

## 철분의 구강투여가 철분부족 아동의 혈중철분지표 및 적혈구, 소변, 머리카락의 납과 카드뮴 수준변화에 미치는 영향

손숙미·정혜영

가톨릭대학교 식품영양학과

The Effect of Iron Supplementation on the Hematological Iron Status  
and Pb and Cd Levels in Erythrocyte, Hair and Urine of Subjects  
with Suboptimal Iron Status

Son, Sook Mee<sup>1</sup> · Jung, Hye Young

Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea,  
Puchon 422-743, Korea

### ABSTRACT

The effect of oral iron supplementation was assessed on blood iron levels and Pb and Cd levels in erythrocytes, hair and urine of 101 Puchon 5th grade school children with suboptimal iron status. Treatment with 25mg of elemental iron per day for 8weeks resulted in a significant increase in the intake of most nutrients in addition to iron. Iron supplementation resulted in significant improvements in hemoglobin, MCV, MCH, MCHC, serum ferritin, serum iron, TIBC, and transferrin saturation of subjects( $p<0.05$  -  $p<0.01$ ) and cocomitantly lowered Pb and Cd levels in erythrocytes, hair, and urine( $p<0.01$ ). Regression analysis showed that only iron intake contributed to significant increases in hemoglobin and serum ferritin. It seems that 25mg of iron supplementation is safe and adequate to improve iron status in school children with suboptimal iron status and it also has the benefit of alleviating Pb and Cd status. (Korean J Nutrition 31(7) : 1165~1173, 1998)

KEY WORDS : iron supplementation · school children · iron ststus · pb and Cd status.

### 서 론

학동기는 일생을 통하여 신체적·정신적인 발육이 왕성하게 일어나는 시기로서 이시기의 좋은 영양공급은 일생의 성장발육의 기초가 된다<sup>1)</sup>.

우리나라의 경우 경제발전과 소득증가로 인해 학동기 어린이들의 영양상태가 상당히 개선되었다고 하나 저소득층 학동기 어린이들의 경우 부모들이 대부분 맞벌이로 일을 나간 후 방치되는 경우가 많고 부모의 배려 부족으로 영양부족이 되기 쉽다<sup>2)</sup>. 학동기 아동의 경우

책임일 : 1998년 9월 8일

적혈구 형성과 체조직 성장에 필요한 철분의 필요량은 증가하나 철분섭취나 흡수부족으로 필요량을 채우지 못할 때 빈혈이 발생하게된다.

우리나라의 경우 저소득층 학동기 어린이들의 11.7~16.3%가 영양성 빈혈을 보였고<sup>2)</sup> 철분의 섭취량이 RDA의 40.6%~63.0%로 매우 낮았다고 보고되었다<sup>3)</sup>. 철분부족 어린이의 경우 창백한 피부, 기력 감퇴, 식욕부진, 의욕감퇴 등을 초래할수 있고<sup>4)</sup> 집중력 저하 등의 행동장애를 가져올수 있으며<sup>5)</sup> 납(Pb)과 카드뮴(Cd) 흡수가 증가되어<sup>6,7)</sup> Pb, Cd중독에 쉽게 노출될 수 있다. Pb, Cd에 중독되면 식욕감퇴, 체중감소, 철결핍성 빈혈 등의 생리학적 변화를 초래할뿐아니라<sup>8,9)</sup> 행동과

학습능력에도 영향을 끼친다고 보고되었다<sup>10)</sup>. 본 조사 연구 지역인 부천시 약대동의 경우 공장이 밀집되어 있는 곳으로서 주변에 납, 카드뮴의 중독을 일으킬수 있는 밧데리 공장, 폴리비닐크로라이드 공장, 전기제품의 도금·합금 공장등이 있어 아동들이 쉽게 납, 카드뮴에 노출될수 있으며 실제로 우리나라 공장지대 저소득층 학동기 어린이들의 경우 철분부족은 정상군어린이에 비해 Pb, Cd수준이 높았다고 보고되었다<sup>11)</sup>. 여태까지 학동기 어린이들의 철분영양상태에 관한 연구는 많이 있으나 철분부족 어린이들에게 철분영양제를 투여하여 철분영양상태와 동시에 Pb, Cd 수준을 개선하고자 한 연구는 드물다. 그러므로 본 연구에서는 철분부족으로 판명된 어린이 101명에게<sup>3)</sup> 철분을 1일 25mg 씩 8주간 투여하여 철분의 투여가 철분지표의 개선에 미치는 영향을 보는것과 동시에 철분부족 어린이들의 적혈구, 머리카락, 소변의 Pb, Cd수준을 완화시키는지 살펴보았다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

본연구는 부천시의 공장밀집지역에 위치한 초등학교 5학년 어린이 261명을 대상으로 1차 영양조사를 실시한 뒤 철분지표인 serum ferritin <20ng/ml 혹은 Hb <12g/dl 혹은 Hct <36% 혹은 TIBC>360mg/dl 혹은 FEP ≥70mg/dl<sub>RBC</sub>을 기준으로 철분결핍 혹은 철분부족으로 판정된 어린이 101명을 대상으로 하였다<sup>3)</sup>. 연구대상가구의 월수입은 157만원으로서 도시가계연보<sup>12)</sup>에 보고된 도시 근로자가구의 평균 월수입 170만원에 비해 낮은 저소득층이었다.

### 2. 철분의 투여 및 기간

어린이들에게 철분을 투여하는 양과 방법에는 여러 가지가 있으나 일반적으로 알약 타입인 철분제제는 소화기 장애를 잘 일으키므로 비교적 소화기 장애가 적다고 알려진 시럽제제(Ferrimond, Kunwha pharm Co. LTD)를 연구자가 매일 오전 8시 30분~9시 30분 사이에 구강으로 2개월간 직접 투여하였다.

