

소아에서 혈중 아연 농도가 성장에 미치는 영향

연세대학교 의과대학 소아과학교실

이수명 · 이선우 · 이영준 · 김지영 · 김덕희 · 김호성

The Effect of Blood Zinc Level on the Growth of Children

Su Myung Lee, M.D., Sun Woo Lee, M.D., Young Jun Rhie, M.D.

Ji Young Kim, M.S., Duk Hee Kim, M.D. and Ho-Seong Kim, M.D.

Department of Pediatrics, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea

Purpose : Zinc is an essential nutrient, which is required to maintain the normal structure and/or function of multiple enzymes. Therefore, zinc nutriture has been known to influence the physical growth of young children. This study was designed to evaluate the relationship between blood zinc levels and growth parameters in children.

Methods : Two hundred eighty three children (150 boys and 133 girls) who visited the Youngdong Severance Hospital as short stature were enrolled in this study. Height standard deviation score (Ht. SDS), weight standard deviation score (Wt. SDS), and pubertal stage were obtained for each children. Blood samples were collected for zinc, alkaline phosphatase (ALP), insulin-like growth factor binding protein-3 (IGFBP-3), insulin-like growth factor-1 (IGF-1), and free thyroxine (fT4). The relationship between blood zinc levels and growth status, and growth factors were analyzed.

Results : The Ht. SDS and Wt. SDS were -0.16 ± 0.99 , 0.16 ± 0.88 respectively for the low blood zinc level group; the Ht. SDS and Wt. SDS were -0.16 ± 0.97 , 0.08 ± 0.93 respectively for the normal blood zinc level group. Between two groups, Ht. SDS, Wt. SDS, bone age, pubertal stage, ALP, and IGF-1 showed no significant differences, while IGFBP-3 and fT4 showed significant differences ($P < 0.05$). The mean zinc concentrations showed no significant difference between the normal stature group and short stature group ($101.60 \pm 41.11 \mu\text{g/dL}$, $93.72 \pm 35.38 \mu\text{g/dL}$ respectively). The Ht. SDS, Wt. SDS, pubertal stage, ALP, and IGF-1 showed no significant correlation with the zinc levels, while the IGFBP-3 and fT4 showed significant correlation ($P < 0.05$).

Conclusion : We could not find any significant relationship between blood zinc level and growth status. However, interpretation of our results should be cautious in aspect that the result might come from the subjects with mild zinc deficiency. Further study is required to investigate the severe zinc deficiency patients and zinc replacement study.

Key Words : Zinc, Short stature, Height, Weight, Growth, Children

서 론

아연은 DNA, RNA 합성 및 세포 분열에 관여하여 세포의 증식과 면역 체계의 발달에 중요한 역할을 수행하는 미량 원소이다^{1, 2)}. 또한 아연은 인슐린양 성장인자-I

(insulin-like growth factor-I, IGF-I), 인슐린양 성장인자 결합단백-3 (IGF binding protein-3, IGFBP-3), osteocalcin, testosterone, 갑상선호르몬, 알칼리성 인산분해효소 (Alkaline phosphatase), 그리고 인슐린과 같은 성장에 영향을 미치는 중요한 호르몬과 상호 작용을 하며 이와 같은 호르몬의 합성 및 분비에 관여하는 것으로 알려져 있다^{1, 2)}. 혈중 아연은 체내 testosterone의 농도 조절에 관여한다고 알려져 있으며, 아연 결핍 시 혈액내 testosterone 농도의 저하로 성선 저하증을 유발하기도 한다^{3, 4)}.

책임저자 : 김호성, 서울시 강남구 강남구 도곡동 146-92
연세의대 영동세브란스병원 소아과
Tel : 02)2019-3355, Fax : 02)3461-9473
E-mail : kimho@yumc.yonsei.ac.kr

IGF-1의 합성에도 성장호르몬의 자극 외에 아연이 합성에 필요한 기질로 사용된다. 아연은 또한 간장에서 성장호르몬의 작용을 강화시키며, 뼈와 연골에서 IGF-1의 활동을 증강시키는 것으로 보고되고 있다⁵⁾. 이와 같은 아연의 작용기전으로 인하여 빠르게 성장하는 시기인 생후 첫 1년동안 아연의 중요성이 보다 강조되고 있다⁶⁾. 아연의 부족 시에는 체중감소, 성장 지연, 감염에 대한 면역저하, 신생아의 조기 사망, 사춘기 지연 등 소아에서 여러 가지 중요한 건강상의 문제를 야기할 수 있다⁷⁻¹⁰⁾.

