

[원저]

철분 및 단백질 복합투여가 엘리트 마라톤 선수의 혈중 빈혈지표에 미치는 영향

강형숙¹, 박훈기², 윤진환³, 김종오³, 김복주⁴, 박성태⁵동아대학교¹, 한양대학교², 한남대학교³, 한국체육대학교⁴, 서울대학교⁵

Effects of Iron or Protein Supplementation on Blood Anemia Index in Elite Long Distance Runners

Hyoung-Sook Kang¹, Hoon-Gi Park², Jin-Hwan Yoon³, Jong-Oh Kim³, Bok-Ju Kim⁴, Sung-Tae Park⁵Dong-A Univ.¹, Hanyang Univ.², Hannam Univ.³, Korea National Sport Univ.⁴, Seoul National Univ.⁵

Background	This study was done to investigate the changes in blood hematological concentration and exercise performance capacity from iron and/or protein supplementation for 8 weeks in male elite long distance (marathon) runners.
Methods	Twenty-one male elite long distance runners participated in this study. All subjects were divided into one of three groups- IS (iron supplement group, n=7), PS (protein supplement group, n=7), or IPS (iron and protein supplement, n=7) to investigate the interactions between groups and time periods. Repeated measurement ANOVA & post hoc (p<.05) were conducted for data analysis using SPSS 14.0 program.
Results	The mean Hb, RBC, Hct concentration, and VO2max were significantly increased after supplementation for 8 weeks in the iron supplement and iron+protein supplement groups. Hence, this impact had a positive effect on exercise performance capacity during training.
Conclusions	Further research into the analysis of gastrointestinal bleeding associated with running and anemia from the lack of iron associated with shocks to the feet are required. Answers to these questions would be helpful to long distance runners.
(Korean J Health Promot Dis Prev 2009; 9(1):56-63)	
Key words	marathon, hemoglobin, serum iron, serum ferritin, red blood cell, VO2max

서론

철분은 체내 수많은 생화학적 반응에 중요한 역할을 한다. 산소운반, 헤모글로빈과 미오글로빈 합성, 산소활성에 중요한 역할을 하며 전자전달을 하는 수많은 효소 내에 존재하므로 특히 지구력 선수들에게 있어서 철 결핍성 빈혈은 운동 시의 수행능력

저하와^{1,4)} 에너지생산에 관계된 여러 대사 기능에 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 3~5g의 철분이 체내에 보유되어 있는데, 이 중 약 80%의 철분은 적혈구 내에 혈색소(hemoglobin)의 형태로, 혈액의 산소 운반 능력을 65배나 증가시킨다고 한다.⁵⁾ 또한 전체 철분 중의 약 5%는 근육 세포 내에 myoglobin의 형태로 존재하면서, 근육 세포 내로의 산소의 저장과 운반을 돕는 역할을 한다.⁶⁾

빈혈이라는 용어는 혈액 내 적혈구나 헤모글로빈의 부족상태를 일컫는 말로 혈액의 혈색소의 농도가 성인남자의 경우 헤모글로빈 농도가 13g/100ml 이하일 때, 성인여자는 12g/100ml 이하일 때 빈혈로 판정한다. 적혈구 및 헤모글로빈은 체내 산소

• 교신저자 : 강 형 숙
 • 주 소 : 부산광역시 사하구 하단2동 840 동아대학교 스포츠과학대학
 • 전 화 : 051-200-7840
 • E-mail : sports4@dau.ac.kr
 • 접수 일 : 2008년 7월 30일 • 채 택 일 : 2009년 1월 3일

공급 역할을 하므로 빈혈을 느끼는 선수들의 어지럼증은 뇌의 산소공급이 부족하기 때문에 나타나는 증세이며 지속적인 빈혈이 이어지면 운동 수행능력의 저하가 현저하게 유발된다.^{7,8)} 운동성 빈혈(sports anemia)은 운동초기단계에 적응하기 위해 나타나는 현상으로 혈장용액의 증가, 혈액의 산성화와 기계적 충격으로 인한 적혈구 파괴 등으로 인한 일시적인 현상이며⁹⁾ 헤모글로빈의 손실이 아니라 오히려 혈장량의 증가에 기인하여 혈액희석으로 빈혈을 유발하는 것으로 알려져 있다. 원인으로서는 혈장의 확장, 운동 중의 증가된 용혈 현상, 에너지섭취량 부족에서 야기된 단백질과 식이 철분 섭취 부족 또는 소화기나 비뇨기의 장간막 출혈을 통한 적혈구의 손실 때문으로도 보고하고 있다.¹⁰⁾ 운동선수는 특히 훈련 시 산소의 전달을 위해 많은 헤모글로빈 양이 증가하게 되므로 철 결핍과 저혈색소 수준은 선수들의 체내 산소이용과 운반능력을 감소시킨다. 또한 철분 요구량이 높음에 비해 철분 섭취량은 불충분하고, 과도한 훈련으로 인해 땀과 소변으로의 철분의 손실량이 지속적으로 증가되면, 스포츠 빈혈이 훈련으로 인한 일시적인 빈혈 증상이 아니라 실제적인 만성 빈혈일 가능성도 있다.¹¹⁾ 철 결핍은 철 저장 결핍, 철 결핍성 적혈구 생성, 철 결핍성 빈혈로 이어지고^{12,13)} 철 결핍성 빈혈 시에는 헤모글로빈, 미오글로빈, 페리틴, 트랜스페린 포화도 뿐 아니라 적혈구 크기와 수, 철 농도가 감소된다.¹³⁾

