

## 제주도와 인천의 초등학교 아동 모발의 중금속 함량 비교 분석

The analysis on the Contents of Heavy Metals in Hair  
between Jeju-do and Incheon Elementary School Children

박기호\*

### < 국문 초록 >

본 연구는 대도시인 인천과 공기가 맑고 깨끗한 제주도 초등학교 6학년 남자아동을 대상으로 모발의 중금속 함량을 알아보기 위하여 유도결합 플라즈마 질량분석기를 이용한 모발검사를 통해 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 중금속 중 수은, 납, 알루미늄, 바륨, 우라늄은 인천지역과 제주지역 두 집단간에 유의한 차가 나타나지 않았다. 그러나 납과 알루미늄, 우라늄은 인천지역 아동의 평균이 눈에 띄게 높았으며, 바륨은 제주지역 아동이 높았다.

둘째, 중금속 중 카드뮴, 비소, 비스무스는 두 집단간에 유의한 차가 나타났으며, 인천지역보다 제주지역 아동 평균이 높게 나타났다. 위 금속의 허용범위는 카드뮴 .15, 비소 1.0, 비스무스 1.0  $\mu\text{g/g}$ 로 허용범위 안에 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 공기가 맑고 환경이 좋은 제주가 인천보다 좋은 점을 고려할 때 아동들의 영양섭취 경로를 추적해 볼 필요가 있다고 생각된다.

\*주제어: 박기호, 중금속, 모발, 초등학교 아동

## I. 서 언

오늘날 산업문명의 발달은 여러 가지 형태의 환경오염 문제를 일으키고 있으며, 특히 유해 중금속의 오염은 물, 토양, 대기 등에서 광범위하게 확산되고 있는 실정이다. 특히 이미 오염된 중금속은 분해되는 것이 아니기 때문에 생태계에 오랫동안 잔류되면서 체내로 흡입

\* 경인교육대학교 체육학과 교수 (parkgh@ginue.ac.kr)

섭취되어 급·만성적 중독현상을 유발하여 인체의 정상적인 기능에 장애를 일으키게 된다(김윤신 외 4인, 1992; 이인화, 2002).

중금속 중 철, 아연, 구리, 망간 등은 인체에 필요한 필수금속이나 납, 카드뮴, 수은, 알루미늄, 비소 등은 생물체에 유해할 뿐만 아니라 체내에서 대사되지 않고 축적되어 여러 가지 질환을 일으킨다. 또한 중금속은 인체 내에 들어오면 혈액을 거쳐 빠른 시간 내에 각 장기로 이동하며(Isabelle R, meneses E & Hernandez A, 1992), 아이들의 언어-인지 장애, 균형능력소실, 학습장애와 같은 발달장애도 일으킨다(Capel et al., 1981). 체내에 흡수된 중금속은 분비계를 통하여 일부 배출되기도 하지만 배출되지 못한 중금속은 혈액을 통하여 모발을 비롯한 각 조직에 축적되는데, 특히 아동은 성인에 비해 체구가 작기 때문에 같은 양의 중금속에 노출되어도 쉽게 중독될 가능성이 높다. 또한 체내에 흡수된 중금속은 모낭 단백질의 SH-기와 친화성이 강하여 견고하게 결합되어 장기간 모발에 잔류한다(Simeonov and Luster, 2004). 특히 화학적 처리를 받은 모발은 금속과 쉽게 결합하는 네르카프토키, 술폰키, 카르복실기 등이 증가하기 때문에 금속의 흡착량도 많아진다(김경순 외 4인, 1995).

모발은 인체 시료 중금속의 함량을 측정하는데 있어 비침습적이고 인체에 장기간 흡착되어 있어 구리, 아연, 알루미늄, 철, 망간, 비소 등의 중독과 다른 금속의 노출 정도를 알아 내는데 매우 적합하며 두발생성 이래 원소함량의 연대기적 변화를 파악할 수 있는 등의 장점이 있다(Klevay et al., 1987). 이에 많은 연구자들은 인체 축적 정도를 판단하는 자료를 얻기 위해 모발에 함유된 중금속을 분석하였다(권영택, 1990 & 1991; 김현정, 양소영, 이인화, 2002; 문연자, 박경옥, 유일수, 1996; 이재숙, 손지연, 어숙희, 2008; 정명애 외 4인, 2008). 특히 아동의 경우에는 고통 없이 검체를 채취할 수 있어서 표본의 채취가 용이하고 시료의 처리가 간편한 모발을 많이 이용하고 있다.

