J. Soc. Cosmet. Scientists Korea
Vol. 35 No. 1 March 2009, 27-32

서울지역 거주 성인 모발의 유해 중금속 함량 분석

임 은 진 · 하 병 조*†

서경대학교 미용패션학부 · *을지대학교 피부관리학과
(2009년 2월 11일 접수, 2009년 2월 27일 수정, 2009년 3월 2일 채택)

Heavy Metal Analysis of Inhabitants from City of the Seoul, Korea

Eun Jin Im and Byung Jo Ha*†

Department. of Beauty Art, Seokeong Univ.
*Department. of Dermatic Health Management, Eulji Univ., 16-1, Jeonglung-dong, Sungbook-gu, Seoul 136-704, Korea
(Received February 11, 2009; Revised February 27, 2009; Accepted March 2, 2009)

요 약: 인간의 모발은 금속을 배설하는 시스템이며 몸에서 금속의 함유량을 반영한다. 본 연구에서는 현대인의 유해 중금속 노출 정도를 파악하고, 질병 예방 혹은 환경 개선 예측의 도구로서 모발 분석의 필요성에 대해 알아보고자 하였다. 많은 만성 질환은 금속의 축척과 관련이 있을 것으로 예상되며 몇몇은 유해 중금속과 관련이 있다. 이에 서울, 수도권지역에 거주하는 20대에서 40대의 성인 남녀 120명(남자 61명, 여자 59명)을 대상으로 시료를 채취한 후 유도 결합 플라즈마 질량 분석기를 사용하여 Hg, Pb, Cd, Al, As, U, Bi, Sb, Ba, Be의 10가지의 독성 미네랄의 함량을 측정하였다. 분석 결과 20대의 유해 중금속 함량 분석에서는 기준치 이상을 보이는 원소가 없었으나, 알루미늄(Al)과 안티몬(Sb)의 수치가 높게 나타났다. 30대의 경우도 기준치 이상의 원소는 보이지 않았으나 수은(Hg)과 알루미늄(Al)의 농도가 높게 나타났다. 40대의 경우 기준치 이상의 수은(Hg)과 안티몬(Sb)이 검출되었다. 또한 성별에서는 남성의 경우 수은(Hg)이, 여성의 경우 안티몬(Sb)이 기준치보다 높은 것으로 나타났다. 산업의 발달로 인해 유해 중금속은 여러 가지 경로를 통해 우리 몸속으로 들어오며, 몸 밖으로 배출되지 못하고 인체에 계속 쌓여 면역 기능과 호르몬 기능이 저하시키고 질병을 유발하게 된다. 이에 유해 중금속의 노출 정도를 분석하여 그에 맞는 대체요법을 시행한다면 질병을 예방하고 환경을 예측할 수 있다. 인체 내에 중금속의 추적 상태를 알아보기 위해 우리나라에서도 모발 분석에 대한 관심과 연구를 통해 우리의 건강 상태를 유지하기 위한 수단으로 활용되기를 시사하는 바이다.

Abstract: Human hair is an excretory system for trace metals and thus metal content in human hair can reflect the body status. The investigation of trace elements in human hair has been correlated with the diagnosis of various diseases as well as the monitoring of deficiency statues in nutrition. Many chronic diseases may be related to mineral status, some may be related to toxic mineral. Hair samples were collected from 120 inhabitants of the city of Seoul, Korea. In this study the concentrations of 10 elements (Hg, Pb, Cd, Al, As, U, Bi, Sb, Ba, Be) in hair were determined by inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP-MS). The conclusions showed that people in Seoul, Korea were affected by some kinds of toxic minerals. The Hg concentrations of male are higher than those of female and reference range. The mean concentration of Sb was higher in the female than male and reference range. In age distribution, the mean concentration of Hg was in 40's are higher than 20's and 30's and reference range. The concentrations of Al were the highest in the 20's. After analyzing, we concluded that a compounded treatment should be conducted, which considers the variety of factors related to detoxification.