마라톤 경기에서는 전체적인 페이스의 상향조정과 함께 젖산내성을 바탕으로 한 고강도 페이스를 얼마나 지속할 수 있는가의 능력 등이 요구되면서 중거리와 유사한 스피드화로 경기의 승패가 결정지어지고 있다.¹⁴⁾

Nickerson 등¹⁵⁾은 크로스컨트리 종목의 청소년 선수 중 여자 선수에게 철 결핍 빈혈 (iron deficiency anemia; IDA)이 34%로 같은 연령대의 남자선수에서 8% 보다 매우 높은 것으로 보고하였으며, Rowland 등¹⁶⁾도 크로스컨트리 종목 청소년 여자 선수에서 철 결핍은 45%로 높게 나타났다고 보고하였다.

강도 높은 운동에 의해 철 균형이 영향을 받는 기전으로는 격렬한 운동으로 야기되는 혈관 내 용혈, 위장관 출혈, 장관 내 철 흡수의 감소, 운동시 발에 대한 충격으로 인한 적혈구 파괴, 육상선수에서 적혈구의 교체가 증가할 가능성, 소변이나 땀으로의 철분 소실 등이 제시되었다.¹⁷⁻²⁰⁾ 김동현 등¹⁷⁾은 운동종목별 철 결핍이 나타난 빈도는 육상선수가 33.3%, 배드민턴 선수가 25.0%, 사격선수가 19.2%로 육상선수가 철 결핍의 발생이 더 잘 일어난다고 보고하였으며, Manore 등²¹⁾은 장거리 육상 선수를 9주간 조사한 결과 50%이상이 잠재적인 철결핍을 보였으며, 철 손실 증가, 철 섭취 감소, 철 흡수 감소 등을 원인으로 제시하였다. 이렇듯 현재까지 장거리 육상선수들을 대상으로 철분 관련성을 연구한 논문은 많이 수행되어 왔지만, 여성 마라톤 선수들을 대상으로 한 연구가 대부분이면 철 보충과 관

련하여 남자엘리트마라톤 선수들을 대상으로 한 연구는 희소한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 매일 고강도 레이스를 지속적으로 훈련하는 엘리트 마라톤 선수를 대상으로 고강도 훈련기 8주간 철분 및 단백질 보충을 실시하여 체내 생화학적 철 관련 지표와 최대운동수행능력에는 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구대상자의 일반적인 특성은 표 1과 같다. 대상자는 엘리트 마라톤 선수를 대상으로 실험에 대한 내용과 위험성에 대한 사항을 충분히 설명하고 이해시킨 뒤 실험동의서를 작성한 총 21명을 대상으로 실시하였다. 대상자들은 철분보충군(n=7), 단백질 보충군(n=7), 철분+단백질보충군 (n=7)으로 마라톤 기록을 고려하여 3그룹으로 분류하였으며 이들의 신체적 특성은 표 1에 제시된 바와 같다. 참고로 연구대상자의 주당 훈련시간은 35.3시간 이상이며, 주당 주행거리는 300-350km정도로 지속적인 훈련을 수행하는 가운데 실험이 이루어졌다.

Table 1. 연구대상자의 신체적 특성

변인	IS	PS	IPS
Age (yr)	21.8±2.83	21.6±1.96	21.3±2.51
Carrier (yr)	9.0±2.73	9.3±2.62	9.0±2.64
Height (cm)	175.8±5.68	175.2±5.96	176.4±5.72
Weight (kg)	58.0±4.87	59.9±4.46	59.4±4.63
%fat (%)	10.97±1.96	10.50±1.84	10.45±2.07
Record	2'22.57"±5.25	2'23.14"±4.36	2'23.57"±5.59
VO2max(ml/kg/min)	76.88±4.95	76.38±2.26	75.93±3.82

IS : Iron Supplement group(철분보충군),

PS : Protein Supplement group(단백질 보충군),

IPS : Iron + Protein Supplement group(철분+단백질 보충군)

2. 스포츠보충제 투여 방법

대상자를 철분보충군(IS: iron supplement group), 단백질보충군(PS: Protein supplement group), 철분+단백질보충군(IPS: Iron protein supplement group) 3그룹으로 분류하여 IS군에게는 호박산 단백질이 주성분인 D제약제품(Hemo-Q solution) 철분제 15mg 복용, PS군에게는 대두에서 추출하여 농축한 대두 단백질 제품(Posyco, power soyein) 25g 복용, IPS에게는

철분제 15mg과 대두단백질 25g을 보충하였으며 8주간 1일 1회 섭취하도록 하였다.