아연의 결핍은 주로 잘못된 식이에 의해 발생하며 아연의 흡수를 방해하는 파이테이트(phytate)가 함유된 음식 섭취가 원인인 경우가 흔한 것으로 보고되고 있으며, 특히 10대 소녀들과 다테아를 임신한 임산부들에서는 저단백질, 고파이테이트 식이와 장내 아연의 흡수 저하로 인해 아연 결핍이 보다 쉽게 발생할 수 있다¹¹⁾. 특히, 임신부에서의 아연 결핍 시 태아 성장 부전, 저체중아, 자궁내 성장지연, 선천성 기형, 조기 출산이나 지연 출산 등의 심각한 주산기 합병증을 초래할 수 있어 임산부들에게 아연 결핍에 대한 진단과 치료가 중요하다¹²⁾.

상대적으로 아연 뿐 아니라 다른 미량원소 및 영양소가 부족하기 쉬운 후진국과 개발도상국에서는 미량원소, 특히 아연 보충의 중요성이 점차 대두되고 있다^{12, 13)}.

이에 저자들은 혈중 아연 농도를 측정할 283명의 소아를 대상으로 혈중 아연 농도 및 신장, 체중, 골연령, 성성숙도 등의 성장 지표들과 성장과 관련된 호르몬들을 측정하여 실제 아연이 성장에 미치는 효과와 신장, 체중 등 여러 가지 성장 지표들과 혈중 아연 농도와의 상관관계에 대해 알아보려고 한다.

대상 및 방법

1. 대상

저신장증이나 저신장증이 의심되어 영동 세브란스병원 소아과에 방문한 283명의 소아를 대상으로 하였으며 모든 소아의 신장과 체중 및 성 성숙도, 골연령, 알칼리성 인산분해효소, IGF-I, IGFBP-3, 유리 타이록신을 측정하였다. 아연의 정상 범위는 66-110 µg/dL으로 정의하였으며, 대상 소아들에서 장기 정맥영양이나 흡수장애, 투석환자 및 기타 특이 질환을 가진 환자들은 제외하였다.

2. 방법

대상 소아들의 검사 당시 신장과 체중, 성 성숙도를 계

측하고 골연령 측정을 위해 왼손 손목의 X-선 사진을 촬영하였다. 알칼리성 인산분해효소, IGF-I, IGFBP-3, 유리 타이록신을 측정하기 위해 혈액 검사를 시행하였다. 실제 측정된 소아들의 신장 및 체중은 표준편차점수(standard deviation score, SDS)를 구하여 비교하였으며, 신장 및 체중의 표준편차점수는 신장 및 체중의 측정값에서 같은 연령 및 성별에 대비한 신장, 체중의 평균값을 빼 표준편차로 나누어 계산하였다.

통계학적 처리는 SPSS 통계프로그램을 이용하였으며 독립표본 t-검정(independent samples t-test), 상관분석(pearson correlation analysis) 등이 사용되었다. 모든 통계는 P값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의성이 있다고 판정하였다.

결 과

1. 검사 당시 대상 소아들의 특성

전체 소아는 모두 283명으로 남아는 150명, 여아는 133명이었고, 이 중 혈중 아연 농도가 감소한 군은 총 44명이었다. 대상 소아들의 평균 연령은 10.94±2.84세, 연령 분포는 2.5세에서 16.7세까지 분포하였다. 평균 신장은 140.65±18.10 cm (범위 86-175 cm), 평균 체중은 38.99±13.98 kg (범위 11-81 kg)이었으며, 신장 SDS는 -0.16±0.97, 체중 SDS는 0.09±0.92로 조사되었다. 각 측정치의 평균값은 혈중 아연 농도 100.49±40.38 µg/dL, 알칼리성 인산분해효소 220.78±81.97 IU/L, IGF-I 244.41±120.55 ng/mL, IGFBP-3 4.43±0.99 µg/mL, 유리 타이록신 1.30±0.17 ng/dL로 측정되었다(Table 1).

