

젊은 여성의 철분저장 고갈상태와 운동수행능력

정영진[§] · 정명일 · 전종귀*

충남대학교 식품영양학과, 사회체육학과*

Physical Performance in Young Women with Depleted Iron Stores

Chung, Young-Jin[§] · Chung, Myungil · Jun, Jong Kui*

Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, DaeJeon 305-764, Korea
Department of Community Sports and Recreation,* Chungnam National University, DaeJeon 305-764, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the relationship between iron deficiency without anemia and physical performance in healthy women aged 20-21 yrs. Ten subjects with normal iron stores (serum ferritin $\geq 12 \mu\text{g/L}$: iron-sufficient group) and 11 subjects with iron depletion without anemia (serum ferritin $< 12 \mu\text{g/L}$ and serum hemoglobin $> 120 \text{g/L}$: iron-depleted group) were chosen from a group of 50 women and were given physical-performance tests, including determinations of maximum oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{max}}$) and ventilatory threshold. Iron status assessment included determination of hemoglobin, hematocrit, serum ferritin, total iron-binding capacity, serum iron and transferrin saturation values. Dietary iron intake was assessed based on seven-day food intake records written by the subjects. Physical activity level was estimated by frequency questionnaires and two-week physical activity records were compiled daily by the subjects. Blood ferritin concentration was significantly lower in the iron-depleted group than in the iron-sufficient group ($p < 0.05$). However, other variables showing iron status was not different between the groups. There were no significant differences in body size, body composition and physical activity levels between the groups. Daily dietary iron, total protein and animal protein intakes of the iron-sufficient group were significantly higher than those of the iron depleted group. However, no differences were found in the amounts of dietary vitamin C and fiber between the groups. The values for $\text{VO}_{2\text{max}}$ and $\text{VO}_{2\text{max}}$ corrected with weight or fat-free mass were not different between the groups. However, the ventilatory threshold was significantly higher in the iron sufficient group than in the iron-depleted group. The lower ventilatory threshold in the iron-depleted group suggests that iron depletion without anemia could diminish aerobic physical performance in young women. In addition, a significant correlation of physical performance to serum ferritin level was shown only in the iron depleted group. (*Korean J Nutrition* 35(2) : 223-228, 2002)

KEY WORDS: iron depletion, physical performance, $\text{VO}_{2\text{max}}$, ferritin.

서론

철 결핍증은 전 세계적으로 10억 이상의 인구가 걸려있는 가장 흔한 영양 결핍증이다. 개발 도상국에서는 아동이나 가임기 여성의 30% 이상이 철 결핍성 빈혈을 갖고 있으며 미국 등 선진국에서도 유아기, 사춘기 소녀, 가임기 여성의 10%정도가 철 결핍성 빈혈에 걸려 있다.

우리나라의 경우, 경제 발달과 식생활의 서구화로 인해 동물성 식품의 섭취량이 증가되어 전반적인 철분영양 상태는 향상되고 있으나 총 철분 섭취량의 80% 이상이 흡수를

이 낮은 식물성 급원으로 공급되고 있는 점¹⁻³⁾과 가임기 여성의 경우 월경으로 인한 철 손실을 고려해볼 때 비록 빈혈을 동반할 정도의 심한 결핍상태는 흔하지 않을 지라도 철 저장량이 낮은 경증의 결핍상태는 상당수에 이를 것으로 추정된다. 한국보다 철분 영양상태가 양호한 미국의 경우 18~44세 여성의 2.3%만이 철 결핍성 빈혈자에 해당되었으나 경증의 빈혈경우는 전체 대상자의 16%가 해당되어⁴⁾ 우리나라의 경우는 훨씬 높은 비율의 가임기 여성이 경증의 빈혈을 보일 것으로 추측된다.

운동과 철 결핍증은 서로 밀접하게 관련되어 있다. 운동이나 여러 가지 신체적 활동에 의해 철 결핍증이 초래될 수 있는데 이는 신체적 활동에 의해 땀으로의 철분 손실, 적혈구 세포의 파괴, 소화관을 통한 소량의 혈액 손실이 초래되기 때문이고 이에 더해 철분 식품을 습관적으로 적게 섭취

접수일 : 2001년 2월 26일

채택일 : 2002년 2월 21일

[§]To whom correspondence should be addressed.