모발검사를 통한 중금속 함유량에 대한 선행연구를 살펴보면, 정명애 외 4인(2008)은 자폐아동 모발에서의 미네랄 및 중금속 함량에 관한 연구에서 일반아동에 비해 자폐아동의 모발에서 중금속의 함량이 높게 나타났다고 보고하였으며, 이인화(2002)는 대구시 주민의 모발의 중금속 농도에 관한 연구에서 남·녀의 차이는 없으나 연령이 높아질수록 중금속의 함량이 비례적으로 높아진다고 하였다. 신생아 모발 내에는 아연과 동과 철이 함유 되었으며, 모유 수유를 하는 경우 인공 수유보다 수은 농도가 높게 나타났다(김순애, 2008). 아동의 연령이 증가할수록 모발 중 함량이 증가하였고 성별로 차이를 보이기도 하였다(권지원, 김병의, 박미정, 김상우, 2006). 김현정 외 2인(2002)은 성별에 따라 중금속의 함량에 차이가 있었으며, 염색한 머리에 중금속의 함량이 높게 나타났다고 보고하였다. 이 밖에 여대생

의 식습관 및 학령 전 아동의 영양소 섭취 및 성장 발달과의 관계에 관한 연구도 있다(노영희, 1999; 박현서, 신경옥, 2004). 일부 수질오염지역의 농작물 및 주민의 뇨, 모발, 혈액의 중금속 함량에 관한 연구에서 재배 농작물이 중금속 함유량과 유의한 관계가 있다고 하였다(유일수, 노범진, 1994).

위의 선행연구들은 인체에 축적된 중금속의 양을 모발검사를 통해 정확히 확인 할 수 있다는 점과 식습관, 연령, 성별, 염색 여부에 따라 차이가 있으며, 그리고 오염지역에서 생활하는 사람들의 체내에 축적된 중금속 함유량이 높다는 점등의 결과를 이끌어냈다. 하지만 도시지역과 오염되지 않은 일반 환경에서 생활하는 아동들에 비해 얼마나 차이가 나는지를 비교 분석하지는 못하였다. 따라서 본 연구는 공기가 맑고 환경이 좋은 제주도와 공업단지가 많고 대도시인 인천의 초등학교 아동 모발의 중금속 함량을 비교 분석하여 오염된 환경이 초등학교 아동들에게 어떠한 영향을 미치는지를 파악하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

2010년 5월에서 10월 사이에 제주도의 J초등학교 6학년 남자아동 10명과 인천광역시에 소재한 S초등학교를 6학년 남자아동 10명 등 모두 20명을 무작위로 선정하여 모발을 채취하였다. 모든 대상에게 중금속 검사 시행 전 연구목적과 모발 채취방법을 알리고 부모 및 본인의 동의를 받았다.

### 2. 모발채취 및 중금속 검사방법

#### 가. 모발 채취

모발은 정수리 뒤쪽과 목덜미 부근에서 소독된 스테인레스제 가위로 모근에서 4-5cm 가량의 모발을 50mg 이상 충분히 채취하였으며, 최근 3개월 동안 파마 및 염색을 하지 않은 모발로 긴 머리의 경우 모근 쪽에서 가까운 부분을 자르고 남은 머리카락은 버렸다.

### 나. 모발 중금속의 정량 분석

채취된 모발은 대기 및 외부 환경에 따른 대기분진, 땀, 찌꺼기 등의 오염성분을 제거하기 위해 비이온계 계면활성제, 초순수, 아세톤의 과정으로 세척하였다. 세척 시 보다 정확한 분석 결과를 얻기 위해 일정한 시간 및 속도를 유지하며 자동으로 교반되는 Platform Shaker(Jeio Tech)를 이용하여 세척조건을 일정하게 유지하면서 약 30분간 세척하여 실온에서 자연건조 하였다. 그 후 약 30mg의 모발 시료를 취하여 0.1mg까지 질량을 측정 한 다음에 깨끗이 세척한 용기에 분취한 모발을 넣고, 반도체용 질산과 한국표준과학연구원의 내부표준물질을 적당량 가하여 마이크로파 오븐 안에서 분해하였다. 분해한 시료는 깨끗이 세척된 폴리에틸렌 병에 옮겨 분석이 가능한 농도로 희석시킨 후 유도결합 플라즈마 질량분석기를 이용하여 수은, 납, 카드뮴, 알루미늄, 바륨, 비소, 우라늄, 비스무스 등의 중금속 함량을 분석하였다.