철분투여의 적정량은 철분결핍의 정도, 기간에 따라 다르나 철분결핍빈혈 성인환자에게 하루에 200mg의 철분을 공급하는 것이 최적의 양이라고 보고 되었다<sup>13)</sup>. 너무 많은 양을 투여할 경우 구토나 식도, 위의 통증, 설사 등의 소화기 장애와 더불어<sup>13)</sup> 혼하진 않으나 혈액색소침착증<sup>14)</sup> 암 발생유발<sup>15)</sup> 등의 위험을 가져올수 있다고 보고 되었다. 빈혈어린이들의 경우 하루에 30mg 을 권하나<sup>16)</sup> Chwang등은 하루에 10mg/kg의 황산 철

분을 인도네시아의 10.5세 어린이들에게 12주동안 공급하였을때도(35kg 아동기준으로 할 때 하루에 70mg의 elemental 철분공급) 독성현상이 나타나지 않았다고 보고하였다<sup>17)</sup>.

본 연구에서는 대상이 철분결핍빈혈보다는 철분부족 상태(suboptimal level)의 어린이를 대상으로 하였고 우리나라 어린이들의 철분 권장량이 10~12세 남자어린이가 12mg, 여자어린이가 18mg임을 감안할 때<sup>18)</sup> 치료를 위한 양으로는 비교적 낮은 양인 25mg의 elemental 철분을 공급하였다.

투여기간은 1995년 3월부터 시작하여 전체 적혈구의 약 절반이 replace 되는 기간인 8주간이었으며 110명의 대상자중 투여 종료일까지 계속 참여한자는 101명으로서 91.8%의 참여율을 보였다.

## 3. 조사내용 및 방법

### 1) 영양소 섭취량 조사

2개월의 철분투여기간이 시작전 3일과 종료전 3일간의 식품섭취량을 아침·저녁은 24시간 회상법으로, 점심은 weighing방법을 병행하여 3일간의 식품 섭취량을 조사하였으며 이것을 바탕으로 영양진단 프로그램(현민 시스템)을 사용하여 1일 평균 영양소 섭취량을 계산하였다.

### 2) 생화학적 분석

#### (1) 철분 지표

철분 투여가 끝난 다음날 아침 공복시에 정맥혈로부터 혈액을 채취하였으며 일부는 일반혈액분석을 위해서 EDTA처리된 tube로 옮겨졌고 일부는 6000rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 얻었다. 혈액중의 혈색소 농도(Hb), 해마토크리크치(Hct), 평균적혈구 혈색소(MCHC)등은 혈액자동분석기(Sysmex, E2500, Japan)를 사용하여 분석하였고 적혈구수는 electronic counter(Coulter STKS : USA)로 측정하였다.

혈청철분(serum iron)은 ferrozine을 사용하는 방법으로 측정했으며<sup>19)</sup> TIBC의 경우 tris-ascorbate buffer를 써서 incubate시킨다음 혈청철분과 같은 방법으로 측정하였다<sup>20)</sup>. 혈청페리틴(serum ferritin)은 <sup>125</sup>I IRMA Kit(Instar 1995)를 사용하여 two side immunoradiometric assay에 의해 측정하였다<sup>21)</sup>. Free erythrocyte protoporphyrin(FEP)은 ethylacetate : acetate(4 : 1)용액을 사용하여 처리한후 spectrofluorometer(Kontron, SF-25, 1988)로 측정하였다<sup>22-24)</sup>.

### (2) 적혈구, 머리카락, 소변에서의 Pb, Cd의 측정

전혈을 원심분리해서 얻은 적혈구 3.5g을 취해 50℃ 건조기에서 24시간 말린다음 이를 100ml 웰달플라스크에 담고 진한 질산 : 진한황산을 5 : 2의 비율로 섞은 용액을 10ml가한후 웰달분해장치에서 가열하면서 1ml 정도가 될 때까지 농축하였다. 다시 70% perchloric acid 2ml를 가한다음 이 용액이 무색이나 연한 녹색이 될 때 까지 1~2ml로 농축하여 10ml volumetric flask에 눈금선까지 증류수로 희석하였고 이것을 원액으로하여 중금속 측정에 이용하였다<sup>25)</sup>.

소변의 경우 소변8ml를 4000rpm, 5℃에서 10분간 원심분리하여 상층액만 취한후 진한염산을 사용해 PH3~4로 조절하였다. 이 용액을 60℃에서 15분간 방치하고 그후 탈이온 증류수로 ½로 희석한다음 분석에 사용하였다.

머리카락의 경우에는 공기중에 노출로 인한 오염을 최소화하기 위해 두피에서 약 2cm의 머리카락을 채취하였으며 채취한 0.5g의 머리카락을 온수에서 baby shampoo로 잘 세척시킨후 absolute alcohol에 5분정도 담궜다가 꺼내 1mole의 EDTA용액속에 10분간 방치하고 유리막대로 저어준후 탈이온 증류수로 5번정도 씻어 50℃온풍 건조기에서 하룻밤동안 말려 사용하였다<sup>26)</sup>. 전처리 과정을 끝낸 머리카락을 autobalance에서 정확히 0.25g을 취해 100ml 웰달플라스크에 담고 10ml의 진한 질산을 가한후 웰달분해장치에서 가열하면서 ½정도 까지 농축하였다. 그후 다시 2ml의 perchloric acid를 가해 무색이나 연한 녹색이 될 때까지 1~2ml로 농축한 다음 10ml의 volumetric flask에 눈금선까지 증류수로 희석한 이것을 원액으로 중금속 측정에 이용하였다<sup>27)</sup>.