3. 측정항목 및 측정방법

(1) 신체계측 및 체성분 검사

신장은 신장계를 이용하여 0.1cm단위로 측정하였으며 체중은 운반용 체중계를 이용하여 0.1kg까지 측정하였다. 체구성은 생체전기저항분석기(Inbody 4.0, Korea)로 측정 하였다.

(2) 생화학적 분석

대상자들의 정맥 혈액(10ml)을 아침 식사 전 공복 상태(07:30~08:00)에서 채취하여서 혈청 철분을 분석하기 위한 전혈(5ml)은 EDTA가 처리되지 않은 튜브에 넣고, EDTA를 첨가한 일부(5ml)는 바로 적혈구 용적비(Hct), 혈색소(Hb) 및 혈구수 등의 분석에 이용하였다. 적혈구 용적비는 채취한 전혈의 일부를 미세원심분리기에서 11,000rpm으로 10분간 원심분리하여 전혈에 대한 적혈구 층의 %로 표시하고, 혈색소(Hb) 농도는 혈액의 헤모글로빈을 cyanomethemoglobin으로 전환해서 540nm에서 비색법으로 분석하였다. 총 적혈구수는 coulter counter(model STKR, USA)로 측정하였다. EDTA를 처리하지 않은 혈액은 혈청의 분리를 위해 3,000rpm에서 20분간 원심분리하고, 혈청을 분리하여서 냉동고(-30℃)에 보관, 혈청 철분과 총 철결합력은 560nm에서 비색법으로 분석하고(Sigma diagnostics, No.565), ferritin은 double-antibody 125 I-radio-immunoassay kit(Diagnostic Products Coup., U.S.A)을 이용하여 분석하였다.

(3) 점증적 최대운동부하 검사

운동수행능력의 변화를 관찰하기 위해 트레드밀을 이용한 점증적 최대 운동부하 검사를 실시하였다. 실험전날 심한 운동

은 삼가 토록 하였고 12시간 음주, 흡연, 카페인 섭취를 금지시켰다. 운동부하 검사는 분당 80m, 6% 경사에서 2분간 걷기, 분당 130m, 6% 경사에서 2분간 조깅을 실시 후 2분 간격으로 분당 20m씩 점증적으로 증가시켜 탈진(all out)할 때 까지 수행하도록 하였다. 산소섭취량은 호흡가스 분석기(Quenton 4500)를 이용하여 측정하였다.

4. 자료처리

모든 자료 처리는 SPSS Ver. 14을 이용하여 각 변인의 평균과 표준편차를 구하였다. 각 집단내의 철분투여 전·후의 변인간의 차이 검증을 위해 반복측정분산분석(3×2 mixed ANOVA with repeated measures)을 실시하였고 유의차에 대한 사후검증은 Bonferroni 비교법과 pairwise 비교법을 이용하였다. 유의수준은 $p < 0.05$ 로 검정하였다.

연구결과

1. 일반 혈액 분석결과

8주간 보충제 투여 전후의 일반혈액 분석결과 생화학적 빈혈지표의 변화는 표 2와 같다. Hb 농도의 변화에 대한 반복측정분산분석 결과 그룹 간의 교호 작용이 있는 것으로 나타났다 [$F(2, 18) = 7.463, p = .004$]. 이에 대한 사후검증 결과 철분 보충군과 철분+단백질보충군에서 유의한 증가를 보였고, 단백질만을 보충군에서는 전후 간에 유의한 변화가 없는 것으로 나타났다. 적혈구 변화에는 유의한 변화가 없었다. Hct는 세 그룹 모두 정상수치의 하한수준이었으며 철분 보충 후 철분보충군과 철분+단백질보충군에서 보충 전에 비해 유의하게 증가하는 경향을 보였다.

Table 2. 일반혈액 분석 결과

변인	집단	복용전	복용후	그룹(2,18)	반복측정결과(F-값)	
					시간(1,18)	그룹×시간(2,18)
Hb (g/dl)	IS	13.98±1.19	14.92±1.17 ^{ab*}	2.65 (0.98) [†]	53.729 (.000)	7.463 (.004)
	PS	13.92±0.43	14.15±1.30 ^a			
	IPS	13.60±0.52	14.85±0.68b [*]			
RBC (10 ⁶ /mm ³)	IS	4.95±0.37	4.93±0.36	.451 (.644)	.028 (.868)	.121 (.887)
	PS	4.78±0.22	4.82±0.21			
	IPS	4.92±0.38	4.94±0.33			
Hct (%)	IS	33.77±1.29	38.84±1.45 ^{b*}	9.049 (.002)	94.965 (.000)	24.574 (.000)
	PS	34.45±2.35	34.56±1.37 ^a			
	IPS	35.27±1.70	38.70±1.28 ^{b*}			