### 3. 자료 처리 및 분석

수집된 자료는 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하여 제주도와 인천의 두 집단 간 평균과 표준편차를 구한 후 지역에 따른 차를 알아보기 위해 연구대상수가 적을 경우 사용되는 비모수검증 방법 중에 하나인 Mann-Whitney U 부호 순위 검정을 이용하여 통계처리 하였으며, 유의수준은  $p < .05$  수준으로 비교 분석하였다.

## III. 연구결과 및 고찰

본 연구는 도시지역인 인천과 공기가 맑은 제주도 초등학교 아동 6학년 남자아동의 중금속 함량을 알아보기 위하여 유도결합 플라즈마 질량분석기를 이용한 모발검사를 통해 알아보았다. 이에 대한 연구결과는 다음과 같다.

<표 1> 인천과 제주도 초등학교 아동의 모발의 중금속 함량의 차

( $\mu\text{g/g}$ )

	N		평균		표준편차		평균순위		Mann-Whitney U	Z	P
	인천	제주	인천	제주	인천	제주	인천	제주			
수은	10	10	.49	.35	.16	.18	12.70	8.30	28.00	-1.664	.096
납	10	10	1.50	1.05	.98	.56	11.70	9.30	38.00	-.907	.364
알루미늄	10	10	8.87	6.72	3.10	4.04	13.00	8.00	25.00	-1.890	.059
바륨	10	10	.33	.63	.28	.44	7.95	13.05	24.50	-1.929	.054
카드뮴	10	10	.02	.09	.03	.06	6.70	14.30	12.00	-2.875	.004
비소	10	10	.12	.45	.02	.16	6.10	14.90	6.00	-3.331	.001
우라늄	10	10	.09	.04	.07	.05	13.00	8.00	25.00	-1.890	.059
비스무스	10	10	.02	.07	.02	.04	6.10	14.90	6.00	-3.332	.001

<표 1>과 같이 수은은 인천의 초등학교 아동의 평균이 .49이고 제주의 초등학교 아동은 .35로 인천지역 아동의 수은 함량이 많았으나 두 집단간 유의한 차는 나타나지 않았다. 그러나 이재숙 외 2인(2008)은 탈모인을 대상으로 한 연구결과는 평균 1.08로 나타났으며, 권영택(1990)의 성인 남자를 대상으로 한 연구결과에 의하면 평균 1.46, 권영택(1991)의 연구에서는 평균 1.52나타났다. 또한 김현정 외 2인(2002)의 성별에 따른 연구결과에서는 남자 1.00, 여자 .96으로 나타나, 본 연구결과는 두 집단 모두 위 연구결과와 큰 차이를 보이고 있다.

납(Pb)은 인천지역 아동 평균이 1.50으로 제주지역 아동 평균 1.05보다 높게 나타났으나 두 집단간에 유의한 차는 나타나지 않았다. 김현정 외 2인(2002)의 연구결과는 2.49로 나타났으며, 이인화(2002)의 대구시 주민을 대상으로 한 연구결과는 10대 남자 3.61, 여자 3.12로 나타났다. 정영호 외 4인(1988)은 전북 이리지역 아동을 대상으로 한 연구에서 도시아동은 6.49, 농촌 아동은 5.01로 본 연구결과와는 크게 차이가 났으나, 이재숙 외 2인(2008)의 연구결과 평균 .92, 권영택(1990)의 연구결과 1.40은 본 연구결과와 비슷하게 나타났다.

알루미늄(Al)은 두 집단간에 유의한 차는 나타나지 않았으며, 인천지역 아동이 8.87로 제주지역 아동 평균 6.72보다 높게 나타났다. 그러나 다른 중금속에 비해 허용범위인 10  $\mu\text{g/g}$ 을 기준으로 할 때 두 지역 모두 높게 나타났다. 이재숙 외 2인(2008)의 연구결과 평균 6.79와는 본 연구결과가 비슷하게 나타났으나, 김현정 외 2인(2002)의 연구결과 남자는 39.69, 여자는 32.46 $\mu\text{g/g}$ 과는 크게 차이가 났다.

바륨(Ba)은 두 집단간에 유의한 차는 나타나지 않았으나, 인천지역 평균이 .33이고 제주지역이 .63으로 제주지역 아동의 중금속 함량이 높게 나타났다. 그러나 이재숙 외 2인(2008)의 연구결과 평균 1.91과 본 연구결과는 허용범위인 1.5 $\mu\text{g/g}$ 을 기준으로 할 때 큰 차이를 보이고 있다.