이때 사용된 모든 실험기구는 10% 질산용액에 48시간 담가둔 후 탈 이온증류수로 3번이상 행구어 사용하였다. 중금속 측정은 ICPQ(Inductively Compelled Plasma Quantorecorder, Jobin Yvan JY 24, 1992)로 세번 측정하여 평균값을 사용하였다. Pb와 Cd 함량 측정을 위해 사용한 ICPQ의 조건은 Table 1과 같다.

### (3) 통계처리

각 군에서의 영양소섭취량, 혈액학적 검사치등은 mean±SD로 표시하였고 철분투여전 측정된 parameter와 2개월간의 철분투여후에 측정된 parameter의 유의차 검증은 paired t-test를 사용하였다.

각 영양소 섭취량이 철분투여후의 혈액학적 parameter에 미치는 영향을 알아보기 위하여 다중회귀분석을 사용하였으며 모든 통계처리는 SAS(statistical an-

Table 1. Analytical conditions of ICPQ for the analysis of lead and cadmium contents

	Lead	Cadmium
Wave Length(nm)	220.353	214.438
Nebulizer flow(l/min)	0.3	0.3
Plasma flow(l/min)	12	12
Sample flow(ml/min)	1.2	1.2
Rf generator power(watt)	1000	1000
Observation height(cm)	64	64
H.V.(V)	800	625
Mode	5	5
Time(Sec)	2	2
Gas	Argon gas	Argon gas

alysis system) program package을 사용하여 처리하였고 유의 수준은  $\alpha=0.05$ ,  $\alpha=0.01$ 로 하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 철분투여후의 영양소 섭취량의 변화

철분투여전에 조사된 영양소 섭취량의 경우 모든 영양소들의 섭취량이 영양권장량에 크게 미달되었다. 철분 섭취율이 남아의 경우 하루에 7.0mg으로서 RDA의 58.6%, 여아의 경우 6.5mg으로서 RDA의 36.1%로 특히 여아의 경우에 낮았다. 그밖에도 남아의 경우 비타민A, 칼슘이 각각 RDA의 45.5%, 44.1%로 낮았고 여아의 경우 비타민A, 칼슘이 각각 RDA의 40.8%, 36.8%로 낮았다(Table 2).

전체 대상자의 경우 철분투여후에 철분의 섭취량뿐 아니라 에너지, 탄수화물, 단백질, 지방, 비타민B group, 칼슘등 다른 영양소의 섭취량도 유의적으로 증가하였다( $p<0.05 \sim p<0.01$ ). 특히 여아가 남아에 비해 유의적으로 증가한 영양소가 많았다. 여아의 경우 단백질, 티아민, 나이아신, 아스코르브산등이 RDA의 20%이상씩 각각 증가하였으며 남아의 경우에는 티아민, 나이아신등이 RDA의 20%이상씩 각각 증가하였다 (Table 2).

철분 투여후에 다른 영양소 섭취량이 유의하게 증가한 것은 철분의 투여로 인한 식욕의 증가 때문으로 보인다<sup>17)</sup>. 실제로 철분부족어린이의 주요 증상이 식욕부진 및 의욕 감퇴인것<sup>4)</sup>을 생각할 때 철분의 투여로 인해 식욕이 회복된 것을 생각해 볼수 있다.

철분투여후의 각 끼니당 영양소 섭취비율을 보면 (Table 3) 특히 저녁에 에너지, 당질, 단백질 등의 다량 영양소와 나이아신, 아스코르브산, 칼슘, 인, 철분의 섭취량이 늘어났으며 간식에서도 당질, 나이아신, 아스코르브산 등의 섭취량이 유의하게 증가되었다. 학동기

Table 2. Mean daily nutrition intake of subject before and after iron treatment

Nutrient	Male (N=61)		Female (N=40)		All subject (N=101)	
	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment
Energy (kcal)	1440.0 ± 399.2 <sup>1)</sup> (65.5)	1615.4 ± 486.9* (73.4)	1194.2 ± 322.3 (62.9)	1514.4 ± 356.6** (79.8)	1325.5 ± 383.3 <sup>1)</sup> (79.8)	1568.4 ± 431.2**
Carbohydrate (g)	238.4 ± 69.1	255.7 ± 76.5	193.7 ± 51.3	238.3 ± 61.1**	217.5 ± 65.0	247.6 ± 69.8**
Protein (g)	47.2 ± 11.9 (78.7)	61.1 ± 21.1** (101.82)	45.0 ± 15.0 (75.0)	59.1 ± 18.7** (98.5)	46.2 ± 13.4	60.2 ± 19.9**
Fat (g)	34.1 ± 15.3	40.3 ± 19.1	28.6 ± 11.8	38.0 ± 14.5*	31.5 ± 14.0	39.2 ± 17.1**
Vitamin A (R.E)	273.1 ± 453.0 (45.5)	301.9 ± 440.7 (50.3)	244.7 ± 289.9 (40.8)	224.6 ± 140.5 (37.4)	259.9 ± 383.5	265.9 ± 336.3
Thiamin (mg)	0.67 ± 0.24 (60.9)	0.87 ± 0.50* (79.1)	0.56 ± 0.18 (56.0)	0.77 ± 0.28* (77.0)	0.62 ± 0.22	0.82 ± 0.41**
Riboflavin (mg)	0.70 ± 0.28 (53.8)	0.89 ± 0.51* (68.5)	0.63 ± 0.30 (52.5)	0.77 ± 0.25* (64.2)	0.67 ± 0.29	0.83 ± 0.41**
Niacin (mg)	8.60 ± 4.22 (61.4)	12.83 ± 6.29* (91.6)	7.45 ± 4.87 (57.3)	12.67 ± 4.25** (97.5)	8.06 ± 4.54	12.76 ± 5.40**
Ascorbic acid (mg)	40.9 ± 29.7 (81.8)	40.1 ± 24.5 (80.2)	31.1 ± 17.8 (62.1)	44.8 ± 30.3* (89.5)	36.3 ± 25.2	42.3 ± 27.3
Calcium (mg)	353.2 ± 221.9 (44.1)	404.5 ± 224.8 (50.6)	294.5 ± 135.0 (36.8)	366.5 ± 155.7* (45.8)	325.9 ± 187.6	386.8 ± 195.3*
Phosphorus (mg)	533.5 ± 217.3 (66.7)	683.2 ± 353.7* (85.4)	497.9 ± 191.1 (62.2)	667.1 ± 282.2* (83.4)	516.9 ± 204.9	675.7 ± 320.3**
Iron (mg)	7.0 ± 3.5 (58.6)	34.7 ± 7.3** (288.9)	6.5 ± 2.3 (36.1)	34.8 ± 4.6** (193.2)	6.8 ± 3.0	34.7 ± 6.1** <sup>2)</sup>

