

엘리트 여자 축구선수의 철분보충이 체내 철분상태와 면역 및 항산화에 미치는 영향*

강형숙** · 김혜영(A)**§ · 조여원***

용인대학교 식품영양학과, ** 경희대학교 동서의학대학원***

Effects of Iron Supplementation on Iron Status and Immunity Status of Elite Female Soccer Players*

Kang, Hyung Sook** · Kim, Hye-Young P.**§ · Choue, Ryowon***

Department of Food and Nutrition,** Yongin University, Yongin, Kyunggi 449-714, Korea
Graduate School of East-West Medical Science,**§ Kyung Hee University, Seoul 130-710, Korea

ABSTRACT

This study was performed to evaluate the effect of iron supplement for 4 weeks on iron status, immunity, and antioxidant status of national female soccer players (n = 25). This study was performed at summer hard training period right before competition. A single blind design was used to divide the subjects into iron-supplement (IS) or placebo group (P). Iron-supplement group was supplemented with iron (40 mg/d) for 4 weeks. The mean age of the subjects was 23.3 ± 2.5 years old. Mean height and body weight of the subjects were 164.4 ± 5.7 cm and 57.4 ± 4.6 kg, respectively. The mean carrier as soccer player was 11.0 ± 2.6 years and mean training time was 7.0 ± 1.3 hr/day. The mean hemoglobin, hematocrit, total iron binding capacity and ferritin concentrations before iron supplementation were not different between two groups. After 4 weeks of summer training and iron supplementation, serum ferritin level was significantly increased only in IS group after supplementation. Mean corpuscular volume and total iron binding capacity were significantly decreased in both groups. Meanwhile, hemoglobin and red blood cell count were significantly lowered only in placebo group. The IgM concentration increased significantly in both groups, but IgG concentration had increasing tendency only in IS group (p < 0.064). Therefore, iron supplementation during hard training period may be helpful to improve work capacity of the athletes by improving ferritin status and humoral immune responses. (*Korean J Nutrition* 36(7): 729~735, 2003)

KEY WORDS : iron, anemia, antioxidant, immune status, female soccer player.

서론

철분은 여성에게 있어서 부족하기 쉬운 영양소 중 하나이다. 철분은 헤모글로빈을 구성하는 필수성분으로 체내의 산소운반과 조직호흡과정에 직접적으로 관여한다. 또한 철분은 근육색소인 myoglobin과 세포 내의 산소이용을 가능하게 하는 Krebs-cycle에 관여하는 여러 가지 효소의 구성성분으로도 쓰인다.¹⁾ 과도한 트레이닝이나 불충분한 영양상태는 체내 철분상태에 영향을 미치며,^{2,3)} 잠재성 철 결

핍은 엘리트 운동선수의 문제로 대두되고 있다.^{4,5)} 지구성 트레이닝은 철 흡수를 상승시키고 근육 내 철 함유 효소의 합성을 촉진시킨다. 한편, 과도한 트레이닝을 통해 지속적으로 용혈 (hemolysis)이 진행되면 노나 땀을 통해 철 손실이 향진된다.^{6,7)}

용혈은 근육의 기계적 충격으로 인해 운동선수들에게 많이 발생한다. 축구와 같은 장시간운동에서는 근육세포의 파열로 근육색소가 유출되어 다량의 적혈수를 손실하게 된다. 조정과 같이 근육에 큰 충격이 가해지지 않는 운동에서도 용혈 현상이 발생하기도 한다. 또한 지구력경기 운동선수나 지구성 싸이클 선수들은 신체 특정부위의 통증해소를 위해 아스피린이나 항염증약품을 사용함으로써 이로 인해 장벽세포의 손실과 출혈이 대소변을 통해 발생하기도 한다.¹⁾ 장거리 달리기 선수의 혈뇨증 (hematuria) 증세는 반

접수일 : 2003년 7월 21일

채택일 : 2003년 8월 4일

*This work was supported by Korea Research Foundation Grant (KRF-2002-037-G00032).

§To whom correspondence should be addressed.

복적으로 지면에 발바닥이 접촉하면서 발생하는데, 파열된 적혈구와 혈색소가 신장을 통해 배출되는 것으로 보고되고 있다. 이러한 원인으로 기인되는 빈혈은 산소운반과 더불어 헤모글로빈농도를 저하시키므로 지구성운동수행능력에 막대한 지장을 초래한다.⁴⁾

