

모발의 아연과 납 함량 : 학령 전 아동의 영양소 섭취 상태와 신장 및 체중과의 관계*

박 현 서[§] · 신 경 옥

경희대학교 생활과학대학 식품영양학과

Hair Zinc and Lead : Relationship to Nutrient Intake and Height and Body Weight in Korean Preschool Children*

Park, Hyun-Suh[§] · Shin, Kyung-Ok

Department of Food & Nutrition, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

ABSTRACT

The objective was to evaluate the factors influencing on the growth of children aged 3 – 6 years by mini dietary assessment and anthropometric indices in 556 children and by analyzing mineral contents of hair from 273 children by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The mean concentration of zinc (Zn) in hair was 68.9 ± 31.1 ppm and the zinc level of 91% children was less than 60% of the reference value of 180 ppm. The mean content of lead (Pb) in hair was 1.76 ± 1.20 ppm, but only 67% of 273 children was within the reference value of 2 ppm and the lead level of 33% of children was 2 – 4 times higher than the reference value. The level of Zn was negatively correlated with Pb content ($r = -0.305, p < 0.01$). Hair Zn content, regardless of age, was significantly positively correlated with height ($r = 0.214$) and body weight ($r = 0.159$). The height of 95.3% children was belonged to the normal range of 90 – 109.9% of standard value and the body weight of 49.8% children was in the range of 90 – 109.9% of standard value. However, 8.1% children was overweighted (110 – 119.9% of standard) and 9.4% children was obese (120 – 149.9% of standard) and 0.9% children was severe obese (> 150%) which resulted in total 10.3% obese. Contrary to our expectation, 32.8% children was underweight (70 – 89.9% of standard) and 36% of the underweight children showed the low content of zinc (10 – 49 ppm) in hair. There was no significant correlation between dietary intake of Zn and hair Zn content. Hair Zn content was low even though children consumed greater than 75% of their requirement for zinc. Regardless of dietary intake of Zn, hair Zn level was rather negatively correlated to the content of Pb in hair. 38.8% children had an unbalanced diet which resulted in lower intake of calorie, Ca, Zn, vitamin B₂ compared with those consuming variety of foods. Therefore, it would be needed that new approach for nutrition education to improve eating habit having the unbalanced diet in preschool children. It might be also suggested to develop new food products to complement the nutrients of Zn, Ca, Fe as snacks or dietary supplement for Korean preschool children. (*Korean J Nutrition* 37(3) : 193~201, 2004)

KEY WORDS : preschool children, hair Zn and Pb, height and body weight.

서 론

학령 전 아동기에는 식습관이 더욱 확고하게 형성되어가고 편식이 생기기 쉬운데, 이로 인한 영양부족 및 식품섭취 과잉에 의한 비만 등을 야기 시킬 수 있다고 보고하였다.^{1,2)}

접수일 : 2004년 2월 23일

채택일 : 2004년 4월 14일

*Supported by a grant of the Ministry of Health and Welfare research fund (01-PJ1-PG1-01CH15-0009).

[§]To whom correspondence should be addressed.

또한 유치원 및 탁아시설의 학령 전 아동들에 대한 연구에 의하면 대체로 칼슘, 열량 및 비타민 B₂의 섭취량이 낮은 편이었고³⁾ 특히 학령 전 아동에서 철 결핍성 빈혈에 관한 결과도 보고되고 있다.⁴⁻⁶⁾

아동의 성장발달 정도는 영양상태를 잘 반영하며, 발달 정도를 평가하는데 신장과 체중 등의 신체계측치가 지표로 사용된다. 우리나라 아동의 체위는 5세 남자의 경우 신장과 체중이 1975년에는 각각 105.0 cm와 16.71 kg에서 1998년에는 109.4 cm와 18.98 kg로 꾸준히 향상되고 있음을 알 수 있다.^{2,7)} 반면에 소아비만 아동비율도 1984년에는 7~

9%에서 1994년에는 16~19%로 거의 2배 이상 증가하였으며 중등비만 아동도 증가하는 양상을 보였다.⁸⁾

또한 아동의 성장과 관계있는 인자로 미량원소 중에서 아연은 생체 내에서 효소의 구성요소로서 여러 대사과정에 필수적으로 필요하며, 성장,⁹⁾ 조직,¹⁰⁾ 골격형성, 피부보호, 식욕, 세포매개성 면역 등에 필수적인 미량원소이다.¹¹⁾ 한편, 유해한 중금속으로 Pb 등은 농약, 축전지, 도료, 염화비닐, 안정제, 자동차 배기가스 등에 많이 함유되어 있는데, 체내에 과량 축적되면 식욕부진, 변비, 피로, 두통, 신경계 장애 등을 유발할 수도 있다.¹²⁾ 현재 미량원소 중에서 특히 모발 내 Zn가 신체발달에 미치는 영향에 관해서 연구가 진행되고 있다.¹³⁻¹⁵⁾ Gentile 등¹⁴⁾의 보고에 의하면 성인에서 모발 내 Zn는 신장 및 체중과 유의한 상관관계를 나타내지만 모발 내 Zn 함량은 연령과는 유의한 관계가 없다고 하였으며, 특히 모발 내 Zn와 체중은 역의 상관관계를 보였다고 한다.

따라서 본 연구에서는 아동의 식생활 및 영양소 섭취상태는 얼마나 신체발달과 연관성이 있는지, 또한 모발 내 Zn와 Pb 함량은 아동의 성장발달과 어떤 상관관계가 있는지 관찰하여 문제점을 찾아보고자 하였다.

연구방법

1. 조사 대상자 및 기간

본 조사는 2002년 10월부터 12월 사이 서울과 경기도 일부지역 유치원에 다니는 만 3~6세의 학령 전 아동을 대상으로 식생활 진단과 식품섭취 빈도조사와 인체체중 및 모발내 미네랄 함량을 분석하였다.