1) Values are Mean ± SD   \* : p<0.05   \*\* : p<0.01 with paired t-test  
 Amount of iron intake after treatment is containing iron supplement.  
 ( ) : Percentage of the RDAs

**Table 3.** Contribution of each meal to the daily intake of nutrient before and after treatment

	Breakfast (%)		Lunch (%)		Dinner (%)		Snack (%)	
	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment
Energy	19.00±1.053 <sup>1)</sup>	18.45±8.07	38.91±11.59	38.37±10.34	25.24±11.00	29.79±8.77**	16.72±13.48	13.76±12.02
Carbohydrate	19.98±12.07	19.78±8.42	38.65±11.23	37.91±8.87	24.71±11.10	29.52±8.05**	16.62±13.12	12.88±11.34*
Protein	18.91±10.28	19.47±9.88	41.52±12.73	39.48±11.89	36.28±11.63	31.16±10.91*	13.32±13.07	9.71±8.73
Fat	15.91±11.38	15.01±9.27	40.82±18.21	39.24±17.81	24.40±14.91	28.23±15.47	18.93±17.52	17.94±16.80
Vitamin A	19.24±15.37	19.90±8.56	35.11±16.21	35.27±9.79	24.83±14.30	30.28±11.27	20.82±18.23	14.65±14.37
Thiamin	18.93±17.44	17.99±14.35	35.22±20.51	39.07±17.43	25.83±19.23	27.36±15.73	19.65±24.44	15.60±18.58
Riboflavin	17.90±15.73	19.91±10.85	38.24±12.89	39.87±13.21	29.72±14.48	30.54±12.08	14.14±16.34	9.68±17.63
Niacin	20.27±14.45	19.48±10.96	38.57±15.25	40.77±11.20	26.85±13.79	31.64±12.69**	14.31±16.38	8.11±9.76**
Ascorbic acid	19.65±15.66	20.73±14.23	36.33±19.44	35.34±18.53	21.85±15.83	28.74±14.13**	22.77±23.04	15.63±20.30*
Calcium	20.99±12.93	19.50±11.41	32.28±12.53	30.37±12.54	22.57±18.38	29.92±13.01*	24.16±21.16	20.22±19.29
Phosphorus	16.43±11.32	17.82±10.97	38.80±16.23	36.68±14.35	23.44±13.10	29.59±13.15*	21.34±17.34	16.70±15.09
Iron	20.26±13.18	15.24±7.49	38.57±12.90	36.25±3.57	27.16±13.33	38.96±4.28**	13.82±12.53	9.55±12.14

1) values are Mean±SD    \* : p&lt;0.05    \*\* : p&lt;0.01    with paired t-test.

**Table 4.** Changes of hematologic parameters of subjects after iron treatment

Parameters	Male (N=61)		Female (N=40)		All subject (N=101)	
	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment
RBC ( $\times 10^6/\text{mm}^3$ )	4.6 ± 0.4 <sup>1)</sup>	4.6 ± 0.3	4.6 ± 0.5	4.6 ± 0.3	4.6 ± 0.4 <sup>1)</sup>	4.6 ± 0.3
HCT (%)	39.4 ± 3.0	38.9 ± 2.2	39.4 ± 3.9	39.2 ± 2.2	39.4 ± 3.3	39.0 ± 2.2
Hb(g/dl)	12.6 ± 1.0	13.6 ± 0.7**	12.7 ± 1.2	13.7 ± 0.8**	12.7 ± 1.1	13.7 ± 0.8**
MCV (fl)	84.2 ± 2.7	85.9 ± 2.9**	84.8 ± 3.0	85.9 ± 3.1*	84.5 ± 3.0	85.2 ± 2.9**
MCH (pg)	27.6 ± 1.1	29.7 ± 1.8**	27.8 ± 1.3	29.9 ± 1.4**	27.7 ± 1.2	29.7 ± 1.6**
MCHC (g/l)	32.2 ± 0.7	35.0 ± 1.1**	32.5 ± 0.8	35.1 ± 0.9**	32.3 ± 0.8	35.1 ± 1.0**
Ferritin (ng/ml)	26.6 ± 12.6	56.9 ± 27.2**	20.7 ± 14.3	47.5 ± 18.5**	24.1 ± 13.6	53.0 ± 24.4**
FEP (μg/dl <sub>rac</sub> )	37.0 ± 19.5	17.1 ± 7.1**	45.2 ± 19.9	24.0 ± 12.1**	40.2 ± 20.0	20.0 ± 10.1**
Serum Iron (μg/dl)	90.6 ± 34.5	188.9 ± 64.7**	99.7 ± 39.4	194.6 ± 69.4**	94.4 ± 36.7	191.2 ± 66.3**
TIBC (μg/dl)	268.4 ± 71.2	389.0 ± 96.0**	269.3 ± 65.6	408.8 ± 90.5**	268.8 ± 68.6	397.0 ± 93.8**
Transferrin saturation (%)	35.3 ± 13.1	49.1 ± 13.9**	38.7 ± 16.1	46.8 ± 11.1*	36.7 ± 14.4	48.2 ± 12.8**
FEP/Hb	3.0 ± 2.2	1.3 ± 0.5**	3.7 ± 2.0	1.8 ± 0.9**	3.3 ± 2.2	1.5 ± 0.7**