일반적으로 빈혈이란 헤마토크리치가 감소된 상태이며 혈중 헤모글로빈이 정상 이하인 경우를 말한다. 특히 운동선수들에게서 나타나는 빈혈을 운동성빈혈 또는 스포츠 빈혈이라고 하는데, 혈구 손실, 혈구파괴, 혈구 및 헤모글로빈의 생성억제 등이 주요 원인이 된다. 운동초기에 혈장이 과다한 부피 증가를 하는 동안에도 자주 발생하는 것으로 알려져 있다.⁵⁾ 체내 철분상태는 운동 유형과 강도에 따라 달라지는데, 선행연구를 살펴보면 에어로빅 선수에 비하여 지구성운동 선수에서 저장된 철이 고갈되기 쉬운 것으로 보고 있다.¹³⁻¹²⁾ 또한 철 결핍은 유산소능력을 감소시켜 미토콘드리아 내 철분 의존효소(iron-dependent enzymes)를 감소시켜 잠재성 철결핍 빈혈을 유발시키기도 한다.¹³⁻¹⁵⁾

철분은 자유기 (free radical) 유도물질의 산화제로서 지방질의 과산화작용을 촉진시키기도 한다.¹⁶⁻¹⁸⁾ 한편, 철 결핍과 면역세포 기능에 대한 연구¹⁹⁾를 살펴보면 철분의 섭취가 지속적으로 낮으면 면역기능의 변화는 더욱 빠르게 나타난다고 보고하였다.²⁰⁾ 운동강도가 높거나 엘리트선수와 같이 지속적인 하드 트레이닝을 실행하는 운동선수에서는 면역능력 지표들의 감소가 관찰된다는 보고도 있다.²¹⁻²³⁾ 그러나 아직 철 영양상태에 따른 면역 및 항산화능력에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 여자 운동선수의 운동수행능력과 경기력향상을 위하여 철분 영양상태와 철 보충이 미치는 영향을 종합적으로 검토할 필요가 있다. 본 연구에서는 국가대표 여자축구선수를 대상으로 고강도 하계훈련 시 4주간 철 보충을 실시하여 공복 시 혈중 철분 영양상태 지표와 면역 및 항산화 상태의 변화를 살펴보고자 수행되었다.

연구내용 및 방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상은 여자 국가대표 축구 선수 25명으로 하였으며 이들을 철 보충군 (iron supplementation, IS, n = 11)과 위약군 (placebo, n = 14)으로 분류하여 철 보충군에게는 매일 철분 (Fe⁴³ 형태로 40 mg/d, iron protein succinylate, 대웅제약)을 섭취하도록 하였다.

2. 신체계측

조사대상자의 신장은 신장계 (삼영, 한국)로, 체중은 전자

식 체중계 (CAS, 한국)로 측정하였으며, 신체조성 측정은 신체조성분석기 (In Body 3.0, 한국)를 사용하여 BMI, 체지방률, 체지방량, 체지방량, 체수분율을 측정하였다.

3. 영양 섭취실태 조사

대상자들의 하계 합숙기간 (2001년 7~8월) 중 3일간의 식품 섭취실태를 1 : 1 면접으로 연구자가 직접 기록하여 조사한 후 CAN (한국영양학회, 2002) 프로그램을 이용하여 철분을 포함한 영양소 섭취량과 한국인 영양권장량에 대한 섭취 비율 및 동·식물성섭취비율을 계산하였다.

4. 혈액 분석

철분 상태 판정 지표로는 적혈구 용적비 (hematocrit, Hct), 혈색소 농도 (hemoglobin, Hb), 평균 적혈구 혈색소 농도 (mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC), 총 적혈구수와 백혈구수, 혈청 페리틴, 총 철결합력 (total iron binding capacity, TIBC)을 분석하였다. 대상자들의 정맥 혈액 (15 ml)을 아침 식사 전 공복 상태에서 채취하여서 면역 능력을 분석하기 위한 전혈 (10 ml)은 EDTA를 첨가한 튜브에 넣고, 혈청 철분을 분석하기 위한 전혈 (5 ml)은 EDTA가 처리되지 않은 튜브에 채취하였다. EDTA를 첨가한 튜브에서 일부는 바로 적혈구 용적비, 혈색소 및 혈구수 등의 분석에 이용하고, 나머지는 면역 능력 측정에 이용하였다. 적혈구 용적비는 채취한 전혈의 일부를 소형원심분리기에서 11,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 전혈액에 대한 적혈구층의 %로 표시하고, 혈색소의 농도는 혈액의 헤모글로빈을 cyanomethemoglobin으로 전환해서 540 nm에서 비색법으로 분석하였다. 총 적혈구수와 백혈구수는 Coulter counter (model STKR, USA)로 측정하였다. EDTA를 처리하지 않은 혈액은 혈청의 분리를 위해 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하고, 혈청을 분리한 후 분석할 때까지 냉동고 (-30°C)에 보관하였다. 혈청 철분과 총철결합력은 560 nm에서 비색법으로 분석하고 (Sigma diagnostics, No.565), 혈청 ferritin은 double-antibody¹²⁵I-radio-immunoassay kit (Diagnostic Products Coup., U.S.A)을 이용하여 분석하였다.