하게 되면 철분결핍증이 야기된다. 또한 철분은 산소운반과 이용에 필수적인 역할을 담당하기 때문에, 그 역으로 철분 결핍 시에는 유산소 운동능력이 저하될 수 있다. 최대 산소 흡입량과 운동 부하는 동일한 장치를 사용하여 측정하는데, 운동 부하가 점진적으로 상승하여 최대능력이 달하게 되면 운동량은 최고조에 이르며 동시에 단위시간당 산소 흡입량도 최대치에 이르게 된다. 사람 대상의 여러 연구 결과^{5,6)}를 보면 철분 결핍 시에는 유산소 운동능력의 지표가 되는 최대 산소 흡입량 (VO_{2max})이 감소되었으며 이러한 최대 산소 흡입량의 감소는 혈액내 헤모글로빈의 감소로 인해 초래된 것으로 보고⁶⁾되어져 왔다. 이와 같이 철 결핍성 빈혈의 결과에 대해서는 상당히 연구가 이루어져 왔으나 빈혈을 동반하지 않은 경증의 철분 결핍의 기능적 결과에 대해서는 거의 알려져 있지 않다.

빈혈을 동반하지 않은 철분 결핍에서 헤모글로빈 값은 대개 빈혈의 판정치 이상이었으며^{7,8)} 따라서 산소 운반능과 VO_{2max} 는 영향받지 않을 것으로 짐작되어져 왔다. 그러나 동물실험 결과를 보면 철분 결핍 시 근육 내 미토콘드리아에 존재하는 여러 철 함유 효소단백질의 활성이 낮아졌으며^{9,11)} 이러한 결과는 근육 내 미토콘드리아에서 여러 효소단백질이 관여하는 유 산소 에너지 발생능력이 감소될 수 있음을 의미한다 하겠다. 실제 사람대상의 연구⁴⁾에서도 빈혈을 동반하지 않은 경증의 철분 결핍상태에서 유 산소 운동능력이 감소될 수 있음을 보여주어 경증의 철분결핍 시에 유 산소 운동능력이 저하됨을 보여주었다. 그러나 사람대상의 또 다른 연구⁸⁾에서는 철분저장량에 따라 운동수행능력에는 차이가 없음을 보여 경증의 철분결핍과 운동수행능력의 관계에 대해서는 연구자마다 다른 견해를 보이고 있다. 따라서, 대상자와 방법을 달리 한 사람 대상의 보다 많은 연구가 필요한 실정이다.

본 연구는 빈혈상태는 아니나 체내 철분 저장량이 고갈된 상태일 때의 운동수행능력이 철분저장고가 충분할 때에 비해 차이가 나는지를 알아보고자 가 임기 여성을 대상으로 수행되었다.

연구방법

1. 연구대상

충남대학교 식품영양학과에 재학 중인 만 20~21살의 가임기 여대생 50명을 시작으로 급·만성질환자, 빈혈 (혈액 헤모글로빈 < 120 g/L 인자로 판정) 또는 신장 기능 이상자, 약물 치료자를 제외하고, 월경이 규칙적이고 양이 과도하게 많지 않은 자 중에 혈청 내 ferritin 농도가 12 µg/l 이

상인 10명의 철분 충분 집단과 혈청 ferritin 농도가 12 µg/l 미만인 11명의 철분고갈집단으로 나누었다.

2. 혈액 채취 및 분석

50명 대상자 전원에게 대하여 전날 오후 7시부터 12시간 공복 상태를 유지시킨 다음 상단의 정맥혈 20 ml을 채취하였다. 채취한 혈액의 일부는 전 혈 상태로 혈색소 농도와 적혈구 용적비 측정에 사용하였고 나머지는 3000 rpm에서 15분간 원심 분리하여 혈청을 분리하였다. 혈청의 일부는 즉시 혈청 철 농도와 총 철 결합 능을 측정하는데 사용하였고, 남은 혈청은 -70℃에서 냉동 보관하였다. 혈색소 농도는 Cyanomethemoglobin법¹²⁾을 이용하여 측정하였으며 적혈구 용적비는 11000 rpm에서 5분간 원심 분리하여 전 혈액에 대한 적혈구 층의 높이를 읽어 %로 표시하였다. 혈청 철 농도와 혈청 총 결합능은 Bathrophenantrolin법¹³⁾에 따랐고 이 결과로부터 transferrin saturation을 구하였다. 혈청 내 ferritin은 Flowers 등¹⁴⁾의 방법에 따라 ELISA법으로 측정하였다.