1) values are Mean±SD    \* : p&lt;0.05    \*\* : p&lt;0.01    with paired t-test.

아동에 있어 철분의 투여는 철분영양상태만 개선시키는 것이 아니라 다른 영양소 섭취량도 늘림으로써 아동의 전체적인 영양개선에도 도움이 되는 것처럼 보인다.

## 2. 철분 투여에 따른 철분 지표의 변화

철분투여후의 철분지표의 변화는 Table 4와 같다.

남·녀 아동에 있어 적혈구수와 Hct를 제외하고는 다른 모든 철분지표에 있어 유의적으로 변화를 보여 철분 영양상태가 개선된 것으로 나타났다.

철분 고갈의 indicator로 사용되는 serum ferritin치가 20ng/ml미만을 보인 아동은 투여전 33명(32.7%)에서 2명(2.0%)으로 감소하였으며 철분 결핍 빈혈로 간주되는 Hb 12g/dl미만<sup>20)</sup>을 보인 아동이 철분 투여전에는 21명(20.8%)이었으나 투여후 한명도 발견되지 않았다.

철분 결핍빈혈을 가진 성인에게 하루에 200mg의 elemental 철분을 공급하는데 보통 1주일에 2g/dl증가하고 3주에 3g/dl이상 증가하면 투여량이 충분한 것으로 간주한다<sup>19)</sup>. Borch-Johnson 등<sup>20)</sup>은 철분이 고갈된 가임 여성에게 하루에 18~20mg의 낮은 철분 공급이 약 90%의 철분고갈 여성에게 있어서 철분지표인 serum ferritin을 향상시켰다고 하여 낮은 철분 투여량으로도 높은 철분 투여량을 대신할 수 있다고 보고 하였다.

본 연구에서는 8주에 Hb가 약 1g/dl 증가 하였는데 이는 투여전의 대상의 Hb가 아주 낮지 않았기 때문에 보이며 평균 Hb농도가 1g/dl 증가하였음에도 불구하고 투여후 Hb 12g/dl 미만이 한명도 발견되지 않았으며 serum ferritin치 20ng/ml 미만을 보인 학생도 2명

으로 감소하여 본 연구에서 투여한 25mg의 elemental 철분의 공급은 철분 영양상태의 개선에 충분한 것으로 생각된다.

본 연구에서는 철분 투여후 거의 모든 철분지표에 유의적 증가를 보였으나 본연구에서 철분의 섭취량 뿐 아니라 철분의 bioavailability나 Hb 등의 합성에 관여하는 다른 영양소 즉 에너지, 단백질, 아스코르브산, 칼슘 등의 영양소 섭취량도 증가했으므로 본 연구에서 철분지표의 개선이 철분만의 보충효과인지 철분의 bioavailability에 영향을 주는 다른 영양소의 증가가 같이 작용했는지 알아보기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다. 다중회귀분석 결과 에너지, 단백질, 아스코르브산, 칼슘, 철분의 섭취는 Hb 변화의 54.9%를 설명할 수 있었으며 각 영양소중 Hb증가에 유의적인 영향을 끼친 것은 철분투여에 따른 철분 섭취량 증가 뿐이었다( $p<0.0001$ ) (Table 5). Serum ferritin의 경우에도 Hb와 마찬가지로 철분의 섭취량만이 serum ferritin의 변화에 유의적인 영향을 끼친 것으로( $p<0.0001$ ) 나타났다(Table 6).

## 3. 철분투여후의 적혈구, 소변, 머리카락 속의 중금속 함량의 변화

### 1) 철분 투여후의 적혈구, 소변, 머리카락 속의 Pb 함량의 변화

Table 7은 철분 투여전후의 적혈구, 소변, 머리카락의 Pb함량의 변화를 본것이다. 대상아동의 적혈구, 소변, 머리카락의 평균 Pb함량은 유의적인 감소를 보였다( $p<0.01$ ). Suzuki와 Yoshida<sup>20)</sup>등은 쥐에게 철분

**Table 5.** The effect of Energy, protein, ascorbic acid, calcium and iron intake on hemoglobin with regression analysis

Model : Model 1

NOTE : NO intercept in model. R-square is redefined.

