

서울 북부지역에 거주하는 정상 아동의 모발 미네랄 함량

인제대학교 의과대학 상계백병원 소아과

권지원 · 김병의 · 박미정 · 김상우

Trace element concentrations profiles in the hair of normal children living in the northern area of Seoul

Ji Won Kwon, M.D., Byung Eui Kim, M.D., Mi Jung Park, M.D. and Sang Woo Kim, M.D.

Department of Pediatrics, Sanggye Paik Hospital,
Inje University, College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose : The reliability of hair mineral analyses regarding nutritional status, environmental exposure or diseases is controversial. The aim of this study was to determine the normal reference range of hair mineral concentration of Korean children.

Methods : We examined hair mineral concentrations of 223 children(3-12 yrs old, 110 boys, 113 girls, mean age 8.8 ± 2.2 yrs old) living in the northern area of Seoul. The trace elements including six toxic elements(Al, As, Cd, Ba, Hg, Pb) and 11 nutritional elements(Na, Mg, P, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Se) were analyzed by inductive coupled plasma mass spectrometry(ICP-MS).

Results : The mean concentrations of Ca and Mg were higher in girls than in boys. The mean concentrations of Cd, Pb and Cr were higher in boys than girls. The Zn, Ca, Mg, Cu and Hg levels in hair samples were positively correlated with increasing age. The Zn levels of the Korean children's hair samples appear to be lower than that of other countries' reference values.

Conclusion : There are considerable differences in hair mineral concentrations by age, sex and race. Additional research is needed to establish Korean reference values, and to evaluate the usefulness of hair mineral analyses as a screening tool for nutrition- and environment-related childhood diseases.

(Korean J Pediatr 2006;49:18-23)

Key Words : Hair mineral analysis, Normal reference value, Normal children

서 론

미네랄은 인체를 구성하고 인체의 성장과 유지 등의 생리활동에 관여하는 원소 중 유기물의 주성분이 되는 탄소(C), 수소(H), 산소(O) 및 질소(N)를 제외한 다른 원소를 일컫는다¹⁾. 미네랄은 체내에서 합성되지 않기 때문에 반드시 식품을 통해 섭취하여야 하므로 결핍 또는 과량 축적 시 질병의 원인이 될 수 있다. 최근 첨단과학의 발달로 세포내에 있는 미량원소의 종류와 인체의 생명현상에 미치는 기전이 계속 밝혀지고 있으며, 미량원소가 건강유지 혹은 질병발병에 중요한 역할을 한다는 사실이 많이 알려져 있다.

체내 미네랄의 측정은 혈액, 소변, 뇌척수액 등의 체액, 간이나 모발과 같은 신체조직, 세포 혹은 비세포 분획, 혈장 단백질에서 함량을 측정하는 방법이 시행되고 있으며 각 원소마다 적용되는 방법과 가장 적합한 측정방법은 다소 차이가 있다²⁾.

혈액검사는 단기적인 체내 미네랄의 동태를 반영하며, 항상성이 유지되고 있어서 세포와 조직 내에서 미네랄들이 결핍되었거나 균형이 깨져 있어도 혈액에서는 정상으로 나타날 수 있다. 또 실제 에너지가 생산되는 세포와 조직에서의 변화가 나타난 이후 혈액 내 미네랄의 변화가 반영되므로 건강하지는 않으나 질병상태도 아닌 상태에서 환아가 어떤 증상을 호소하여도 혈액 검사에서는 유의할 만한 어떤 수치도 나타나지 않는 경우가 흔하다. 반면 모발을 이용한 검사는 장기간의 체세포 내 정보를 제공하며 검체의 채취, 보관 및 운반이 쉽고 값이 저렴하며 고통 없이 검체를 채취할 수 있고 여러 종류의 미네랄 상태를 한꺼번에 파악할 수 있는 장점이 있다^{3,4)}. 이러한 모발 미네랄검사는 특히 독성원소의 축적 정도를 파악하는 방법으로는 널리 쓰여 왔으나 영양 미량원소에 대해서는 아직 충분한 임상연구가

본 논문은 2005년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.

접수 : 2005년 8월 1일, 승인 : 2005년 10월 6일

책임저자 : 박미정, 인제대 상계백병원 소아과

Correspondence : Mi Jung Park, M.D.