3. 운동 수행 능력

운동수행 능력은 최대 산소 섭취량 (VO_{2max})과 환기 역치 (ventilatory threshold, VT)를 측정하여 평가하였다. VO_{2max} 는 트레드밀 (Quinton Model-4500, USA)을 사용하여 점진적 최대운동 부하 방법에 의해 측정하였다. 측정 전 피 실험자를 20분간 의자에 앉아 안정시킨 후 Polar heart rate tester (GBR 175015 A, Finland)를 사용하여 심박수를 측정하였다. 5분간 준비 운동 후 VO_{2max} 를 측정하였다. 환기 역치량은 트레드밀에 연결된 호흡가스 분석기 (QMC)를 이용하여 VO_{2max} 검사의 각 단계에서의 환기 당량 (ventilatory equivalent, VE)으로부터 VO_{2}/VE 를 계산하였다.

4. 신체계측

신체사이즈와 구성성분은 충남대학교 자연과학대학 운동처방실의 도움으로 측정하였다. 신장은 피 실험자가 이미 알고 있는 수치를 이용하였고 피하지방 측정에는 Caliper를 이용한 피부 두겹 집기 방법에 의하였으며 체지방 측정에는 생체전기 저항 측정법 (bioelectrical impedance, BIA)을 이용하여 체지방율, 체지방량, 무지방 체중을 측정하였다.

5. 설문조사

식이 중의 철분과 관련 영양소의 섭취량은 대상자가 기록한 7일간의 식단을 토대로 식품성분표와 Can Pro를 이용하여 측정하였다. 철분의 체내 이용률은 Monsen 등¹⁵⁾의 방법을 이용하여 매 끼니 당 섭취한 heme철, non-heme 철

양으로부터 산출되었다. 개인의 체내 철분 저장 상태는 혈청 ferritin 1 µg/L가 약 8 mg의 철분 저장량을 반영한다는 Walters 등¹⁶⁾의 보고에 따라 계산하여 혈청 ferritin 양으로부터 산출되었다.

평소의 신체 활동량은 Baecke 등¹⁷⁾의 방법에 준한 빈도 조사법과 대상자가 작성한 2주간의 활동일지를 토대로 평가하였다. 빈도 조사 법에서는 크게 직업상 활동수준, 참여 스포츠, 여가 시 활동 수준에 대하여 알아보았다. 먼저 직업상 활동 수준에 대해서는 에너지 소모강도에 따라 1, 3, 5점으로 점수화하였는데 대상자 전원이 대학생으로 낮은 에너지 강도의 직업으로 분류되어¹⁷⁾ 1점을 부여하였다. 대상자들의 참여 스포츠에서는 참여하고 있는 스포츠의 에너지 소비 강도에 따라 세 가지로 분류하여 0.76 (당구, 볼링, 골프 등: 평균 에너지 소비량이 0.76 MJ/h), 1.26 (배드민턴, 자전거 타기, 춤추기, 수영, 테니스: 평균에너지 소비량이 1.26 MJ/h), 1.76 (복싱, 농구, 축구, 럭비, 노젓기: 평균 에너지 소비량이 1.76 MJ/h)으로 점수화하였다.¹⁷⁾ 참여 운동의 강도, 속도, 참여 빈도에 대해서는 Baecke 등¹⁷⁾의 예문에 따라 점수화하였다. 여가 시 활동수준에 대해서는, 여가 시의 발한, 운동, TV 시청, 산책, 자전거 타기의 빈도에 대해 5점 척도화하여 점수화하였다. 또한 학교 오고 갈 때나 장보러 오갈 때의 걷거나 자전거 타는 총 시간에 대해서도 1에서 5점 범위로 점수화하였다. 2주간의 활동일지에 대한 평가는 각각의 활동에 대해서 1분당 소비 칼로리를 계산하여 Zhu 등⁴⁾의 방법에 따라 점수화하였다. 이 두 가지 방법에 의하여 나온 점수를 합하여 평소의 신체 활동량으로 평가하였다.