Dependent variable : DHB

Analysis of variance

Source	DF	Sum of		Mean Square	F value	Prob>F
		Squares				
Model	5	49.93885		9.98777	15.103	0.0001
Error	62	41.00115		0.66131		
U Total	67	90.94000				
	Root MSE	0.81321		R-square		0.5491
	Dep mean	0.87164		Adj R-sq		0.5128
	C.V.	93.29624				

Parameter estimates

Variable	DF	Parameter	Standard	T for H0 :	Prob>   T
		Estimate	Error	Parameter=0	
D Kcal	1	0.000259	0.00040014	0.648	0.5196
D protein	1	-0.005972	0.00875257	-0.682	0.4976
DVT.C	1	-0.000323	0.00319173	-0.101	0.9198
D Ca	1	0.000080445	0.00065378	0.123	0.9025
D Fe	1	0.030974	0.00480897	6.441	0.0001***

**Table 6.** The effect of Energy, protein, ascorbic acid, calcium and iron intake on serum ferritin with regression analysis

Model : Model 1

NOTE : NO intercept in model. R-square is redefined.

Dependent variable : DFERR

Analysis of variance

Soucre	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Prob>F
Model	5	44328.14851	8865.62970	37.662	0.0001
Error	62	14594.85149	235.40083		
U Total	67	58923.00000			
Root MSE		15.34278	R-square		0.7523
Dep mean		25.60000	Adj R-sq		0.7323
C.V.		59.93273			

  

Parameter estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0 : Parameter=0	Prob>   T
D Kcal	1	0.000566	0.00767673	0.074	0.9414
D protein	1	-0.300805	0.16912011	-1.779	0.0802
DVT.C	1	-0.003319	0.06392521	-0.052	0.9588
D Ca	1	0.005862	0.01218975	0.481	0.6323
D Fe	1	1.037486	0.09190273	11.289	0.0001***

**Table 7.** Changes of Pb levels in RBC, urine and hair after iron treatment

	Before treatment (N=101)	After treatment (N=101)
RBC( $\mu\text{g/g}$ )	0.14 $\pm$ 0.03 <sup>1)</sup>	0.06 $\pm$ 0.02**
Urine( $\mu\text{g/l}$ )	48.1 $\pm$ 0.01	18.2 $\pm$ 0.01**
Hair( $\mu\text{g/g}$ )	10.03 $\pm$ 4.87	2.42 $\pm$ 1.48**

1) Values are Mean $\pm$ SD\*\* :  $p < 0.01$  with paired t-test

보충을 한 결과 납 중독으로 인한 빈혈, 성장부진등을 감소시켰다고 보고하였다. 철분 결핍시에는 납의 흡수율이 높아짐에 따라 납의 체내 보유량이 증가되며 이때 납의 체내 보유량은 납의 흡수율에 영향을 주는 feedback mechanism이 없으므로 철분이 결핍된 동물은 납 중독에 걸리기 쉽다<sup>31)</sup>. 철분의 투여시에는 체조직의 납수준이 저하되는데 이는 철분이 장점막 세포의 단백질에 있는 비슷한 binding site를 두고 Pb과 경쟁함으로써 소장에서의 Pb의 흡수 및 보유를 저해하기 때문으로 보인다<sup>32)</sup>.

특히 소변의 Pb농도의 경우 철분을 투여하기 전에는 48.1 $\mu\text{g/l}$ 로서 정상범위인 20~65 $\mu\text{g/l}$ <sup>33)</sup>의 upper limit에 속했으며 정상뇨의 평균 Pb농도인 35 $\mu\text{g/l}$ <sup>33)</sup>을 초과하는 아동이 87명이었으나 철분 투여후에는 평균 소변의 Pb농도가 18.2 $\mu\text{g/l}$ 로서 정상이하로 감소하였으며 35 $\mu\text{g/l}$ 을 초과하는 아동이 발견되지 않았다.

머리카락의 Pb 함량은 철분투여전에 10.03 $\mu\text{g/g}$ 이었다가 철분투여후 2.42 $\mu\text{g/g}$ 으로 낮아져서 정상아동의

**Table 8.** Changes of Cd levels in RBC, urine and hair after iron treatment

	Before treatment (N=101)	After treatment (N=101)
RBC( $\mu\text{g/g}$ )	0.25 $\pm$ 0.05 <sup>1)</sup>	0.17 $\pm$ 0.02**
Urine( $\mu\text{g/l}$ )	38.9 $\pm$ 0.002	19.6 $\pm$ 0.001**
Hair( $\mu\text{g/g}$ )	2.65 $\pm$ 0.23	2.32 $\pm$ 0.07**

1) Values are Mean $\pm$ SD\*\* :  $p < 0.01$  with paired t-test

머리카락 Pb농도로 보고된 6.08 $\mu\text{g/g}$ 보다 낮아졌으며<sup>11)</sup> 머리 카락의 정상 Pb농도 범위로 알려진 2~95 $\mu\text{g/g}$ <sup>34)</sup>의 low limit에 가까워졌다.