Table 1. Clinical Characteristics of Subjects

Characteristics	Mean values
Total Patients (n)	283(M 150, F 133)
Age (yr)	10.94±2.84
Height (cm)	140.65±18.10
Height SDS	-0.16±0.97
Weight (kg)	38.99±13.98
Weight SDS	0.09±0.92
Zinc (µg/dL)	100.49±40.38
ALP (IU/L)	220.78±81.97
IGFBP-3 (µg/mL)	4.43±0.99
IGF-1 (ng/mL)	244.41±120.55
FT4 (ng/dL)	1.30±0.17

Data expressed means±standard deviation
Abbreviations: SDS, standard deviation score; ALP, alkaline phosphatase; IGFBP-3, insulin-like growth factor binding protein-3; IGF-1, insulin-like growth factor-1; FT4, Free thyroxine

Table 2. Comparison between Low Serum Zinc Level Group and Normal Serum Zinc Level Group

	Low zinc group (n=44)	Normal zinc group (n=239)	P-value
Zinc ($\mu\text{g/dL}$)	52.70 \pm 11.32	109.29 \pm 37.54	
Age (yr)	10.49 \pm 2.69	11.02 \pm 2.86	0.261
Height (cm)	138.04 \pm 18.04	141.13 \pm 18.11	
Height SDS	-0.16 \pm 0.99	-0.16 \pm 0.97	0.996
Weight (kg)	37.73 \pm 13.24	39.22 \pm 14.12	
Weight SDS	0.16 \pm 0.88	0.08 \pm 0.93	0.625
Bone age/chronological age	0.93 \pm 0.17	0.96 \pm 0.15	0.238
Puberty (Tanner)	2.2 \pm 1.58	2.65 \pm 1.79	0.297
ALP (IU/L)	231.89 \pm 65.84	218.74 \pm 84.57	0.329
IGFBP-3 ($\mu\text{g/mL}$)	3.95 \pm 1.15	4.52 \pm 0.94	<0.00
IGF-1 (ng/mL)	222.05 \pm 126.61	248.53 \pm 119.22	0.181
FT4 (ng/dL)	1.25 \pm 0.14	1.31 \pm 0.17	0.014

Data expressed means \pm standard deviation

Abbreviations: SDS, standard deviation score; ALP, alkaline phosphatase; IGFBP-3, insulin-like growth factor binding protein-3; IGF-1, insulin-like growth factor-1; FT4, free thyroxine

2. 혈중 아연 농도에 따른 정상군과 저하군과의 비교

혈중 아연 농도 저하군의 평균 혈중 아연 농도는 52.70 \pm 11.32 $\mu\text{g/dL}$, 평균 연령은 10.49 \pm 2.69세, 평균 신장 138.04 \pm 18.04 cm, 신장 SDS -0.16 \pm 0.99, 평균 체중은 37.73 \pm 13.24 kg, 체중 SDS는 0.16 \pm 0.88, 골연령/역연령 비는 0.93 \pm 0.17, 성 성숙도는 2.2 \pm 1.58으로 측정되었다. 알칼리성 인산분해효소 평균치는 231.89 \pm 65.84 IU/L, IGF-I 222.05 \pm 126.61 ng/mL, IGFBP-3 3.95 \pm 1.15 $\mu\text{g/mL}$, 유리 타이록신 1.25 \pm 0.14 ng/dL로 나타났다. 정상군의 평균 혈중 아연 농도는 109.29 \pm 37.54 $\mu\text{g/dL}$, 평균 연령은 11.02 \pm 2.86세, 평균 신장 141.13 \pm 18.11 cm, 신장 SDS -0.16 \pm 0.97, 평균 체중은 39.22 \pm 14.12 kg, 체중 SDS는 0.08 \pm 0.93, 골연령/역연령 비는 0.96 \pm 0.15, 성 성숙도는 2.65 \pm 1.79로 측정되었다. 알칼리성 인산분해효소 평균치는 218.74 \pm 84.57 IU/L, IGF-I 248.53 \pm 119.22 ng/mL, IGFBP-3 4.52 \pm 0.94 $\mu\text{g/mL}$, 유리 타이록신 1.31 \pm 0.17 ng/dL로 측정되었다.

독립표본 t-검증을 이용하여 두 군의 평균값의 차이를 비교한 결과 IGFBP-3, 유리 타이록신을 제외한 나머지 측정치들의 아연 농도에 따른 성장 상태의 차이는 관찰되지 않았다. IGFBP-3와 유리 타이록신은 아연 농도 정상군이 저하군에 비해 의미있게 높은 농도를 보였다 (Table 2).

3. 신장 차이에 따른 정상 신장군과 저신장군의 비교

본 연구에서 저신장의 정의를 같은 연령, 같은 성의 어린이의 평균 신장보다 10 백분위수 미만인 경우로 정의

하였다. 현재 쓰이고 있는 한국 소아 성장 표준치가 1998년에 제정된 것으로 현재 소아들의 성장을 정확히 반영하지 못할것으로 생각되어 저신장의 범위를 광범위하게 정의하였다.