Keywords: *Hair mineral analysis, Toxic, Hg, Al, Sb*

† 주 저자 (e-mail: bjha@eulji.ac.kr)

1. 서 론

미네랄은 생체를 구성하는 원소 중 탄소, 수소, 산소 등의 원소를 제외한 생물체의 무기적 구성 요소를 말한다[1]. 이들은 신체에서 다양한 작용을 하며, 또한 대사 조절에 필요하다. 미네랄은 크게 3종류로 구분된다. 1,000 mg 이하의 양으로 신체 내에서 작용하는 미량 미네랄과 100 mg 이상으로 존재하면서 기능을 하는 미네랄, 마지막으로 체내에서 반감기가 길고 독성을 나타내는 유해 중금속(toxic mineral)으로 구분할 수 있다. 영양 미네랄은 인체구조의 구성성분으로서의 역할과 아울러 체내에서 다양한 생리적 기능을 수행하는데 필수적인 역할을 하고 있어, 결핍 시에는 건강에 장애가 생길 뿐만 아니라 축척 시에도 질병의 원인이 되고 있어 임상에서 그 상태의 변화가 중요한 지표로 이용된다[2]. 그러나 유해 중금속(toxic mineral)은 사람에게 악영향을 미칠 수 있다. 이는 인체 내에서 단백질과 결합하여 뇌와 간장 및 신장 등에 축척되어 이들 장기 기능을 억제하기 때문에 문제가 된다. 우리 몸속에 유해 중금속이 쌓이게 되면 두통, 아토피, 집중력 저하, 무기력증, 탈모, 만성피로 등의 증상에 영향을 준다. 유해 중금속은 한번 몸속에 들어오면 체내 물질과 결합하여 잘 분해되지 않으며 빨리 배출되지 않고 간장, 신장 등의 장기나 뼈에 쌓이게 된다. 심할 때는 혈액을 만드는 것을 방해하고 중추 신경을 마비시키며 기형아 출산을 유발하는 등 치명적인 영향을 미치기도 한다.

미네랄의 측정은 간이나 모발과 같은 신체조직, 소변, 척수액 등의 체액, 세포 혹은 비세포 분획, 혈장 단백 등에서 함량을 측정하는 방법이 시행되고 있으며 각 원소마다 적용되는 방법과 가장 적합한 측정 방법은 다소 차이가 있다[3]. 미국의 환경청(US EPA)에서 모발 분석은 미량금속이 인체에 축척되어 있음을 알아보기 위한 수단으로서 생체 시료 면에서 중요하다고 발표하였다.

모발 기저부는 활발하게 대사가 이루어지므로 모발을 분석하여 체내의 미네랄 영양 상태와 중금속의 오염 상태를 관찰할 수 있으며 분석을 통해 각각의 원소에 있어서 정상범위나 필요량, 결핍 증상, 보급 식품 등의 체내 영양 상태에 대한 정보를 얻어낸다. 모발에는 혈액이나 소변에 비해 10 ~ 50배 이상의 미네랄이 축척되어 체내의 미네랄 상태와 유해 중금속의 오염 상태를 알 수 있다. 또한 고통없이 검체를 채취할 수 있고 저장이 간편하며, 여러 종류의 미네랄의 상태를 한꺼번에 파악할 수 있는 장점이 있다[4].

본 연구는 현대인의 유해 중금속 중독 문제를 파악하고, 질병 예방 혹은 환경 개선 예측의 도구로서 모발 분석의 필요성에 대해 알아보고자 한다.

2. 실 험

2.1. 시료

본 연구에서는 서울, 수도권지역에 거주하는 20대에서 40대의 성인 남녀 120명(남자 61명, 여자 59명)을 대상으로 하였다. 최종 시료 선택은 연구대상인 126명 중 약물치료를 받고 있거나 기타 다른 이유로 모발 분석 결과 채택이 어려웠던 6명을 제외한 120명을 채택하였다. 대상자의 모발 체취는 청결한 스테인레스제 가위로 후두부 하단에서 5 cm 상부 위치에서 모발의 두피표면에서 4 ~ 5 cm 윗부분만을 최소 150 mg씩 채취한 후 깨끗한 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene) 재질의 봉투에 밀봉 보관하여 분석에 사용하였다.