2. 식품섭취빈도 조사 및 체위 측정

아동의 식생활을 진단하기 위해서 약 600명의 아동 (3~6세)을 대상으로 10문항으로 구성된 식생활 진단표¹⁶⁾와 식품섭취 빈도를 조사하여 종합적인 식생활을 평가하도록 하였다. 이 설문지는 부모가 각 문항을 읽고 아동의 행동에 일치되는 정도에 따라 각 문항을 3점 척도 (3 = 항상 그런 편이다 -1 = 아닌 편이다)로 반응하도록 하였다. 약 500명 아동의 체위 측정은 신장과 체중을 신장계와 체중계를 이용하여 동일인이 측정하였으며, 각 아동의 신장과 체중을 각 연령에 맞는 한국 소아 발육 표준치¹⁷⁾를 이용하여 상대적 값 (%)을 구하였다.

3. 모발의 Zn와 Pb 함량 분석

설문지에 응한 아동 중 연구에 참여할 의사가 있으며 머리카락을 염색하지 않은 아동 273명을 선별하여 모근에 가깝

게 3부위로 나누어 총 2~5 g 정도씩 채취하였다. 모발의 Zn와 Pb 분석은 Rodushkin과 Axelsson¹⁸⁾이 보고한 방법과 한국의 모발분석 전문회사의 협조를 받아서 모발을 세척하고, 약 0.03 g의 모발을 분석이 가능한 액체 상태로 만들기 위하여 적절한 양의 산 (반도체 제조급 고순도 질산, digestion시 농도는 50%, 한국동우화인켐 주식회사)을 가하여 마이크로파를 이용한 시료 전처리 방법¹⁸⁾을 사용하여 외부 오염과 휘발성 원소의 손실을 최소화하여 inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)로 Zn와 Pb를 정밀 분석하였다.

4. 통계처리

설문지 중 부실한 자료를 제외한 후 총 556부를 아동의 식생활을 평가하는 분석에 사용하였으며, 모발과 신체발달과 영양소 섭취간의 상관관계 분석에는 모발 자료가 있는 아동의 식이자료와 인체 측정치만을 사용하였다. 수집된 자료는 SAS (Statistical Analysis System, ver 8.0) 프로그램을 이용하여 통계 처리하였으며, 유의성 검증은 $\alpha < 0.05$ 와 $\alpha < 0.01$ 수준에서 빈도분석, Pearson 상관관계 분석, t-test, ANOVA 검증을 통해 실시하였다.

연구결과

1. 아동의 식생활 진단

556명 아동의 식생활 진단표의 결과를 살펴보면 (Table 1-1, 1-2), 우유나 유제품 (예: 요구르트, 요플레)을 항상 매일 1개 이상 먹는다는 아동이 59.8%, 육류, 생선, 달걀, 콩 등으로 된 음식을 끼니때마다 먹는 경우가 41.4%이었으며 김치 이외의 채소를 식사 때마다 먹는 아동은 단지 15.5%에 불과하였다. 과일이나 과일 주스를 매일 먹는 아동은 40.8%, 튀김이나 기름에 볶는 요리를 주 2회 이상 먹는 아동은 21.7%, 삼겹살, 갈비 등 지방이 많은 육류를 주 2회 이상 먹는 경우가 10.5%, 식사할 때 음식에 소금이나 간장을 더 넣는 아동이 3.1%정도 이었다. 그리고 아이스크림이나 과자, 탄산음료를 주 2회 이상 간식으로 먹는 아동이 52.7%에 해당되었다. 매일 세끼 식사를 규칙적으로 하는 아동이 53.2%를 차지하였고 모든 식품을 골고루 섭취하는 경우는 18.1%에 불과하였으며 아닌 경우가 38.8%이었다.

아동의 식생활을 진단하기 위해 3점 척도로 살펴 본 결과 전체 아동의 식생활 진단성적 (1~10항목)은 평균 20.8점 (556명)인데 이 중 점수가 26점 이상 (문항 중 1~2개 정도가 '보통이다' 또는 '아닌 편이다' 라고 답한 경우)으로 식

Table 1-1. Mini dietary assessment by healthy eating index in preschool children

	Very often	Sometimes	Seldom	Mean ± SD
Milk & its products, daily	332 (59.8%)	169 (30.5%)	54 (9.7%)	2.50 ± 0.67
Meat, fish, egg, soybean etc, every meals	228 (41.4%)	275 (49.9%)	48 (8.7%)	2.33 ± 0.63
Kimchi, vegetables, every meals	86 (15.5%)	204 (36.8%)	264 (47.7%)	1.68 ± 0.73
Fruits & other juices, daily	225 (40.8%)	235 (42.6%)	91 (16.5%)	2.24 ± 0.72
Fried foods, more than 2 times per week	120 (21.7%)	266 (48.1%)	167 (30.2%)	1.92 ± 0.72
High fat meat, more than 2 times per week	58 (10.5%)	220 (39.9%)	273 (49.5%)	1.61 ± 0.67
Add more salt or soy source at meals	17 (3.1%)	102 (18.4%)	435 (78.5%)	1.25 ± 0.50
Ice cream, cake, cookies, carbonated drinks as snack, more than 2 times per week	292 (52.7%)	182 (32.9%)	80 (14.4%)	2.38 ± 0.73
3 meals a day, regularly	294 (53.2%)	208 (37.6%)	51 (9.2%)	2.44 ± 0.66
Variety of food (balanced diet)	100 (18.1%)	237 (43.0%)	214 (38.8%)	1.79 ± 0.73

Very often = 3, sometimes = 2, seldom = 1
 Number of children = 551 - 556

Table 1-2. Distribution of children for their dietary quality level by healthy eating index (HEI) score

Level [§]	HEI score	Percentage of children	Mean
Good	30 - 26	31 (5.6%)	20.8 ± 2.9
Fair	25 - 18	452 (81.3%)	
Poor	≤ 17	73 (13.1%)	

Number of children = 556

§ : Good = answered 1 - 2 items as sometimes or seldom
 Fair = answered 3 - 6 items as sometimes or seldom
 Poor = answered more than 7 items as sometimes or seldom

생활이 우수한 아동이 약 5.6%이었고, 반면에 17점 이하(문항 중 약 7개 이상을 보통 또는 아닌 편으로 답함)로 식생활이 저조한 아동이 13.1%이었다 (Table 1-2).

