, **28**, 345-353, 1994.
  21. McGee, R., Williams, S. and Anderson, J. : Hyperactivity and serum and hair zinc levels in 11-year-old children from the general population. *Society of Biological Psychiatry*, **28**, 165-168, 1990.
  22. Penland, J. G., Sandstead, H. H. and Alcock, N. W. : A preliminary report: effects of zinc and micronutrient repletion on growth and neuropsychological function of urban Chinese children. *J. Am. Coll. Nutr.*, **16**, 1266- 1273, 1989.
  23. Cavan, K. R., Gibson, R. S. and Grazioso, C. F. : Growth and body composition of periurban Guatemalan children in relation to zinc status: A longitudinal zinc intervention trial. *Am. J. Clin. Nutr.*, **57**, 344-352, 1993.
  24. Gibson, R. S., Vanderkooy, P. D. S. and MacDonald, A. C. : A growth-limiting, mild zinc- deficiency syndrome in some Southern Ontario boys with low height percentiles, *Am. J. Clin. Nutr.*, **49**, 1266-1273, 1989.
  25. Aresteh, K. : A beneficial effect of calcium intake on mood. *J. Orthomol. Med.*, **9**, 199-204, 1994.
  26. Pfeiffer, C. C. : Mental and elemental nutrients. New Canaan, CT. Keats Publ., 1975.
  27. Werbach, M. : Nutritional influences on aggressive behavior. *J. Orthomol. Med.*, **7**, 45-51, 1992.
  28. Capel, I. D., Pinnock, M. H. and Dorrell, H. M. : Comparison of concentrations of some trace, bulk, and toxic metals in the hair of normal and dyslexic children. *Clin. Chem*, **27**, 879-881, 1981.
  29. Gentile, P. S., Trentalange, M. J. and Zamichek, W. : Brief report: trace elements in the hair of autistic and control children. *J. Autism. Devel. Disord.*, **13**, 205-206, 1983.