저신장군의 평균 연령은 9.64 \pm 3.68세, 평균 신장 122.68 \pm 24.47 cm, 신장 SDS -1.47 \pm 0.58, 평균 체중 30.09 \pm 15.56 kg, 체중 SDS -0.76 \pm 0.67, 골연령/역연령 비 0.96 \pm 0.13, 성 성숙도는 2.00 \pm 1.63으로 조사되었다. 평균 혈중 아연 농도는 93.72 \pm 35.38 $\mu\text{g/dL}$, 알칼리성 인산분해효소 평균치는 196.18 \pm 64.31 IU/L, IGF-I 156.58 \pm 92.73 ng/mL, IGFBP-3 3.88 \pm 1.04 $\mu\text{g/mL}$, 유리 타이록신 1.33 \pm 0.19 ng/dL로 측정되었다.

정상 신장군의 평균 연령은 11.15 \pm 2.62세, 평균 신장 140.04 \pm 18.42 cm, 신장 SDS 0.06 \pm 0.85, 평균 체중 38.47 \pm 14.05 kg, 체중 SDS 0.24 \pm 0.88, 골연령/역연령 비 0.96 \pm 0.15, 성 성숙도는 2.67 \pm 1.77으로 조사되었으며, 평균 혈중 아연 농도는 101.60 \pm 41.11 $\mu\text{g/dL}$, 알칼리성 인산분해효소 평균치는 224.84 \pm 83.95 IU/L, IGF-I 258.87 \pm 118.59 ng/mL, IGFBP-3 4.53 \pm 0.96 $\mu\text{g/mL}$, 유리 타이록신 1.30 \pm 0.16 ng/dL로 측정되었다.

유리 타이록신을 제외한 대부분의 성장인자들의 절대값은 저신장군에 비해 정상 신장군에서 높게 측정되었다. 혈중 아연 농도의 평균값 역시 저신장군에 비해 정상 신장군에서 높게 측정되었으나 독립표본 t-검증을 이용하여 두 군의 혈중 아연 농도의 평균값의 차이를 비교한 결과 신장 차이에 따른 혈중 아연 농도의 평균값의 차이는 관찰되지 않았다 (Table 3).

Table 3. Comparison between Short Stature Group and Normal Stature Group

	Short stature group (n=40)	Normal group (n=243)	P-value
Age (yr)	9.64±3.68	11.15±2.62	0.002
Height (cm)	122.68±24.47	140.04±18.42	<0.001
Height SDS	-1.47±0.58	0.06±0.85	<0.001
Weight (kg)	30.09±15.56	38.47±14.05	0.002
Weight SDS	-0.76±0.67	0.24±0.88	<0.001
Bone age/chnological age	0.96±0.13	0.96±0.15	0.977
Puberty (Tanner)	2.00±1.63	2.67±1.77	0.025
Zinc (μg/dL)	93.72±35.38	101.60±41.11	0.208
ALP (IU/L)	196.18±64.31	224.84±83.95	0.040
IGFBP-3 (μg/mL)	3.88±1.04	4.53±0.96	0.001
IGF-1 (ng/mL)	156.58±92.73	258.87±118.59	<0.001
FT4 (ng/dL)	1.33±0.19	1.30±0.16	0.329

Defined short stature as below ten height percentile

Abbreviations : SDS, standard deviation score; ALP, alkaline phosphatase; IGFBP-3, insulin-like growth factor binding protein-3; IGF-1, insulin-like growth factor-1; FT4, free thyroxine

Table 4. The Correlation between Serum Zinc Level and Growth Parameters

	Pearson correlation coefficient	P-value
Age (yr)	-0.006	0.916
Height SDS	0.069	0.244
Weight SDS	-0.021	0.729
Bone age/chnological age	0.07	0.238
Puberty (Tanner)	-0.062	0.297
ALP (IU.L)	0.002	0.973
IGFBP-3 (μg/mL)	0.134	0.025
IGF-1 (ng/mL)	-0.022	0.713
FT4 (ng/dL)	0.167	0.005

Data expressed means±standard deviation

Abbreviations : SDS, standard deviation score; ALP, alkaline phosphatase; IGFBP-3, insulin-like growth factor binding protein-3; IGF-1, insulin-like growth factor-1; FT4, free thyroxine

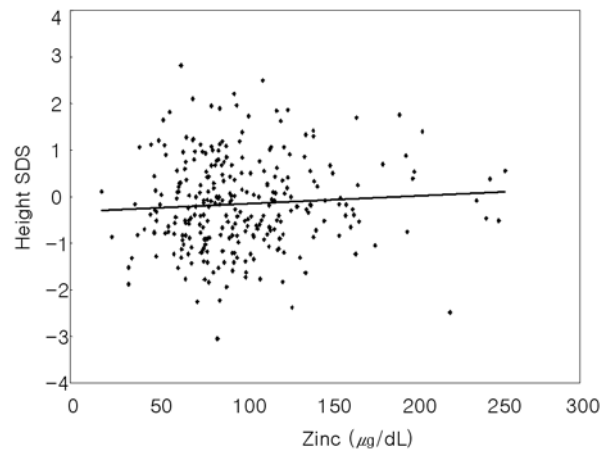


Fig. 1. Pearson correlation analysis between zinc and height SDS. There is no correlation between zinc and height SDS.