2. 영양소 섭취상태

556명 중 부실한 자료를 제외하고 아동 485명의 영양소 섭취를 권장량 대비로 계산해 본 결과 영양소 권장량의 75% 미만으로 부족하게 섭취한 아동의 비율을 산출하였을 때 (Table 2) 비타민 B₆와 단백질은 가장 우수하게 잘 섭취하여 부족한 아동 비율이 약 2~3%밖에 안 되었으며, 다음으로 아동의 9~10%가 비타민 A, niacin, folic acid, P를 권장량의 75%미만을 섭취하였고, 비타민 B₁, B₂, C와 Fe은 아동의 약 16~20%가 부족하게 섭취하였다. 그러나 열량은 아동의 27.4%가 부족하게 섭취하였고, Ca과 Zn은 각각 아동의 30.3%, 32.6%까지 부족하였다는 결과를 얻었다. Table 3에서 보는 바와 같이 편식을 한다는 38.8%의 아동들의 영양소 섭취상태를 보면 권장량의 75% 미만으로 섭취하는 아동이 더 많았으며 그 중에서 열량, Zn, Ca 섭취를 권장량의 75% 미만으로 섭취한다는 아동이 각각 35.8%, 40%, 36.3% 로서 높았으며, 특히 Ca, 비타민 B₁과 B₂에 서 부족하게 섭취하는 아동이 유의하게 더 높았다.

Table 2. Distribution of children with different level of %RDA in each nutrient

Nutrients	<75% RDA n (%)	75 - 125% RDA n (%)	>125% RDA n (%)
Calorie	133 (27.4%)	255 (52.6%)	97 (20.0%)
Protein	15 (3.1%)	72 (14.9%)	398 (82.1%)
Vit A	49 (10.1%)	116 (24.0%)	319 (65.9%)
Vit B ₁	76 (15.7%)	203 (41.9%)	206 (42.5%)
Vit B ₂	96 (19.8%)	169 (34.9%)	220 (45.4%)
Vit B ₆	9 (1.9%)	42 (8.7%)	434 (89.5%)
Niacin	92 (19.0%)	116 (24.0%)	276 (57.0%)
Vit C	36 (7.2%)	95 (18.9%)	371 (73.9%)
Folic acid	41 (8.5%)	96 (19.8%)	348 (71.8%)
Ca	147 (30.3%)	162 (33.4%)	176 (36.3%)
Zn	158 (32.6%)	245 (50.5%)	82 (16.9%)
Fe	87 (17.9%)	221 (45.6%)	177 (36.5%)
P	48 (9.9%)	143 (29.3%)	295 (60.8%)

Food frequency questionnaire = 485 children

3. 아동의 체위 조사

아동의 신장과 체중을 발육표준치¹⁷⁾와 비교해서 발육상태를 살펴보면 부실한 자료를 제외하고 난 후에 468명 아동의 신장은 각 연령별로 모두 평균치 내에 속하지만 (자료제공 하지 않았음) Table 4에서 표준치의 상대적 %가 90~109.9%를 정상으로 간주하면 대상자 아동중 95.3%가 정상수준에 들어가며 표준치의 90%이하인 아동이 3.2%가 되었으며, 신장이 110~150.0%로 큰 아동은 1.5%이었다. 그러나 체중에서는 정상범위 (90~109.9%)내에 들어가는 아동이 49.8%이었으며, 표준치의 110~119.9%에 속하는 과체중인 아동이 8.1%, 표준치의 120~149.9%에 해당되는 비만아동이 9.4%나 되었고 표준치의 150% 이상인 비만아동도 0.9%이었다. 한편, 표준치의 80~89.9%에 해당되는 저체중 아동이 23.3%이었고, 표준치의 79.9%이하인 아동도 9.5%나 되었다.

Table 3. Comparison of nutrient intake as % RDA among children who answered for the question of variety of food eaten every meal

Answer for variety of foods	Very often (86)			Sometimes (209)			Seldom (190)		
	<75% (n, %)	75-125% (n, %)	>125% (n, %)	<75% (n, %)	75-125% (n, %)	>125% (n, %)	<75% (n, %)	75-125% (n, %)	>125% (n, %)
Calorie	22(25.6%)	51(59.3%)	13(15.1%)	57(27.3%)	116(55.5%)	36(17.2%)	68(35.8%)	91(47.9%)	31(16.3%)
Protein	2(2.3%)	13(15.1%)	71(82.6%)	10(4.8%)	22(10.5%)	177(84.7%)	3(1.6%)	45(23.7%)	142(74.7%)
Niacin	3(3.5%)	16(18.6%)	67(77.9%)	10(4.8%)	29(13.9%)	170(81.3%)	6(3.2%)	50(26.3%)	134(70.5%)
Ca	22(25.6%)*	39(45.3%)	25(29.1%)	56(26.8%)	73(34.9%)	80(38.3%)	69(36.3%)*	50(26.3%)	71(37.4%)
P	5(5.8%)	27(31.4%)	54(62.8%)	21(10.0%)	56(26.8%)	132(63.2%)	22(11.6%)	59(31.1%)	109(57.4%)
Fe	12(14.0%)	44(51.2%)	30(30.9%)	39(18.7%)	91(43.5%)	79(37.8%)	36(18.9%)	86(45.3%)	68(35.8%)
Zn	30(34.9%)	42(48.8%)	14(16.3%)	69(33.0%)	110(52.6%)	30(14.4%)	76(40.0%)	91(47.9%)	23(12.1%)
Vit A	6(7.0%)	21(24.4%)	59(68.6%)	22(10.5%)	48(23.0%)	139(66.5%)	24(12.6%)	54(28.4%)	112(58.9%)
Vit B ₁	8(9.3%)*	47(54.7%)	31(36.0%)	29(13.9%)	96(45.9%)	84(40.2%)	46(24.2%)*	73(38.4%)	71(37.4%)
Vit B ₂	12(14.0%)*	40(46.5%)	34(39.5%)	41(19.6%)	77(36.8%)	91(43.5%)	52(27.4%)*	65(34.2%)	73(38.4%)
Vit B ₆	1(1.2%)	5(5.8%)	80(93.0%)	5(2.4%)	15(7.2%)	189(90.4%)	3(1.6%)	25(13.2%)	162(85.3%)
Vit C	13(15.1%)	25(29.1%)	48(55.8%)	31(14.8%)	45(21.5%)	133(63.6%)	52(27.4%)	52(27.4%)	86(45.3%)
Folic acid	6(7.0%)	18(20.9%)	62(72.1%)	16(7.7%)	41(19.6%)	152(72.7%)	23(12.1%)	37(19.5%)	130(68.4%)
Vit E	14(16.3%)	28(32.6%)	44(51.2%)	42(20.1%)	66(31.6%)	101(48.3%)	40(21.1%)	73(38.4%)	77(40.5%)