6. 통계분석

두 그룹간의 차이분석은 SAS program의 Student t-test를 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 두 집단의 철분 영양상태

50명의 대상자에서 수집한 혈액을 바탕으로 조사한 전반적인 철분영양상태를 보면 50명중 14%의 대상자가 WHO에서 정한 정상 혈색소량의 하한치 12 g/dl이하를 보였다. 이는 본 연구의 대상자와 같은 지역, 비슷한 연령을 대상으로 조사 발표한 1992년 Nam 등³⁾의 19.4%보다 또한 Tchhai 등¹⁸⁾이 한국성인 여자를 대상으로 조사 발표한 57.6%보다 낮은 수치이어서 철분영양상태가 전반적으로 향상되고 있음을 보여주었다. 그러나 미국의 16~44세 여성을 대

상으로 발표한 2.3%¹⁹⁾보다는 훨씬 높은 수치여서 아직도 한국인의 철분영양상태는 선진국에 비해 저조한 것으로 나타났다. 또한 혈액 내 ferritin농도 12 µg/L을 기준으로 판정한 경증의 철분결핍상태를 보인 대상자수도 전체의 35%을 보여 미국의 16%¹⁹⁾보다 상당히 높아 역시 한국인의 철분영양상태가 ferritin농도를 기준으로 하였을 때도 불량함을 보였다.

대상자중 혈액 내 헤모글로빈 농도가 12 g/dl 미만인자는 빈혈증환자로 제외시켰으며 제외되지 않은 대상자중 혈청 내 ferritin 농도가 12 µg/L 이상인 10명을 선발하여 철 충분 집단으로, 혈청 ferritin 농도가 12 µg/L 미만인 11명은 철분 고갈집단으로 각각 나누었다. 두 집단의 철분영양상태를 보여주는 결과는 Table 1에 제시되어 있다. 철분고갈집단의 혈액 내 ferritin 값이 철분충분집단에 비해 유의적으로 낮았으나 (p < 0.05) 헤모글로빈, 헤마토크리트, 총 철 결합 능, 혈청 내 Fe 농도, transferrin saturation에 대해서는 두 집단간 차이가 없었다.

Table 1. Variables of iron status in study groups

| Variables | Iron-depleted group | Iron-sufficient group |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| | (n = 11) | (n = 10) |
| Hemoglobin (g/dl) | 12.71 ± 0.61 ¹⁾ | 13.10 ± 0.96 |
| Hematocrit (%) | 39.82 ± 5.29 | 40.10 ± 2.56 |
| Serum ferritin (µg/l) | 6.29 ± 4.391 | 34.24 ± 9.84* |
| Total iron-binding capacity (µg/dl) | 334.87 ± 76.10 | 282.79 ± 45.48 |
| Serum iron (µg/dl) | 149.57 ± 70.79 | 173.02 ± 57.98 |
| Transferrin saturation (%) | 47.215 ± 22.90 | 62.72 ± 26.10 |

* : significantly different at p < 0.05

1) Mean ± SD

Table 2. Body size and composition in study groups

| Measure | Iron-depleted group | Iron-sufficient group |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| | (n = 11) | (n = 10) |
| Body weight (kg) | 52.68 ± 6.57 ¹⁾ | 51.41 ± 3.96 |
| Height (cm) | 163.36 ± 2.69 | 162.05 ± 5.57 |
| BMI (kg/m ²) | 19.79 ± 2.43 | 19.58 ± 1.42 |
| Percent body fat (%) | 24.77 ± 5.02 | 24.62 ± 3.06 |
| Fat-free mass (kg) | 39.38 ± 2.83 | 38.69 ± 2.50 |
| fat mass (kg) | 13.30 ± 4.30 | 12.72 ± 2.22 |
| Waist/Hip ratio | 0.72 ± 0.04 | 0.73 ± 0.04 |
| Mid-arm circumference (mm) | 254.27 ± 31.70 | 260.2 ± 25.00 |
| Triceps (mm) | 16.14 ± 3.95 | 17.03 ± 3.25 |
| Subscapula (mm) | 14.03 ± 3.29 | 14.43 ± 4.36 |
| Suprailiac (mm) | 16.07 ± 5.37 | 17.48 ± 4.85 |

* : significantly different at p < 0.05

1) Mean ± SD

2. 두 집단의 신체계측

두 집단의 신체 계측치는 Table 2에 제시되어 있다. 철분 고갈집단과 철분충분집단 사이의 신체 계측 치에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이들의 평균 체중, 키는 국민영양조사 보고서²⁰⁾의 한국인 20세 여성의 체위 기준 표와 유사하였다. 신장과 체중으로 산출한 체질량지수에 근거하여 보았을 때 비만인 자는 없었다.