4. 혈중 아연 농도와 성장 지표와의 상관관계

상관분석을 통하여 혈중 아연 농도와 신장 및 체중의 표준편차점수 및 기타 성장 지표와의 상관관계를 분석하였다. 혈중 아연 농도와 각 성장 지표들의 상관분석 결과 평균 연령, 신장 SDS 및 체중 SDS 모두 혈중 아연 농도와 통계학적으로 유의한 상관관계는 나타나지 않았다 (Table 4, Fig. 1). 다만 IGFBP-3 ($r=0.134$, $P=0.025$, Fig. 2)와 유리 타이록신($r=0.167$, $P=0.005$, Fig. 3)은 혈중 아연 농도와 유의한 양의 상관관계를 보였다.

고 찰

아연은 신체의 성장 및 발달에 중요한 미량원소로서 세포의 증식과 면역체계의 발달에 관여하며 출생 전 태아시기의 성장 및 발달과 수유기 동안의 모유의 생성 등에도 관여한다^{1, 2)}. 특히 초유에는 풍부한 양의 단백질과 아연이 함유되어 있어 신생아의 성장 및 발달에 도움을 주는 것으로 알려져 있다. 아연은 특히 IGF-1, IGFBP-3의 작용을 강화하고 단백질, phosphorus 등과 더불어 IGF-I 및 IGFBP-3의 합성에 필요한 기질을 형성한다^{5, 6)}. 또한 알칼리성 인산분해효소의 합성 및 뼈 조직에서의 활성화도 강화하여 전반적인 뼈와 조직의 성장에 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다^{7, 16, 20)}.

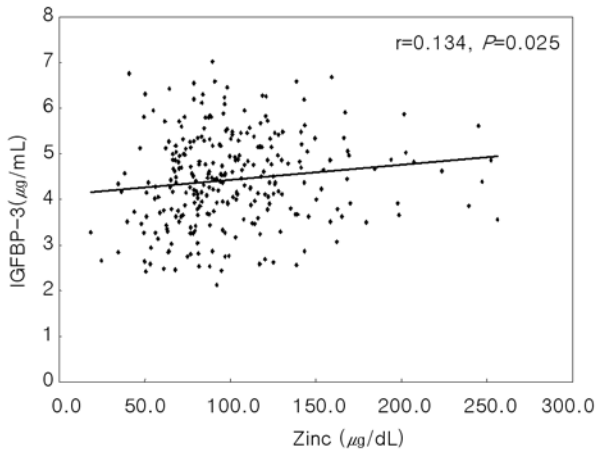


Fig. 2. Pearson correlation analysis between zinc and IGFBP-3. There is positive correlation between zinc and IGFBP-3.

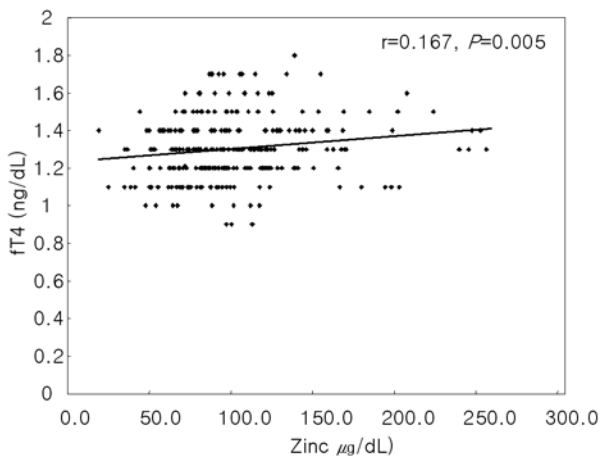


Fig. 3. Pearson correlation analysis between zinc and fT4. There is positive correlation between zinc and fT4.