*: Significant between 'very often' and 'seldom' at p<0.05

** : Significant between 'very often' and 'seldom' at p < 0.01

Table 4. Distribution of height and body weight by the relative percentage of standard value in preschool children

	% standard value					
	70-79.9%	80-89.9%	90-109.9%	110-119.9%	120-149.9%	>150%
Height (n, %)	0	15 (3.2%)	446 (95.3%)	6 (1.3%)	0	1 (0.2%)
Body weight (n, %)	40 (9.5%)	109 (23.3%)	233 (49.8%)	38 (8.1%)	44 (9.4%)	4 (0.9%)

Total number of children: 468

(n,%) : number of children and the relative % of children

Table 5. Status of hair zinc in Korean preschool children

Zn Reference value (ppm)	180-220
Mean (ppm)	68.9 ± 31.1
Number of children within reference value	0
Lower reference value (%)	Children (n, %)
<50%	206 (76.8%)
51-60%	38 (14.2%)
61-70%	18 (6.7%)
71-80%	5 (1.9%)
81-90%	-
91-100%	1 (0.4%)
Upper reference value (%)	-

Number of children: 268

4. 모발내 Zn와 Pb 함량

Table 5에서 보는 바와 같이 아연 (Zn)은 평균값이 낮은 기준치 (180~220 ppm)¹⁹⁾의 38%에 불과하였고 대상자 중 76.8%의 아동이 기준치의 50% 이내에 해당되었으며 약 91% 아동이 기준치의 60%에 불과하였다. Pb는 정상범위 내에 있는 아동이 66.7%이었으며, 전체 아동의 약

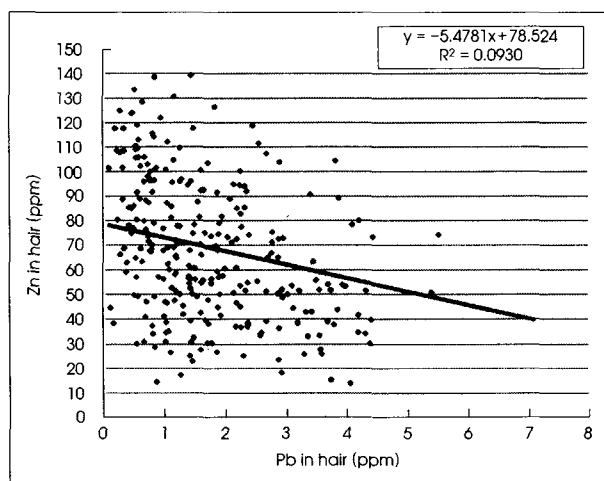


Fig. 1. Scatter diagram of hair Pb and Zn contents.

33.3%가 정상수치의 2~4배의 높은 값을 보였다 (Table 6).

5. 모발 Pb 함량과 Zn 함량과의 관계

모발의 Pb와 Zn 함량에 관한 scatter diagram에 의하면 (Fig. 1) 모발의 Pb 함량은 Zn 함량과 유의한 역의 상관관

Table 6. Status of hair lead in Korean preschool children

Pb reference value	Mean (ppm)	Children within reference value	Children with 200 – 300% reference value	Children with > 400% reference value
< 2 ppm	1.76 ± 1.20	66.7%	32.6%	0.7%

Number of children: 273

Table 7. Dietary intake of Zn by food frequency questionnaire and their Zn and Pb contents in hair of preschool children

Dietary Zn intake	Range of hair Zn (n)	Hair Zn (ppm)	Hair Pb (ppm)	Hair Zn & Pb correlation
75% RDA (81)	30 – 49 (19)	39.81 ± 4.92	1.66 ± 1.03	r = -0.208 (p < 0.06)
	50 – 69 (28)	58.71 ± 6.08	1.66 ± 1.07	
	70 – 89 (17)	77.27 ± 5.21	1.92 ± 1.65	
	90 – 109 (9)	96.40 ± 3.87	1.32 ± 0.63	
75 – 125% RDA (117)	110 – 145 (8)	124.83 ± 10.39	0.87 ± 0.53	r = -0.518 (p < 0.01)
	30 – 49 (27)	38.46 ± 5.21	2.76 ± 1.43	
	50 – 69 (26)	57.34 ± 6.50	2.11 ± 1.09	
	70 – 89 (27)	80.47 ± 5.69	1.37 ± 0.81	
< 125% RDA (41)	90 – 109 (27)	100.06 ± 5.81	1.34 ± 1.01	r = -0.337 (p < 0.05)
	110 – 145 (10)	121.29 ± 7.43	0.86 ± 0.64	
	30 – 49 (10)	38.27 ± 5.99	1.94 ± 0.91	
	50 – 69 (15)	58.95 ± 5.40	2.09 ± 1.13	
	70 – 89 (9)	76.01 ± 5.14	1.74 ± 0.71	
	90 – 109 (4)	100.12 ± 4.04	1.24 ± 0.63	
	110 – 145 (3)	116.17 ± 3.93	1.54 ± 1.00	

Number of children involved: 239

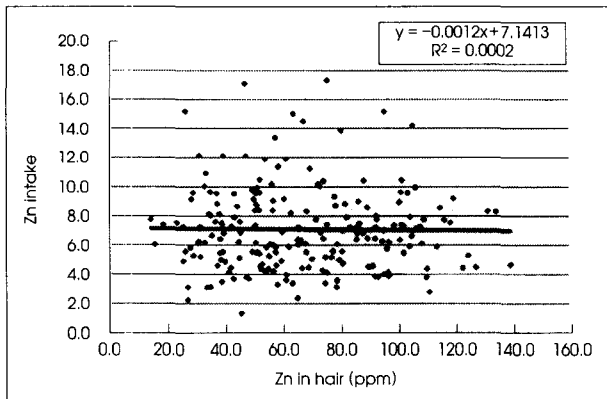


Fig. 2. Scatter diagram of Zn intake and hair Zn contents.

계를 보였다 (r = -0.305).