카드뮴(Cd)은 인천지역 평균이 .02이고 제주지역이 .09로 제주지역 아동의 함량이 특히 높게 나타났으며, 두 집단간의 유의수준은  $p=.004$ 로 유의한 차가 나타났다. 허용범위가 .15인 점을 고려할 때 제주지역 아동의 주의가 요망된다. 이재숙 외 2인(2008)의 연구결과 평균 .02는 본 연구의 인천 지역과 같게 나타났고, 권영택(1990)의 연구결과 평균 .13과, 권영택(1991)의 연구결과 평균 .11는 제주지역과 유사하게 나타났다. 그러나 민병윤 외 2인(1997)의 공업지역 10대와 20대 여성의 연구결과 .61과 1.37은 본 연구결과와 권영택(1990 & 1991)의 연구결과와 큰 차이를 나타내고 있다. 또한 이인화(2002)의 연구결과 10대는 남녀 모두 .09로 본 연구결과와 유사하게 나타났으나, 20대 남자 .43, 여자 .46 그리고 40대에서는 남자 .94, 여자 .80으로 큰 차이를 나타내고 있다.

비소(As)는 인천지역 평균이 .12이고, 제주지역이 .45로 제주지역 아동의 함량이 높게 나타났다. 두 집단간의 유의수준은  $p=.001$ 로 유의한 차가 나타났다. 이재숙 외 2인(2008)의 연구결과는 평균 .10으로 본 연구와 비슷하게 나타났으나, 정명애 외 4인(2008)의 정상아동과 자폐아동을 대상으로 한 연구에서 정상아동은 .04, 자폐아동은 .05로 본 연구와 큰 차이를 나타내고 있으며, 또한 김현정 외 2인(2002)의 연구결과 남자는 2.02, 여자는 1.32로 더 큰 차이를 나타내고 있다.

우라늄(U)은 두 집단간에 유의한 차는 나타나지 않았으나, 인천지역 아동 평균이 .09로 제주지역 아동 .04보다 높게 나타났다. 이재숙 외 2인(2008)의 연구결과는 평균 .05로 본 연구결과와 비슷하게 나타났다.

비스무스(Bi)는 인천지역 평균이 .02이고 제주지역이 .07로 제주지역 아동의 함량이 특히 높게 나타났다. 두 집단간의 유의수준은  $p=.001$ 로 유의한 차가 나타났다. 이재숙 외 2인(2008)의 연구결과는 평균 .02로 본 연구의 인천지역 평균과 같게 나타났다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 환경오염과 유해 중금속의 영향이 날로 증가하고 있는 오늘날 공업단지가 많고 대도시인 인천과 공기가 맑고 환경이 깨끗한 제주도 초등학교 아동 6학년 남자아동을 대상으로 모발의 중금속 함량을 알아보기 위하여 유도결합 플라즈마 질량분석기를 이용한 모발검사를 통해 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 중금속 중 수은, 납, 알루미늄, 바륨, 우라늄은 인천지역과 제주지역 두 집단간에 유의한 차가 나타나지 않았다. 그러나 납과 알루미늄, 우라늄은 인천지역 아동의 평균이 눈에 띄게 높았으며, 바륨은 제주지역 아동이 높았다. 특히 알루미늄은 다른 중금속에 비해 허용범위인  $10\mu\text{g/g}$ 을 고려할 때 두 지역 모두 높게 나타나, 섭취경로를 알아볼 필요가 있다고 생각된다.

둘째, 중금속 중 카드뮴, 비소, 비스무스는 두 집단간에 유의한 차가 나타났으며, 공업단지가 많고 대도시인 인천지역보다 제주지역 아동 평균이 높게 나타났다. 위 중금속의 허용범위는 독성이 강해 카드뮴 .15, 비소 1.0, 비스무스  $1.0\mu\text{g/g}$ 으로 작아 연구결과가 허용범위 안에 있는 것으로 나타났으나, 이러한 결과는 공기가 맑고 환경이 좋은 제주가 인천보다 좋은 점을 고려할 때 제주 아동들의 영양섭취 경로를 추적해 볼 필요가 있다고 생각된다.