Tel : 02)950-1075 Fax : 02)951-1246

E-mail : PMJ@sanggyepaik.ac.kr

이루어지지 않아 현재 임상에서 보편적으로 사용하고 있지는 않다. 모발 미네랄검사는 처음에 주로 수의학에서 이용되다가 인체 적용이 시도되게 되었다. 1929년에 인체 내 비소의 농도를 모발을 이용해 측정된 이후⁵⁾, 1978년 모발검사가 혈액과 소변검사를 대체할 수 있는 방법으로 이용될 수 있음이 발표되었고⁶⁾, 1980년 미국 환경청에서 인체 중금속 오염의 측정에서 모발검사의 유용성을 보고한 이후 점차 이용이 증가되고 있다.

최근 소아과 영역에서도 성장기 아동들에 있어 여러 미네랄과 질환과의 연관성이 밝혀지면서 모발 미네랄검사에 대한 관심이 고조되고 있고 이러한 검사방식의 임상적 가치를 확인하고자 몇몇 시도가 이루어지고 있으나 아직 구체적인 임상연구는 미비한 실정이며 특히 한국 아동들을 대상으로 한 정상 참고치에 대한 연구가 거의 없어 광범위한 대상으로 한 연구가 필요한 실정이다.

이에 저자들은 서울시내에 거주하는 정상 아동들을 대상으로 모발 미네랄검사를 시행하여 연령별, 성별 평균 미네랄 농도를 알아봄으로써 국내 아동의 정상 참고치를 제시하여 향후 각종 질병상태에서 모발 미네랄 농도검사 시 비교할 수 있는 기초자료로 삼고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

2004년 10월에서 12월 사이에 서울시 노원구 지역의 유치원 및 초등학교를 방문하여 질병이 없고 정상적으로 성장하고 있는 건강한 3-12세 사이의 정상 아동 223명(남아 110명, 여아 113명)을 대상으로 하였다. 대상 아동의 평균 나이는 8.8 ± 2.2 (범위 3.6-12.8)세였다. 모든 대상에서 검사 시행 전 부모의 동의서를 받았으며 대학 내 임상시험 위원회(IRB)의 승인을 받았다.

2. 방 법

1) 검체 채취

소독된 스테인레스제 가위로 후두부 모발의 기시부에서 4-5 cm 가량의 모발을 50 mg 이상 충분히 채취하였으며 긴 머리의 경우 모근 쪽에서 가까운 부분을 자르고 남은 머리카락은 버렸다.

2) 모발 미네랄의 정량 분석

모발 조직 내에 정착된 미량원소 외에 대기 및 외부 환경에 따른 대기분진, 땀, 찌꺼기 등의 오염성분을 제거하기 위해 비이온계 계면활성제, 초순수, 아세톤의 과정으로 세척하였다. 세척시 지속적으로 용출이 되는 나트륨, 칼륨 등의 원소에 대해 보다 정확한 분석결과를 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 30 mg의 모발 시료를 취하여 0.1 mg까지 질량을 측정된 다음에 깨끗이 세척한 용기에 분취한 모발을 넣고, 반도체용 질산(동우반도체약품, 전자급, 70%)과 한국

표준과학연구원의 내부표준물질을 적당량 가하여 마이크로파 오븐(Milestone MLS-1, Bergamo, Italy) 안에서 분해하였다. 분해한 시료는 깨끗이 세척된 폴리에틸렌 병에 옮겨 분석이 가능한 농도로 희석시킨 후 유도결합플라즈마질량분석기(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry(ICP-MS), VG PQEx-Cell, Thermo Elemental, UK)를 이용하여 나트륨[sodium(Na)], 마그네슘[magnesium(Mg)], 인[phosphorus(P)], 칼륨[potassium(K)], 칼슘[calcium(Ca)], 크롬[chromium(Cr)], 망간[manganese(Mn)], 철[iron(Fe)], 구리[copper(Cu)], 아연[zinc(Zn)], 셀레늄[selenium(Se)]의 11가지 영양원소와 알루미늄[aluminum(Al)], 비소[arsenic(As)], 카드뮴[cadmium(Cd)], 바륨[barium(Ba)], 수은[mercury(Hg)], 납[lead(Pb)] 등의 6가지 독성 원소 등 17종의 원소에 대하여 함량을 정량 분석하였다.

3) 통계 분석

통계 처리는 SPSS(ver10.0, SPSS Inc., Chicago, USA)를 사용하여 분석하였다. 남녀간의 모발 미네랄 함량의 차이는 student t-test로 분석하였고 연령에 따른 각 미량원소 농도와의 상관관계는 Pearson correlation coefficient의 통계 방법을 사용하여 분석하였으며 $P < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다. 대상 아동의 각 원소 별 참고치 범위는 전체 대상 아동의 사분위수 하위 5%에 해당되는 추정값과 상위 95%에 해당되는 추정값 사이의 값을 산출하였다.