6. 모발 Zn 함량과 Zn 섭취량과의 관계

Fig. 2의 scatter diagram에 의하면 모발 Zn 함량과 Zn 섭취량은 유의한 상관관계를 보이지 않았다 (r = 0.014). 즉, 모발의 Zn 함량은 Zn 섭취량의 영향을 받지 않았다. 그러므로 다음은 Zn 섭취량을 %RDA로 표현하여 그에 따른 모발의 Zn 함량과 Pb 함량과의 관계를 다시 Table 7에서 살펴보았다. 이때 식이로 섭취한 Zn 함량이 충분한 경우에도 (권장량의 75~125%인 경우와 125%이상인 경

우) 모발의 Zn 함량의 분포는 영향을 받지 않았으며, 오히려 식이로 섭취한 Zn 함량과 상관없이 모발의 Pb 함량이 높은 경우에는 모발의 Zn 함량이 낮은 유의한 역의 상관관계 (RDA가 75~125% 경우 r = -0.518, 125%이상인 경우 r = -0.337)를 보였다.

7. 모발 Zn 함량과 신장 및 체중과의 상관관계

Fig. 3과 4의 scatter diagram에 의하면 모발의 Zn 함량이 증가할수록 신장과 체중은 증가하는 경향을 보였으며 모발 Zn 함량과 신장과 체중의 correlation coefficient는 각각 r = 0.216, r = 0.159로서 모두 유의하게 정의 상관관계를 보였다 (p < 0.01). 그러나 아동의 신장 (r = 0.086)과 체중 (r = 0.017)은 모발의 Pb 함량과는 상관관계가 미미한 수준으로 유의하지 않았다 (자료를 제시하지 않았음). 다음은 Table 8와 9에서 모발의 미네랄 자료가 있는 아동의 신체계측치를 표준치의 상대적 %로 표시하여 모발의 Zn 함량을 최저값 10 ppm으로부터 40 ppm 단위로 증가시키면서 신장과 체중을 Table 3에서 비교한 것과 같은 방법으로 나누었다. 신장과 체중의 분포가 전체 대상자 (468명)로 분석하였을 때와 거의 비슷하게 키와 체중이 정상범위내에 속하는 아동이 각각 94.7%와 51.5%이었다. 그러나 표준 신장의 70~89.9%에 해당되는 아동을 모발의 Zn 함량에 따라 분류하여 보았을 때 키가 작은 아동이 3.8% (266명 중

10명)인데 이 중에서 5명이 모발의 Zn 함량이 10~49 ppm 에 불과하였다 (Table 8). 같은 방법으로 Table 9에서 표준체중의 70~89.9%에 속하는 저체중 아동이 31.6% (266

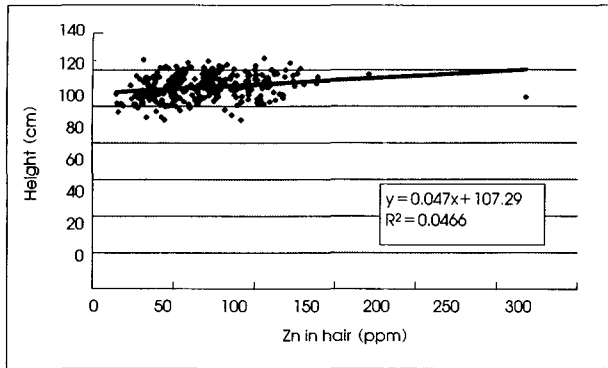


Fig. 3. Scatter diagram of hair Zn and height ($r = 0.216$, $p < 0.01$).

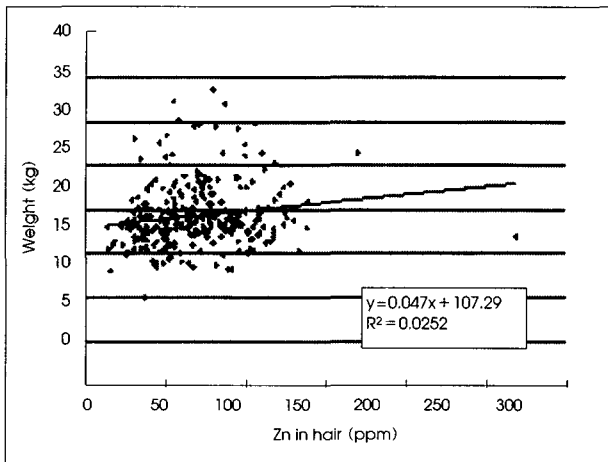


Fig. 4. Scatter diagram of hair Zn and body weight ($r = 0.159$, $p < 0.01$).

명 중 84명)이었으며, 표준보다 무거운 110~150% 범위에 속하는 아동이 16.9% (266명 중 45명)이었다. 모발의 Zn 함량이 가장 낮은 범위인 10~49 ppm 이내에 속하는 아동비율이 저체중 아동 중에서는 35.7% (84명 중 30명)나 되었고 이에 비해 체중이 정상인 아동 중에서는 22.7% (137명 중 38명), 과체중 및 비만 아동 중에서는 17.8% (45명 중 8명)가 모발 Zn 함량이 낮았다.

토 론

아동의 신장과 체중을 연령별로 표준치¹⁷⁾와 비교해서 상대적인 %로 계산하여 표시하였을 때 (Table 4) 정상범위로 간주하는 90~109.9%이내에 해당되는 아동이 대상자 468명 중 95.3%가 정상적인 성장을 하였다고 볼 수 있었다. 한편, 표준치의 89.9%이하인 키가 작은 아동이 3.2%이었던 반면에 신장이 큰 아동은 1.5%로서 비교적 신장은 양호한 편이었다. 그러나 체중에서는 정상범위내에 들어가는 아동이 49.8%에 불과하였고, 과체중인 아동이 8.1%이었고, 비만아동이 10.3% 이었다. 한편, 체중이 표준치보다 미달되는 저체중인 아동이 총 32.8%가 되었다. 이와 같이 체중에서는 과체중 내지 비만인 아동 비율이 18.4%이었던 반면에 저체중인 아동비율은 32.8%로서 더욱 높아 양극화된 문제점을 보였다.

