

젊은 여성의 혈청 셀레늄 농도 및 체격에 따른 체내 철 수준*

이옥희^{1§} · 정용삼² · 문종화²

용인대학교 식품영양학과,¹ 한국원자력연구원²

Iron Status According to Serum Selenium Concentration and Physique in Young Female Adults*

Lee, Okhee^{1§} · Chung, Yongsam² · Moon, Jongwha²

¹Department of Food Science and Nutrition, Yongin University, Yongin 439-714, Korea

²Korean Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-600, Korea

ABSTRACT

Se and Fe are trace minerals acting as antioxidant scavenging free radicals. Iron deficiency is the most frequently reported nutritional deficiency in females. Body iron status are known to be dependent not only upon dietary iron intake, but also upon micro-mineral nutrition and obesity. Antioxidants such as selenium are reported to play an important role on the regulation of erythropoiesis by protecting RBC membrane from antioxidative damage. In this study, iron status in young females and its relationships with selenium status and physique were examined. Serum selenium and iron concentrations were measured by HANARO research reactor using neutron activation analysis method (NAA-method). The proportion with iron deficiency and anemia were 27.1% and 8.6%, respectively in young females, but the proportion with iron deficient anemia was 1.4%. The mean serum selenium level was 12.0 µg/dL and in normal range in the young women. The study participants were tertiled according to BMI and serum selenium levels. Serum ferritin and iron levels inclined with increasing BMI tertiles. Serum iron and RBC count were higher in middle selenium group than low selenium group. Individuals had significantly lower hematocrit level in the lowest tertile for their serum selenium levels compared with the highest tertile. The serum ferritin level was predicted 25% by BMI and RBC count 26.2% by the serum selenium level and body fat%. In conclusion, this study shows that body iron status in young adult females are influenced by obesity and body selenium status. (Korean J Nutr 2010; 43(2): 114~122)

KEY WORDS : iron, obesity, physique, serum selenium, iron status.

서 론

철 부족은 영양소 결핍 중 가장 흔한 편이며, 특히 사춘기 나 가임기의 젊은 여성의 경우 성장, 월경 뿐 아니라 영양 섭취의 부족 등으로 인해 이러한 철 결핍이나 빈혈이 증가하고 있다.^{1,2)} 철은 헤모글로빈이나 cytochrome을 구성하여 적혈구 조절작용과 체내 에너지 대사 조절에 필수적인

데, 철 결핍은 적혈구수나 산소운반능력이 신체적 요구를 충족하지 못하는 상태인 빈혈을 일으키는 원인으로 꼽히고 있다.³⁾ 그에 따라 철 결핍은 조직으로의 산소공급 억제에 의한 피로와 운동시 유산소능 저하, 갑상선 기능저하⁴⁾ 면역능 감소, 인지기능저하를 유도할 수 있다.

철 결핍 수준은 철 저장고 고갈, 조혈작용억제, 빈혈의 세 단계로 나눌 수 있다. 우리나라 가임기에 있는 젊은 여성의 경우 철 영양상태에 대한 연구로는 주로 혈액 헤모글로빈 수준을 지표로 사용한 빈혈의 유병율이 집중적으로 조사되었다.^{1,5,6)} 그러나 헤모글로빈 수준의 저하는 만성적 철 결핍이 심각하여 철저장고 고갈과 조혈작용 억제이후에 나타나므로, 실제 사춘기나 가임기 여성에서 경증의 철 결핍상태인 철 저장고의 고갈이나 조혈작용의 저하를 보이는 경우가 많을 것이다.

접수일 : 2010년 3월 4일 / 수정일 : 2010년 3월 12일

채택일 : 2010년 3월 19일

*This work was supported by Ministry of Education Science & Technology (MEST) and National Research Foundation (NRF) through Nuclear R&D Program 2006 (No. 2006-2001428).

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: leeoh@yongin.ac.kr

철 결핍은 철 섭취량이 매우 낮거나, 동물성 식품보다는 채식과 같은 체내 이용성이 낮은 비헴철 식품을 위주로 섭취하는 경우에 발생되기 쉬운 편이다. 최근 사회적으로 well-being 열풍과 젊은 여성들의 다이어트 열풍에 의해 유행되는 소식이나 채식은 비만을 예방하고 성인병을 예방하여 건강개선에 기여하지만, 이러한 식행동은 열량영양소 뿐 아니라 철, 셀레늄과 같은 필수 미량영양소 섭취 부족을 초래하여 체내 철지표의 감소를 유도하기 쉽다. 그리하여 장기간 에너지 부족 상태를 나타내는 저체중 여성은 에너지 섭취가 충분한 정상체중 또는 과체중 여성에 비해 철 결핍을 보일 가능성이 높는데, 이는 이미 사춘기 여아에서도 확인되고 있다.⁷⁾

한편 셀레늄은 필수 미량 무기질로써 glutathione peroxidase (GSHpx)의 구성원소로써 항산화 작용을 나타내어 반응성 산소종이나 자유기에 의한 과산화 작용을 억제하고, 세포의 산화스트레스를 억제한다. 그리하여 셀레늄 부족은 적혈구 막의 지질과산화 작용을 촉진하여 적혈구 용혈을 초래할 수 있어, 체내 철 수준이나 조혈기능에 영향줄 수 있다. 동물에서 셀레늄 부족은 적혈구 수명을 단축시키는 것으로 추측되고 있다.⁸⁾ 영양역학연구에서 셀레늄과 같은 항산화제의 부족은 성장기 아동이나 노인의 혈색소와 관련성을 보여,^{6,9)} 셀레늄 부족이 체내 철 수준에 영향 줄 수 있음을 보였다. 우리나라 여성에서 만성적 철 결핍에 의한 일어나는 빈혈의 발생이 높으므로,⁵⁾ 본 연구에서는 젊은 성인 여성에서 빈혈의 원인이 되는 철 결핍 수준을 평가하고, 이에 영향줄 수 있는 체격이나 셀레늄영양 상태와의 관계를 살펴보고자 한다.

연구방법

대상자 및 시기

본 연구는 2006년 7월~2007년 6월에 걸쳐 경기도에 소재하는 대학의 건강한 여대생 70여명을 대상으로 하였다.

조사내용 및 방법

신체계측

신체계측 조사는 간단한 복장상태에서 키와 체중을 측정하였으며, 키는 신장계를 사용하여 0.1 cm까지 측정하였다. 키와 체중을 사용하여 체질량지수를 체중/(신장²) (kg/m²)

의 공식으로 계산하였다. 허리둘레와 엉덩이둘레는 줄자를 사용하여 0.1 cm까지 측정한 후 허리-둔부둘레의 비 (WHR)를 계산하였다. 체지방량 및 체지방율은 전기저항법을 이용한 체성분 분석기를 (inBody, Biospace) 이용하여 측정하였다.