2002년 Doherty 등⁷⁾이 발표한 보고에 따르면 혈중 IGF-1, IGFBP-3가 저하되어 있는 아연 및 기타 영양 결핍 환아에서 아연 및 영양 공급이 이루어지면 IGF-1, IGFBP-3의 혈중 농도가 증가하고, 뼈 형성 및 교원질의 합성이 증가한다고 보고하였다. Carlos 등¹²⁾의 발표 자료에 따르면 아연 결핍 산모에서의 아연 보충 요법이 저체중아, 부당 경량아의 위험성을 감소시킨다고 보고하여 모체에서의 아연 결핍의 위험성을 강조한 경우도 있었다. 또한 Wagner 등¹⁷⁾과 Kenneth 등은 사춘기 이전 소아들의 성장 및 발달에 아연의 중요성을 보고한 바 있었으며, 특히 사춘기 시기에 아연과 신체 성장 및 성 성숙 사이에 상관 관계가 관찰됨을 보고한 바 있다^{18, 19)}. 아연의 결핍은 태어나 소아의 양적인 성장을 저하할 뿐만 아니라 뇌 조직내의 다양한 효소들의 활동성의 저하와 세포 증식의 증단을 초래하여 결국 행동이나 인지 기능의 장애

와 같은 발달 장애도 발생 할 수 있는 것으로 알려져 있다²¹⁻²³⁾. 따라서 아연 결핍 환아의 성장 발달을 위해 아연 보충 요법이 필요한 것으로 알려져 있다^{24, 25)}. 다만 현재 까지 정상적인 성장을 보이는 소아에서의 아연 공급은 성장을 촉진 시키지 못하는 것으로 알려져 있다²⁶⁾.

본 연구에서는 혈중 아연 농도가 감소되어 있는 군과 정상군 간의 신장, 체중, 골연령, 성 성숙도, 알칼리성 인산분해효소, IGF-1은 두 군간의 평균값에 통계학적인 차이가 존재하지 않았으며, IGFBP-3, 유리 타이록신 만이 두 군에서 유의한 평균값의 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 저신장군과 정상 신장군을 비교한 결과에서도 두 군 사이에 혈중 아연 농도의 평균값의 차이가 존재하지 않았다. 또한 혈중 아연 농도와 신장 SDS를 포함한 대부분의 성장지표들과의 사이에서도 IGFBP-3와 유리 타이록신을 제외하고는 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 이와 같은 결과로 본 연구에서는 실제 혈중 아연 농도와 소아의 성장 상태와는 직접적인 연관성이 관찰되지 않아, 이전의 보고와는 다소 차이를 보였다. 본 연구의 대상아 중 혈중 아연 농도가 감소한 군의 평균 혈중 아연 농도는 $52.70 \pm 11.32 \mu\text{g/dL}$ 로, 정상 혈중 아연 농도인 $66-110 \mu\text{g/dL}$ 에 비하여 크게 낮지 않은 비교적 경한 결핍을 보인 경우였다. 이로 미루어 비교적 심하지 않은 아연 결핍시에는 성장에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 추정 할 수 있었다.

본 연구에서 IGFBP-3 및 유리 타이록신은 이전 보고 들에서와 같이 아연과의 상관관계가 증명되었으며, 혈중 아연 농도 저하군과 정상군 사이에서도 평균값의 차이점이 관찰되었다. Imamoglu 등²⁷⁾의 연구에 의하면 성장호르몬, IGF-1, IGFBP-3의 합성에 아연이 기질로 작용하며, 아연 결핍 환아들에서 저하되어 있던 혈중 성장호르몬, IGF-1, IGFBP-3의 농도가 아연의 보충요법 후 각 호르몬의 혈중 농도의 증가를 보고한 바 있다. Arthur 등²⁸⁾의 연구에서는 갑상선호르몬의 합성 및 기능에 아연을 포함한 여러 가지 미량원소들이 필요하다고 보고하였다. 한편 아연의 결핍시 간장 내에서 5'-deiodinase의 활성을 촉진하여 T4에서 T3로의 전환을 촉진한다는 동물 실험도 보고된 바 있다²⁹⁾. 본 연구에서 관찰된 아연과 IGFBP-3, 유리 타이록신 사이의 연관성은 아연이 IGFBP-3 및 유리 타이록신의 합성 및 기능에 관여하기 때문으로 추정된다.