셋째, 본 연구결과와 다른 선행연구 결과를 비교해 볼 때 많은 차이를 보이고 있어 앞으로 대상수를 늘리고, 아동들의 영양섭취 관계를 고려하여 연구할 필요가 있다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 권영택 (1990). 한국, 소련, 일본, 미국인의 모발 중 중금속 함량에 관 비교 연구, 경남대학교 환경연구소 연구보고, 12, 65-77.
- 권영택 (1991). 환경오염 지표로서 모발 중 중금속 함량에 관한 연구. 경남대학교 환경연구소 연구보고, 13, 5-13.
- 권지원, 김병의, 박미정, 김상우 (2006). 서울 북부지역에 거주하는 정상 아동의 모 발 미네랄 함량. 대한소아학회지, 49(1), 18-23.
- 김경순, 류은주, 조성태, 최영희, 황희순 (1995). 모발 관리학. 청구문화사.
- 김윤신, 이의진, 배성희 외 2인 (1992). 서울시 일부 임산부 모발중의 수은 농도에 관한 조사연구. 한국환경위생학회지, 18(1), 105-111.
- 김현정, 양소영, 이인화 (2002). 성별과 염색에 따른 모발 중 중금속 함량 연구, 한국위생과학회지, 8(2), 67-74.
- 노영희 (1999). 여대생들의 식습관이 모발의 상태에 미치는 영향. 한국식품영양학회지, 12(5), 529-535.
- 문연자, 박경옥, 유일수 (1996). 군산공업단지. 작업장 공기 중, 근로자의 혈액, 뇨 및 모발중의 중금속 함량에 관한 연구, 환경과학연구지, 5, 25-37.
- 박병운 (1996). 환경과학. 형설출판사.
- 박현서, 신경옥 (2004). 모발의 아연과 납 함량 : 학령 전 아동의 영양소 섭취 상태와 신장 및 체중과의 관계. 한국영양학회지, 37(3), 193-201.
- 유일수, 노범진 (1994). 일부 수질오염 지역의 농작물 및 주민의 뇨, 모발, 혈액의 중금속 함량에 관하여, 한국하천호수학회, 27(4), 357-363.
- 이인화 (2002). 대구광역시 주민의 모발에 함유된 중금속에 관한 연구, 한국위생과학회지, 8(2), 51-57.
- 이재숙, 손지연, 어숙희 (2008). 탈모인의 모발분석을 통한 연령별 중금속 오염도 비교, 한국미용학회지, 14(3), 857-865.
- 정명애, 장현서, 박은주, 이한우, 최정화 (2008). 자폐아동 모발에서의 미네랄 및 중금속 함량에 관한 연구. 한국식품영양과학회지, 37(11), 1422-1426.
- 정영호, 김남송, 이재형, 기노석, 황인담 (1988). 일부 초등학교 아동의 모발 및 뇨 중 중금속 함량에 관한 연구, 전북의대 논문집, 12(1), 23-29.

- Capel ID, Pinnock MH, Dorrell HM, Williams DC. & Grant EC(1981). Comparison of concentrations of some trace, bulk and toxic metals in the hair of normal and dyslexic children. *Clin Chem* 27, 879-881.
- Isabelle R, Meneses E. & Hernandez Avila M (1992). vehicular traffic as a determinant of blood lead levels in children, a pilot study in Mexico City. *Arch Environ Health* 47, 246-249.
- Klevay LM, Bistrain BR Fleming CR. & Neumann CG(1987). Hair analysis in clinical and experimental medicine. *Am J Clin Nutr* 46, 233-236.
- Simeonov, P. P., & M. I. Luster(2004). Arsenic and atherosclerosis. *Toxicology and Applied Pharmacology* 198; 444-449.

ABSTRACT

## The analysis on the Contents of Heavy Metals in Hair between Jejudo and Incheon Elementary School Children

Park Gee-Ho(Gyeongin National University of Education)

The purpose of this study was to analysis on the contents of heavy metals in hair between Jejudo and Incheon elementary school children. Heavy metals were investigated the mercury(Hg), lead(Pb), aluminium(Al), barium(Ba), cadmium (Cd), arsenic(As), uranium(U) and bismuth(Bi). The result were as follow; First, the contents of mercury, lead, aluminium, barium and uranium were no significant different between two groups, But Incheon children were higher the contents of lead, the contents of aluminium, uranium than Jeju. Jeju children were higher on the barium. Second, cadmium, arsenic and bismuth were significant different at 5% level between two groups, But Jeju children were higher the contents of heavy metals than Incheon.

**Key words** : heavy metals, hair, elementary school children