혈액채취 및 철 영양상태 지표

식사 후 12시간이 지난 아침 공복상태에서 전주정맥에서 혈액을 채취하여 적혈구수, 적혈구용적 및 헤모글로빈 수준, 적혈구 지수는 혈액 자동 분석기 (DASIT SE 9,000)로 측정하였다. 혈액의 일부는 4℃, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 혈청은 분석 때까지 -30℃에서 냉동 보관하였다. 혈청의 페리틴 수준은 면역 자동분석기 (Bayer, USA)로 CLIA법에 의해 Kit (Bayer, USA)를 사용하여 분석하였다. 트랜스페린 포화도는 혈청 철 수준과 총철 결합능에서 계산하였고, 총철결합능은 kit를 사용하여 (Roche, Germany) Integra (Cobasintegra, Swiss)로 분석하였다. 적혈구 수 및 적혈구지수, 적혈구 용적은 자동혈구분석기로 (Sysmex, Japan) 분석하였다. 헤모글로빈 수준은 cyanomethemoglobin 법으로 분석하였다.

혈청 셀레늄 및 철 분석

혈액에서 원심분리된 혈청을 채취하여 5% 질산 용액과 3차 증류수로 세척한 플라스틱 시험관에 담아 -30℃에서 냉동 보관하였다. 혈액시료로 항응고제에 의한 무기질 오염을 막기 위해 혈청을 사용하였다. 냉동시료는 48시간 -50℃에서 동결 건조한 후 무기질 분석에 사용하였다.

동결건조된 시료의 무기질 농도 측정은 중성자방사화 분석법에 의해 연구용 원자로인 HANARO를 사용하여 수행하였다. 혈청 무기질의 분석조건은 Table 1과 같다. 혈청의 셀레늄과 철 농도는 다음과 같은 공식에 의해 혈청 100 mL 당 μg 으로 계산하였다.

$$\text{농도 } (\mu\text{g/dL}) =$$

$$\frac{\text{동결건조후 시료무게 (g)} \times \text{동결건조후 무기질 농도 (mg/g)} \times 100}{\text{사용 혈청량 (mL)}}$$

통계처리

모든 자료의 통계처리는 SAS 통계 프로그램 (Version 6.12)을 사용하여 분석하였다. 체질량지수 (= Body Mass index, BMI)를 기준으로 대상자를 삼분위로 나누어 ANOVA

Table 1. Experimental condition of NAA for the serum analysis.

Sample Wt. (mg)	Irradiation time	Cooling time	Counting time	Nuclides detected (Gamma-Ray Energy, keV)
50-100	4 hrs.	Longer than 20 days	40,000 sec	⁷⁵ Se (264), ⁵⁹ Fe (1099, 1291)

NAA: Neutron activation analysis

분석과 Duncan의 다중비교법에 의해 집단 간에 철 지표의 유의적 차이를 검증하였다. 혈청 셀레늄 수준을 기준으로 삼분위로 나누어, 대상자의 철 지표 수준을 검증하였다. 철 지표에 영향주는 독립적 인자를 평가하기 위해 adjusted multiple stepwise regression analysis를 실시하였다.

결 과

대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 체격과 특성은 Table 2에 제시하였다. 젊은 여성들의 평균 나이는 21.9세이며, 키와 체중은 각각 164 cm와 60.1 kg이며, 체질량지수는 평균 22.2 kg/m²로써 17.9 kg/m²에서 35.9 kg/m²까지 다양한 수준의 체격 분포를 보였다. WHO의 아시아인 비만기준에 따른 체질량지수에 따라 체격분포를 보면,¹⁰⁾ 저체중군인 체질량지수 18.5 kg/m² 이하인 여성들은 7.1%이며, 체질량지수 18.5~22.9 kg/m² 사이인 정상체중군은 64.3%, 체질량지수 23 kg/m² 이상인 체중과다 비율은 20%, 체질량지수 25 kg/m² 이상인 여성은 8.6%이었다. 여성들의 평균 체지방 비율은 26.2%이며, 정상 수준을 나타내는 여성 비율은 93.9%이지만, 대부분 체지방율이 24% 이상으로 높은 정상을 보

이는 비율은 73.9%이고, 체지방 32% 이상으로 과다 체지방율의¹¹⁾ 비율은 4.6%이었다. 허리-엉덩이 둘레비의 평균은 0.74를 나타내었다.

철 및 셀레늄의 영양상태

연구대상자의 체내 철 영양상태를 나타내는 철 결핍 단계별 철 지표와 혈청 셀레늄 수준은 Table 3에 제시하였다. 여대생들의 혈청 페리틴 수준의 평균은 31.9 µg/L으로, 0.4~190.8 µg/L의 범위를 나타내어, 철영양의 과부하는 없지만, 연구대상자 간에 많은 수준 차이를 나타내었다. 체내 철 수준 중 조혈작용에 대한 지표인 혈청 철 수준과 트랜스페린 포화도는 각각 86.0 µg/dL과 28.9%를 나타내어 정상 수준을 보였고, 평균 헤모글로빈 수준과 적혈구 용적비는 각각 13.3 g/dL과 39.3%를 나타내어 정상 수준을 나타내었다.

철 영양상태 분포를 보기 위해 연구대상자들을 철 결핍 단계에 따라 분류하여 Table 4에 제시하였다. 철 결핍의 초기단계로써 철저장고가 고갈된 수준인 혈청 페리틴 수준이 12 µg/L 이하인 비율은 조사대상 여성의 27.1%이었고, 혈청 페리틴 수준이 12 µg/L 이하이면서 트랜스페린 포화도가 15% 미만인 비율은 11.4%이었다. 혈청 페리틴 수준이 12 µg/L 미만이면서, 혈액 헤모글로빈 수준이 12 g/dL

Table 2. General characteristics of study participants

n (%)

Variables	Mean \pm SD (N = 70)	Range	
Age (yr)	21.9 \pm 2.1	19–32	
Height (cm)	164.1 \pm 6.8	152.5–182.4	
Weight (kg)	60.1 \pm 11.1	45.8–105.1	
WHR	0.74 \pm 0.05	0.63–0.90	
Body fat (%)	26.2 \pm 3.6	18.8–37.0	
BMI (kg/m ²)	22.2 \pm 3.0	17.2–35.9	
Distribution of study participants by anthropometric			
BMI ¹⁾		Body fat% ²⁾	
BMI < 18.5 (kg/m ²)	5 (7.1)	Body fat% \leq 8%	1 (1.5)
18.5 \leq BMI < 23 (kg/m ²)	45 (64.3)	9% \leq Body fat% \leq 23%	13 (20.0)
23 \leq BMI < 25 (kg/m ²)	14 (20.0)	24 \leq Body fat% \leq 31%	48 (73.9)
BMI \geq 25 (kg/m ²)	6 (8.6)	Body fat% \geq 32%	3 (4.6)