결 과

1. 모발 중 평균 미네랄 함량

연구대상 전체를 대상으로 산출된 정상 아동의 모발 중 평균 미네랄 함량 및 범위는 Table 1과 같았다.

2. 성별간 미네랄 함량의 차이

칼슘(266.44 ± 104.33 : 308.49 ± 140.30 , $P=0.01$) 및 마그네슘(19.38 ± 8.60 : 23.43 ± 14.63 , $P=0.01$)의 농도는 여아에서 남아보다 유의하게 높았고 카드뮴(0.05 ± 0.04 : 0.02 ± 0.02 , $P < 0.0001$), 납(1.26 ± 0.82 : 0.83 ± 0.72 , $P < 0.0001$) 및 크롬(0.43 ± 0.29 : 0.36 ± 0.17 , $P=0.02$)의 농도는 남아에서 여아보다 유의하게 높았다(Table 2).

3. 연령과 모발 내 미네랄 함량간의 연관성

아연, 칼슘, 마그네슘, 구리 및 수은은 연령이 증가할수록 모발 중 함량이 증가하는 양의 상관관계(상관계수 0.46, 0.41, 0.35, 0.14, 0.24, 각 $P < 0.05$)를 보였다(Table 3).

아연, 칼슘, 마그네슘, 구리 및 수은의 평균값은 연령이 증가할수록 증가하여, 각 연령별로 구분하여 평균값을 산출하였다(Table 4).

Table 1. Mean Hair Mineral Concentrations in Normal Children

	Mean ± SD(ppm)	Range
Toxic elements		
Al	10.42 ± 4.57	2.52-40.50
As	0.13 ± 0.04	0.031-0.26
Cd	0.04 ± 0.04	0.001-0.23
Ba	0.30 ± 0.23	0.021-1.66
Hg	0.54 ± 0.35	0.06-2.63
Pb	1.04 ± 0.80	0.12-4.30
Nutritional elements		
Na	24.65 ± 26.34	1.36-164.00
Mg	21.43 ± 12.18	7.48-119.00
P	134.72 ± 31.15	77.60-356.00
K	23.84 ± 16.40	3.60-153.00
Ca	287.75 ± 125.37	70.50-1,031.00
Cr	0.39 ± 0.24	0.15-1.88
Mn	0.26 ± 0.15	0.06-1.39
Fe	13.54 ± 5.17	4.47-32.30
Cu	13.72 ± 9.27	5.93-95.80
Zn	121.08 ± 34.90	35.40-206.00
Se	0.83 ± 0.17	0.37-1.89

Table 2. Comparison of Mean Hair Mineral Concentrations between Boys and Girls

	Mean ± SD(ppm)		P-value
	Boys	Girls	
Toxic elements			
Al	10.97 ± 4.91	9.89 ± 4.15	NS
As	0.13 ± 0.04	0.12 ± 0.04	NS
Cd	0.05 ± 0.04	0.02 ± 0.02	<0.0001
Ba	0.31 ± 0.22	0.29 ± 0.23	NS
Hg	0.53 ± 0.34	0.55 ± 0.36	NS
Pb	1.26 ± 0.82	0.83 ± 0.72	<0.0001
Nutritional elements			
Na	26.06 ± 26.22	23.29 ± 26.51	NS
Mg	19.38 ± 8.60	23.43 ± 14.63	0.01
P	131.27 ± 23.99	138.07 ± 36.60	NS
K	23.29 ± 12.65	24.37 ± 19.42	NS
Ca	266.44 ± 104.33	308.49 ± 140.30	0.01
Cr	0.43 ± 0.29	0.36 ± 0.17	0.02
Mn	0.27 ± 0.12	0.26 ± 0.17	NS
Fe	13.30 ± 5.35	13.76 ± 5.01	NS
Cu	13.37 ± 8.61	14.07 ± 9.90	NS
Zn	119.10 ± 33.44	123.02 ± 36.31	NS
Se	0.82 ± 0.12	0.85 ± 0.12	NS

NS : not significant

4. 한국 아동의 모발 미네랄 함량의 참고치 산출과 외국 참고치와의 비교

Table 1의 자료를 바탕으로 신뢰구간 95% 이내의 값을 정상 참고치로 하고 외국의 참고치로 제시된 자료와 비교하였으며 우리나라 아동은 아연치가 외국에 비해 낮은 경향을 보였다(Table

Table 3. Correlation between Age and Hair Mineral Concentration

	Correlation coefficient	P-value
Zn	0.46	<0.0001
Ca	0.41	<0.0001
Mg	0.35	<0.0001
Cu	0.14	0.03
Hg	0.24	0.0003

5).