2.2. 전처리

모발 시료를 마개가 있는 깨끗한 비이커에 담은 후 2.5 mL/L 농도로 희석된 Triton X-100 (extra pure grade, Yakuri Pure Chemical, Japan)용액을 가해 완전히 잠기게 한 후 Shaker를 이용하여 흔들어 10 min 동안 흔들어 주었다. 상등액을 따라 버리고 3차 증류수 5 ~ 10 mL로 15번씩 씻은 후 증류수에 완전히 잠기게 한 상태에서 다시 Shaker를 이용하여 10 min 동안 흔들고, 증류수를 제거한 후 아세톤(extra pure grade, Samchun Pure Chemical, Korea) 5 ~ 10 mL로 헹군 후 자연 건조하였다.

건조된 모발을 100 mg 취하여 teflon vessel (CEM, USA)에 넣은 다음 반도체급 질산(electronic grade, Dongwoo Fine Chem., Korea) 8 mL를 가하고 밀봉하고 마이크로파 오븐(Model Mars-X, CEM, USA)에서 4 h 동안 분해하였다. 분해조건은 radio frequency power 1400 Watt, ramping 25 min, temperature 200 ℃, hold 20 min 이었다. 분해가 완료된 후 실온으로 냉각하고 이를 깨끗이 세척된 고밀도폴리에틸렌(HDPE) volumetric flask에 옮기고 증류수를 가해 최종 부피가 50 mL이 되도록 희석시켰다.

2.3. 유도 결합 플라즈마 질량 분석기(ICP-MS) 분석

전 처리된 시료를 ICP-MS (Model X-Series II, Thermo Electric, Germany)로 Hg, Pb, Cd, Al, As, U, Bi, Sb, Ba, Be의 10가지 원소에 대해 분석하였으며 표준

Table 1. The Operating Parameters of ICP-MS

Classification	Value
Nebulizer flow	0.92 L/min
Auxiliary flow	0.66 L/min
Radio frequency power	1400 Watt
Cool flow	13.2 L/min
Nebulizer type	Concentric nebulizer
Uptake time	60 s
Wash time	30 s
Number of replicate	3 times
Sweep time	60 s
Pump rate	33 rpm

물질로는 multi standard (plasma multielement standards, SCP Science, Canada)를 사용하였다. ICP-MS의 분석조건은 Table 1과 같다.

3. 결과 및 고찰

수집된 자료의 통계처리는 SPSS v.12.0 통계 패키지 프로그램을 활용하여 다음과 같은 분석을 하였다. 우선 연구대상자의 일반적 특성을 알아보기 위하여 성별과 연령별 빈도와 백분율을 살펴보았으며 각 미네랄의 함량에 대한 평균치와 표준 편차를 살펴보았다.

3.1. 연령 및 성별 분포

시료의 남성과 여성의 분포는 남성이 약 51 %, 여성이 49 %로 비교적 균질한 집단이었으며, 연령분포는 30대가 50명, 41 %로 가장 많았고 20대가 39명, 40대가 31명으로 분포되었다(Figures 1, 2).

3.2. 원소별 미네랄 함량 자료의 분포 특성

3.2.1. 연령별 독성미네랄 함량 분석 결과

본 연구에서 유해 중금속의 성인 기준 허용 이하 범위는 국내에서 ICP-MS를 이용한 모발 분석법 특허 출원(10-2002-0056212)한 메디넥스 코리아의 한국인 유해 중금속 표를 참고로 하였다. 각 원소별 허용 이하 범위는 Hg (1.1 ppm), Pb (2.0 ppm), Cd (0.1 ppm), Al (16 ppm), As (0.5 ppm), U (0.5 ppm), Bi (0.5 ppm), Sb (0.05 ppm), Ba (2.0 ppm), Be (0.02 ppm)로 기준하여 비교하였다. 각 연령대별 유해 중금속 분석에 대한 내용

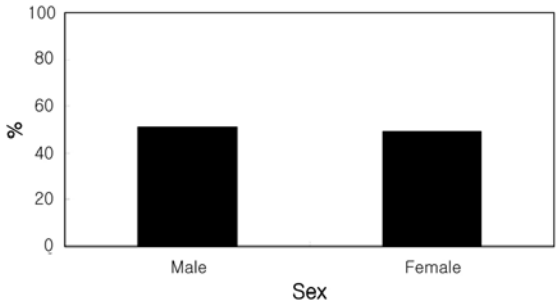

Figure 1. Sex distribution.