1) Distribution by WHO¹⁰⁾

2) Distribution by Nieman¹¹⁾

Table 3. Blood iron and selenium levels of study participants

Variables	Mean ± SD	Range	Normal range
Serum ferritin (µg/L)	31.8 ± 33.3	0.4–190.8	> = 20
Transferrin saturation (%)	26.9 ± 12.8	5.6–62.3	> = 16
Serum iron (µg/dL)	80.3 ± 39.5	22–171	60–175
Hemoglobin (g/dL)	13.2 ± 1.2	7.5–16	12–16
Hematocrit (%)	39.3 ± 3.0	27.1–44.9	37–47
RBC	4.43 ± 0.25	4.0–5.1	4.0–5.5
Serum Se conc (µg/dL)	12.2 ± 3.2	8.4–28.4	8–27.2

이상으로 철 저장고가 고갈되었으면서 빈혈이 아닌 여성은 21.4%이었고 (Iron deficiency without anemia, IDNA), 혈청 페리틴 수준이 12 $\mu\text{g/L}$ 미만이지만, 트랜스페린 포화도가 15% 이상이고, 헤모글로빈 수준도 12 g/dL 이상인 경우도 11.4%를 나타내었다. 헤모글로빈 수준이 12 g/dL 이하인 여성의 비율은 8.6%이었고, 혈청 페리틴 수준이 12 $\mu\text{g/L}$ 미만과 트랜스페린 포화도가 15% 미만이면서 헤모글로빈 수준이 12 g/dL 미만인 철 결핍성 빈혈을 나타내는 비율은 연구 대상자 중 1명으로 1.4%를 나타내었다.

본 연구의 연구 대상자들의 평균 혈청 셀레늄 수준은 12.0 \pm 3.2 $\mu\text{g/dL}$ 를 나타내었으며, 그 범위는 8.4 $\mu\text{g/L}$ 에서 28.3 $\mu\text{g/dL}$ 의 분포를 보여, 셀레늄영양상태가 부족한 경우는 없었다.

체격에 따른 철 영양상태

체격에 따른 철 영양상태의 차이를 평가하기 위해, 연구 대상자를 체질량지수를 기준으로 저체중군, 중체중군, 고체중군으로 균등하게 삼분위로 분류하여, 체격에 따른 철 지표들의 값을 Table 5에 제시하였다. 본 연구에서 WHO의 체질량지수에 대한 아시아인 기준으로¹⁰⁾ 분류한 경우 이미 앞에서 제시한 바와 같이 각 체중군의 비율이 많이 차이가 나므로, 분석을 위해 연구대상자를 체질량지수에 따라 균등하게 삼분위로 분류하여 철 지표 수준을 제시하였다. 저체중군, 중체중군, 고체중군의 평균 체질량지수는 각각 19.6 kg/m^2 , 22.0 kg/m^2 , 25.2 kg/m^2 를 나타내었다.

혈청 페리틴 수준과 철 수준은 체질량지수가 상승함에 따라 증가하였지만, 혈청 페리틴 수준만이 유의적 차이를 보여서 ($p < 0.05$), 저체중군에서 혈청 페리틴 수준은 가장 낮은 21.3 $\mu\text{g/L}$ 를 나타내었다. 혈청 철 수준도 혈청 페리틴 수준과 동일한 양상을 보여 체질량지수가 가장 높은 고체중군에서 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$). 그러나 트랜스페린 포화도는 체질량지수 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 유의적 차이를 보이지 않았고, 혈액 헤모글로빈 수준과 적혈구 용적비도 체질량지수에 따른 유의적인 차이를 전혀 보이지 않았다. 그러나 평균 체질량지수가 21.9 kg/m^2 를 나타내는 중체중군의 경우 혈액 적혈구수가 가장 높을 뿐 아니라 특히 고체중군에 비해 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$).

셀레늄 수준에 따른 철 영양상태

셀레늄 영양 상태에 따른 철 영양상태를 나타내기 위해, 연구대상 여성들의 혈청 셀레늄 수준에 따라 저셀레늄군, 중셀레늄군, 고셀레늄군의 삼분위로 분류하여 그에 따른 철 지표들의 값을 Table 6에 제시하였다. 각 삼분위의 혈청 셀레늄 수준은 각각 9.6 $\mu\text{g/dL}$, 11.4 $\mu\text{g/dL}$, 14.9 $\mu\text{g/dL}$ 를 나타내어 유의적 차이를 보였지만, 모두 정상범위에 있었다.

철 저장고 상태를 나타내는 혈청 페리틴 수준은 셀레늄수준에 따른 유의적 차이를 보이지 않지만, 혈청 철 수준은 혈청 셀레늄 수준이 가장 낮은 집단에서 유의적으로 낮으며, 혈청 셀레늄 수준이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다 ($p < 0.05$). 그러나 조혈작용을 나타내는 트랜스페린 포화

Table 4. Distribution of study participants according to the Fe nutritional indicators

Fe indicators	Serum ferritin concentration						Total
	≥ 12 μg/dL			< 12 μg/dL			
Hemoglobin concentration	Transferrin saturation			Transferrin saturation			
	≥ 15%	< 15%	Total	≥ 15%	< 15%	Total	
≥ 12.0 μg/dL	47 (67.1)	2 (2.9)	49 (67.1)	8 (11.4)	7 (10)	15 (21.4)	64 (91.4)
< 12.0 μg/dL	2 (2.9)	0 (0)	2 (2.9)	3 (4.3)	1 (1.4)	4 (5.7)	6 (8.6)
Total	49 (70)	2 (2.9)	51 (72.9)	11 (15.7)	8 (11.4)	19 (27.1)	70 (100)
Total	51 (72.9)			19 (27.1)			70 (100)