## 2) 철분 투여후의 적혈구, 소변, 머리카락속의 Cd함량의 변화

철분투여후의 적혈구, 소변, 머리카락의 Cd농도가 각각 0.25 $\mu\text{g/g}$ 에서 0.17 $\mu\text{g/g}$ 으로, 38.9 $\mu\text{g/l}$ 에서 19.6 $\mu\text{g/l}$ 으로, 2.65 $\mu\text{g/g}$ 에서 2.32 $\mu\text{g/g}$ 으로 유의하게 감소되었으며( $p < 0.01$ ) 특히 소변의 Cd의 경우 투여전의 50.4%로 감소하여 감소폭이 가장 커졌다(Table 8). Cd의 경우에도 Pb와 마찬가지로 철분의 투여에 의해 흡수율이 저하되는 것으로 보고 되었다<sup>35)</sup>. 소변의 Cd의 정상 범위는 1~42 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고되었으며 Cadmium oxide에 노출된 경험이 있는 근로자의 대부분이 40~100 $\mu\text{g/l}$ 의 값을 보였다고 보고되었다<sup>34)</sup>. 본 연구에서의 투여전 대상자의 소변의 Cd농도는 38.9 $\mu\text{g/l}$ 로서 정상범위의 upper limit에 가까웠으나 투여후에는 19.6 $\mu\text{g/l}$ 로서 정

상범위의 low limit에 가까워졌다. 전체적으로 철분 투여후의 체내 Cd농도의 감소 폭은 Pb농도의 감소폭에 비해 떨어졌으며 특히 머리카락의 Cd의 경우 투여전에 평균  $2.65\mu\text{g/g}$ 으로서 정상범위인  $1\sim2\mu\text{g/g}$ <sup>37)</sup> 보다 높았고 철분투여이후에도 유의적 감소는 있었으나 평균 값은  $2.32\mu\text{g/g}$ 으로서 정상수준에 미치지 못하여 철분 투여가 체내 Cd상태보다는 Pb상태를 개선시키는데는 더 효율적인 것으로 생각된다.

## 요약 및 결론

본 연구는 부천시에 거주하는 초등학교 5학년 어린이 중에서 철분 지표인 serum ferritin <20ng/ml 혹은 Hb<12g/dl 혹은 Hct<36% 혹은 TIBC>360mg/dl 혹은 FEP $\geq70\text{mg/dl}_{\text{RBC}}$ 을 기준으로 철분결핍 혹은 철분부족으로 판정된 어린이 101명(남자 : 61명, 여자 : 40명)을 대상으로 철분을 하루에 25mg씩 8주 동안 투여하여 철분의 투여가 철분 지표에 미치는 영향과 적혈구, 머리카락, 소변의 Pb, Cd수준 완화에 미치는 영향을 보았으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 철분 투여전 어린이들의 영양섭취량은 대부분이 권장량에 미달되었으며 남아의 경우 특히 비타민A, 칼슘의 섭취량이 각각 273.1RE, 353.2mg으로서 RDA의 45.5%, 44.1%로 낮았고 여아의 경우 칼슘과 철분의 섭취량이 각각 294.5mg, 6.5mg으로서 RDA의 36.8%, 36.1%로 낮았다. 철분투여후에는 아동들의 철분 섭취량뿐 아니라 비타민A와 아스코르브산을 제외한 대부분의 영양소 섭취량이 유의하게 증가되었다( $p<0.05\sim p<0.01$ ) 각 기관별 영양소 섭취량을 살펴보았을 때 저녁을 통해 섭취하는 에너지, 당질, 단백질, 나이아신, 아스코르브산, 칼슘, 인산, 철분 등의 섭취량이 유의하게 증가되었고( $p<0.05\sim p<0.01$ ) 그 밖에도 간식으로부터 얻는 당질, 나이아신, 아스코르브산의 섭취량이 유의하게 증가되었다.

2) 철분투여후에는 Hb, MCV, MCH, MCHC, serum ferritin, TIBC, transferritin saturation의 값이 유의하게 증가되었고( $p<0.05\sim p<0.01$ ) FEP는 유의하게 감소하여( $p<0.01$ ) 전체적으로 철분 영양상태가 개선됨을 보여주었다.

특히 철분투여전 Hb가 12g/dl미만을 보인 아동이 21명(20.8%)이었으나 투여후 Hb가 12g/dl미만을 보인 아동이 한명도 발견되지 않았으며 ferritin이 20ng/ml미만을 보인 아동도 투여전 33명(32.7%)에서 투여 후 2명(2.0%)으로 감소 되었다.

본 연구에서 철분투여후 다른 영양소의 섭취량도 유

의하게 증가되었으므로 철분의 bioavailability에 영향을 끼친다고 알려진 에너지, 단백질, 아스코르브산, 칼슘 등의 섭취량이 철분지표에 영향을 미쳤는지 알아보기위하여 다중회귀분석을 실시한 결과 철분 섭취량만 Hb, serum ferritin의 변화에 유의하게 영향을 끼쳤음을 볼수 있었다.

3) 철분 투여후에 적혈구, 소변, 머리카락의 Pb함량이 유의하게 감소되었으며( $p<0.01$ ) 특히 머리카락의 Pb함량 감소폭이 가장 커졌다. 철분투여후에 적혈구, 소변, 머리카락의 Cd함량이 유의하게 감소되었으나( $p<0.01$ ) 납에 비해 감소폭이 적었다.

이상으로보아 철분부족인 학동기 아동에게 하루에 25mg의 elemental 철분을 8주간 투여하는 것은 학생들의 철분 섭취량뿐 아니라 전반적으로 다른영양소의 섭취량을 증가시켰으며 철분지표의 개선뿐 아니라 체내 Pb, Cd수준의 저하를 동시에 가져왔다고 사료된다.