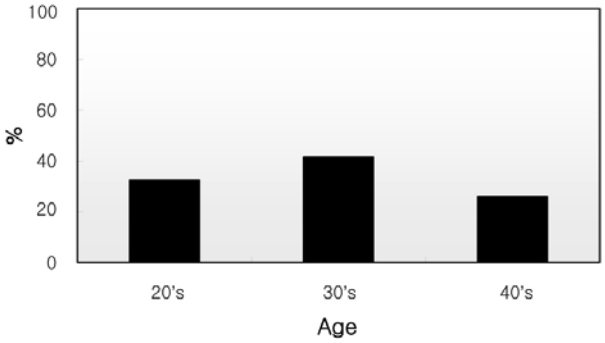

Figure 2. Age distribution.

을 살펴보았을 때 기준치보다 높거나 근접한 유해 중금속에 대한 분석결과는 다음과 같다. Table 2에서 보듯 20대의 유해 중금속 함량 분석에서는 기준치 이상을 보이는 원소가 없었으나, 알루미늄(Al)과 안티몬(Sb)의 수치가 높게 나타났다. 30대의 경우도 기준치 이상의 원소는 보이지 않았으나 수은(Hg)과 알루미늄(Al)의 농도가 높게 나타났다. 40대의 경우 기준치 이상의 수은(Hg)과 안티몬(Sb)이 검출되었다.

수은(Hg)은 인체에 축척될 경우 신경계통 등에 치명적인 피해를 주는 중금속의 하나이다. 호흡이나 음식물을 통해서 흡수되면 80 % 정도가 신장 및 간, 뇌 등에 축척되어 심각한 인체에 피해를 입히게 되고, 특히 임산부나 산모가 참치 등을 섭취하여 수은이 축척되면 태아에게 전이되어 유산, 사산, 기형아, 알레르기 등을 유발한다[5]. 염화메틸수은(CH_3HgCl)을 투여한 동물실험에서 Hg는 다른 기관에는 그다지 축척증상이 없지만, 모기질 상피세포에 집중적으로 보내져 분열증식 함으로써 모세포 내로 모이게 된다는 보고와 함께 모발은 적극적으로 Hg 등의 유해 중금속을 체외로 배출시켜 건강을 유지시키는 역할이 있음을 나타낸다. 수은의 중독 증상은 중추신경장애, 불면증, 관절염, 초조나 불안증, 의욕상실, 만

Table 2. Hair Mineral Concentration by Age (unit: ppm)

Toxic minerals	Suggested reference value	20's	30's	40's
Hg	〈 1.1	0.650 ± 0.500	0.990 ± 0.750	1.580 ± 1.020
Pb	〈 2.0	0.470 ± 0.360	0.410 ± 0.340	0.330 ± 0.280
Cd	〈 0.1	0.012 ± 0.010	0.033 ± 0.115	0.013 ± 0.014
Al	〈 16	11.200 ± 8.700	9.390 ± 6.950	7.640 ± 7.110
As	〈 0.5	0.060 ± 0.120	0.058 ± 0.075	0.130 ± 0.235
U	〈 0.5	0.060 ± 0.130	0.052 ± 0.168	0.096 ± 0.269
Bi	〈 0.5	0.150 ± 0.310	0.135 ± 0.260	0.221 ± 0.363
Sb	〈 0.05	0.042 ± 0.144	0.015 ± 0.031	0.099 ± 0.332
Ba	〈 2.0	1.180 ± 1.050	1.180 ± 1.390	1.037 ± 0.988
Be	〈 0.02	0.002 ± 0.004	0.001 ± 0.002	0.003 ± 0.006

Data were expressed in mean ± S.D.