고 찰

미네랄(무기질, 무기염류)은 나트륨, 마그네슘, 인, 칼륨, 칼슘, 크롬, 망간, 철, 구리, 아연, 셀레늄 등의 필수 영양 미네랄과 리튬[lithium(Li)], 바나듐[vanadium(V)], 코발트[cobalt(Co)], 니켈[nickel(Ni)], 몰리브덴[molybdenum(Mo)], 주석[tin(Sn)] 등의 기타 영양 미네랄, 그리고 알루미늄, 비소, 카드뮴, 바륨, 수은, 납, 안티몬[antimony(Sb)], 베릴륨[beryllium(Be)], 우라늄[uranium(U)] 등의 유독성 미네랄들로 구분되며 이들은 인체에서 직접 만들어지지 않고 대부분 식품이나 환경을 통해 인체 내로 들어와 여러 가지 작용을 하게 된다⁷⁾.

영양 미네랄은 5대 영양소 중의 하나로 인체의 구성성분 중 에서 체중의 약 4% 정도를 차지하며 그 중 대부분을 차지하는 칼슘, 인, 마그네슘, 나트륨, 칼륨, 염소, 황 등의 다량 미네랄 (macro or major mineral)과 철, 아연, 니켈, 크롬, 구리, 요오 드, 셀레늄, 망간, 몰리브덴, 코발트, 바나듐, 주석 등의 미량 미 네랄(micro or trace mineral)로 구분되기도 하며 이들은 체내 에서 뼈와 치아조직, 근육, 혈액, 신경세포 등을 구성하는 인체 의 구성성분으로 작용하게 되고 산, 염기의 평형 조절, 수분 균 형 조절, 각종 생화학 반응에서의 촉매 작용, 중금속과의 길항작 용을 통한 중금속 축적 방지와 해독작용, 신경전달체계, 근육의 수축이완작용에 관여하는 등 중요한 기능을 담당한다^{1,7)}. 한편 유독성 원소는 급속한 경제발전과 산업화에 따라 토양, 해수 및 대기환경의 오염이 심각해지면서 필연적으로 인체의 중금속 오 염 가능성이 증가되었다. 축적된 유독성 원소들은 중독에 의한 여러 가지 질환을 야기함이 많이 연구되고 있다. 납은 가스 및 연료, 페인트, 도자기, 담배연기 등을 통해서, 수은은 치과용 아말 감, 오염된 어패류, 수성 페인트 등을 통해서, 카드뮴은 페인트, 담배, 배터리, 물감, 어패류, 배기가스 등을 통해서, 비소는 담배 연기, 배기가스, 오염된 중국산 한약 등을 통해서, 알루미늄은 조 리기구, 용기, 화장품, 알루미늄 제산제, 알루미늄 첨가식품 등을 통해서, 바륨은 세라믹, 종이코팅 등을 통해 오염이 가능하다.

체내 미네랄이 부족하거나 유독성 원소의 축적이 심해질 때 질병을 일으킨다는 것은 잘 알려진 사실이다. 아연은 생체 내 여 러 효소의 구성성분이 되고 핵산 및 단백질의 합성과 면역작용 에 관여하며 모발의 함량이 신장 및 체중과 유의한 상관관계가

Table 4. Mean and Range of Hair Mineral Concentrations in each Age(n=223)