평균과 표준편차, IS: 철분보충군, PS: 단백질보충군, IPS: 철분+단백질보충군, ^{ab*}: 서로 다른 윗 첨자는 유의 차에 대한 Bonferroni 사후 검증 결과 유의한 차이($p < .05$), *: 각각의 그룹에서 복용 전에 비해 유의한 차이($p < .05$), [†]: p-값

Table 3. 혈중 철 관련 생화학적 분석결과

변인	집단	복용전	복용후	반복측정결과(F-값)		
				그룹 (2,18)	시간 (1,18)	그룹×시간 (2,18)
SeFe ⁺⁺ (μg/dl)	IS	82.90±6.18	111.23±5.49 ^{b*}	15.07 (.000) [†]	151.897 (.000)	31.458 (.000)
	PS	83.98±4.99	86.14±7.51 ^a			
	IPS	80.53±5.61	113.87±5.90 ^{b*}			
TIBC (μg/dl)	IS	365.31±23.02	339.01±19.77 ^{a*}	4.761 (.022)	6.356 (.021)	8.314 (.003)
	PS	367.17±29.59	383.68±20.50 ^b			
	IPS	358.42±27.38	329.66±13.82 ^{a*}			
Ferritin (ng/ml)	IS	33.74±2.69	39.23±5.03 ^{b*}	12.871 (.000)	18.793 (.000)	6.861 (.006)
	PS	32.57±3.79	31.94±4.15 ^a			
	IPS	33.60±2.24	42.16±4.03 ^{b*}			

평균과 표준편차, IS: 철분보충군, PS: 단백질보충군, IPS: 철분+단백질보충군, abc: 서로 다른 윗 첨자는 유의 차에 대한 Bonferroni 사후 검증 결과 유의한 차이(p<.05), *: 각각의 그룹에서 복용 전에 비해 유의한 차이(p<.05), †: p-값

Table 4. 최대산소섭취량의 변화

변인	집단	복용 전	복용 후	반복측정결과(F-값)		
				그룹 (2,18)	시간 (1,18)	그룹×시간 (2,18)
VO ₂ max (ml/kg/min)	IS	76.88 ±4.95	79.84 ±5.92 ^{b*}	3.371 (.047) [†]	21.258 (.000)	4.824 (.021)
	PS	76.38 ±2.26	76.49 ±3.02 ^a			
	IPS	75.93 ±3.82	79.19 ±4.31 ^{b*}			

평균과 표준편차, IS: 철분보충군, PS: 단백질보충군, IPS: 철분+단백질보충군, abc: 서로 다른 윗 첨자는 유의 차에 대한 Bonferroni 사후 검증 결과 유의한 차이(p<.05), *: 각각의 그룹에서 복용 전에 비해 유의한 차이(p<.05), †: p-값

2. 철분관련 생화학적 분석 결과

8주간 보충제 투여 전후 철분관련 변인의 생화학적 분석 결과 표 3과 같이 나타났다. 총 철 결합력(TIBC)은 세 그룹 모두 철분 결핍 범주(>450 μg/dl) 내에 있었고 철분보충군과 철분+단백질보충군에서 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. sSeFe⁺⁺ 농도와 혈청 Ferritin에서는 철분+단백질보충군, 철분보충군에서 유의하게 증가하는 것으로 나타났지만, 단백질보충군에서는 유의한 변화가 없는 경향을 나타내었다.

3. 최대산소섭취량의 변화

8주간 보충제 투여 전, 후의 최대산소섭취량에 대한 변화는 <표 4>와 같다. 최대산소섭취량 변화에 대한 반복측정분산분석 결과 그룹 간의 교호 작용이 있는 것으로 나타났다 [$F_{(2, 18)} = 4.824$, $p = .021$]. 이에 대한 사후검증 결과 철분보충군과 철분+단백질보충군에서 유의한 증가를 보였고, 단백질

질만을 복용한 보충군에서는 전후 간에 유의한 변화가 없는 것으로 나타났다.