5. 면역 및 항산화능력 분석

체액성 면역능력을 대표하는 혈장 내 면역글로불린인 Immunoglobulin (Ig)A, IgG와 IgM 분석은 방사면역확산법 (SRID)을 이용하여 측정하였다. 적혈구 항산화 효소의 활성은 spectrophotometer (HPUV 8452, Hewlett Packard, USA)를 이용하여 측정하였다. 적혈구의 superoxide dismutase는 Folcher 등²⁴⁾과 Winterbourn 등²⁵⁾의 방법을

변형하여 분석하였고, glutathione peroxidase는 Paglia와 Valentine의 방법²⁶⁾으로 분석하였으며, catalase는 Johanson과 Hankan의 방법²⁷⁾을 이용하여 분석하였다.

6. 자료 분석 및 통계 처리

모든 자료분석은 개인용 통계분석 프로그램인 SPSS를 이용하였다. 서술통계를 적용하여 각 변인의 평균 및 표준편차를 산출하였다. 철 보충군과 위약군의 비교는 independent t-test를 이용하였고, 각 실험군의 철분 투여 전후의 비교는 paired t-test를 이용하여 p < 0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 일반적인 특성

여자 축구선수의 신체적 특성은 Table 1에 제시한 바와 같다. 대상자의 평균연령은 23.3 세이었고, 선수경력은 11.0 ± 2.6년, 평균 일일 훈련시간은 7.0 ± 1.3시간이었다. 선수들의 평균 신장은 164.4 ± 5.7 cm, 체중은 57.4 ± 4.6 kg, 체질량지수가 22.4 ± 6.0 kg/m²로 나타났다. 평균 체

Table 1. General characteristics and body composition of female soccer players

Variables	Placebo (n = 14)	IS (n = 11) ²⁾	Total (n = 25)
Age (yr)	23.8 ± 2.8 ¹⁾	22.6 ± 2.0	23.3 ± 2.5
Carrier (yr)	10.7 ± 2.7	11.3 ± 2.6	11.0 ± 2.6
Height (cm)	163.8 ± 5.7	165.2 ± 6.0	164.4 ± 5.7
Weight (kg)	57.0 ± 4.9	57.6 ± 4.5	57.4 ± 4.6
BMI (kg/m ²)	23.3 ± 7.9	21.3 ± 2.3	22.4 ± 6.0
body fat (%)	23.7 ± 3.1	24.1 ± 3.1	23.9 ± 3.1
FM (kg)	13.6 ± 1.9	14.0 ± 2.5	17.2 ± 1.8
LBM (kg)	43.4 ± 3.9	43.9 ± 3.1	43.6 ± 3.5

1) Values are mean ± standard deviation

2) IS: iron supplement

BMI (Body Mass Index) = weight (kg)/height(m²), FM (Fat Mass), LBM (Lean Body Mass)

지방 비율이 23.9 ± 3.1%로 정상인의 경우와 큰 차이가 없었으며, 위약군과 철분 보충군 간 신체체측치의 차이는 없는 것으로 나타났다.

2. 여자 축구 선수들의 영양섭취실태

여자 축구선수들의 영양섭취 실태는 Table 2에 제시하였다. 일일 총 에너지섭취량은 2,114.4 ± 352.8 kcal로, 성인 여자 권장량의 104.5%를 섭취하는 것으로 조사되었고 일일 단백질 섭취량은 78.7 g으로 권장량의 112.4%를 섭취하는 것으로 나타났다. 한편, 일일 평균 철 섭취량은 13.3 mg으로 성인 여자 권장량의 83.1%로 필요량보다 부족한 것으로 나타났으며, 비타민 C의 섭취량은 126.0 ± 61.9 mg으로 권장량의 180%를 섭취하는 것으로 나타났다. 철분은 산소시스템(oxygen energy system)에 중요한 역할을 하므로 지구력 운동선수들의 최적 조건을 위해서 충분한 철분의 섭취는 필수적으로 사료되므로, 앞으로 여자 운동선수들의 충분한 철 섭취에 관한 더 많은 관심이 필요하다고 하겠다. 본 연구 대상자들의 경우, 미국 국가대표 여자 피겨스케이팅 선수²⁸⁾의 일일 평균 열량섭취량이 2,837 kcal, 단백질, 철분, 비타민 C 섭취량이 각각 129 g, 19.1 mg, 170 mg인 것에 비하여 영양 섭취가 많이 부족한 것으로 나타났다. 한편, 우리나라 여자 유도 선수들을 대상으로 한 조사²⁹⁾에서는 평균 에너지 섭취량이 2667.3 kcal, 단백질 섭취량이 82.7 g, 철 12.2 mg, 비타민 C 섭취량이 75.5 mg으로 본 연구 대상자들의 경우 에너지 섭취량은 유도 선수들보다 많이 낮았고, 다른 영양소들의 섭취량은 유도 선수들과 비슷하게 나타났다. 반면 우리나라 국가대표 체조선수³⁰⁾의 일일 열량섭취량인 1367.2 kcal이나 에어로빅 전공 여대생들³¹⁾의 1,564.0 kcal에 비교하면 열량 섭취량이 높았는데, 축구와 같은 종목은 장시간 고강도의 체력훈련 및 기술, 또한 고온이라는 환경에서의 과도한 수분손실, 트레이닝 중 근육섬유의 미세한 손상 및 복원작업 등을 위해서 체조 선수들보다는 훨씬 많은 에너지 섭취량이 요구된