본 연구에서 아동의 신장과 체중은 모발의 Zn 함량과 정 상관관계가 있었으나 (Fig. 3, 4) 모발의 Pb함량은 신장과 체중과는 상관관계가 적었다. Table 8와 9에서 모발의 Zn 함량에 따라 신장과 체중을 분류해 본 결과 신장은 키가 작은 아동 10명 중 50%가 모발의 Zn 함량이 가장 낮은

Table 8. Distribution of height and hair Zn content in Korean preschool children

Hair Zn	The relative percentage of standard height				
	70 - 79.9%	80 - 89.9%	90 - 109.9%	110 - 119.9%	120 - 149.9%
10 - 49 ppm (76)	-	5	70	1	-
50 - 89 ppm (126)	-	4	120	2	-
90 - 129 ppm (61)	-	1	42	1	-
130 - 169 ppm (3)	-	-	20	-	-
Subtotal	-	10	252	4	-

Table 9. Distribution of body weight and hair Zn content in Korean preschool children

Hair Zn	The relative percentage of standard body weight					
	70 - 79.9%	80 - 89.9%	90 - 109.9%	110 - 119.9%	120 - 149.9%	>150%
10 - 49 ppm (76)	8	22	38	3	5	-
50 - 89 ppm (126)	11	24	66	8	16	1
90 - 129 ppm (61)	5	13	31	6	6	-
130 - 169 ppm (3)	-	1	2	-	-	-
Subtotal	24	60	137	17	27	1

Table 10. Comparison of hair Zn and Pb contents depending on the level of hair Pb in preschool children

Range of Hair Pb (ppm)	Hair Pb (ppm)	Hair Zn (ppm)
0-0.40 (16)	0.27 ± 0.09	87.33 ± 27.63
0.41-0.80 (50)	0.62 ± 0.11	83.83 ± 25.40
0.81-1.20 (46)	1.01 ± 0.13	69.61 ± 30.78
1.21-1.60 (37)	1.42 ± 0.11	63.97 ± 27.95
1.61-2.00 (33)	1.79 ± 0.12	67.88 ± 29.37
2.01-3.00 (50)	2.48 ± 0.29	63.72 ± 29.94
3.01-5.00 (37)	3.71 ± 0.41	48.38 ± 20.45

(): number of children

10~49 ppm에 속하였다. 물론 키가 적은 아동 수요가 적어서 정상적인 키의 아동과 통계적으로 비교하기에는 어려움이 있었다. 체중에서는 저체중인 아동 중에서는 35.7% (84명 중 30명)가 모발의 Zn 함량이 10~49 ppm이었으며, 이에 비해 체중이 정상인 아동 중에서는 22.7% (137명 중 38명), 과체중 및 비만 아동 중에서는 17.8% (45명 중 8명)가 모발 Zn 함량이 낮았다. 저체중과 정상체중 아동간의 모발의 Zn 함량의 평균값은 통계적인 유의성은 없지만 생체내에서 Zn는 효소의 구성요소로서 여러 대사과정에 필수적으로 필요하며, 특히 성장,⁹ 조직¹⁰과 골격형성 등에 필수적인 미량원소이므로,¹¹ 어느 정도 모발의 Zn 함량이 체중과 신장과 상관관계가 있을 것으로 사료된다. Gentile 등¹⁴의 보고에 의하면 성인에서 모발내 Zn는 신장 및 체중과 유의한 상관관계를 나타내지만 모발내 Zn와 연령과는 유의성이 없다고 하였으며, 특히 모발내 Zn와 체중은 역의 상관관계 ($r = -0.464, p < 0.047$)가 있었다는 반대의 결과가 보고되긴 하였다.

대상자 아동의 약 91%가 모발 Zn 함량이 기준치의 60% 이하로 낮았다. 그런데 본 연구에서는 모발 Zn 함량은 Zn 섭취량과는 상호관계가 적었으나 (Fig. 2) 아동 중 약 32.6%가 식이로 Zn 섭취량이 권장량의 75%미만으로 적게 섭취하였다 (Table 2). 그러므로 Table 8에서 모발 자료와 식이섭취량이 있는 아동 239명 중에서 식이로 섭취하는 Zn 함량을 %RDA로 비교했을 때 권장량의 75% 미만으로 적게 섭취하였을 때나 충분하게 75~125% 또는 125%이상 섭취하였을 때도 모발 Zn 함량은 Zn 섭취량과는 상관없이 3군 모두 모발 Zn 함량의 분포는 비슷하였다. 모발의 Zn 함량은 식이로 섭취한 Zn 함량보다는 오히려 모발의 Pb 함량이 높은 경우에는 모발의 Zn 함량이 낮아진 유의한 역의 상관관계를 보였다.