## Literature cited

- 1) Mo S, Chio C, Koo J, Lee JW. Nutrition during the life cycle. pp.205-273, Hyoil Co, Seoul, 1994
- 2) Chung SJ, Kim CI, Lee EW, Mo S. Nutrition survey of children attending an elementary school without a school lunch program, in a low income group of seoul 1. A study on anthropometry and biochemical test. *Korean J Nutr* 23(7) : 513-520, 1990
- 3) Son SM, Yang CS. Nutritional status of 5th grade school children residing in low-income area of Puchon City. *Korean J Community Nutr* 2(3) : 267-274, 1997
- 4) Lee KY, Moon SJ. Fundamental Nutrition. Suhak Co, Seoul, 1994
- 5) Ely DL, Mostadi RA, Woebkenberg N, Worstell D. Aerometric hair trace metal content in learning disabled children. *Env Res* 25 : 325-339
- 6) Barton JC, Conrad ME, Nuby S, Harrison L. Effects of iron on the absorption and retention of lead. *J Lab Clin Med* 92(4) : 537-547, 1978
- 7) Peter RF, Jenny SM, James H. Increased dietary cadmium absorption in mice and human subjects with iron deficiency. *Gastroenterology* 74(5) : 841-846, 1978.
- 8) Singhal RL, Merali ZH. Aspects of biochemical toxicology of cadmium. *Federation Proc* 35 : 75-80, 1976
- 9) George JC, Walter EA. Chronic lead poisoning. *J Pediatr* 18 : 943-957, 1959
- 10) Thomson G, Raab GM, Hepburn WS, Hunter R. Blood lead levels and children's behavior. *J Child Psychol Psychiatry* 30 : 515-519, 1989
- 11) Son SM, Yang CS. The difference of iron, lead and cad-

- mium concentration of blood, urine and hair in children with suboptimal iron status. *Korean J Community Nutr* 3(2) : 167-173, 1998
- 12) 도시가계연보 pp.11-12. 통계청. 1995
- 13) Stuckey WJ. Common anemias : A practical guide to diagnosis and management. *Geriatrics* 38(8) : 42-48, 1983
- 14) Gray MB. Development of iron chelating agents for clinical use. *Blood* 80(3) : 569-574, 1992
- 15) Eleanor DS. Nutrition in aging(2th) pp.39. Mosby-Year Book SJ. Louis, 1995
- 16) Dallman PR. Iron deficiency and related nutritional anemias, In : Hematology of infancy and childhood, 3rd ed. pp.274-296, Saunders, Philadelphia, 1987
- 17) Chwang LC, Soemantri AG, Pollitt E. Iron supplementation and physical growth of rural Indonesian children. *Am J Clin Nutr* 47 : 496-501, 1988
- 18) Recommended dietary Allowance for Koreans. Sixth Revision, The Korean Nutrition society, seoul, 1995
- 19) Bauer JD. Clinical laboratory method, pp.560-561 CV Mosby Company
- 20) Tietz NW. Textbook of clinical chemistry. pp.513-515. WB Saunders Company. 1982
- 21) Addison GM, Beamish MR, Hales CN, Hodgkins H, Jacobs A, Llewellyn P. An immunoradiometric assay for ferritin in the serum of normal subjects and patients with iron deficiency and iron overload. *J Clin* 25 : 326-329
- 22) Bauer JD. Clinical laboratory method, pp.560-561 CV Mosby Company, 1982
- 23) Langer EE, Haining RG, Labbe RF, Jacobs P, Crosby EF, Finch CA. Erythrocyte protoporphyrin. *Blood* 40 : 112-128, 1972
- 24) Sassa S, Granick JL, Kappas A, Levere RD. Studies in lead poisoning 1. microanalysis of erythrocyte protoporphyrin levels by spectrofluorometry in the detection of chronic lead intoxication in the subclinical range 8 : 135-148, 1973
- 25) Besman SP, Lagne EC Jr. A rapid procedure for the de-termination of lead in blood or urine in the presence of organic chelating agents. *J Lab & Clin Med* 45(1) : 159-166
- 26) Shearer TR, Larson K, Neuschwander J, Gedre B. Minerals in the hair and nutrient intake of autistic children. *J Aut Develop Disorders* 12(1) : 25-34, 1982
- 27) Capel ID, Pinnock MH, Dorrell HM, William DC, Grant EC. Comparison of concentrations of some trace, bulk, and toxic metals in the hair of normal and dyslexic children. *Clin Chem* 27(6) : 879-881, 1981
- 28) World Health Organization. Group of Experts. Nutritional anemias, WHO technical report, series 503, 1972
- 29) Broch-Johnsen B, Meltzer HM, Stenberg V, Reinskou T, Trygg K. Bioavailability of daily low dose iron supplements in menstruating women with low iron stores. *European Journal of Clinical Nutrition* 44 : 29-34, 1990
- 30) Suzuki T, Yoshida A. Effect of dietary supplementation of iron and ascorbic acid on lead toxicity in rats. *J Nutr* 109 : 982-1988, 1979
- 31) Conrad ME, Barton J. Factors affecting the absorption and excretion of lead in the rat. *Gastroenterol* 74 : 731-740, 1978
- 32) Barton JC, Conrad ME, Nuby S, Harrison L. Effects of iron on the absorption and retention of lead. *J Lab Clin Med* 92(4) : 537-547, 1978
- 33) Goldwater LJ, Hoover AW. An International Study of Normal levels of lead in blood and urine. *Arch Environ Health* 15 : 60-64, 1967
- 34) Chisolm JJ. Poisoning due to heavy metals. *Pediatr Clinics of North Amer* 17(3) : 591-613, 1970
- 35) Suzuki T, Yoshida A. Long-term effectiveness of dietary iron and ascorbic acid in the prevention and cure of cadmium toxicity in rats. *Am J Clin Nutr* 31 : 1491-1498, 1978
- 36) Smith JC, Kench JE. Cadmium toxicity in humans. Essential and toxic trace elements in human health and disease. Alan R Liss pp.559-589, 1988
- 37) Friberg L, Piscator M, Nordberg G. Cadmium in the environment. chem. Rubber Publ Co, Cleveland, Ohio 1971