고 찰

철은 헤모글로빈, 미오글로빈, 탈수소효소의 구성성분으로 운동수행 시 중요한 역할을 담당하고 이러한 철 단백질은 피로와 운동능력의 주요한 결정인자인 산소이동과 유산소 대사에 있어서 세포에너지발생에 필수적이다.^{8,22)} 체내 철의 약 80%가 적혈구 내에 혈색소(hemoglobin)의 형태로 존재하고, 혈색소는 헴과 단백질로 결합된 복합 철단백질로 적혈구용적의 약 33%를 차지 한다.⁵⁾ 특히 철분이 운동선수에게 주목받는 이유는 순환 혈액 양이 많고 헤모글로빈 비율은 낮아 외견상 빈혈이 나타나기도 하기 때문이다.²³⁾ 장거리운동 중에는 소화관 점막 출혈에 의한 철 손실이 8~85%에 달한다고 보고되고, 운동 중 땀으로 인한 철 손실은 음의 철 균형을 야기 시키고^{12,13)} 낮은 육류섭취와 고 탄수화물 식이로 인해 철 섭취량과 철 흡수율이 낮은 것으로 알려져 있다.²⁴⁾ 본 연구 결과에 제시되어 있지는 않지만, 본 연구에서 장거리선수들의 일일 에너지 섭취량은 2994.4±49.75kcal로 2007년 한국영양학회에서 제시한 일반인의 일일권장량의 119.7%를 섭취하는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 여자운동선수를 대상으로 한 구기 종목(배구 3853 ± 120.11kcal, 축구 3546±80.67kcal)선수들에 비해 낮은 섭취율을 보였다.²⁵⁾ 체내에 철분 결핍이 야기되면 운동수행능력과 건강, 인지 능력의 발달 등의 여러 면에 영향을 미칠 수 있다. 운동선수의 체내 철 부족 원인으로서는 트레이닝에 따른 근 수축으로 모세혈관 압박에 의해 적혈구가 파괴되거나 체내 산성화로 인한 적혈구 용혈현상²⁶⁾, 다량의 발한을

통한 철 소실²⁷⁾이 보고되고 있으며 주행 훈련 시 발바닥이 지면에 닿을 때 파괴되는 적혈구의 손실과 용혈반응에 의한 체내 철 량 감소 등을 들 수 있다.

특히 중장거리경기는 산소 대사에 의존하는 종목이기 때문에 체내 철 결핍은 지구력 운동을 수행하는 동안에 생리적인 위험요소가 될 수 있다.²⁸⁾ Manore 등²¹⁾은 장거리 육상선수를 9주간 조사한 결과 50% 이상이 잠재적인 철분결핍을 보였으며, 철 손실 증가, 철 섭취 감소, 철 흡수 감소 등을 원인으로 제시하였다.

본 연구는 철분보충군 후 혈액 철 지표의 변화를 살펴본 결과 철분 보충군과 철분+단백질보충군에서 Hb, RBC, MCV, MCHC에서 통계적으로 유의하게 증가한 것으로 나타나 선행연구^{29,30)}와 동일한 결과를 나타내었다. Newhouse 등¹¹⁾은 8주간 철 보충이 지속적인 고강도 운동을 실시하는 여자운동선수들에게서 혈청 페리틴 수준을 증가시켰으며 20ng/ml미만의 혈청 페리틴 수준은 운동수행능력에 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. Sawka 등³¹⁾의 연구보고에서는 철 투여에 따른 혈중 철 농도의 변화는 트레이닝으로 인한 혈장량의 증가에 의한 것으로 보고하였으며 지속적인 유산소 지구성 운동으로 인해 높은 대사율¹²⁾과 과도한 땀을 통한 철의 손실³²⁾을 가속화시키므로 철 보충은 고갈된 저장고를 신속하게 보충한 것으로 생각할 수 있다고 하였다.

Hct는 철분보충군과 철분+단백질보충군 모두 유의적으로 증가하였으며 총 철분결합력(TIBC) 역시 철분보충군과 철분+단백질보충군에서 보충전과 비교하여 유의하게 감소하였지만 단백질보충군에서는 오히려 TIBC가 약간 증가하는 경향을 보였다. 이는 축구선수를 대상으로 한 3주간의 철 투여 후 총 철분결합력(TIBC)이 감소하고, 상대적으로 비교군이 지속적으로 증가하는 양상을 보이는 연구결과³³⁾와 철 결핍 및 빈혈이 있는 일반 여고생을 대상으로 연구한 결과 철 보충 후의 총 철분결합력(TIBC)은 철 결핍 집단과 빈혈집단 모두 유의하게 감소하여 철 영양상태가 개선되었음을 보고하는³⁴⁾ 연구들과 일치하였다.

혈청 ferritin농도는 체내의 철저장량을 반영하며 정상범위는 20-300ng/ml이다. 체내 철 결핍은 3단계에 걸쳐 일어나고¹²⁾, 1단계에서 골수의 철 저장량이 결핍되어 혈장 페리틴의 농도가 감소한다. 본 연구대상자의 평균 페리틴량은 3그룹 모두 정상범위의 매우 낮은 하한계에 속해 있었으며 철 보충군과 철분+단백질보충 후 통계적으로 유의한 증가는 나타났으며 이러한 결과는 빈혈 및 철 결핍상태의 일반 여고생을 대상으로 한³⁴⁾ 연구에서도 빈혈군과 결핍군 모두에서 철분제의 보충 후 페리틴이 유의하게 증가하였다는 보고와 일치하며, Rowland 등³⁵⁾의 연구에서는 낮은 혈중 페리틴 수준을 가지고 있는 여자고등학교 육상선수들에