$\chi^2=16.48$, $p < 0.0001$

Table 5. Iron indicators according to BMI category

Variables	Low BMI	Medium BMI	High BMI
BMI	19.6 \pm 0.91 ¹⁾	22.0 \pm 0.5	25.2 \pm 3.1
Serum ferritin ($\mu\text{g/dL}$)	21.3 \pm 14.8 ^{b2)}	28.9 \pm 33.0 ^{ab}	45.8 \pm 42.7 ^a
Serum Fe ($\mu\text{g/dL}$)	61.7 \pm 25.8 ^b	79.2 \pm 44.6 ^{ab}	95.7 \pm 38.2 ^a
Transferrin saturation (%)	25.3 \pm 13.1	28.9 \pm 33.1	28.6 \pm 11.7
Hemoglobin (g/dL)	13.5 \pm 1.3	13.1 \pm 1.5	13.4 \pm 0.9
Hematocrit (%)	39.7 \pm 3.0	39.0 \pm 3.6	39.2 \pm 2.2
RBC	4.43 \pm 0.26 ^{ab}	4.52 \pm 0.22 ^a	4.35 \pm 0.25 ^b

1) Mean \pm SD

2) Means with different letters within a row are significantly different from each other at $p < 0.05$

Table 6. Iron indicators according to serum selenium category

Variables	Low selenium level ¹⁾	Medium selenium level	High selenium level
Serum selenium conc. ($\mu\text{g/dL}$)	$9.59 \pm 0.56^{\text{a2)}$	$11.36 \pm 0.48^{\text{b}}$	$14.94 \pm 3.86^{\text{c}}$
Serum ferritin ($\mu\text{g/L}$)	39.6 ± 43.0	28.0 ± 21.1	28.2 ± 32.3
Serum Fe ($\mu\text{g/dL}$)	$61.7 \pm 25.8^{\text{b}}$	$79.2 \pm 44.6^{\text{ab}}$	$95.7 \pm 38.2^{\text{a}}$
Transferrin saturation (%)	29.7 ± 10.8	25.3 ± 11.7	26.3 ± 14.8
Hemoglobin (g/dL)	13.1 ± 1.6	13.4 ± 0.9	13.4 ± 1.2
Hematocrit (%)	$38.2 \pm 3.2^{\text{b}}$	$40.0 \pm 2.5^{\text{a}}$	$39.8 \pm 3.0^{\text{ab}}$
RBC	$4.33 \pm 0.19^{\text{b}}$	$4.43 \pm 0.24^{\text{ab}}$	$4.53 \pm 0.27^{\text{a}}$

1) Mean \pm SD2) Means with different letters within a row are significantly different from each other at $p < 0.05$ **Table 7.** Predictors for the iron indicators in study participants

Dependent variable	Independent variables	b	SE (b)	t-test	p-value	Beta	Beta $\times r^{1)} \times 100$
Serum	Intercept	-92.697	26.611	-3.48	0.0009	0	0
Ferritin	BMI	5.625	1.199	4.69	<.0001	0.4998	25.03

R ² of model (%) = 25.0							
Adjusted R ² (%) = 23.8							

RBC	Intercept	4.063	0.107	37.98	<.0001	0	
	Serum Selenium	0.028	0.008	3.41	0.0011	0.366	14.68
	Body fat%	-0.022	-0.007	-2.95	0.0044	-0.317	11.49

R ² of model (%) = 26.2							
Adjusted R ² (%) = 24.1							

1) r = Pearson correlation coefficient

도는 혈청 셀레늄 수준에 따라서는 유의적 차이를 보이지 않았으며, 모두 정상범위를 나타내었다. 혈액의 헤모글로빈 수준은 각각 13.1~13.4 g/dL을 나타내어 모두 정상 수준이며, 혈청 셀레늄 수준에 따라 전혀 차이를 보이지 않았다. 적혈구 용적비는 저셀레늄군에 비해 중셀레늄군에서 유의적으로 높았다. 적혈구수는 셀레늄 수준 증가에 병행하여 증가하여, 저셀레늄군에 비해 고셀레늄군에서 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$).

철 지표에 대한 설명력

체격이나 셀레늄 영양상태가 철 영양상태에 미치는 독립적인 영향을 살펴보고자 철 지표들의 변이에 대한 체격이나 혈청 셀레늄 수준의 설명력을 평가하여 Table 7에 제시하였다. 혈청 페리틴 수준은 체질량지수에 의해 약 25%를 설명할 수 있으며, 적혈구수는 혈청 셀레늄 수준에 의해 26.2%를 설명할 수 있었다. 그러나 헤모글로빈이나 적혈구 용적 등 다른 철 지표들은 체질량지수나 혈청 셀레늄 수준에 의해 설명이 되지 않았다.

고 찰

본 연구에서는 젊은 여성인 여대생을 대상으로 철 영양

상태를 살펴보고, 체격과 체내 셀레늄 수준과의 관계를 평가하고자 하였다. 그리하여 철 결핍 단계별 지표인 혈청 페리틴 수준, 트랜스페린 포화도, 혈청 철 수준, 헤모글로빈 수준, 적혈구 용적을 분석하였고, 체질량지수와 혈청 셀레늄 수준을 살펴보았다.

대상자의 체격 및 체내 철과 셀레늄 수준

본 연구 대상자들의 체질량지수는 17.2~35.9 kg/m²로써, 매우 다양한 체격 분포를 나타내었다. 그리고 WHO의 아시아인 기준에 의하면¹⁰⁾ 저체중비율은 7.1%, 체중과다 및 비만인 여성의 비율은 28.6%를 나타내어, 비만인 여성의 비율은 8.6%를 나타내었다. 이러한 결과는 4기 국민건강영양조사 1차년도 결과에서⁵⁾ 19~29세 여성의 비만율이 12.6%를 보인 것 보다는 낮은 편이었다. 한편 체지방비율이 높은 경우는 77.6%여서, 체질량지수에 따른 비만이나 과체중 비율보다 체지방이 많은 여성의 비율이 높았다.

본 연구 대상자들의 철 영양상태를 나타내는 평균 혈청 페리틴, 트랜스페린 포화도, 혈청 철 수준, 헤모글로빈 및 적혈구 용적 수준은 모두 정상수준을 나타내었다. 빈혈은 적혈구수나 산소운반능력이 정상적 생리적 요구를 충족하지 못하는 상태를 의미하는데,¹²⁾ 혈중 헤모글로빈 수준이 12 g/dL 미만은 빈혈이지만, 철 결핍이 일어나면 빈혈보다는