본 연구의 결과 경미한 혈중 아연 농도 감소 환아에서는 성장 장애가 관찰되지 않으며, 정확한 검사나 진단 없이 경미한 혈중 아연 농도 감소 환아나 정상아를 대상으로 무분별하게 시행되는 아연 보충 요법은 필요하지 않

음을 추정해 볼 수 있다. 향후 심각한 아연 결핍 환아나 신장 3백분위수 미만의 저신장 환아를 포함한 광범위한 자료에 대한 조사가 필요하며, 혈중 아연 농도가 감소한 군을 대상으로 아연 보충 요법 후 아연 보충 요법이 성장에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

요 약

목적 : 아연은 DNA와 RNA의 합성과 세포분열을 촉진시키므로써 성장에 영향을 주는 미량원소로서 결핍 시 성장 장애를 일으키는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 혈중 아연 농도가 성장에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

방법 : 영동세브란스병원을 방문한 283명(남 150, 여 133)의 소아를 대상으로 하였으며 대상아에서 신장, 체중, 성 성숙도를 측정하였으며, 혈액검사를 통해 아연, 알칼리성 인산분해효소(alkaline phosphatase), 인슐린양 성장인자-1 (insulin-like growth factor-1), 인슐린양 성장인자 결합단백-3 (insulin-like growth factor binding protein-3), 유리 타이록신(free thyroxine)을 측정하여 분석하였다.

결과 : 혈중 아연 농도가 감소한 군은 총 44명이었으며 평균 혈중 아연 농도는 $52.70 \pm 11.32 \mu\text{g/dL}$, 평균 연령은 10.49 ± 2.67 세, 신장 표준편차점수는 -0.16 ± 0.99 , 체중 표준편차점수는 0.16 ± 0.88 이었으며, 각 호르몬의 평균치는 알칼리성 인산분해효소 $231.89 \pm 65.84 \text{ IU/L}$, IGF-1 $222.05 \pm 126.61 \text{ ng/mL}$, IGFBP-3 $3.95 \pm 1.15 \mu\text{g/mL}$, 유리 타이록신 $1.25 \pm 0.14 \text{ ng/dL}$ 로 측정되었다. 혈중 아연 농도가 정상인 군은 총 239명이었으며 평균 혈중 아연 농도는 $109.29 \pm 37.54 \mu\text{g/dL}$, 평균 연령은 11.02 ± 2.86 세, 신장 표준편차점수는 -0.16 ± 0.97 , 체중 표준편차점수는 0.08 ± 0.93 이었으며 호르몬의 평균치는 알칼리성 인산분해효소 $218.74 \pm 84.57 \text{ IU/L}$, IGF-1 $248.53 \pm 119.22 \text{ ng/mL}$, IGFBP-3 $4.52 \pm 0.94 \mu\text{g/mL}$, 유리 타이록신 $1.31 \pm 0.17 \text{ ng/dL}$ 로 측정되었다. 두 군간의 각 측정값의 평균치를 비교한 결과 신장 표준편차점수, 체중 표준편차점수, 성 성숙도, 알칼리성 인산분해효소, IGF-1은 두 군간의 평균값에 유의한 통계학적인 차이가 없었으며, IGFBP-3, 유리 타이록신은 두 군간의 평균값에 통계학적으로 유의한 차이가 존재했다($P < 0.05$). 저신장군과 정상 신장군 간의 혈중 아연 농도의 평균값의 차이도 관찰되지 않았다. 혈중 아연 농도와 각 측정값과의 상관관계 역시 신장 표준편차점수, 체중 표준편차점수, 성 성숙도, 알칼리성 인산분해효소, IGF-1에서는 특별한 상

관관계가 나타나지 않았다. 다만 IGFBP-3, 유리 타이록신은 혈중 아연 농도와 통계학적으로 유의한 상관관계가 관찰되었다($P < 0.05$).

결론 : 혈중 아연 농도의 차이에 따른 신장 및 체중, 호르몬들의 평균값의 차이는 나타나지 않았으며, 혈중 아연 농도와 신장 및 체중 사이에서도 특별한 상관관계는 관찰되지 않았다. 하지만 본 연구에서 심각한 아연 결핍 환자가 배제되었음을 고려할 때 비교적 심하지 않은 아연 결핍시에는 성장에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 추정된다.

