

## 여자 청소년 운동선수의 철결핍 및 철결핍빈혈에 대한 유리 적혈구 프로토포르피린의 진단적 효용성

<sup>1</sup>인하대학교 의과대학 소아과학교실, <sup>2</sup>서울대학교 의과대학 진단검사의학교실

김동현<sup>1</sup> · 김성진<sup>1</sup> · 김순기<sup>1</sup> · 손병관<sup>1</sup> · 조한익<sup>2</sup>

### Free Erythrocyte Protoporphyrin for Diagnosis of Iron Deficiency and Iron Deficiency Anemia in Adolescent Female Athletes

Dong Hyun Kim, M.D.<sup>1</sup>, Sung Jin Kim, M.D.<sup>1</sup>, Soon Ki Kim, M.D.<sup>1</sup>  
Byong Kwan Son, M.D. and Han Ik Cho, M.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Pediatrics, College of Medicine, Inha University, Incheon,

<sup>2</sup>Department of Laboratory Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** If hemoglobin (Hb) synthesis is impaired by factors other than a deficiency in free erythrocyte protoporphyrin (FEP) synthesis, the amount of FEP might be increased. In this study, we analyzed the statistical values and contribution of FEP for the monitoring and diagnosis of iron deficient anemia in adolescent female athletes according to various sports.

**Methods:** We collected whole blood from 64 adolescent female athletes 13 to 19 years of age. The FEP was measured fluorometrically. After other hematological indices were evaluated, statistical analysis was performed to compare the data among various athletes.

**Results:** The mean age was  $14.8 \pm 1.7$  (13~19) years old. The number of runners, badminton players and shooting athletes were 46.9% (n=30), 12.5% (n=8) and 40.6% (n=26), respectively. The prevalence of anemia, iron deficiency and iron deficiency anemia were 23.4%, 23.4% and 14.0%, respectively. The measured concentration of FEP was  $48.7 \pm 21.1 \mu\text{g/dL}$  (12~125). A moderately negative correlation of Hb and FEP was noted and was found to be statistically significant ( $r = -0.571$ ,  $P < 0.001$ ). Among serum ferritin, TS and FEP, there was no statistically significant correlation. For the diagnosis of iron deficiency anemia, FEP was the most statistically significant index ( $P < 0.001$ ). For iron deficiency, sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value were 88.9%, 30.4%, 33.3%, and 87.5%, respectively. The receiver operating characteristic curves, showed that FEP had excellent diagnostic power to detect iron deficiency. There was a significant difference in the prevalence of iron deficiency among the three athletes, with runners and badminton players tending to be affected more frequently with iron deficiency than static athletes such as the shooters (runners and badminton vs. shooting athletes, 33.3% and 25.0% vs. 19.2%).

**Conclusion:** Our results confirmed FEP to be the most significant factor for the diagnosis of iron deficiency in athletes. Proper nutritional counseling and monitoring need to be tailored to various sports,

접수 : 2007년 8월 27일, 수정 : 2007년 9월 11일

승인 : 2007년 9월 20일

책임저자: 김순기, 인천시 중구 신흥동 3가 7-206

☎ 400-711, 인하대학교 의과대학 소아과학교실

Tel: 032-890-2843, 3518, Fax: 032-890-2844

E-mail: pedkim@inha.ac.kr

본 연구의 요지는 2006년 제56차 대한소아과학회 추계학술대회에서 구연되었음.

Correspondence to : Soon Ki Kim, M.D.

Department of Pediatrics, College of Medicine, Inha University

7-206, Sinheung-dong 3-ga, Jung-gu, Incheon 400-711, Korea

Tel: +82-32-890-2843, 3518, Fax: +82-32-810-2844

E-mail: pedkim@inha.ac.kr

especially in terms of static versus nonstatic sports such as runners and badminton players versus shooting athletes. (*Korean J Hematol* 2007;42:367-374.)

**Key Words:** Anemia, Iron deficiency, Adolescents, Free erythrocyte protoporphyrin

## 서 론

근래 영양 상태가 개선되면서 철결핍빈혈(iron deficiency anemia, IDA)의 빈도는 많이 감소하였다. 그러나 철결핍(iron deficiency)은 아직도 가장 흔한 영양 결핍의 하나이며, 더욱이 신체적 급성장기인 영유아기와 청소년기에서 많이 발생하는 것으로 알려져 있다. 이 시기에는 철분 요구량이 상대적으로 증가하므로 필요량만큼의 섭취가 이루어지지 않을 경우 쉽게 철결핍이 나타나게 된다<sup>1)</sup>. 철결핍은 식욕 감퇴, 주위에 관심도 감소, 피로감, 육체적인 수행능력의 감소 및 감염에 대한 저항력 약화를 일으킬 뿐 아니라 신경학적, 지적 기능 수행에 영향을 미칠 수 있다.<sup>2,3)</sup>

청소년기 운동선수, 특히 여자 청소년 운동선수의 경우 빠른 성장, 월경에 의한 철분 손실, 그리고 정기적인 신체 운동에 의하여 철분의 소모가 많다.<sup>4,5)</sup> 따라서 철분 섭취가 부족하거나 겨우 충족될 경우, IDA를 일으키기 쉽다. 강도 높은 운동에 의해서 철 균형이 영향을 받는 기전으로서는 격렬한 운동으로 야기되는 혈관내 용혈, 위장관 출혈, 장관 내 철 흡수의 감소, 운동시 발에서 적혈구 파괴, 육상 선수에서 적혈구의 교체가 증가할 가능성, 소변이나 땀으로의 철분 소실 등이 제시되었다.<sup>6-8)</sup> 이로 인하여 근육 효소에도 철이 부족하기 때문에 운동 능력의 극대화를 추구하는 데 어려움은 물론 일반적인 운동 수행에도 악영향을 미칠 수 있다.<sup>9-11)</sup> 그러므로 여자 청소년 운동선수에서 철결핍 및 IDA의 조기 진단을 위한 적절한 선별 검사의 필요성이 대두된다.