Table 2. Mean daily nutrient intake of female soccer players

Nutrients	Placebo (n = 14)	IS (n = 11) ²⁾	Total (n = 25)
Energy (kcal)	2083.2 ± 343.4 ¹⁾	2154.1 ± 377.4	2114.4 ± 352.8
Energy (kJ/kg)	36.7 ± 6.4	36.4 ± 9.7	36.6 ± 7.8
Protein (g)	77.6 ± 9.9	80.3 ± 14.9	78.7 ± 12.2
Protein (g/kg)	1.37 ± 0.21	1.45 ± 0.30	1.40 ± 0.25
Animal : Plant protein (%)	56.3 : 43.7	58.7 : 41.3	57.6 : 42.4
Iron (mg)	13.3 ± 2.1	13.4 ± 2.8	13.3 ± 2.4
Animal : Plant iron (%)	29.4 : 70.6	32.7 : 67.3	30.8 : 69.2
Vitamin C (mg)	105.4 ± 35.8	152.4 ± 78.5	126.0 ± 61.9

1) Values are mean ± standard deviation

2) IS: iron supplement

다고 하겠다.³²⁾ 운동선수의 에너지 요구량은 나이, 성별, 신체구성, 스포츠 종목, 그리고 운동 강도와 지속시간을 포함한 여러 요인에 의존하므로, 앞으로 이에 대한 보다 많은 연구 자료의 축적과 분석이 필요하다고 하겠다.

3. 체내 철 영양상태의 변화

여자 축구 선수들의 체내 철 영양상태는 Table 3에 제시하였다. 실험 시작 전 선수들의 평균 헤모글로빈 (Hb) 농도는 13.0 ± 1.3 g/dl, 헤마토크리트 (Hct)는 $41.3 \pm 3.2\%$ 로 정상 범위 내에 있었으나, 총 철결합력 (TIBC)은 461.8 ± 51.2 μ g/dl 으로 철분 결핍 범주 (> 450 μ g/dl)에 있었다. 보충제 투여 전에 체내 철 지표들은 두 집단 간에 유의적인 차이가 없었다.

혈청 페리틴의 경우, 실험 전에 IS (iron supplement)군과 위약군 (placebo) 사이에 차이가 없었으나, 보충제를 투여한 후에는 IS군은 33.1 ng/ml, 위약군은 24.1 ng/ml로 철을 보충해준 IS 집단에서만 혈청 페리틴 수준이 유의하게 높아진 것으로 나타났다. 한편, 4주 간의 철 보충은 페리틴을 제외한 다른 혈액 철 지표들의 수치는 증가시키지 못한 것으로 나타났다. 이는 4주간의 철 보충 기간이 2002년 아시아 올림픽 직전의 맹훈련기간이어서, 훈련으로 인한 혈액 희석 현상이 철 보충 효과보다 높았기 때문으로 사료된다. 한편, 보충제 투여 후에 위약군에서는 헤모글로빈 농도와 적혈구수가 통계적으로 유의하게 낮아진 반면, 철을 보충해준 군에서는 투여 전후에 유의적인 차이가 없이 유지된 것으로 나타났다.

Newhouse³³⁾ 등은 장거리여자 달리기 선수에게 8주간 철 보충 후 혈청 페리틴수준이 증가하였다고 보고하였고,

Nickerson³⁴⁾ 등은 여자 크로스컨트리선수에서 시즌 중 34%가 철 결핍이었으며 이는 위장출혈과 철분 저장고가 낮았기 때문이라고 하였다. 지구력 운동시 여자선수의 철 수준 감소에 관해 널리 알려진 것은 혈액희석(hemodilution)과 생리적인 현상이다.³⁵⁻³⁸⁾ 지구성운동선수가 더 많은 혈액 양을 가지고 있다는 보고가 있고,³⁶⁾ 주당 달리기거리가 100~250 km인 중장거리달리기 선수의 혈액 양이 대조군에 비해 20% 많았으며, 이는 일부운동선수의 경우 헤모글로빈의 감소가 혈장량의 증가 때문에 나타나는 것이라고 보고하였다.³⁹⁾ 그러므로 운동선수의 철 결핍은 종목별로 다양한 원인에서 유발되고, 선수들의 측정수치에 대한 해석은 일반인과는 다르게 풀이될 필요가 있으며, 스포츠현장에서 운동수행능력의 가감에 대한 변화해석도 종목마다 달라져야 할 것이다.