먼저 체내 철 저장고가 저하된다. 혈청 페리틴 수준은 철 저장고 수준을 나타내는 지표로써, 정상 수준은 20 $\mu\text{g/L}$ 이상이지만, 12 $\mu\text{g/L}$ 미만이면 철 저장고가 고갈된 상태를 나타낸다.¹³⁾ 트랜스페린 포화도는 철분에 의해 포화된 트랜스페린의 비율로써 철 결핍성 빈혈의 경우, 혈청 철 수준이 감소하면서 감소하게 되어, 철분 결핍증을 다른 적아구성 빈혈과 구분하는데 유용하다고 평가되고 있다.¹³⁾ 혈청 페리틴 수준이 12 $\mu\text{g/L}$ 이하이면서, 트랜스페린 포화도가 15% 이하이거나, 적혈구 프로토포피린 수준이 1.24 μM 이상이면, 철저장고 뿐만 아니라 조혈작용이 저하된 상태이다. 이와 함께 혈중 헤모글로빈 수준이 12 g/dL 미만이면 철 결핍성 빈혈을 나타낸다.^{13,14)}

본 연구 대상자들에서 철 저장고가 고갈되어 철 부족한 비율은 전체의 27.1%에 해당되나, 철 저장고가 고갈되었으면서 빈혈이 아닌 IDNA¹³⁾는 21.4%이었다. 혈청 페리틴과 트랜스페린 포화도를 기준으로 하여, 빈혈이나 조혈작용 저하는 없이 단순한 철저장고 고갈만이 일어난 경증 철 결핍의 비율은 11.4%이며, 철저장고가 고갈되었을 뿐 아니라, 조혈작용의 저하까지 나타난 비율도 11.4%이다. 위 두 지표 뿐 아니라 헤모글로빈 수준도 낮은 철 결핍성 빈혈을 나타내는 경우는 1명, 1.4%로써 총 빈혈율의 1/6에 불과하였다. 물론 본 연구에서 적혈구 프로토포피린 수준도 포함한다면, 빈혈 중 철 결핍성 빈혈의 비율이 더 높아질 수 있지만 최대 5.7%를 넘지 않는다. 이상의 결과는 본 연구 여성들의 총 빈혈율 8.6%가 단순한 철 결핍 뿐 아니라 미량무기질, 단백질 및 엽산 부족 등 다른 영양적 요인과 염증, 중금속 중독 등 영양이외 여러 요인에 의해서도 발생하는 점을 반영한다고 하겠다. 또한 여성들의 철 결핍은 만성적 결핍상태에 의한 빈혈 보다 철 저장고 상태가 부족한 경증의 철 결핍상태가 흔하다는 사실을 제시한다. 한편 미국의 NHA-NES III기 조사에서 가임기 여성의 빈혈 유병율은 1988~1992년대 10.8%, 1999~2002년대 6.9%이며, 엽산 결핍성 빈혈은 4.1%에서 0.5%로 유의적인 차이를 보였지만, 철 결핍성 빈혈 (iron deficiency anemia, IDA)는 4.9%와 4.5%를 보였다.¹⁾ 본 연구 여성들의 총빈혈율은 8.6%로서 미국보다 높은 편이나, 2007년도 4기 1차년도 국민건강영양조사에서 19~29세 여성의 빈혈 유병율 12%보다⁵⁾ 낮은 편이었다.

일반적으로 측정의 용이성, 신속성이나 저렴한 측정비용으로 인해, 철 영양에 대한 역학연구나 중재연구에서는 철 영양상태 지표로써 헤모글로빈이 가장 많이 쓰이고 있다. 그러나 헤모글로빈은 철 영양상태 이외에 적혈구 생성이나 교체와 같은 다른 인자에 많은 영향을 받아 특이성이 낮은

편이며, 더구나 경도의 철 결핍에는 반응하지 않아 예민도가 낮은 편이다.¹⁵⁻¹⁷⁾ 아홉 편의 철 중재연구를 분석한 Mei 등에 의하면,¹⁷⁾ 헤모글로빈, 혈청 페리틴, 트랜스페린 포화도, 트랜스페린 receptor, zinc protophorphen, 적혈구 용적비의 여러 지표 중에서 혈청 페리틴이 철 보충에 의해 가장 크면서 일관성있는 변화를 보여서 예민도가 높은 반면에, 헤모글로빈은 예민도가 낮았다. 본 연구 뿐 아니라 선행연구에서¹⁸⁾ 철 부족이 주로 철 저장고 고갈이나 조혈작용에 장애를 일으키는 수준이 흔한 점을 감안하면, 건강검진이나 국민건강영양조사에서 초기 단계의 철 결핍을 가려내는 혈청 페리틴이 빈혈지표인 헤모글로빈과 함께 체내 철 수준의 지표로써 사용되어야 할 것이다.

체격에 따른 철 영양상태를 보면, BMI가 가장 낮은 여성 집단에서 혈청 페리틴 수준과 철 수준이 낮았지만, BMI 증가에 따라 유의적으로 증가하였다. 그러나 이들 지표들은 세 집단 모두에서 정상범위를 나타내었다. 본 연구와 유사하게 Ahmed 등¹⁹⁾도 가임기의 젊은 여성에서 혈청 페리틴 수준의 증가는 비만 수준과 관련이 있다고 보고했다. 한편 조혈작용 상태를 나타내는 트랜스페린 포화도나 만성적 철 결핍을 나타내는 지표로 사용되는 헤모글로빈 수준과 적혈구 용적비는 체격에 따른 차이를 전혀 보이지 않았지만, 적혈구수는 저체중군에서 중체중군으로 체질량지수가 증가하면 상승하였다가, 체질량지수가 25.2 kg/m^2 인 고체중군에서는 오히려 유의적으로 낮아졌다. 본 연구에서 연구 대상자 수가 많지 않으며 만성적 철 결핍에 의한 빈혈율이 매우 낮기 때문에 체격과 헤모글로빈 수준과의 관련성은 찾기 힘들었지만, 이상의 결과는 철 저장고가 부족한 정도의 철 결핍은 저체중과 밀접한 관련이 있으며,¹⁹⁾ 과다체중이나 비만은 오히려 적혈구 수를 저하시킬 가능성을 시사한다.

본 연구 여성들의 평균 혈청 셀레늄 수준은 12.0 $\mu\text{g/dL}$ 를 나타내었는데, 이는 성인의 생애주기별로 여성의 혈청 셀레늄 수준을 본 바 있는 Lee 등²⁰⁾의 연구에서 젊은 여성들의 혈청 셀레늄 농도가 12.1 $\mu\text{g/dL}$ 인 결과와 유사하다. Kivela 등²¹⁾에 의하면 혈청 셀레늄 농도가 4.6 $\mu\text{g/dL}$ 미만은 심한 셀레늄 부족이며, 4.6~6.9 $\mu\text{g/dL}$ 는 약한 부족상태이며, 혈청 셀레늄 수준이 7.0 $\mu\text{g/dL}$ 미만은 셀레노프로테인의 합성을 제한하여 셀레늄 부족상태를 나타내며, 혈청 셀레늄 농도가 8 $\mu\text{g/dL}$ 이상인 경우, 셀레늄 영양상태가 충족된 상태이다.²²⁾ Tietz에 의하면²³⁾ 성인의 정상 범위는 8~27.2 $\mu\text{g/dL}$ 이므로, 본 연구 참여자들의 경우 셀레늄 영양은 모두 충족된 상태로써 정상 범위보다 높은 경우가 있었다.