Age (years)	Cases (n)	Mean ± SD(range)(ppm)				
		Zn	Ca	Mg	Cu	Hg
3	5	66.68 ± 47.03(35.4-149)	149.30 ± 69.30(70.5-232)	12.72 ± 5.06(8.84-21.0)	17.68 ± 6.00(12.4-25.5)	0.30 ± 0.19(0.11-0.52)
4	11	89.88 ± 20.48(46.5-116)	194.36 ± 45.90(105-259)	12.55 ± 1.62(10.2-15.1)	13.99 ± 4.57(10.3-25.9)	0.33 ± 0.27(0.1-0.98)
5	9	74.88 ± 24.61(44.9-130)	178.00 ± 77.66(93.7-362)	14.95 ± 9.70(7.58-39.7)	12.88 ± 8.04(7.68-34.0)	0.28 ± 0.13(0.13-0.5)
6	15	109.00 ± 34.63(55.4-171)	244.87 ± 100.10(136-532)	17.49 ± 7.67(7.48-31.1)	13.17 ± 3.20(9.82-21.6)	0.30 ± 0.19(0.1-0.76)
7	14	104.36 ± 41.16(46.5-173)	234.21 ± 91.07(133-408)	16.43 ± 9.55(9.02-42.2)	10.62 ± 3.33(7.41-17.9)	0.49 ± 0.31(0.09-1.12)
8	42	127.14 ± 29.69(49.6-193)	300.57 ± 127.10(154-613)	22.15 ± 10.93(8.59-58.3)	14.21 ± 13.59(6.75-95.8)	0.58 ± 0.32(0.07-1.73)
9	56	121.41 ± 29.17(53.7-170)	283.95 ± 109.70(145-618)	20.90 ± 15.25(8.39-119.0)	10.52 ± 4.29(5.93-29.0)	0.63 ± 0.36(0.1-2.53)
10	25	126.89 ± 30.24(69.3-185)	292.64 ± 98.58(108-573)	21.83 ± 7.64(8.62-39.9)	13.75 ± 4.96(7.78-29.3)	0.54 ± 0.25(0.03-1.2)
11	24	142.19 ± 31.25(70.2-106)	349.58 ± 112.40(112-611)	26.59 ± 11.81(8.52-58.2)	16.14 ± 7.55(9.12-43.6)	0.55 ± 0.31(0.09-1.05)
12	22	144.82 ± 21.86(106-184)	396.30 ± 172.20(204-1,031)	30.26 ± 12.23(13.9-60.4)	13.86 ± 4.94(6.14-23.6)	0.71 ± 0.56(0.18-2.63)

Table 5. Comparison of Hair Mineral Concentrations; Normal Korean Children vs. Other Countries

	Suggested Korean reference value from this study(ppm)	One of Canadian reference value* (ppm)	One of American reference value† (ppm)	One of Brazilian reference value‡ (ppm)
Toxic elements				
Al	<17.50	<18	<18	<14
As	<0.21	<1.0	<0.2	<0.15
Cd	<0.12	<0.5	<0.14	<0.3
Ba	<0.68	<1.5	<2.6	<4.0
Hg	<1.08	<1.0	<1.8	<2.3
Pb	<2.70	<1.5	<3.0	<9.3
Nutritional elements				
Na	2.90-81.90	18-85	40-360	
Mg	9.05-41.40	15-70	20-110	13-73
P	98.80-185.00	145-250	110-200	161-257
K	6.35-46.10	5-40	20-240	
Ca	141.00-532.00	190-738	220-970	190-684
Cr	0.19-0.75	0.23-0.86	0.2-0.8	<0.3
Mn	0.11-0.50	0.2-0.3	0.1-1.3	0.15-1.2
Fe	7.58-23.90	11-24	5-16	7-18
Cu	7.49-27.70	3.9-23.3	9-39	10-32
Zn	57.30-171.00	180-220	100-210	140-239
Se	0.65-1.12	0.5-2.0	0.3-1.8	0.8-1.5

Suggested Korean reference values were within confidence interval 95%

*Anamol Lab., Ltd, Canada

†Trace Elements Inc, TX, USA

‡Miekeley N; Science of total Environ, 1998

있고^{8,9)} 아연이 부족한 경우 성장장애가 유발되며 아연을 보충하면 따라잡기 성장이 된다는 여러 연구가 있다¹⁰⁻¹²⁾. 아동의 인지력 및 지능지수와 모발 내 카드뮴, 납과의 상관관계가 보고되었으며^{13,14)} 주의력결핍 과다행동장애(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)를 가지고 있는 아동에서 모발 내 납이 증가되어 있고 아연 농도는 감소되어 있음이 보고된 바 있다¹⁵⁾.

자폐증을 가진 아동들의 모발 내 마그네슘과 칼륨의 농도가 정상 아동보다 더 높으며¹⁶⁾, 태내 및 영유아기에 납의 과다노출이 성인에서 정신분열증의 한 원인으로 될 수 있다는 보고도 있다¹⁷⁾. 선천성기형을 가지고 태어난 신생아와 산모의 모발에서 망간이 낮게 나타났다는 보고가 있으며¹⁸⁾, 아토피피부염에서 아연,

구리, 셀레늄 등이 낮다는 연구도 있다¹⁹⁾. 또한 연소기성 당뇨병에서 모발 내 크롬의 함량이 감소한다는 보고가 있으며²⁰⁾, 특별성 신증후군 환자에서 혈청, 모발, 적혈구 내의 아연 농도가 대조군에 비하여 낮다는 보고가 있고²¹⁾, 간질 환자의 모발에서 구리, 마그네슘과 아연이 대조군에 비해 낮게 검출된다는 보고도 있어²²⁾ 모발 미네랄검사는 소아의 여러 질환에서 미네랄 상태를 손쉽게 검진하는 도구로 광범위한 영역에서 사용될 수 있음을 시사한다.