3. 철분영양상태 관련요인

두 집단의 철분 영양상태 차이에 대한 요인을 알아보기 위해 평소 신체 활동량, 일일 식이 철분 섭취량, 철분의 흡수에 영향을 미치는 다른 식이 요인들 (비타민 C, 동물성 단백질, 섬유소)의 섭취량, 철분 흡수량을 평가해 보았다. 평상시 신체적으로 활발한 젊은 여성의 경우 철 결핍을 보일 위험이 큰 것으로 보고²¹⁻²³⁾되어 왔으며 이에 따라 두 집단의 철분 영양상태 차이가 평소 신체 활동량의 차이에서 기인될 수도 있어 두 집단의 평소 신체 활동량을 알아보았으나 차이가 없는 것으로 나타났다 (Table 3). 두 집단의 철분 영양상태에 가장 크게 영향을 미칠 것으로 기대되는 일일 식이 철분 섭취량에 있어서는 철분 충분집단의 일일 식이 철분 섭취량이 철분 고갈집단의 섭취량에 비해 유의적으로 높게 나왔다 ($p < 0.05$). 두 그룹간 철분 흡수량과 식이 철분의 흡수를 증진시키는 것으로 알려진 비타민 C 섭취량에는 두 그룹간 차이가 없었으나 총 단백질과 동물성 단백질의 섭취량에서는 철분 충분집단이 고갈집단에 비해 유의적으로 높았다 ($p < 0.01$). 철분의 흡수를 방해하는 것으로 알려진 섬유소^{24,25)}의 섭취량에서는 두 그룹간 차이가 없는 것으로 나타났다.

본 연구에서 나타난 여자 대학생들의 일일 평균 철분 섭

취량은 철분 고갈집단에서 9 mg/day, 철분 충분집단에서 11 mg/day을 보였는데 이는 제7차 한국인 영양권장량²⁶⁾에서 설정된 16 mg보다 상당히 미달된 수치여서 일일 총 철분 섭취량은 아직도 저조함을 보여 주었다. 그러나 동물성 단백질의 섭취량은 과거보다 증가한 상태여서^{3,20,27)} 총 섭취량에 비해 혈액 검사를 통해 판정된 철분영양상태가 과거에 비해 좋아진 것으로 사료된다.

4. 운동수행능력

두 집단의 운동수행능력의 차이 여부를 알아보기 위해 유산소 운동능력의 지표가 되는 VO_{2max} 와 환기역치를 측정하였다. 운동수행능력에 기여하는 요인으로 심폐지구력과 근지구력 등이 있으나 근지구력은 개별적인 근육들의 능력을 나타내는데 반하여 심폐지구력은 전체로서의 신체와 관련되어 있으며, VO_{2max} 가 심폐지구력을 평가하는 최적지표로 알려져 있다. 트래드밀을 사용하여 점진적 최대 운동 부하 방법으로 측정된 VO_{2max} 는 두 집단간 차이가 없는 것으로 나타났으나 환기역치는 철분 충분 집단에서 유의적으로 더 높게 나타났다 ($p < 0.05$) (Table 4). 운동 시 소비되는 대부분의 산소는 fat free mass에 의해 소비되기 때문에 두 집단의 VO_{2max} 값을 체중과 fat-free mass로 보정하여 보았으나 보정수치에서도 그룹간 차이가 없는 것으로 나타났다.