혈중 철 상태를 평가하는데 혈청 페리틴, 헤모글로빈, 헤마토크리트 등 여러 매개변수가 철분 상태를 측정하는데 사용된다. 철분 결핍의 초기단계는 체내 저장량감소를 판정하는 것이다. 혈청 페리틴은 체내 철저장량과 직선의 상관관계가 있으며 철 저장상태를 반영해주는 지표로 많이 이용되고 있다.⁴⁰⁾ 한편, 고온 환경 조건에서의 지속적인 유산소지구성 운동경기로 인한 높은 대사율⁴¹⁾과 과도한 땀을 통한 철 손실⁴²⁾의 가속화는 운동선수들에게 쉽게 운동성 빈혈을 유발하는 요인이 되므로 지속적인 철의 보충이 필요하다고 하겠다. 본 연구에서의 40 mg/d로 4주간 철을 보충한 경우 저장철의 증가에는 도움이 되지만, 전반적인 철 영양상태의 개선은 기대 효과에 미치지 못하는 것으로 나타나서 좀 더 장기적으로 철 영양 상태 개선을 위한 시도가 필요하다고 하겠다.

Table 3. Changes in hematological status of female soccer players during 4 weeks of supplementation and training.

Variable	Placebo (n = 14)		IS (n = 11) ²⁾	
	Pre	Post	Pre	Post
Hb (g/dl)	13.2 \pm 1.3 ¹⁾	12.3 \pm 1.2 ³⁾	12.8 \pm 1.4	12.2 \pm 0.9
RBC (10^6 /mm ³)	4.31 \pm 0.32	4.20 \pm 0.30*	4.24 \pm 0.17	4.20 \pm 0.27
Hct (%)	41.9 \pm 3.3	38.3 \pm 3.1 ³⁾	40.6 \pm 3.2	37.8 \pm 2.4*
MCV (μ m ³) ⁴⁾	97.4 \pm 2.2	91.1 \pm 3.0 ³⁾	95.8 \pm 6.4	90.3 \pm 5.6 ³⁾
MCH (pg) ⁴⁾	30.6 \pm 1.2	29.3 \pm 1.4 ³⁾	30.1 \pm 2.8	29.5 \pm 2.5 ³⁾
MCHC (%) ⁴⁾	31.6 \pm 0.8	32.1 \pm 0.7 ³⁾	31.3 \pm 1.4	32.3 \pm 1.4 ³⁾
Serum iron (μ g/dl)	71.3 \pm 17.8	84.9 \pm 45.8	81.8 \pm 31.4	78.1 \pm 31.8
TIBC (μ g/dl) ⁴⁾	456.4 \pm 38.5	392.3 \pm 50.1 ³⁾	478.8 \pm 67.4	387.9 \pm 75.0 ³⁾
Ferritin (μ g/l)	16.6 \pm 9.4	24.1 \pm 15.8	21.5 \pm 28.3	33.1 \pm 33.4 ³⁾

1) Values are mean \pm standard deviation

2) IS: iron supplement

3) *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001

4) MCV (Mean Corpuscular Volume), MCH (Mean Corpuscular Hemoglobin), MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration), TIBC (Total Iron Binding Capacity)

3. 면역력과 항산화 효소 상태의 변화

축구선수들의 면역 및 항산화 효소 상태는 Table 4 및 Table 5와 같다. 4주간의 보충제 투여 후 IgM은 철 보충군과 위약군 둘 다에서 유의하게 증가하였고, IgG는 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 철분군에서 증가하는 경향 ($p < 0.064$)을 보였다. 또한, 보충제 투여 후에 총 백혈구 수는 두 군 사이에 차이가 없었으나, 백혈구 분획의 경우 철 보충군에서 호산구의 비율이 증가하였고, 반면 위약군의 경우에는 임파구의 비율이 감소하였으며, 단핵구는 두 그룹 모두 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 운동선수들의 경우, 면역 글로부린 수치가 일반인보다 낮은 것으로 알려져 있는데, 다른 연구에서 여자 유도 선수들의 경우, IgG, IgA 및 IgM의 평균이 각각 1534.4 mg/dl, 189.0 mg/dl, 166.4 mg/dl로 본 대상자들의 수치와 비슷하였고, 일반인 보다는 낮은 것으로 보고되었다. 휴식 시나 격렬한 운동 후 임파구 기능의 장기간 운동효과에 대한 연구는 거의 보고되어 있지 않다. 격렬한 운동 후 엘리트 마라톤 선수⁴³⁾나 카누선수⁴⁴⁾들은 유사분열물질과 반응하는 임파구의 감소를 나타내었다고 한다. 고도로 훈련된 피험자가 격렬한 운동을 한 후에 임파구기능의 역제가 나타났다는 보고도 있다.⁴⁵⁾