일반적으로 인체의 셀레늄 수준은 토양의 셀레늄 함량과 그 지역에서 생산되는 식품의 섭취, 조리 방법에 따라 다양

하여,²⁴⁾ 한 국민의 셀레늄 영양상태는 국가마다 매우 큰 차이를 보이고 있다.^{24,25)} 각국 국민의 혈청 셀레늄 수준은 핀란드의 경우 5.7~10.8 $\mu\text{g/dL}$,²⁴⁾ 체코슬로바키아 국민의 5.3 $\mu\text{g/dL}$ 와 7.6 (7.2~8.1) $\mu\text{g/dL}$,^{26,27)} 독일노인은 8.0 $\mu\text{g/dL}$,²⁸⁾ 일본 성인의 11.7 $\mu\text{g/dL}$,²⁹⁾ 미국인은 평균 12.7 $\mu\text{g/dL}$,²⁵⁾ 한국인은 20~85세의 성인 여성에서 10.0 $\mu\text{g/dL}$ 를²⁰⁾ 제시하고 있다. 대부분의 국외연구들은 젊은 성인 여성들에 대한 혈청 셀레늄 수준을 따로 제시하지 않아, 본 연구 결과와 셀레늄 영양상태를 직접 비교하기는 힘든 편이다.

철 수준과 체격 및 셀레늄 수준과의 관계

혈청 셀레늄 수준에 따른 철 지표를 보면 혈청 페리틴 농도와 헤모글로빈 수준은 혈청 셀레늄 수준의 증가에 따른 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 낮은 혈청 셀레늄 수준은 빈혈의 잠재적 원인으로 고려되지 않았으며, 오직 혈액투석이나 폐결핵 환자의 빈혈에 관여하는 것으로 제시되었다.^{30,31)} 최근 사춘기 여아나 어린이, 유아들에서 혈청이나 머리카락의 셀레늄 농도가 낮은 경우 혈중 헤모글로빈 수준도 낮아, 철 결핍성 빈혈은 셀레늄 영양과의 관련성을 보여,^{7,32,33)} 일반인에도 빈혈 우려가 높은 철 영양 취약계층에서 혈청 셀레늄수준은 헤모글로빈 수준과의 관련성이 제시되고 있다. 본 연구 여성들의 경우 한국의 동일한 나이의 여성들에 비해⁵⁾ 헤모글로빈 수준이 저하된 비율이나 철 결핍성 빈혈율이 비교적 낮은 사실도 본 연구에서 혈중 헤모글로빈 수준과 혈청 셀레늄 수준과의 관련성을 찾기 어려운 요인이 되었을 것이다.

그러나 혈청 철 수준과 혈액의 적혈구수는 혈청 셀레늄 농도가 경계 수준에 가까운 9.6 $\mu\text{g/dL}$ (저셀레늄군)에서 11.4 $\mu\text{g/dL}$ 의 고셀레늄군으로 증가하는 경우 유의적으로 증가하였고, 적혈구 용적비는 저셀레늄군에 비해 중셀레늄군에서 유의적으로 증가하였다. 이는 최근 미국 NHANES III의 2단계 조사자료 분석연구에서 여자 노인들의 혈청 셀레늄 수준은 정상 범위에 있었지만, 평균 셀레늄 수준이 1.50 $\mu\text{mol/L}$ 인 경우에 비해 1.60 $\mu\text{mol/L}$ 인 여성 노인군에서 빈혈율이 낮은 뿐 아니라, 혈청 셀레늄 농도의 로그지수가 증가할 때, 나이, 인종, BMI 등 다른 간섭변수에 보정하여도 빈혈 발생이 감소한 사실과⁶⁾ 유사하다. 이러한 결과는 셀레늄 영양상태가 정상 수준에 있어도 셀레늄 영양상태의 개선은 빈혈지표에 유리하게 작용할 수 있다고 시사한다. 한편 본 연구에서 헤모글로빈 수준과는 관련이 없지만 적혈구수에 혈청 셀레늄 수준이 관련성을 보이는 점은, 혈청 셀레늄이 헤모글로빈 대사보다는 적혈구막의 안정성이나 적혈구 수명에 영향주었을 가능성을 시사한다. 국내연구에서는 주로 동물

실험이나 사람을 대상으로 한 철 영양상태와 미량 무기질 수준과의 관계로써 주로 아연, 구리, 망간과의 관련성이 제시되었지만, 철 영양상태와 셀레늄과의 관계에 초점을 맞춘 연구는 드문 편이어서 다른 국내연구와 비교는 어렵지만, 정상 셀레늄 영양상태의 젊은 여성의 경우에도 인체 셀레늄 수준 개선은 적혈구수를 증가시켜 체내 철 수준의 개선에 기여할 것으로 보인다.

혈청 셀레늄 수준과 혈액의 적혈구수와의 관련성에 대한 잠재적 기전으로는 셀레늄이 적혈구에서 산화화방어 역할을 하는 GSHpx 활성을 적절하게 유지하여 적혈구의 산화스트레스를 억제하고,³⁴⁾ 조혈작용에 영향을 준다는 점^{35,36)} 들 수 있다. 동물에서 산화 스트레스 증가에 따른 적혈구 세포의 손상이 셀레늄에 의해 보호되는 예가 제시되었으며,³⁶⁾ 동물실험에서 셀레늄 부족은 혈액소 수준이나 적혈구 수, 적혈구 용적비와 조혈작용에 부정적 영향을 보였다.⁸⁾ 인체에서 혈청 셀레늄 수준이 적혈구의 안정성과 관련있다는 직접 증거는 드물지만, 성장기 어린이를 대상으로 한 역학연구에서 적혈구의 셀레늄 수준은 혈장의 셀레늄수준과 비례하며, 두 셀레늄 수준은 혈액의 GSHpx 활성도와 직접적인 관련을 보여 주었다.⁹⁾ 한편 셀레늄 영양상태는 체내 미량 무기질 수준에 영향주는데, 셀레늄 부족은 흰쥐에서 철과 다른 미량 무기질 분포의 불균형을 초래하며,^{37,38)} 동물실험에서 철 영양상태 지표의 mRNA발현에 영향준다고 보고되었다.³⁹⁾