참 고 문 헌

- 1) Brown KH. Zinc and child growth. *Int J Epidemiol* 2003;32:1103-4.
- 2) Nishi Y. Zinc and growth. *J Am Coll Nutr* 1996;15:340-4.
- 3) Prasad AS, Mantzoros CS, Beck FW, Hess JW, Brewer GJ. Zinc status and serum testosterone levels of healthy adults. *Nutrition* 1996;12:344-8.
- 4) Castro-Magana M, Collipp PJ, Chen SY, Cheruvanky T, Maddaiah VT. Zinc nutritional status, androgens, and growth retardation. *Am J Dis Child* 1981;135:322-5.
- 5) Solomons NW, Rosenfield RL, Jacob RA, Sandstead HH. Growth retardation and zinc nutrition. *Pediatr Res* 1976;10:923-7.
- 6) Martorell R. Benefits of zinc supplementation for child growth. *Am J Clin Nutr* 2002;75:957-8.
- 7) Doherty CP, Crofton PM, Sarkar MA, Shakur MS, Wade JC, Kelnar CJ, 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.
- 8) Brown KH, Peerson JM, Rivera J, Allen LH. Effect of supplemental zinc on the growth and serum zinc concentrations of prepubertal children: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2002;75:1062-71.
- 9) Prasad AS. Zinc in growth and development and spectrum of human zinc deficiency. *J Am Coll Nutr* 1998;7:377-84.
- 10) Ploysangam A, Falciglia GA, Brehm BJ. Effect of marginal zinc deficiency on human growth and development. *J Trop Pediatr* 1997;43:192-8.
- 11) Prasad AS. Zinc deficiency in women, infants and children. *J Am Coll Nutr* 1996;15:113-20.
- 12) Carlos CD, Gerardo W. Zinc Supplementation and Growth of the Fetus and Low Birth Weight Infant.

- J Nutr 2003;133:1494-7.
- 13) Sandstead HH. Zinc deficiency. A public health problem. *Am J Dis Child* 1991;145:853-9.
 - 14) Favier AE. Hormonal effects of zinc on growth in children. *Biol Trace Elem Res* 1992;32:383-98.
 - 15) Fons C, Brun JF, Fussellier M, Cassanas G, Bardet L, Orsetti A. Serum zinc and somatic growth in children with growth retardation. *Biol Trace Elem Res* 1992;32:399-404.
 - 16) Neve J. Clinical implications of trace elements in endocrinology. *Biol Trace Elem Res* 1992;32:173-85.
 - 17) Wagner PA, Bailey LB, Christakis GJ, Dinning JS. Serum zinc concentrations in adolescents as related to sexual maturation. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985;39:459-62.
 - 18) Thompson P, Roseborough R, Russek E, Jacobson M, Moser PB. Zinc status and sexual development in adolescent girls. *J Am Diet Assoc* 1986;86:892-7.
 - 19) Laitinen R, Vuori E, Dahlstrom S, Akerblom HK. Zinc, copper and growth status in children and adolescents. *Pediatr Res* 1989;25:323-6.
 - 20) Butrimovitz GP, Purdy WC. Zinc nutrition and growth in a childhood population *Am J Clin Nutr* 1978;31:1409-12.
 - 21) Golub MS, Keen CL, Gershwin ME, Hendrick AG. Developmental zinc deficiency and behavior. *J Nutr* 1995;125:2263-71.
 - 22) Black MM. The evidence linking zinc deficiency with children's cognitive and motor functioning. *J Nutr* 2003;133:1473-6.
 - 23) Sunderman FW Jr. Current status of zinc deficiency in the pathogenesis of neurological, dermatological and musculoskeletal disorders. *Ann Clin Lab Sci* 1975;5:132-45.
 - 24) Carlos CD, Garcia H, Venegas P, Torrealba I, Panteon E, Concha N, et al. Zinc supplementation increases growth velocity of male children and adolescents with short stature. *Acta Paediatr* 1994;83:833-7.
 - 25) Perrone L, Salerno M, Gialanella G, Feng SL, Moro R, Boccia E, et al. Long-term zinc and iron supplementation in children of short stature: effect of growth and on trace element content in tissues. *J Trace Elem Med Biol* 1999;13:51-6.
 - 26) Richards GE, Marshall RN. The effect of growth hormone treatment alone or growth hormone with supplemental zinc on growth rate, serum, and urine zinc and copper concentrations and hair zinc concentration in patients with growth hormone deficiency. *J Am Coll Nutr* 1983;2:133-40.
 - 27) Imamoglu S, Bereket A, Turan S, Taga Y, Haklar G. Effect of zinc supplementation on growth hormone secretion, IGF-I, IGFBP-3, somatomedin generation, alkaline phosphatase, osteocalcin and growth in prepubertal children with idiopathic short stature. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2005;18:69-74.
 - 28) Arthur JR, Beckett GJ. Thyroid function. *Br Med Bull* 1999;55:658-68.
 - 29) Pavia M Jr, Paier B, Haqmuller K, Zaninovich AA. Zinc inhibits the in vitro conversion of thyroxine to triiodothyronine in brown adipose tissue. *Medicina* 1999;59:265-8.
 - 30) Purandare A, Co NL, Godil M, Ahnn SH, Wilson TA. Effect of hypothyroidism and its treatment on the IGF system in infants and children. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2003;16:35-42.