게 4주간 철분보충 후 위약군에 비해 페리틴 수준이 유의하게 증가하였다는 연구보고와 일치하였다. 또한 강형숙²⁵⁾의 연구에서는 혈중 페리틴이 정상수준의 여자축구선수를 대상으로 8주간 철분영양제 보충 후에 혈중 페리틴이 유의하게 증가한 연구보고와도 동일한 결과이지만 철분 보충 후에도 역시 정상수치의 매우 낮은 하한계를 나타내어 장기적인 철분 보충제복용에 대하여 고려해야 할 것으로 생각된다. 또한, 좀 더 일반화된 결론을 얻고자 한다면, 정상 수치 이상의 조건의 대상자들과의 비교연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

철은 탈수소효소, 시토크롬, 그리고 다른 미토콘드리아 철-황(iron-sulfur) 단백질과 관여하며 운동수행능력을 뒷받침하는 생리적인 역할을 수행하므로^{8,36,37)}, 마라톤선수들은 철 영양과 철 보충에 대한 보다 면밀한 계획을 구상하여 훈련의 효율과 보다 나은 기록개선에 신경을 써야 할 것이다. 선행연구에 따르면 철 결핍성 빈혈말기 전까지는 철 결핍의 진행 동안 점진적인 철 손실기간으로, 빈혈이 아닌 잠재성철 결핍성빈혈 또는 철결핍 상태라고 하고^{33,39)} 이러한 잠재성 철 결핍상태는 곧바로 Hb 농도의 감소를 유발하여 조직으로의 산소 확산을 저하시키는 빈혈을 일으킨다고 보고하였다.⁴⁰⁾ 대부분의 운동종목에서 철분부족으로 인한 빈혈은 운동수행력을 감소시키므로 선수들의 컨디션에 부정적인 요인으로 작용하고 철 보충을 통한 빈혈의 해소는 운동수행력과 경기력 향상으로 이어진다고 보고되고 있다.⁴¹⁻⁴³⁾

본 연구에서는 철분 및 단백질 보충으로 인한 운동능력을 확인하기 위해 운동부하 검사를 실시하여 최대산소섭취량을 측정하였다. 그 결과 철분 보충군과 철분+단백질 보충군에서 유의하게 증가하는 것으로 나타나 철분 보충이 운동수행력을 향상시킬 수 있음을 확인 하였다. 최근 국내 연구보고에서 철 보충이 철 결핍상태의 운동선수에게 긍정적인 체내 철 상태를 유지시켰다는 보고되고 있으나²⁹⁾, 아직까지 혈중 철 농도의 반응에 대해서는 연구자들 간에 다양한 상반된 견해가 제시되고 있어⁴⁴⁾ 철분공급과 운동수행 능력에 관한 연구는 추후 지속되어야 할 것이다.⁴⁵⁾ 또한 마라톤선수들에게 결핍되기 쉬운 체내 철 상태는 정기적인 혈중 철 지표 검사와 지속적인 식사관리가 필요할 것이다. 적절한 식이요법은 철의 섭취와 흡수를 증가시키며 또한 철분의 추가 공급(18mg/dl)은 체내 저장 철 고갈방지(10~25mg/dl)를 예방하기 위하여 이용될 것이다.⁴⁶⁾ 추후 식이요법을 통제된 상태에서 철보충의 효과를 검증하기 위한 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

결론

본 연구는 엘리트 마라톤 선수 21명을 대상으로 8주간의

철 보충, 단백질 보충, 철분+단백질 보충을 실시하여 체내 혈중 철 지표의 변화와 운동수행능력을 살펴 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 8주간 철분 보충 후 Hb, Hct, SeFe, Ferritin의 농도는 통계적으로 유의한 수준으로 증가하였다.
2. 8주간 단백질 보충은 Hb, Hct, SeFe의 농도를 유의하게 증가하지 않았으나 철분+단백질 보충 후 Hb, Hct, SeFe의 농도를 유의한 수준으로 증가하였다.
3. 8주간 철분 보충 및 철분+단백질 보충 후 TIBC의 농도가 유의한 감소하였다.
4. 8주간 철분 보충 및 철분+단백질 보충 후 저장 철분인 ferritin양이 유의하게 증가하였다.
5. 8주간 철분 보충 및 철분+단백질 보충 후 최대산소섭취량이 증가하는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구 결과 하계 고강도 훈련기의 8주간 철분 보충은 혈중 철분 농도에 유의한 영향을 주어 지속적인 훈련 중 유산소 수행능력에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 중장거리 및 마라톤선수들은 체내 적혈구 파괴로 인한 헤모글로빈 유출로 철 결핍성 빈혈의 발생위험이 높으므로 다각적인 측면에서 관련 요인의 분석이 필요하고 균형 있는 영양섭취 상태와 지속적인 임상 체크가 요구되며 단기적인 철 보충보다는 장기적인 철 보충 시 저장 철분 량에 긍정적인 영향을 미칠 가능성을 제시하였다.