상기에서 본 철 지표와의 셀레늄 수준 및 체격과의 관련성이 다른 변수에 상관없이 독립적인 가를 보기위해 철 지표들의 변이를 혈청 셀레늄 수준이나 체격지표들로 설명할 수 있는 가를 분석하였다. 혈중 헤모글로빈 수준의 변이는 체격이나 혈청 셀레늄 수준에 의해 전혀 설명할 수 없었으나, 철 저장고를 나타내는 혈청 페리틴 수준은 체질량지수에 의해 25.0%를 설명할 수 있어, 철 저장고를 높이기 위해서는 체질량지수의 향상이 필요함을 보였다. 그리고 적혈구수는 혈청 셀레늄과 체지방율에 의해 26.2%를 설명할 수 있었으며, 체지방율은 적혈구수와 역의 관계를 보였다. 이러한 결과는 혈청 셀레늄 수준이 낮거나 체질량지수가 17.5 kg/m^2 이하인 사춘기 여아에서 빈혈 발생이 높았다는 연구나,⁷⁾ 정상수준의 혈청 셀레늄 수준을 나타내는 미국 여자노인에서 빈혈 발생은 낮은 체질량지수 및 혈청 셀레늄 농도와 독립적인 관련성을 보인 결과와 일치한다.⁶⁾

이상과 같이 본 연구는 혈청 셀레늄 수준이 정상인 여성에서 철 결핍 단계에 따라서 체내 셀레늄 수준이나 체격의 영향이 다르며, 체내 철 저장고를 높이기 위해서는 높은 체질량지수가 필요하나, 빈혈의 지표인 적혈구수를 개선하기

위해서는 높은 셀레늄 수준과 낮은 체지방이 필요함을 시사하였다. 따라서 앞으로 젊은 여성들의 철 영양상태의 개선을 위해서는 체내 철 결핍 단계를 고려하여, 셀레늄 영양과 체중은 높아지, 체지방을 낮추는 방안이 강구되어야 한다고 사료된다. 이러한 유추를 위해 앞으로 더 광범위한 연구를 통해 체지방이나 셀레늄 영양과의 관계를 심도있게 평가하는 것이 필요하다.

요 약

본 연구는 젊은 여성인 여대생의 철 영양상태를 살펴보고, 체격과 체내 셀레늄 수준과의 관계를 평가하고자 하였다. 연구 대상자들의 평균 나이는 21.9세이며, 키, 체중 및 체질량지수는 각각 164 cm와 60.1 kg, 22.2 kg/m²를 나타내었고, 체질량지수는 17.9 kg/m²에서 35.9 kg/m²까지의 다양한 수준의 체격 분포를 보였다. 본 연구 여대생들의 철 결핍과 빈혈율은 각각 27.1%, 8.6%이지만, 철 결핍성 빈혈율은 1.4%에 불과하였다.

체질량지수에 따른 철 영양상태를 보면, 체질량지수가 가장 낮은 집단에서 혈청 페리틴 수준과 혈청 철 수준이 낮았지만, 체중 증가에 따라 유의적으로 증가하였다. 헤모글로빈 수준이나 적혈구 용적비는 체격에 따른 차이를 전혀 보이지 않았으며, 적혈구수는 저체중군에서 중체중군으로 체질량지수가 증가하였으나 고체중군에서 유의적으로 낮았다.

본 연구 대상자들의 평균 혈청 셀레늄 수준은 12.0 µg/dL를 나타내었다. 혈청 셀레늄 수준에 따른 철 지표를 보면 혈청 페리틴 수준은 혈청 셀레늄 농도 증가에 따른 차이를 보이지 않지만, 혈청 철 수준과 혈액의 적혈구수, 적혈구 용적비는 평균 셀레늄 수준이 9.6 µg/dL에서 혈청 셀레늄 11.4 µg/dL으로 증가하는 경우 유의적으로 증가하여 낮은 셀레늄군에 비해 중셀레늄군 및 고셀레늄군에서 증가하였다.

혈청 페리틴 수준은 체질량지수에 의해 약 25.0%를 설명할 수 있으며, 적혈구수는 혈청 셀레늄 수준과 체지방율에 의해 변이의 26.2%를 설명할 수 있었다. 그러나 헤모글로빈이나 적혈구 용적비 등 다른 철 지표들은 체질량지수나 혈청 셀레늄 수준에 의해 설명이 되지 않았다. 결론적으로 본 연구는 체내 철 수준은 혈청 셀레늄수준, 체격인자 중 체질량지수 및 체지방율과 관련성을 제시하였다.

Literature cited

- 1) Cusick SE, Mei Z, Freedman DS, Looker AC, Ogden CL, Gunter E, Cogswell ME. Unexplained decline in the prevalence of anemia among US children and women between 1988-1994 and 1999-2002. *Am J Clin Nutr* 2008; 88(6): 1611-1617
- 2) Cogswell ME, Looker AC, Pfeiffer CM, James D Cook JD, Lacher DA, Beard JL, Lynch SR, Grummer-Strawn LM. Assessment of iron deficiency in US preschool children and nonpregnant females of childbearing age: National Health and Nutrition examination survey 2003-2006. *Am J Clin Nutr* 2009; 89: 1334-1342
- 3) Stoltzfus RJ. Iron deficiency: global prevalence and consequences. *Food Nutr Bull* 2003; 24(suppl): 99-103
- 4) Eftekhari MH, Eshraghian MR, Mozaffari-Khosravi H, Saadat N, Shidfar F. Effect of iron repletion and correction of iron deficiency on thyroid function in iron-deficient Iranian adolescent girls. *Pak J Biol Sci* 2007; 10(2): 255-260
- 5) Korean Centers for Disease Control and Prevention. The fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV). Seoul; 2007
- 6) Semba RD, Ricks MO, Ferrucci L, Xue QL, Guralnik JM, Fried LP. Low serum selenium is associated with anemia among older adults in the United States. *Eur J Clin Nutr* 2009; 63: 93-99
- 7) Van Nhien N, Yabutani T, Khan NC, Khanh le NB, Ninh NX, Chung le TK, Motonaka J, Nakaya Y. Association of low serum selenium with anemia among adolescent girls living in rural Vietnam. *Nutrition* 2009; 25(1): 6-10
- 8) Fontaine M, Valli VE, Young LG. Studies on vitamin E and selenium deficiency in young pigs. III Effects on kinetics of erythrocyte production and destruction. *Can J Comp Med* 1977; 41: 57-63
- 9) Bates CJ, Thane CW, Prentice A, Delves HT. Selenium status and its correlates in a British National Diet and Nutrition Survey: young people aged 4-18y. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56: 873-881
- 10) WHO. Obesity: Preventing and managing the global epidemic report of a WHO consultation on obesity; 1997. p.7-16
- 11) Nieman DC. Exercise testing and prescription. A health-related approach. 4th ed. CA, Mayfield, Mountain View; 1999
- 12) Tortora GI, Grabowski SR. Principles of anatomy and physiology. New York NY. Wiley & sons Inc.; 2000
- 13) Centers for Disease Control and Prevention. Recommendation to prevent and control iron deficiency in the United States. *MMWR. Morb. Mortal. Wkly Rep* 1998; 47: 1-29
- 14) Looker AC, Dullman PR, Carroll MD, Gunter EW, Johnson CL. Prevalence of iron deficiency in the United States. *J Am Med Assoc* 1997; 277: 973-976
- 15) Binkin NJ, Yip R. When is anemia screening of value in detecting iron deficiency? In: Hercberg S, Galan P, Dupin H. eds. Recent Knowledge on Iron and Folate Deficiencies in the World, Paris, France. Colloq INSERM; 1990. p.137-146
- 16) U.S. Preventive Services Task Force. Screening for iron deficiency anemia-including iron prophylaxis. In: Office of Disease Prevention and Health Promotion, 2nd ed. Guide to Clinical Preventive Services, Washington DC US. Department of Health and Human Services; 1996
- 17) Mei Z, Cogswell ME, Parvanta I, Lynch S, Beard JL, Stoltzfus RJ, Grummer-Strawn LM. Hemoglobin and ferritin are currently the most efficient indicators of population response to iron