본 연구 결과에서 카드뮴, 납, 크롬의 농도는 남아가 여아보다 높고 마그네슘, 칼슘은 여아에서 남아보다 증가되어 있었는데 특히, 크롬 농도가 남아에서 높고 마그네슘, 칼슘의 농도는 여아에

서 높은 것은 다른 연구²³⁾와 본 연구가 일치하는 결과였다. 성인을 대상으로 한 연구에서 여성의 경우 파마, 염색, 탈색, 잦은 세발에 의한 오염에 의해 아연, 셀레늄, 납 함량이 남성과 차이가 있다는 것이 보고된 바 있다²⁴⁾. 그러나 본 연구에서는 같은 환경적 요소를 공유하는 아동을 대상으로 하였고, 파마, 탈색, 염색을 시행 받은 아동은 연구대상에서 제외시켰으므로 이러한 영향은 아닌 것으로 생각되나 개개인의 식습관이나 건강보조식품 또는 한약제 등의약품 섭취에 대한 개인적 차이에 대한 추가 자료분석이 필요하리라 사료된다.

연령과 모발 미네랄 함량간의 상관 관계에서 아연 함량은 강한 양의 상관관계를 보여 연령이 증가할수록 체내 아연 함량이 증가한다는 다른 연구 결과²⁵⁾와 일치되는 결과를 보였다. 골격 대사에 매우 중요한 역할을 하는 칼슘과 마그네슘이 연령이 증가할수록 증가하였는데 이러한 미네랄이 혈액에서는 항상성 작용으로 인해 연령별로 큰 농도 차이를 보이지 않으나 최대 골질량에 도달할 때까지 조직에서는 의미있게 증가하는 양상이 모발 검사를 통해 확인될 수 있었다. 한편, 구리는 연령이 증가하여 사춘기 시기가 되면 에스트로겐 수치가 증가하여 구리 수치를 증가시키는 경향이 있는 것으로 알려져 있는데²⁶⁾ 본 연구에서 남녀간의 뚜렷한 차이는 없었으나 연령이 증가할수록 구리 농도가 증가하는 결과가 나타났다. 수은도 연령이 증가함에 따라 증가하였는데 연령 증가에 따른 환경 오염에 대한 노출도가 실제로 얼마나 증가되는 지에 대해서는 어패류 섭취, 페인트 접촉, 아말감 노출에 대한 과거력의 추가 분석이 요망된다.

이렇게 급속히 성장하는 소아 및 청소년의 모발 미네랄검사의 해석에 있어 연령이 증가함에 따라 정상치가 차이가 있는 경우, 연령별 정상치를 세분화하여 참고하는 것이 필요하리라 생각된다.

모발 미네랄 함량을 측정하는 방법에는 원자흡수분광법(atomic absorption spectrometry), 유도결합플라즈마원자방출분광법(inductive coupled plasma atomic emission spectrometry, ICP-AES), 유도결합플라즈마질량분석법(inductive coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS), X-선형광분광법(X-ray fluorescence spectrometry), 전하입자유도X-선방출분광법(charged particle induced X-ray emission spectrometry) 등 여러 가지 방법이 있는데 검사 방법에 따라 각 미네랄에 대한 민감도와 특이도의 차이를 보여 결과에 차이를 보일 수 있다²⁷⁾. 본 연구에서 사용한 유도결합플라즈마질량분석법(ICP-MS)은 수십 여가지 원소를 part per billion(ppb) 이하 수준까지 정량할 수 있는 방법으로써, 다른 분광분석법(ICP-AES 등)과 비교할 때 극미량의 원소 분석에서 정밀도가 높다는 장점이 있다^{28, 29)}. 그러나 검사법에 따라 각각의 미네랄에 대한 민감도와 특이도에 차이가 있으므로 모발 미네랄의 참고치를 비교하고자 할 때 같은 방법에 의한 검사결과 자료가 아닌 경우 비교시 주의하여야 하며 모발 미네랄검사를 위해서는 검증된 각 검사실의 검체 처리 과정에서의 표준화가 중요함을 모두가 동의하는 바이다^{3, 30, 31)}.