모발의 Pb 함량은 총 273명 중 33.3%, 즉 3명 중 1명 꼴로 기준치 2 ppm보다 2~4배가 높은 수치를 보였다. 그

런데 Fig. 1에서 보여준 바와 같이 모발에서 Pb 함량과 Zn 함량은 서로 역의 상관관계를 보였고 ($r = -0.305$), 다시 모발의 Pb 함량을 Table 10에서와 같이 0.4 ppm 단위로 점차 높였을 때 모발의 Zn 함량은 낮아지는 역의 상관관계를 보였다. 따라서 전체 아동의 약 91%가 모발의 Zn 함량이 낮았던 것은 모발의 Pb 함량이 높아서 역으로 Zn 함량이 낮아졌을 가능성이 있다고 사료된다. Meng의 보고²⁰에 의하면 체내에 Pb 함량이 높을 때 Zn와의 길항작용으로 인해서 Zn가 더 사용되어 결과적으로 Zn 함량이 더 낮았을 것이라고 하였다. 그러나 역으로 모발내에 Zn 함량이 낮았기 때문에 더 많은 Pb가 축적되었을 가능성을 배제할 수는 없다고 사료된다. 물론 Zn 섭취와 모발 Zn 함량과는 상관관계가 없다는 결과를 얻었지만 실제로 많은 아동들이 편식을 하여 Zn 함량이 높은 식품섭취가 적어서 Zn 섭취량이 적었던 것도 전체적으로 모발의 Zn 함량을 낮아지게 한 원인이 될 수도 있다고 사료된다. 한편, 지구상에서 이루어지는 Zn recycling에 관한 보고²¹에 의하면 최근에는 Zn가 생산되고 나서 사용될 때 다 회수되지 못하고 소모되며 또한 자연발생적으로 손실되는 페인트부식이나 거리에는 자동차의 낡은 타이어에서 떨어져 나온 입자들에 의해서 환경이 더욱 오염이 될 수도 있다고 하였다. 미국, 일본, 독일, 중국에 비하면 아직 한국, 러시아, 아프리카 등의 지역에서는 Zn 생산도 적으며 사용시에 손실되어 나오는 Zn 함량이 월등 적다고 하였다. 그런데, 모발 내 중금속 축적은 환경적인 요인에 의해서도 영향을 받는다고 하였다.²² 한국 초등학교 아동에서 모발 Zn의 평균값은 도시지역 아동에서는 106.27 $\mu\text{g/g}$, 농촌지역 아동에서는 61.23 $\mu\text{g/g}$ 이었으며, Pb 평균값도 도시지역 아동에서는 6.49 $\mu\text{g/g}$, 농촌지역 아동에서는 5.01 $\mu\text{g/g}$ 로서 도시나 공업지역에 사는 아동에서 더 높은 수준을 나타내었다.²³ 미국인에서는 모발 Zn 함량이 100~210 ppm, Pb 함량이 1.5~3 ppm이었으며,²⁴ 폴란드인의 경우에는 0~30세 사이의 사람에서 모발 Zn 수준은 129.65 ± 58.05 ppm 이었고, Pb 수준은 4.42 ± 2.95 ppm 이었다.²⁵ 이와 같이 각 나라 사람의 모발의 Zn 함량은 환경속에 버려진 Zn 오염도에 따라 영향을 받을 것이라고 사료된다. 따라서 아직은 한국에서는 미국이나 구라파 나라에 비해서 환경속에서 자연발생적으로 손실되는 Zn 함량이 적어서²¹ 모발의 Zn 함량이 낮았던 요인 중의 하나일 수도 있을 것이라고 사료된다.

또한 본 연구에서 아동들이 식이로 Zn 섭취량이 충분하였다 하더라도 자연환경 속의 자동차 매연이나 다른 환경오염에 의해서 Pb와 Cd 같은 유해 중금속 함량이 높아져서 더 많은 Pb가 모발속에 축적되었을 가능성이 있었고 이에

따라 이것을 제거하기 위해서 더 많은 Zn가 단백질과 결합하여 metallothionein 합성하는데 사용되었을 것이다.²⁶⁾ 중국인을 대상으로 Zeng 등²⁷⁾의 보고에서도 모발 내 Pb는 다양한 생리적인 기간 동안 logarithmic scale에서 Zn의 함량과 역의 상관관계 ($r = 0.971$)를 나타내었다. 따라서 인체내에서 모발내 중금속은 중요한 생물학적인 indicator 역할을 한다고 사료된다.²⁸⁾ 그러나 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하여 모발의 Zn 축적에 영향을 미칠 것이므로 이에 관한 더 깊은 연구가 필요하다고 본다.

아동의 식생활을 진단하여 본 결과 약 81% 아동의 식생활 점수가 보통으로 판정되었으나 아동들의 식생활 내용을 살펴보면 매일 세끼 식사를 규칙적으로 하는 아동이 53.2%에 불과하였으며, 모든 식품을 골고루 섭취하지 않고 편식을 한다는 아동이 38.8%나 되었다. 그런데, 편식을 한다는 38.8% 아동들의 영양소 섭취상태를 보면 특히 열량, Zn, Ca를 부족하게 (<75%RDA) 섭취하는 아동이 각각 35.8%, 40%, 36.3% 로서 높았다. 이와 같이 한국의 학령 전 아동에서는 편식이 큰 문제가 되며, 아직도 열량, Ca, Zn, 비타민 B₂ 같은 영양소를 적게 섭취하고 있는 아동이 많다는 것은 성장기의 아동에서는 성장에 문제를 야기시킬 수 있다고 사료된다. 그러므로 학령 전 아동에서는 비만아동 못지않게 저체중인 아동의 비율도 높은 것을 타개하기 위해서는 편식을 하는 식습관을 개선해 줄 수 있는 새로운 지도방법 및 영양교육이 요구되는 시점에 있다고 본다.

요약 및 결론

본 연구에서는 학령 전 아동 (3~6세) 556명을 대상으로 식습관과 식품섭취 빈도 및 신장과 체중을 측정하고, 이 중 273명 아동의 모발에서 Zn와 Pb의 함량을 ICP-MS를 이용하여 분석하여 아동의 신체발달과 어떤 관계가 있는지 알아보고자 연구하였다.

- 1) 전체아동의 10.3%가 비만아동이며 32.8% 아동이 저체중 아동이었다.
- 2) 모발의 Zn 함량은 평균 68.9 ± 31.1 ppm으로서 낮은 기준치 (180~220 ppm)의 약 38.3%이었다.
- 3) 모발의 Zn 함량은 아동의 약 91%가 기준치의 60% 이하이었고, 특히 저 체중 아동의 36%가 모발의 Zn 함량이 10~49 ppm이었다.
- 4) 모발 Zn 함량은 아동의 연령과 관계없이 신장 ($r = 0.216$)과 체중 ($r = 0.159$)과 유의하게 ($p < 0.01$) 정의 상관관계를 보였다. 그러나 모발 Pb함량은 신장 ($r = 0.086$)과 체중 ($r = 0.017$)과 유의한 상관관계를 보이

지 않았다.

5) 모발의 Pb 함량은 평균 1.76 ± 1.20 ppm으로서 정상범위 (< 2 ppm)에 들어가지만 실제로 273명 중 약 67%만이 정상범위 내에 있었고, 약 33% 아동이 기준치의 2~4배 높은 수준이었다.

6) 모발 Zn 함량과 Pb 함량은 역의 상관관계를 보여 ($r = -0.305$, $p < 0.01$), 모발중 Pb 함량이 높으면 반대로 Zn 함량이 낮았다.

7) 식이로 Zn를 권장량의 75%이상 섭취하여도 모발의 Pb 함량이 높을수록 모발의 Zn 함량이 유의하게 낮은 관계를 보였다.

8) 전체적으로 Zn 섭취량과 모발 Zn 함량과는 유의한 상관관계를 찾지 못하였다.

9) 전체적으로 27~33% 아동이 에너지, 칼슘, 아연을 권장량의 75%이하로 섭취하였고, 18~20% 아동은 철과 비타민 B₂를 적게 섭취하였다.