환기역치는 운동 중 또는 운동부하 검사중 호기시의 이산화 탄소 양이 급격하게 증가하는 시점을 말하는데, 이 시점이 바로 무 산소성 역치라고 할 수 있다. 무 산소성 역치는 피로를 느끼지 않고 장시간 운동을 계속 할 수 있는 운동강도 지점으로서 생리학적으로 보면 혈액 내 젖산 축적이 시작되는 지점과 일치한다. 운동부하 검사중 시간이 경과하면서 체내에 산소공급이 적절히 이루어지지 않으면서 피로가 생성되기 시작하는 수준으로서 이때 피검자들은 힘들다 라는 것을 느끼게 된다. 이 수준은 최대강도의 산소 소비량을

Table 3. Factors associated with iron status in study groups

| Variables | Iron-depleted group (n = 11) | Iron-sufficient group (n = 10) |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Daily energy expenditure (kcal/day) | 2037.73 ± 157.01 ¹⁾ | 2029.17 ± 127.72 |
| Physical activity score | 1460.36 ± 91.44 | 1433.01 ± 103.54 |
| Dietary intake | | |
| Iron (mg/d) | 9.21 ± 2.97 | 11.49 ± 7.63* |
| Vitamin C (mg/d) | 67.30 ± 28.85 | 78.44 ± 37.07 |
| Vitamin A (RE/d) | 713.5 ± 318.3 | 849.02 ± 281.30 |
| Total protein | 69.40 ± 20.43 | 109.60 ± 40.21** |
| Animal protein (g/d) | 34.15 ± 10.36 | 53.79 ± 20.74** |
| Dietary fiber (g/d) | 4.92 ± 2.11 | 4.97 ± 1.33 |
| Iron absorbed (mg/d) | 1.09 ± 0.69 | 0.86 ± 0.36 |

* : significantly different at $p < 0.05$

** : significantly different at $p < 0.01$

1) Mean ± SD

Table 4. Physical performance variables in two study groups

| Variables | Iron-depleted group (n = 11) | Iron-sufficient group (n = 10) |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| VO_{2max} (l/min) | 1.72 ± 0.24 ¹⁾ | 1.73 ± 0.24 |
| VO_{2max} by weight (ml/kg/min) | 33.05 ± 4.7 | 33.75 ± 3.73 |
| VO_{2max} by fat-free mass (ml/kg/min) | 39.44 ± 5.63 | 38.51 ± 6.07 |
| VO_{2max} at ventilatory threshold ²⁾ | 62.76 ± 6.24 | 68.6 ± 4.30* |

1) Mean ± SD

2) Oxygen consumption expressed as a percentage of VO_{2max} at ventilatory threshold

Table 5. Significant correlation coefficient between physical performance and serum iron status and anthropometry in two study groups

| | VO ₂ max | VO ₂ max by weight | VO ₂ max by fat free mass | VO ₂ at ventilatory threshold (% of VO ₂ max) ¹⁾ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---|
| Iron-depleted group | | | | |
| Serum ferritin | 0.6372 ^{2)**} | | | |
| Iron-sufficient group | | | | |
| Body weight | 0.5541* | | | |
| Percent body fat | 0.7236** | | 0.6855** | |
| Fat mass | 0.7721*** | | 0.5879* | |

1) Oxygen consumption expressed as a percentage of VO₂max at ventilatory threshold.

2) Pearson's correlation coefficient

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

기준으로 이 수준의 산소 소비량이 몇 %에 해당되는가로 나타낸다. 이 수준이 높을수록 피로를 늦게 느낀다는 점에서 이 결과가 높을수록 운동 수행 능력이 우수하다고 판단할 수 있다. 따라서 본 연구에서 철분 충분 집단의 환기 역치가 철분 고갈 집단에 비해 높게 나온 것은 철분 저장 상태에 따라 운동수행능력이 차이가 날 수 있음을 제시하며 저장 상태가 높을수록 운동수행능력이 향상될 수 있음을 의미한다 하겠다.

철분 저장 상태에 따라 VO₂max가 영향 받지 않은 본 연구의 결과는 지금까지의 사람 대상의 여러 연구 결과^{7,8,28)}와 일치하나 1997년 Zhu 등⁴⁾이 19~36살의 여성을 대상으로 수행한 연구에서 철분 고갈집단이 철분 충분 집단에 비해 VO₂max가 유의적으로 낮다고 보고한 것과는 차이가 있었다. Zhu 등의 연구에 참여한 대상자는 전체 가입기 여성을 대표한다기 보다는 평상시 운동을 규칙적으로 하는 여성을 대상으로 한 단점이 있으나 대상자의 연령층이 넓게 분포(18~44세)되어 있는 점과 대상자의 수가 그룹 당 15명으로 본 연구보다 많다는 차이가 있었다. 또한 사람 대상의 연구에서보다 엄격한 조절 하에 이루어지고 생화학적 측정이 병행되는 동물대상의 연구에서는 경증의 철분 결핍시 운동수행능력이 감소된다는 보고^{9,11)}가 많이 있어 사람대상의 연구에서도 좀더 정확한 측정방법과 특정 그룹에 한정된 대상자가 아니라 폭넓은 분야의 다양한 연령층과 대상자의 수가 많이 포함된 연구가 수행될 경우 철분저장고갈 상태에 따라 VO₂max에 차이가 있으리라 사료된다. 그러나 본 연구에서 철분 고갈집단의 환기역치가 유의적으로 철분 충분 집단보다 낮게 나온 것은 철 저장상태에 따라 운동수행능력이 차이가 남을 제시한다.