국내에서도 몇몇 모발 미네랄검사기관이 있으며 검사 방법이 다르고 해석 수치도 조금씩 다르므로 조속한 시간 내에 각 검사기관 간의 신뢰도 및 결과 상관성 분석 및 표준화가 필요한 실정이다.

현재 국내에서 많이 시행되는 모발 미네랄검사는 캐나다(Anamol lab, Canada)의 기계를 사용한 평균치를 기준으로 하거나 미국(Trace Element Inc., TX, USA)의 기계를 사용한 평균치를 기준으로 주로 사용한다. 그러나 체내 미네랄의 함량은 인종, 연령, 성별, 지역, 환경적 요소 등 다양한 요인에 의하여 영향을 받으므로 다른 나라 평균치를 그대로 이용하여 분석 결과를 해석하는 것은 문제가 있으리라 생각되나 아직 국내에서 다수의 아동을 대상으로 다른 여러 나라의 결과를 비교한 연구는 없었다. 본 연구의 결과 영양 미네랄의 경우, 사분위수 하위 5%에 해당하는 추정값과 상위 95%에 해당하는 추정값 사이를 허용 정상범위로 정하고 독성 미네랄의 경우 허용 상한치를 사분위수의 상위 95%에 해당하는 추정값으로 계산하였을 때 다른 나라의 결과들과 뚜렷한 차이는 없었으나 특히 아연의 경우 우리나라의 정상 범위는 외국에 비해 매우 낮았다. 국내 정상 소아를 대상으로 시행된 유일한 이전 논문²³⁾에서도 아연의 농도가 외국에 비해 매우 낮았던 결과와 일치하는데, 이는 아연이 풍부하게 함유된 육류의 섭취가 외국에 비해 적은 우리나라의 특성일 수도 있으며 추후 연구를 통해 아연의 정상 참고치는 우리나라 고유치가 설정되어야 하리라 생각된다. 결론적으로, 본 연구를 통하여 제한된 지역에 거주하는 3-12세 사이의 정상 아동의 모발 미네랄의 참고치가 제시되었으며 향후, 혈청과 모발 농도의 상관성 분석 및 식생활 습관 및 환경적 노출 등의 영향인자 분석을 포함한 추후 연구가 필요하리라 사료된다.

요 약

목 적 : 영양상태, 환경 오염원에 노출, 질병상태의 한 검진 방법으로서 모발 미네랄검사의 타당성에 대해 아직 많은 이견이 있으며 아직 국내 정상 소아의 참고치는 연구된 바 없다. 이에 저자들은 건강한 아동들의 모발 미네랄 함량의 정상 참고치를 산출하고 그 특성을 알아보려 하였다.

방 법 : 서울시의 북부지역에 거주하는 3-12세 사이의 질병이 없는 건강한 정상 아동 223명(남아 110명, 여아 113명, 평균 연령 8.8±2.2세)을 대상으로 모발을 채취하여 유도결합플라즈마질량분석기(ICP-MS)를 통해 영양 미네랄 11가지(나트륨, 마그네슘, 인, 칼륨, 칼슘, 크롬, 망간, 철, 구리, 아연, 셀레늄)와 독성 미네랄 6가지(알루미늄, 비소, 카드뮴, 바륨, 수은, 납)의 함량을 측정하고 이를 분석하였다.

결 과 : 칼슘 및 마그네슘의 농도는 여아에서 남아보다 높았고 카드뮴, 납 및 크롬의 농도는 남아에서 여아보다 높았다. 아연, 칼슘, 마그네슘, 구리 및 수은은 연령이 증가할수록 모발 중 함량이 증가하는 상관관계를 보였다. 한국 아동의 모발 미네랄

함량의 참고치를 외국과 비교하였을 때 우리나라 아동은 아연치가 외국에 비해 낮은 경향을 보였다.

결론: 본 연구를 통해 국내 정상 아동의 모발 미네랄 함량의 기준치가 제시되었으며 본 연구에서 제시된 참고치가 한국 아동들의 여러 가지 질병과 모발 내 미네랄 함량과의 관계를 연구하는 데 유용한 기초 자료로 쓰일 것이라 사료된다.