항산화능력에서는 철분투여에 따른 영향은 없는 것으로

나타났으나, 고강도의 하계 훈련 기간 동안 두 군 모두에서 superoxide dismutase (SOD)의 수준이 증가하였다. 연구 보고에 의하면 지치도록 최대한 수행한 운동은 유리기 발생을 촉진하고 유리기의 과잉생성은 근육내의 세포와 세포막을 손상시키며 결국 근육통증을 초래한다.⁴⁶⁾ 그러나 지속된 신체훈련 자체는 SOD와 같은 유리기제거효소의 활성을 증가시켜 세포손상을 최소화시키고, 지치도록 수행하는 운동은 DNA에 유리기 손상을 초래할 수 있지만 비훈련된 사람들에 비하여 훈련된 대상자들이 손상이 적었다고 한다. 또한 식이 철분이 부족할 경우 glutathione peroxidase와 catalase는 별 영향을 받지 않으나 SOD 활성은 철분결핍군이 유의적으로 높았다는 보고도 있다.⁴⁷⁾

결론

본 연구는 엘리트 여자 운동선수의 철분보충이 체내 철분상태와 면역 및 항산화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 여자 축구 국가대표 선수 25명을 대상으로 철 투여군 11명, 위약군 14명으로 분류하여 실시되었다. 연구대상자의 일일 평균 에너지와 단백질 섭취량은 2,114.4 kcal와 78.7 g으로 일반 성인 권장량의 104.5%와 112.4%를 섭취하는 것

Table 4. Changes in immunological status of female soccer players

Variables	Placebo (n = 14)		IS (n = 11) ²⁾	
	pre	post	pre	post
Ig G (mg/dl)	1210.8 ± 196.5 ¹⁾	1210.1 ± 188.1	1207.0 ± 171.2	1257.5 ± 225.0
Ig A (mg/dl)	212.8 ± 84.4	213.7 ± 73.1	170.1 ± 68.4	172.1 ± 67.0
Ig M (mg/dl)	134.9 ± 30.1	145.9 ± 29.3 ³⁾	133.5 ± 46.4	156.0 ± 53.5 ^{**}
WBC (10 ⁶ /mm ³)	4.1 ± 1.6	4.6 ± 0.2	3.9 ± 1.7	4.5 ± 1.0
Neutrophil (%)	49.6 ± 5.9	54.7 ± 9.8	51.1 ± 4.8	49.6 ± 10.6
Lymphocyte (%)	43.6 ± 7.1	34.6 ± 8.2 ^{**}	42.4 ± 4.2	38.6 ± 7.9
Monocyte (%)	4.4 ± 1.9	7.1 ± 2.4 ^{***}	4.0 ± 1.3	7.2 ± 1.8 ^{***}
Eosinophil (%)	2.1 ± 1.9	2.9 ± 1.5	2.1 ± 1.5	4.0 ± 3.3 [*]
Basophil (%)	0.5 ± 0.5	0.6 ± 0.5	0.5 ± 0.5	0.6 ± 0.5

1) Values are mean ± standard deviation

2) IS: iron supplement

3) *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Table 5. Changes in red blood cell antioxidative enzyme activities of female soccer players

Variables	Placebo (n = 14)		IS (n = 11) ²⁾	
	pre	post	pre	post
GPx (U/g Hb) ⁴⁾	0.73 ± 0.38 ¹⁾	0.84 ± 0.47	0.90 ± 0.59	0.70 ± 0.68
SOD (U/mg Hb) ⁴⁾	5.85 ± 1.67	10.00 ± 2.43 ^{***3)}	6.76 ± 1.60	9.74 ± 2.54 [*]
Catalase (U/g Hb)	768.1 ± 850.1	566.0 ± 938.5	668.4 ± 709.6	534.0 ± 427.7

1) Values are mean ± standard deviation

2) IS: iron supplement

3) *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

4) SOD: superoxide dismutase, GPx: glutathione peroxidase

으로 나타났고, 평균 철 섭취량은 13.3 mg으로 성인 여자 권장량의 83.1%로 부족하게 섭취하고 있었다.