10) 전체아동의 38.8%가 식품을 골고루 섭취하지 않고 편식을 하여 비교적 모든 영양소에서 섭취가 낮은 편이었으며, 특히 열량, Zn, Ca 섭취를 부족하게 (<75%RDA) 섭취하는 아동이 약 36~40%나 되었다.

결론적으로 학령 전 아동에서는 아직도 편식이 문제가 된다고 사료되며 이로 인해서 특히 열량, Ca, Zn, 비타민 B₂ 같은 영양소를 부족하게 섭취하는 아동이 많아서 비만아동보다도 저 체중인 아동비율이 더 많으므로 앞으로 유아원이나 탁아시설에 맡겨진 아동들이나 담당자를 대상으로 한 영양교육에서 더욱 새로운 방법으로 교육할 필요성이 있으며, 또한 어차피 편식을 하게 되어있는 학령 전 아동들이라면 부족한 영양소를 보완해 줄 수 있는 식품을 더욱 많이 개발하여 간식으로 가정이나 탁아시설 등에서 사용할 수 있도록 해야 할 때라고 사료된다.

Literature cited

- 1) Park SY, Park HY, Moon HK. A study on the food habit and dietary intake of preschool children. *Korean J Nutr* 32(4): 419-429, 1999
- 2) Kim YK, Chyun JH. Food habits and its relation to the obesity of preschool children living in urban area. *Korean J Dietary Culture* 15(5): 349-360, 2000
- 3) Kim YK, Chyun JH. Nutrition intakes and relations to the obesity and the prevalence of anemia in preschool children living in metropolitan area of Korea. *Korean J Dietary Culture* 16(5): 451-462, 2001
- 4) Kye SH, Park KD. A survey on nutritional status and anthropometry of preschool children in orphanage. *J Korean Soc Food*

- Nutr* 22(5): 522-558, 1993
- 5) Pollitt E, Greenfield D, Leibel RL. Significance of bayley scale change following iron therapy. *J Pediatric* 92: 177, 1978
 - 6) Shin EM, Yoon EY. A study of dietary intakes, physical status and biochemical status of children in Taejon. *Korean J Comm Nutr* 4(4): 496-503, 1999
 - 7) Park MY, Jang YJ, Seo JS, Mo SM. Children nutrition survey in rural health project areas. *Korean J Nutr* 13(1): 15-26, 1980
 - 8) Yum KS, Yoon EY, Kim CI, Kim KT, Mo SM, Choi HM. Eating behavior obesity and serum lipid levels in children. *Korean J Nutr* 26(1): 56-66, 1993
 - 9) Vander Kooy PD, Gibson RS. Food composition patterns of Canadian preschool children in relation to zinc and growth status. *Am J Clin Nutr* 45: 605-614, 1987
 - 10) Goldren MH, Golden BE. Effect of zinc supplementation on the dietary intake, rate of weight gain, and energy cost of tissue deposition in children recovering from severe malnutrition. *Am J Clin Nutr* 34: 900-908, 1981
 - 11) Prasad AS. Clinical biochemical and nutritional spectrum of zinc deficiency in human subjects: An update. *Nutr Rev* 41(7): 197-208, 1983
 - 12) Meyer PA, Pivetz T, Dignam TA, Homa DM, Schoonover J, Brody D. Surveillance for elevated blood lead levels among children-United States, 1997-2001. *MMWR Surveill Summ* 12:52(10): 1-21, 2003
 - 13) Gentile PS, Trentalange MJ, Coleman M. The relationship of hair zinc concentrations to height, weight, age, and sex in the normal population. *Pediatric Res* 15: 123-127, 1981
 - 14) Gentile PS, Trentalange MJ, Coleman M. The relationship of hair zinc concentrations to height, weight, age, and sex in the normal population. *Pediatric Res* 5(2): 123-127, 1981
 - 15) Acosta PB, Fernhoff PM, Warshaw HS, Elsas LJ, Hambidge KM, Ernest A, McCabe ER. Zinc status and growth of children undergoing treatment for phenylketonuria. *J Inherit Metab Dis* 5(2): 107-110, 1982
 - 16) Kim WY, Cho MS, Lee HS. development and validation of mini dietary assessment index for Koreans. *Korean J Nutr* 36(1): 83-92, 2003
 - 17) Korean Pediatric Association. The 48th Symposium, 1998
 - 18) Rodushkin I, Axelsson MD. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part I. Analytical methodology. *Sci Total Environ* 250: 83-100, 2000
 - 19) Rodushkin I, Axelsson MD. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part II. A study of the inhabitants of northern Sweden. *Sci Total Environ* 262: 21-36, 2000
 - 20) Meng Z. Age- and sex-related differences in Zn and Pb levels in human hair. *Biol Trace Elem Res* 61(1): 79-87, 1998
 - 21) Gordon RB, Lifset RJ, Bertram M, Reck S, Spatari S, Graedel TE. Where is all the zinc going: The stocks and flows project, Part 2. *JOM* 56(1): 24-29, 2004
 - 22) Raghunath R, Tripathi RM, Vinod KA, Sathe AP, Khandekar RN, Nambi KSV. Assessment of Pb, Cd, Cu, and Zn exposures of 6-to 10-year-old children in Mumbai. *Environ Res Section A* 80: 215-221, 1999
 - 23) Jong YH, Kim NS, Lee JH, Ki NS, Hwang ID. A study on the heavy metal concentrations in hair and urine of school children. *Chonbuk University Med School* 12(1): 23-29, 1987
 - 24) Kim GN, Song HJ. Hair mineral analysis of normal Korean children. *J Dermatol* 40(12): 1518-1526, 2002
 - 25) Nowak B. Contents and relationship of elements in human hair for a non-industrialised population in Poland. *Sci Total Environ* 209: 59-68, 1998
 - 26) Butcher H, Kennette W, Collins O, Demoor J, Koropatnick J. A sensitive time-resolved fluorescent immunoassay for metallothionein protein. *J Immunol Meth* 272: 247-256, 2003
 - 27) Zeng L, Pang H, Liu C. Analysis of human hair lead and zinc during various physiological periods. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi* 30(4): 213-216, 1996
 - 28) Valery A. Batzevich. Hair trace element analysis in human ecology studies. *Sci Total Environ* 164: 89-98, 1995