5. 운동 수행능력과 혈청철분 상태, 신체 계측치와의 상관관계

운동수행능력변수와 관련된 혈청 철분 변수나 신체 계측치가 있는지 알아보기 위하여 Pearson의 상관계수를 구하

여 p < 0.05 수준에서 유의성 있는 항목을 정리한 결과는 Table 5에서와 같다. 철분고갈집단에서는 혈청 ferritin이 VO₂max와 양의 상관성을 보였으나, 철분충분집단에서는 유의적인 상관성을 보인 혈청 변수가 없었다. 그러나 체중, 체지방율, 체지방량은 철분충분집단에서만 VO₂max 및 VO₂max by fat free mass와 양의 상관성을 보였고, 철분고갈집단에서는 유의적인 상관성을 보인 신체계측변수가 없었다.

이와 같이 운동 수행능력과 혈청철분 상태나 신체 계측치와의 상관성의 결과가 철분고갈집단과 철분충분집단에서 다르게 나타난 이유를 여기에서 설명할 근거는 없으나, 철분고갈상태인 혈청 ferritin 농도 0~20 µg/L미만의 좁은 범위에서는 혈청 ferritin 수준에 따라 운동능력이 차이가 날 수 있으나, 20 µg/L이상의 철분저장고를 가질 때에는 혈청 ferritin 수준이 운동 능력에 영향을 미치지 않는 것으로 해석해 볼 수 있다. 또한 신체계측치와의 상관성에서는 대상자의 신체 계측치가 정상범위 내에 있었으므로 철분 저장고가 충분한 상태에서의 체중이나 체지방에서는 적정 범위 체중이나 체지방량이 높을수록 운동능력이 커질 수 있으나, 철분 저장고가 부족한 경우에는 신체 계측치와 운동능력간에 관련성이 적다고 볼 수 있겠다.

요약 및 결론

헤모글로빈 농도에 준하여 판정한 빈혈이 아닌 여자 대학생 대상자 중에서 혈청 내 ferritin 농도가 낮은 철분 고갈 집단 (< 12 µg/L)과 혈청 내 ferritin 농도가 높은 철분 충분 집단 (≥ 12 µg/L)으로 나누어 철분 저장 상태에 따른 운동 수행 능력의 차이 여부를 알아보았다. 두 집단의 운동수행 능력을 VO₂max와 환기역치로 측정하여 평가해 본 결과 두 집단간 VO₂max 값에서는 차이가 없었으나 환기역치량에서는 유의적인 차이가 나타나 철분 저장 상태에 따라 운동 수행능력이 차이가 날 수 있음을 제시하였다. 아울러

철분 저장고가 충분한 경우에는 혈청 ferritin 농도가 운동 능력과 무관하나, 철분 저장고가 부족한 경우에는 혈청 ferritin 농도와 운동능력간에 양의 상관성을 보여 체내 철분 저장 정도에 따라 운동능력과 혈청 ferritin 농도간의 상관성이 다를 수 있음을 알 수 있었다.