4주간의 철분 보충과 하계 훈련 후 저장철의 지표인 페리틴은 철 투여군에서 유의하게 높아졌으나, 다른 혈액 철 지표들의 수치는 증가시키지 못한 것으로 나타났다. 한편, 위 약군의 경우에는 4주간의 훈련 후 헤모글로빈 농도와 적혈구수가 유의적으로 감소한 것으로 나타났다. 따라서, 고강도 훈련 시의 철 상태 개선을 위해서는 투여하는 철의 양이나 기간 등에 있어서 좀 더 중장기적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

연구 대상자들의 체액성 면역 상태를 나타내는 면역 글로부린은 정상이나 낮은 상태에 있었고, 4주간의 훈련 후에 IgM 농도가 두 군 모두에서 유의적으로 증가하였으며, 철 보충군의 경우 IgG가 증가하는 경향을 보였다. 항산화 효소 활성의 경우 4주간의 훈련 기간 후에 SOD가 유의하게 증가하였으나, 철분투여에 따른 영향은 없었다. 이상의 결과로 하절기 고온의 환경에서 아시안 게임 직전 고강도 훈련을 하는 동안 4주간의 철분 보충은 저장 철의 유의한 증가를 가져왔으며, 혈장 증가로 인한 빈혈 현상을 완화시켜서 훈련 중 경기수행능력에 긍정적인 효과를 나타낸 것으로 사료된다. 추 후 운동 선수들의 철분 상태 개선을 위한 적정 철분 보충 정도와 기간 등에 대해서는 좀 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 기대된다.

Literature cited

- 1) Melvin H. Williams. Nutrition for health, fitness & sports. Fifth Edition, McGraw Hill, 2000
- 2) Waver CM, Rajaram S. Exercise and iron status. *J Nutr* 122: 782-787, 1992
- 3) Szygula Z. Erythrocytic system under the influence of physical exercise and training. *Sports Med* 10(3): 181-197, 1990
- 4) Kang SH, Kang SA, Choue RW. Relationships between hematologic profiles and soluble transferrin receptors in female gymnasts. *Korean J Phys Edu* 41(2): 709-717, 2002
- 5) Rowland TW. Iron deficiency in the young athlete. *Pediatric Clin North Am* 37(5): 1153-1163, 1990
- 6) Kicisno Yasuo, Moriguchi Satoru, Mizunuma Doshimi. Sports Nutrition. Diagnosis & Therapy Co., Tokyo, Japan, 1998
- 7) Kang HS. Power soccer: Energy, carbohydrate, fat, and protein. In: Korea Football Association Technical Report. pp.30-31, Korea Football Asso., Seoul, 2002
- 8) Balaban EP. Sports anemia. *Clin Sports Med* 11(2): 313-325, 1992
- 9) Pate R. Sports anemia: A review of the current research literature. *Phys Sports Med* 11: 115-126, 1983
- 10) Newhouse I, Clement D. Iron status in athletes: An update. *Sports Med* 5: 337-352, 1988
- 11) Schena F, Pattini A, Mantovanelli S. Iron status in athletes involved in endurance and in prevalently anaerobic sports. In: Kies CV, Driskell JA. ed. Sports Nutrition. CRC Press Inc., 1995
- 12) Karamizrak SO, Islegen C, Varol SR, Taskiran Y, Yaman C, Mutaf I, Akgun N. Evaluation of iron metabolism indices and their relation with physical work capacity in athletes. *Br J Sports Med* 30: 15-19, 1996
- 13) Lamanca JJ, Haymes EM. Effects of low ferritin concentration on endurance performance. *Int J Sport Nutr* 2: 376-385, 1992
- 14) Schoene RB, Escourrou P, Robertson HT, Nilson KL, Parsons JR, Smith NJ. Iron repletion decreases maximal exercise lactate concentration in female athletes with minimal iron deficiency anemia. *J Lab Clin Med* 102(2): 306-312, 1983
- 15) Diehl DM, Lohman TG, Smith SC, Kertzer RJ. The effects of physical training in iron status of female field hockey players. *Int J Sports Med* 7: 264-270, 1986
- 16) Ji LL, Fu R. Responses of glutathione system and antioxidant enzymes to exhaustive exercise and hydroperoxide. *J Appl Physiol* 72: 549-554, 1992
- 17) Yu BP. Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. *Physiol Rev* 74: 139-162, 1994
- 18) Alession HM. Exercise-induced oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc* 25: 218-224, 1993
- 19) Oski FA. Iron deficiency in infancy and childhood. *N Engl J Med* 329: 190-193, 1993
- 20) Bendich A, Chandra RK. Micronutrients and immune functions. New York Academy of Sciences. NY, 1990
- 21) Shephard RJ, Shek PN. Heavy exercise, nutrition and immune function: Is there a connection? *Int J Sports Med* 16: 491-497, 1995
- 22) Shephard RJ, Shek PN. Immunological hazards from nutritional imbalance in athletes. *Exerc Immunol Rev* 4: 22-48, 1998
- 23) Bishop NC, Blannin Ak, Walsh NP, Robson PJ, Gleeson M. Nutritional aspects of immunosuppression in athletes. *Sports Med* 28: 151-176, 1999
- 24) Folcher L, Becker R, Brigelius R, Lengfelder E, Otting F. Convenient assays for superoxide dismutase. In: Miquel J, Quintaniha AT, Weber H, eds. CRC handbook of free radicals and antioxidants in biomedicine, pp.287-288, CRC press, 1992
- 25) Winterbourn CC, Hawkins RE, Brian M, Carrell RW. The estimation of red cell superoxide dismutase activity. *J Lab Clin Med* 35: 337-341, 1975
- 26) Paglia DE, Valentine WN. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* 70(1): 158-169, 1969
- 27) Johansson LH, Hankan Borg LA. Spectrophotometric method of determination of catalase activity in small tissue sample. *Anal Biochem* 174: 331-336, 1988
- 28) Ziegler PJ, Jonnalagadda SS, Lawrence C. Dietary intake of elite figure skating dancers. *Nutrition Research* 21: 983-992, 2001
- 29) Kim SH, Kim HYP, Kim WK, Park OJ. Nutritional status, iron-deficiency-related indices, and immunity of female athletes. *Nutrition* 18: 86-90, 2002
- 30) Kang HS. A study on iron nutritional status and serum iron parameter in elite gymnasts. *Korean J Phys Edu* 42(2): 325-