요 약

연구배경

철분은 체내 수많은 생화학적 반응에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 매일 고강도 레이스를 지속적으로 훈련하는 엘리트 마라톤 선수를 대상으로 고강도 훈련기 8주간 철분보충을 실시하여 체내 생화학적 철 관련 지표와 운동수행능력에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보았다.

방 법

엘리트 마라톤 선수 총 21명을 대상으로 철분보충군(n=7), 단백질 보충군(n=7), 철분+단백질보충군 (n=7) 등 3그룹으로 분류하여 8주 간 실시한 후 적혈구 용적비(Hct), 혈색소(Hb) 및 적혈구 수와 SeFe++, TIBC, Ferritin 최대산소섭취량 등을 분석하였다.

결 과

Hb은 철분 보충군과 철분+단백질보충군에서 유의한 증가를 보였으나, 적혈구 변화에는 유의한 변화가 없었다. Hct는 세 그룹 모두 정상수치의 하한수준이었으며 철분 보충 후 철분보충군과 철분+단백질보충군에서 보충 전에 비해 유의하게 증가하는 경향을 보였다. 총 철 결합력(TIBC)은 세 그룹 모두 철분 결핍 범주(>450 $\mu\text{g}/\text{dL}$)내에 있었고 철분보충군과 철분+단백질보충군에서 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. SeFe++ 농도와 혈청 Ferritin에서는 철분+단백질보충군, 철분보충군에서 유의하게 증가하는 것으로 나타났지만, 단백질보충군에서는 유의한 변화가 없는 경향을 나타내었다. 최대산소 섭취량은 철분 보충군과 철분+단백질보충군에서 유의한 증가를 보였고, 단백질만을 복용한 보충군에서는 전후 간에 유의한 변화가 없는 것으로 나타났다.

결 론

본 연구 결과 하계 고강도 훈련기의 8주간 철분 보충은 혈중 철분 농도에 유의한 영향을 주어 지속적인 훈련 중 운동수행능력에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

중심단어

마라톤, 철분, 적혈구 용적비, 혈색소, 적혈구 수, SeFe, 총 철결합력, 페리틴, 빈혈, 최대산소섭취량

참고문헌

1. Beneke R, Bihn D, Hütler M, Leithäuser RM. Haemolysis caused by alterations of alpha- and beta-spectrin after 10 to 35 min of severe exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95:307-12.
2. Koikawa N, Nagaoka I, Yamaguchi M, Hamano H, Yamauchi K, Sawaki K. Preventive effect of lactoferrin intake on anemia in female long distance runners. *Bio Sci Biotechnol Biochem.* 2008;72:931-35.
3. Nelson M, Bakaliou F, Trivedi A. Iron-deficiency anaemia and physical performance in adolescent girls from different ethnic backgrounds. *Br J Nutr.* 1994;72:427-33.
4. Perkiö MV, Jansson LT, Henderson S, Refino C, Brooks GA, Dallman PR. Work performance in the iron- deficient rat: improved endurance with exercise training. *Am J Physiol.* 1985;249:306-11.