References

- Burtis CA, Ashwood ER. Tietz textbook of clinical chemistry. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders Co, 1999:1029-55.
- Delves HT. Assessment of trace element status. Clin Endocrinol Metab 1985;14:725-60.
- Bass DA, Hickok D, Quig D, Urek K. Trace element analysis in hair: factors determining accuracy, precision, and reliability. Altern Med Rev 2001;6:472-81.
- Klevay LM, Bistrrian BR, Fleming CR, Neumann CG. Hair analysis in clinical and experimental medicine. Am J Clin Nutr 1987;46:233-6.
- Althausen TL, Gunther L. Acute arsenic poisoning; a report of seven cases and a study of arsenic excretion with especial reference to hair. JAMA 1929;92:2002-6.
- Maugh TH. Hair; a diagnostic tool to complement blood serum and urine. Science 1978;202:1271-3.
- Barany E, Bergdahl IA, Bratteby LE, Lundh T, Samuelson G, Schutz A, et al. Relationship between trace element concentrations in human blood and serum. Toxicol Lett 2002;177-84.
- Gentile PS, Trentalange MJ, Coleman M. The relationship of hair zinc concentration to height, weight, age, and sex in the normal population. Pediatric Res 1981;5:123-7.
- Park HS, Shin KO. Hair zinc and lead; relationship to nutrient intake and height and body weight in Korean pre-school children. Korean J Nutr 2004;37:193-201.
- Carlos CD, Gerardo W. Zinc supplementation and growth of the fetus and low birth weight infant. J Nutr 2003;133:1494-7.
- Doherty CP, Crofton PM, Sarkar MAK, Shakur MS, Wade JC, Kelnar CJH, et al. Malnutrition, zinc supplementation and catch-up growth: changes in insulin-like growth factor I, its binding proteins, bone formation and collagen turnover. Clin Endocrinol 2002;57:391-9.
- Martorell R. Benefits of zinc supplementation for child growth. Am J Clin Nutr 2002;75:957-8.
- Phil RO, Parkes M. Hair element content in learning disabled children. Science 1977;198:204-6.
- Marlowe M, Moon C, Errera J, Stellern J. Hair mineral content as a predictor of mental retardation. Orthomol Psychiatry 1983;12:26-33.
- Tuthill RW. Hair lead levels related to children's classroom attention-deficit behavior. Arch Environ Health 1996;51:214-20.
- Gentile PS, Trentalange MJ, Zanichek W. Brief report; trace elements in the hair of autistic and control children. J Autism Dev Disord 1983;13:205-6.
- Opler MG, Brown AS, Graziano J, Desai M, Zheng W, Schaefer C, et al. Prenatal lead exposure, delta-aminolevulinic acid, and schizophrenia. Environ Health Perspect 2004;112:548-52.
- Saner GC, Dagoglu T, Ozdon T. Hair manganese concentration in newborns and their mothers. Am J Clin Nutr 1985;41:1042-4.
- Di Toro R, Galdo Capotorti M, Gialanella G, Miraglia del Giudice M, Moro R, Perrone L. Zinc and copper status of allergic children. Acta Paediatr Scand 1987;76:612-7.
- Hambidge KM, Rodgerson DO, O'Brien D. Concentration of chromium in the hair of normal children and children with juvenile diabetes mellitus. Diabetes 1968;17:517-9.
- Perrone L, Gialanella G, Giardano V, La Manna A, Moro R, Di Toro R. Impaired zinc metabolic status in children affected by idiopathic nephritic syndrome. Eur J Pediatr 1990;149:438-40.
- Ilhan A, Uz S, Kali S, Yar A, Akyo O. Serum and hair trace element levels in patients with epilepsy and healthy subject: dose the antiepileptic therapy affect the element concentration of hair. Eur J Neurol 1999;6:705-9.
- Kim GN, Song HJ. Hair mineral analysis of normal Korean children. Korean J Dermatol 2002;40:1518-26.
- Dormandy TL. Trace element analysis of hair. Br Med J 1986;293:975-6.
- Paschal DC, DiPietro ES, Phillips DL, Gunter EW. Age dependence of metals in hair in a selected U.S. population. Environ Res 1989;48:17-28.
- Petering HG, Yeager DW, Witherup SO. Trace metal content of hair; Zinc and copper content of human hair in relation to age and sex. Arch Environ Health 1971;23:202-7.
- Katz SA, Chatt A. Hair analysis: Applications in the biomedical and environmental sciences. New York: VCH, 1988: 113.
- Miekeley N, Carneiro MTWD, Porto da Silveira. How reliable are human hair reference intervals for trace elements? Sci Total Environ 1998;218:9-17.
- Rodushkin I, Axelsson MD. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. part 1. analytical methodology. Sci Total Environ 2000;250:83-100.
- Barrett S. Commercial hair analysis: science or scam? JAMA 1985;254:1041-5.
- Seidel S, Kreutzer R, Smith D, McNeel S, Gilliss D. The uncertainty of hair analysis for trace metals. JAMA 2001; 285:67-72.