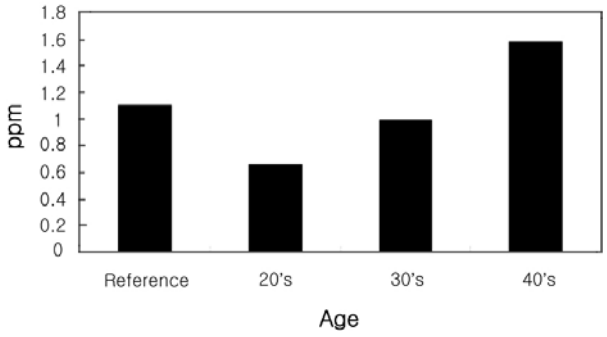

Figure 3. Age distribution of Hg.

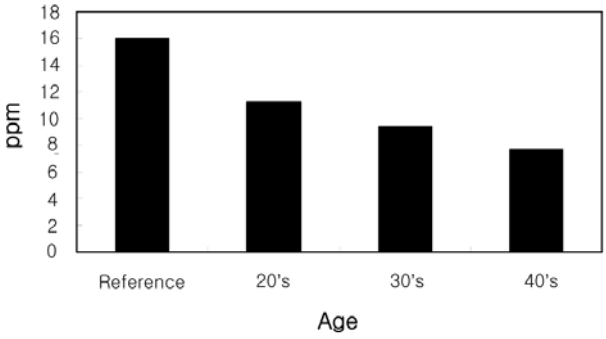

Figure 4. Age distribution of Al.

성 피로 그리고 자폐증을 일으킬 수 있으며, 미나마타병의 원인 물질로 알려져 있다[6]. 수은은 모발 미네랄 분석을 통해 흡연자가 비흡연자에 비해 높은 함량으로 나타난다[7]. 직업별로 폭로된 사람을 보면 살균제 제조자, 수은온도계 제조자, 치과의사, 치과기공사 등에 많다.

안티몬(Sb)의 중독 증상에 대해서는 아직 명확하게 밝혀지지 않았지만, 만약 안티몬의 농도가 높다고 한다면 불필요한 노출이 있다는 뜻이므로 주의해야 한다. 식품과 물, 담배, 법랑, 캔으로부터 오염된다[8].

유해 중금속 분석 원소들을 연령별로 비교해보면 수은(Hg)은 연령이 많을수록 농도가 높게 나타났고, 기준치보다 낮았지만 알루미늄(Al)의 경우는 연령이 젊을수록 높게 나타나는 차이를 보였다(Figures 3, 4).

알루미늄(Al)은 체내에 가장 축적이 많은 기관은 간, 폐, 갑상선, 뇌로 체내에 들어간 Al은 배설되지만 일부는 위장에서 흡수되고, 일부는 혈관 내에 침입하여 뇌에 까지 도달한다. 또한 Al에 의한 골연화증, 뇌질환 환자의 헤모글로빈의 합성을 저해하고 빈혈증상을 일으킨다. 최근 알루미늄의 만성중독으로 알츠하이머병이 사회적으로 문제시되고 있다. Al은 체내의 상피소체호르몬의 분비가 활발해져 뼈에 저장되어 있는 칼슘(Ca)이 혈액에 들어가 골밀도가 작아져 탈회현상이 일어난다. 오염원으로는 식기, 조리기구, 위장약의 연용, 수돗물의 정화제, 전기솥, 화장품 등이다. 중독 증상으로는 부갑상선 호르몬의 결핍에 의한 골의 탈회, 기억상실, 근 위축증, 수족의 경련, 조직의 노화 등이다. 교정 방법으로는 Mg과 비타민 B6를 투여한다[8]. 정신과 개원의에서는 내원 환자 중 자폐증상을 보이는 소아 및 청소년을 대상으로 모발검사를 실시한 결과, 알루미늄, 납 등 중금속 오염이 정상인보다 60 % 높았다고 밝혔다[9].