1) Cusick SE, Mei Z, Freedman DS, Looker AC, Ogden CL, Gunter E, Cogswell ME. Unexplained decline in the prevalence of

- interventions: an analysis of nine randomized controlled trials. *J Nutr* 2005; 135: 1974-198
- 18) Cook JD, Skikne BS, Lynch SR, Reusser ME. Estimates of iron deficiency in the US population. *Blood* 1986; 68: 726-731
 - 19) Ahmed F, Coyne T, Dobson A, McClintock C. Iron status among Australian adults: findings of a population based study in Queensland, Australia. *Asia Pac J Clin Nutr* 2008; 17(1): 40-47
 - 20) Lee O, Moon J, Chung Y. The relationship between serum selenium levels and lipid profiles in adult women. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2003; 49(6): 397-404
 - 21) Kivela SL, Maenpaa P, Nissinen A, Alfthan G, Punsar S, Enlund H, Puska P. Vitamin A, vitamin E, and selenium status in an aged Finnish male population. *Int J Vitam Nutr Res* 1989; 59(4): 373-380
 - 22) Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington DC: National Academy Press; 2000. p.284-324
 - 23) Tietz NW. Test book of clinical chemistry. WB Saunders Co.; 1986. p.1845
 - 24) Varo P, Alfthan G, Ekholm P, Aro A, Koivistoinen P. Selenium intake and serum selenium in Finland: effects of soil fertilization with selenium. *Am J Clin Nutr* 1988; 48(2): 324-329
 - 25) Bley J, Navas-Acien A, Guallar E. Serum selenium levels and all-cause, cancer, and cardiovascular mortality among US adults. *Arch Intern Med* 2008; 169(4): 404-410
 - 26) Kvicala J, Zamrazil V, Cerovska J, Bednar J, Janda J. Evaluation of selenium supply and status of inhabitants in three selected rural and urban regions of Czech Republic. *Biol Trace Elem Res* 1995; 47(1-3): 365-375
 - 27) Korunova V, Skodova Z, Dedina J, Valenta Z, Parizek J, Pisa Z, Styblo M. Serum selenium in adult Czechoslovak (central Bohemia) population. *Biol Trace Elem Res* 1993; 37(2-3): 91-99
 - 28) Wolters M, Hermann S, Golf S, Katz N, Guallar AH. Selenium and antioxidant vitamin status of elderly German women. *Eur J Clin Nutr* 2006; 60: 85-91
 - 29) Matsuda A, Kimura M, Itokawa Y. Selenium level and glutathione peroxidase activity in plasma, erythrocytes and platelets of healthy Japanese volunteers. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 1997; 43(5): 497-504
 - 30) Hampel G, Schaller KH, Rosenmüller M, Oefele C. Selenium deficiency as contributing factor to anemia and thrombocytopenia in dialysis patients. *Life Support Syst* 1985; 3(S1): 36-40
 - 31) van Lettow N, West CE, van der Meer JWM, Wieringa FT, Semba RD. Low plasma selenium concentration, high plasma human immunodeficiency virus load and high interleukin-6 concentration are risk factors associated with anemia in adults presenting with pulmonary tuberculosis in zomba district, Malawi. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59: 526-532
 - 32) Van Nhien N, Khan NC, Yabutani T, Ninh NX, Chung le TK, Motonaka J, Nakaya Y. Relationship of low serum selenium to anemia among primary school children living in rural Vietnam. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2008; 54(6): 454-459
 - 33) Gürgöze MK, Olçücü A, Aygün AD, Taskin E, Kiliç M. Serum and hair levels of zinc, selenium, iron, and copper in children with iron-deficiency anemia. *Biol Trace Elem Res* 2006; 111(1-3): 23-29
 - 34) Nagababu E, Chrest FJ, Rifkind JM. Hydrogen-peroxide induced heme degradation in red blood cells: the protective roles of catalase and glutathione peroxidase. *Biochem Biophys Acta* 2003; 1620: 211-217
 - 35) McPhail DB, Sibbald AM. The role of free radicals in brassica induced anemia of sheep: an ESR spin trapping study. *Free Radic Res Commun* 1992; 16: 277-284
 - 36) Kaushal N, Hegde SN, Gandhi UH, Paulson RF, Prabhu KS. Selenium status and erythropoiesis in mice. *FASEB J* 2009; 23: 728.5
 - 37) Matsumoto K, Inagaki T, Hirunuma R, Enomoto S, Endo K. Contents and uptake rates of Mn, Fe, Co, Zn, and Se in Se-deficient rat liver cell fractions. *Anal Sci* 2001; 17(5): 587-591
 - 38) Matsumoto K, Terada S, Ariyoshi M, Okajo A, Hisamatsu A, Ui I, Endo K. The effect of long-running severe selenium-deficiency on the amount of iron and zinc in the organs of rats. *Molecules* 2009; 14(11): 4440-4453
 - 39) Mostert V, Hill KE, Burk RF. Loss of activity of the selenoenzyme thioredoxin reductase causes induction of hepatic hem oxygenase-1. *FERS Lett* 2003; 541: 85-88