Literature cited

- 1) Sung CJ. A study on the dietary fiber intake and iron metabolism in Korean female college students. *Korean J Nutrition* 30(2): 147-154, 1997
- 2) Kye SH, Paik HY. Iron nutriture and related dietary factors in apparently healthy young Korean women (2): analysis of iron in major food items and assessment of intake and availability of dietary iron. *Korean J Nutrition* 26(6): 703-714, 1993
- 3) Nam HS, Ly SY. A survey on iron intake and nutritional status of female college students of Chungnam National University. *Korean J Nutrition* 25(5): 404-412, 1992
- 4) Zhu YI, Haas JD. Iron depletion without anemia and physical performance in young women. *Am J Clin Nutr* 66: 334-341, 1997
- 5) Tufts DA, Haas JD, Beard JL, Spielvogel H. Distribution of hemoglobin and functional consequences of anemia in adult males at high altitude. *Am J Clin Nutr* 41: 1-11, 1985
- 6) Celsing F, Ekblom B. Anemia causes a relative decrease in blood lactate concentration during exercise. *Eur J Appl Physiol* 55: 74-78, 1986
- 7) Klingshirn LA, Pate RR, Bourque SP, Davis JM, Sargent RG. Effects of iron supplementation on endurance capacity in iron-depleted female runners. *Med Sci Sports Exerc* 24: 819-824, 1992
- 8) Newhorse IJ, Clement DB, Taunton JE, Mckenzie DC. The effects of prelatent/latent iron deficiency on physical work capacity. *Med Sci Sports Exerc* 21: 263-268, 1989
- 9) Davis KJ, Donovan CM, Refino CJ, Brooks GA, Packer L, Dallman PR. Distinguishing effects of anemia and muscle iron deficiency on exercise bioenergetics in the rat. *Am J Physiol* 246: E 535-543, 1984
- 10) Willis WT, Brooks GA, Henderson SA, Dallman PR. Effects of iron deficiency and training on mitochondrial enzymes in skeletal muscle. *J Appl Physiol* 62: 2442-2446, 1987
- 11) Finch CA, Miller LR, Inamder AR, Person R, Seiler K, Mackler B. Iron deficiency in the rat. *J Clin Invest* 58: 447-453, 1976
- 12) Cannan RK. Hemoglobin standard. *Science* 127: 1376, 1958
- 13) Jung DH, Pare AC. A semi-micro method for the determination of serum iron and iron binding capacity without deproteinization. *Am J Clin Pathol* 54: 813-817, 1970
- 14) Revenant MC. "Sandwich" enzyme immuno assay for serum ferritin with polypropylene test tubes as the solid phase. *Clin Chem* 29: 681-683, 1983
- 15) Monsen ER, Hallberg L. Estimation of available dietary iron. *Am J Clin Nutr* 31: 134-141, 1978
- 16) Walters GO, Miller FM, Worwood M. Serum ferritin concentration and iron status in normal subjects. *J Clin Pathol* 26: 770-772, 1973
- 17) Baecke JA, Burema J, Frijters JE. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr* 36: 936-42, 1982
- 18) Tchai BS, Kang EJ, Lee HS, Han JH. A study on the anemia prevalence in Korea. *Korean J Nutrition* 14: 182-189, 1981
- 19) Cook JD, Skikne BS, Lynch SR, Reusser ME. Estimates of iron deficiency in the US population. *Blood* 68: 726-731, 1986
- 20) Ministry of Wealth and Welfare. National Nutrition Survey Report, 1997
- 21) Klingshirn LA, Pate RR, Bourque SP, Davis JM, Sargent RG. Effects of iron supplementation on endurance capacity in iron-depleted female runners. *Med Sci Sports Exerc* 24: 819-824, 1992
- 22) Lyle RM, Weaver CM, Sedlock DA, Rajaram S, Martin B, Melby CL. Iron status in exercising women: the effect of oral iron therapy vs invreased consumption of muscle foods. *Am J Clin Nutr* 56: 1049-1055, 1992
- 23) Rowland TW, Kelleher JF. Iron deficiency in athletes: insights from high school swimmers. *Am J Dis Child* 143: 197-200, 1989
- 24) Reinhold JG, Garcia JS, Garzon P. Binding of iron by fiber of wheat and maize. *Am J Clin Nutr* 34: 1384-1391, 1981
- 25) Simpson KM, Morris ER, Cook JD. The inhibitory effect of bran on iron absorption in man. *Am J Clin Nutr* 34: 1469-1478, 1981
- 26) Recommended dietary allowances for Koreans. 7th revision, The Korean Nutrition Society, Seoul, 1995
- 27) Lee SJ, Chung YJ. Nutritional status of female adolescent athletes and nonathletes in Taejon City. *Chungnam J Home Economics* 1 29-45, 1988
- 28) LaManca JJ, Haymes EM. Effects of low ferritin concentration on endurance performance. *Int J Sport Nutr* 2: 374-385, 1992