3.2.2. 성별 독성미네랄 함량 분석 결과

다음 Table 3에서 남성과 여성의 독성 중금속을 비교분석해보면 남성의 경우 수은(Hg)이, 여성의 경우 안티몬(Sb)이 기준치보다 높은 것으로 나타났다. 또한 기준치에는 달하지 않았으나 남성에 비해 여성의 바륨(Ba)

Table 3. Hair Mineral Concentration of Male and Female (unit: ppm)

Toxic minerals	Suggested reference value	Male	Female
Hg	〈 1.1	1.340 ±0.960	0.710 ± 0.590
Pb	〈 2.0	0.390 ± 0.330	0.430 ± 0.344
Cd	〈 0.1	0.030 ± 0.104	0.012 ± 0.011
Al	〈 16	9.780 ± 8.560	9.250 ± 6.570
As	〈 0.5	0.093 ± 1.173	0.066 ± 0.116
U	〈 0.5	0.063 ± 0.203	0.072 ± 0.175
Bi	〈 0.5	0.165 ± 0.346	0.160 ± 0.261
Sb	〈 0.05	0.036 ± 0.189	0.055 ± 0.191
Ba	〈 2.0	0.758 ± 0.684	1.550 ± 1.430
Be	〈 0.02	0.002 ± 0.005	0.001 ± 0.004

Data were expressed in mean ± S.D.

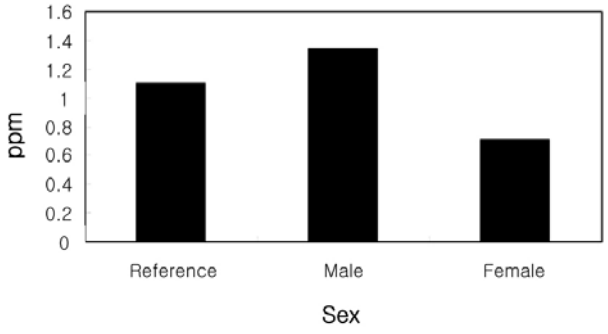

Figure 5. Hg distribution.

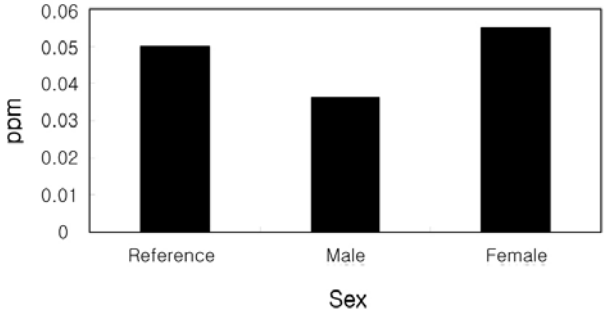

Figure 6. Sb distribution.

농도가 높게 나타났다(Figures 5, 6).

유해 중금속이 체내에 쌓이는 것을 방지하기 위해서는 유해 환경에 노출을 피하고 음식을 섭취할 때 주의한다. 유해 중금속 제거에 좋은 식품으로는 녹차, 마늘, 양파, 양배추, 달걀, 돼지고기, 굴, 전복 등이 있다. 다시마, 파래, 김 같은 해조류에는 수용성 섬유인 알긴산이 중금속과 발암 물질, 환경 호르몬 등을 흡착해 배설하는데 효과가 좋다[10].

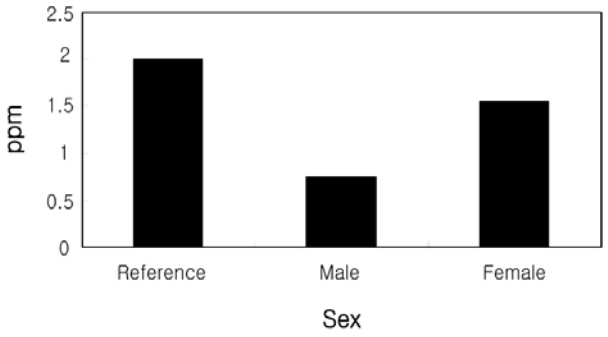

Figure 7. Ba distribution.