- 333, 2003
- 31) Kim HYP, Jang YA, Lee PY. Iron status of female athletes involved in aerobic sports. *Nutr Sci* 1 (1): 29-33, 1998
 - 32) Lee MC, Choue YW, Kang HS. Power Nutrition. Hongkyung press, Seoul, 2002
 - 33) Newhouse IJ, Clement DB, Taunton JE, McKenzie DC. The effects of prelatent/latent iron deficiency on physical work capacity. *Med Sci Sports Exer* 21 (3): 263-268, 1989
 - 34) Nickerson HJ, Holuvets MC, Weiler BR, Haas RG, Schwrtz S, and Ellefson ME. Causes of iron deficiency in adolescent athletes. *J Pediatr* 114: 657-663, 1989
 - 35) Haymes EM and Spillman DM. Iron status of women distance runner, sprinters, and control women. *Int J Sports Med* 10: 430-433, 1989
 - 36) Oscari LB, Williams BT, and Hertig BA. Effect of exercise on blood volume. *J Appl Physiol* 24: 622-624, 1968
 - 37) Dressendorfer RH, Wade CE, and Amsterdam EA. Development of pseudoanemia in marathon runner during a 20-day road race. *J Am Med Asso* 246: 1215-1218, 1981
 - 38) Steenkamp I, Fuller C, Graves J, Noakes TD, and Jacobs, P. Marathon running fails to influence RBC survival rates in iron-replete women. *Phys Sports Med* 14: 89-96, 1986
 - 39) Brotherhood J, Brozovic B, and Pugh LGC. Hematological status of middle and long-distance runner. *Clin Sci Mol Med* 48: 139-145, 1975
 - 40) Cook JD, Lipschitz DA, Miles LEM, Finch CA. Serum ferritin as a measure of iron stores in normal subjects. *Am J Clin Nutr* 27: 681-687, 1974
 - 41) Haymes E, Wells C. Environment and Human Performance. Human Kinetics, Champaign, IL, 1986
 - 42) Maughan R, Shirreffs S. Recovery from prolonged exercise: Restoration of water and electrolyte balance. *J Sports Sci* 15: 297-303, 1997
 - 43) Eskola J, Russkanen O, Soppi E, Viljanen A, Jarvinen M, Toivonen H. Effect of sport stress on lymphocyte transformation and antibody formation. *Clin Exp. Immunol* 32: 339-345, 1978
 - 44) Fry RW, Morton AR, Keast D. Acute intensive interval training and T-lymphocyte function. *Med Sci Spors Exerc* 24: 339-345, 1992
 - 45) Nieman DC, Berk LS, Simpson-Westerberg M, Arabatzis K, Youngberg S, Tan SA, Lee JW, Eby WC. Effects of long-endurance running on immune system parameters and lymphocyte function in experienced marathoners. *Int J Sports Med* 10: 317-323, 1989
 - 46) Brooks G. Proceedings of the panel discussion: Antioxidants and the elite athlete. American College of Sports Medicine Meeting, Dallas, Texas, 1992
 - 47) Kim HYP, Chung HS. Effect of dietary iron and coffee intake on oxidative stress and antioxidative enzyme activities of rats. *Korean J Nutr* 35 (9): 919-925, 2002