5. McArdle WD, Katch FI, & Katch VL. Exercise Physiology. 3rd ed. Lea & Febiger, 1995;55-7.
6. Rate R. Sports anemia : A review of the current research literature. Physician & Sportsmedicine 1993;11:115-26.
7. Williams MH. Nutrition for fitness and sport. 3rd. WCB publishers. 1992;170-75.
8. Weaver CM, Rajaram S. Exercise and iron status. J. Nutr., 1992; 122:782-87.
9. 黒田善雄, 中嶋寛之, 金原秀雄. スポ-ツ醫學 Q&A, 金原出版社. 1993;238-45.
10. Szygula Z. Erythrocytic system under the influence of physical exercise and training. Sports Med. 1990;10:181-97.
11. Newhouse I, Clement D. Iron status in athletes : An update. Sports Medicine. 1988;5:337-52.
12. Haymes E, Wells C. Environment and Human Performance. Champaign IL: Human Kinetics. 1986.
13. Kim HS, Sung CJ. Effects of Dietary Zinc and Iron Levels on Serum Trace Minerals and Obesity Index in High Fat Diet-Induced Obese Rats. J Korean Soc Food Sci Nutr 2001;30(2):325-330.
14. Oh BS. The Changes of MDA, SOD and CAT according to VO₂max per body weight during Exhaustive Endurance Exercise. The Korean Journal of Physical Education 1999;38(3):512-521.
15. Nickerson HJ, Holubets MC, Weiler BR, Haas R G, Schwartz S, Ellefson ME. Causes of iron deficiency in adolescent athletes. J Pediatr. 1989;114:657-63.
16. Rowland TW, Deisroth MB, Green GD, Kelleher JF. The effect of iron therapy on the exercise capacity of nonanemic iron-deficient adolescent runners. Am J Dis Child. 1988;142:165-69.
17. Kim DH, Kim SJ, Kim SK, Son BK, Cho HI. Free Erythrocyte Protoporphyrin for Diagnosis of Iron Deficiency and Iron Deficiency Anemia in Adolescent Female Athletes. Korean J Hematol. 2007;42:367-74.
18. Kim SK, Kim CS, Choi JW, Cho MH, Kim KH, Chang KJ. Iron status in adolescent female athletes. Korean J Hematol. 2003;38: 240-45.
19. Ehn L, Carlmark B, Hogland S. Iron tatus in athletes involved in intense physical activity. Med Sci Sports Exerc. 2000;12:61-4.
20. Kim YK, Kang BY, Hong YJ, Son BK, Kim KH, Kim SK. Iron deficiency anemia and iron nutrition in adolescent female athletes. Korean J Pediatr. 2004;47:1041-046.
21. Manore MM, Besenfelder PD, Wells CL, Carroll SS, Hooker SP. Nutrient intakes and iron status in female long-distance runners training, J Am Diet Assoc, 1989;89:257-58.
22. Eichner ER. The anemias of athletes, Phys, Sportsmed., 1986; 14:122.
23. Wight LM, Noakes TD. Physical activity and fitness and health: Physical activity and iron metabolism, 1994;456-64.
24. Sherman AE, Kramer B. Iron nutrition and exercise, in Nutrition in exercise and sport, Hickson, J F., jR, and Wolinsky, L, Eds., CRC Press. Boca Raton, FL, 1989;291.
25. Kang HS. Evaluation of Blood Iron Indices and Immunoglobulin status in Female Soccer Players. Journal of Sport and Leisure Studies, 2002;18:877-87.
26. Shaskey DJ, Green GA. Sports hematology. Sports Med JAN. 2000;29:27.
27. Hunding WG. The study of hemoglobin concentration of physical captivities, Ann Rev Nutr, 1981;2:11-4.
28. Bruner AB, Joffe AK, Duggan JF, Casella Brandt. Randomized study of cognitive effects iron supplementation in non-anaemic iron deficient adolescent girls. Lancet, 1996;348: 992-96.
29. Pattini A, Schena F, Guidi GC. Serum ferritin and serum iron changes after corss-contry and roller ski endurance races. Eur J Appl Physiol. 1990;61:55-60.
30. Son TY, Hong Y, Cho HC. The effects of iron supplementation on serum parameters, immune cells and aerobic · anaerobic capacity during gradual & rapid weight loss. Exercise Science, 2003;12(2): 173-186.
31. Sawka M, Comvertino V, Eichner E. Blood volume: Importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, trauma/ sickness. Med Sci Sports Exerc. 2000;32:332-48.
32. Maughan R, Shirreffs S. Recovery from prolonged exercise: Restoration of water and electrolyte balance. Journal of Sports Sciences. 1997;15:297-303.
33. Kim BC. Iron Concent ation and Blood components and Blood given for change of Iron Concentration. Graduate School of Korea University. 1990.
34. Hong SM, Hwang HJ, Seo YE. The Effect of Nutrition Education and Iron Supplementation on Iron Status of High School Girls. Korean J Nutriton. 2002;35:943-51.
35. Rowland TW, Stagg L, Kelleher JP. Iron deficiency in adolescent girls: are athletes at risk? J Adolesc Health. 1991;12:22-5.
36. Klingshim LA, Pate RR, Bourque SP, Davis J M, Sargent RG. Effect of iron supplementation on endurance capacity in iron-depleted female runners. Med Sci Sports Exerc. 1992;24: 819-24.
37. Clement DB, Sawchuk LL. Iron status and sports performance. Sports Med., 1984;1:65-74.
38. Lamanca JJ, Haymes EM. Effect of Low ferritin concentration on endurance performance. Int J Sport Nutr. 1992;2:376-85.

39. 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.* 1983;102:306-12.
40. Bothwell TH, Charlton RW, Cook JB, Finch CA. Iron metabolism in man. Oxford, United Kingdom: Blackwell scientific. 1979.
41. Brody T. Nutritional biochemistry. California. Academic press. 1994;490-519.
42. Kozlowski S, Brzezinska Z, Kruk B, Kaciuba UH, Greenleaf JE, Nazar K. Exercise hyperthermia as a factor limiting physical performance: temperature effect on muscle metabolism. *Journal of applied Physiology*, 1985;59:766-73.
43. Yaspelkis BB, Scroop GC, Wilmore KM, Ivy JL. Carbohydrate metabolism during exercise in hot and thermoneutral environments. *International Journal of Sports Medicine.* 1993;14:13-19.
44. Edgerton VR, Ohira Y, Hettiarachchi J, Senewiratne B, Gardner GW, Barnard RJ. Elevation of hemoglobin and work tolerance in iron-deficient subjects. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 1981;27:77-86.
45. 川野 ゆかり. アスリートの 食事傾向と 介入の 効果. *Training Journal.* 2002;11:12-8.
46. 岸野泰雄, 森口覚, 水沼俊美. スポーツに必要な実践栄養学, 診断と治療社, 1998;36-8.