본 연구에서 가장 두드러진 결과는 수은(HG)의 경우, 남성이 연령이 많을수록 수치가 높게 나타났다는 것이다. 이는 현대인들의 흡연이나 참치와 같은 어패류의 회를 좋아하는 특성 등과 같은 부분에 기인한 것으로 생각되며 식생활 양식이나 흡연과 같은 생활 양식에 주의를 기울여야 할 것으로 보인다.

4. 결 론

본 연구를 통해 살펴본 결과 서울·수도권 지역의 성인들은 독성 중금속 중 남성의 경우 수은(Hg)의 농도가 기준치보다 높게 나타났으며, 여성의 경우 안티몬(Sb)이 높게 나타났다. 특히 20, 30대보다도 40대의 Hg 농도가 높은 것으로 분석되었다. 또한 기준치에는 달하지 않았으나 알루미늄(Al)의 농도는 연령대가 젊을수록 농도가 높게 나타났다.

산업의 발달로 인해 독성 중금속은 여러 가지 경로를 통해 우리 몸속으로 들어오며, 몸 밖으로 배출되지 못하고

인체에 계속 쌓여 면역 기능과 호르몬 기능이 저하시키고 질병을 유발하게 된다. 이에 독성 중금속의 노출 정도를 분석하여 그에 맞는 대체요법을 시행한다면 질병을 예방하고 환경을 예측할 수 있다. 몸에 축척된 독성 성분을 배출하기 위한 방법으로 식이요법, 비타민 C 요법 등을 사용할 수 있으며, 영양 보충 요법을 위한 비타민, 미네랄, 아미노산 혹은 식물성 약제(botanical) 등의 식품 성분을 하나 혹은 그 이상을 가지고 있는 제품을 섭취할 수 있다.

이러한 모발 분석은 인체 내에 중금속의 추적 상태를 알아보기 위해 선진 국가에서 최근 들어 활발히 연구되고 있다. 과거에는 독성 중금속을 검출하기 위하여 혈액, 소변, 타액을 시료로 삼아 금속량을 검출하였으나, 이들 생체시료는 일시적인 것이어서 정확한 인체 축적량을 알기 위하여 모발 분석이 가장 유력한 지표라고 하는 사실이 미국 환경청을 위시하여 여러 연구소에서 확인한 바 있다. 우리나라에서도 이에 대한 관심과 연구를 통해 우리의 건강 상태를 유지하기 위한 수단으로 활용하는 것이 필요한 시점이라고 할 수 있다.

본 연구는 대상의 크기와 지역적인 한계가 있었으며 추후 더 광범위하고 세밀한 연구 결과가 발표되어 질병 예방과 환경 예측에 적극적 도움이 되기를 희망하는 바이다.

참 고 문 헌

1. C. A. Burtis, Textbook of clinical chemistry, 3rd ed., Philadelphia, W. B. Saunders, 1029 (1999).
2. G. N. Kim and H. J. Song, Hair mineral analysis of normal Korean children, *Korean J. Dermatology*, **40**(12), 1518 (2002).
3. H. T. Delves, Assessment of trace element status, *Clin. Endocrino Metab.*, **14**(3), 725 (1985).
4. L. M. Klevay, Hair analysis in clinical and experimental medicine, *Am. J. Clin. Nutr.*, **46**, 233 (1987).
5. Y. S. Kim, H. B. Park, C. Y. Lee, H. G. Im, S. W. Chea, and S. J. Choi, Body and mineral, Emdibells, Seoul, 140 (2003).
6. D. K. Kawn, Radiational chemistry analysis of hair, *Hygienic Chemistry*, **18**(1) (1972).
7. U. Y. Lee, M. H. Lee, and W. C. Choi, Aspect of minerals in the hair of smokers, *Korean J. Environment Health*, **31**(2), 108 (2005).
8. G. S. Kim, D. H. Kim, S. M. Kim, S. W. Kim, and J. S. Park, Clinical application of tissue mineral test, *Korean Society Nutritional Med.*, 17 (2003).
9. G. S. Hwang and J. S. Han, Talmode, Publication Moohan, Seoul, 295 (2006).
10. B. G. Oh, A study on general characteristics of people with hair loss problem and without problem, Master's Degree of Beauty Art, Seokyeong Univ., 10 (2007).