과거 청소년 운동선수에게 있어 의료진의 역할은 주로 경기 전의 신체검사, 운동 중의 상해에 대한 치료에 국한되어 있었으나 최근 더 좋은 기록을 기대하기 위해서는, 선수들의 건강 상태를 양호하게 유지시켜 신체의 생리적 기능이 최대로 발휘될 수 있도록 해야 한다는 개념이 강조되고 있다.

현재 소아에서 철결핍을 조기 진단하기 위한 선별검사로써 북미에서는 혈색소(hemoglobin, Hb) 및 유리 적혈구 프로토포르피린(free erythrocyte protoporphyrin,

FEP) 검사가 널리 이용되고 있다. 그러나 선별검사로써의 Hb는 단지 약 25%의 환자만을 찾아낼 수 있는 등 제한점이 있는 것으로 보고되고 있다.<sup>12)</sup> 1928년 Hijmans van den Bergh와 Hyman<sup>13)</sup>이 보고한 FEP는 Hb 합성의 전구물질로서 Hb 합성이 저하될 수 있는 상황에서 그 수치가 증가하는 특징을 갖고 있다. FEP는 Hb보다 소아 환자의 철결핍 감시 및 조기 진단에 더욱 민감한 것으로 알려져 있으며, 미국에서는 적은 비용으로 간편하게 할 수 있는 선별검사로 널리 사용되고 있다.<sup>14)</sup>

그러나 영유아기의 철결핍 선별검사로써의 진단적 가치에 대한 보고들은 다수 있는데 반하여, 운동선수군에서 FEP의 진단적 효용성을 보고한 연구는 많지 않다. 더욱이 여자 청소년 운동선수에서 종목별로 나타나는 차이에 대해 보고한 연구는 더욱 부족한 실정이다.

따라서 저자들은 본 연구에서는 사격과 같은 정적(static) 운동선수와 육상, 배드민턴과 같은 동적(dynamic) 운동선수 간의 철결핍 유병률 차이에 대해 기존의 혈액학적 지표와 함께 각 군에서 FEP의 진단적 효용성을 비교 분석하여 철결핍의 조기 진단에 대해 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

본 연구의 대상자들은 2003년 3월부터 2003년 7월 까지 5개월 동안 인천시 중, 고교에 재학 중인, 13세에서 19세까지 연령의 여자 운동선수 64명으로 하였다.

### 2. 방법

모든 조사에서 학생들은 12시간 이상 금식한 상태에서 오전 중에 정맥천자하여 채혈하였다. 채혈 즉시 약 2mL 혈액을 에틸렌디아민 사초산(ethylenediamine tetra-acetic acid, EDTA) 튜브에 담아 Hb, 적혈구용적(hematocrit), 평균적혈구용적(mean corpuscular volume), 평균적혈구혈색소량(mean corpuscular hemoglobin), 백혈구 및 혈소판 수를 Sysmex SE 9000<sup>TM</sup> (TOA Medical Electronics Co., Ltd, Kobe, Japan)로 분석하였다.

**Table 1.** Age and hematologic characteristics in adolescent female athletes

	Runners (n=30)	Badminton players (n=8)	Shooting players (n=26)	P-value
Age (years)	14.9±1.7	16.3±2.5	14.4±1.0	0.064
Hb* (g/dL)	12.3±1.2	13.1±1.6	13.4±0.8	0.002
Ferritin (ng/dL)	18.3±10.5	18.6±8.8	21.1±1.8	0.061
TS <sup>†</sup> (%)	26.1±14.3	26.3±15.3	25.5±13.1	0.097
FEP <sup>‡</sup> (μg/dL)	54.8±25.3	50.8±19.4	41.1±12.7	0.048

Data are mean±standard deviation.

Abbreviations: \*Hb, hemoglobin; <sup>†</sup>TS, transferrin saturation; <sup>‡</sup>FEP, free erythrocyte protoporphyrin.

한편, 혈청분리 튜브에 받은 혈액은 검사 당일 원심 분리하여 혈청을 분리한 다음, 철, 총철결합능(total iron binding capacity), 페리틴(ferritin)을 검사하였고 혈청 철 및 TIBC 검사는 분광광도법(spectrophotometry)에 의해 시행하였다. 혈청 트랜스페린 포화도(transferrin saturation, TS)는 철을 TIBC로 나눈 값에 100을 곱하여 구했고, 페리틴은 방사면역측정법(radioimmunoassay)으로 측정하였다.

FEP는 전혈(全血) 3mL를 EDTA 튜브에 넣고 차광, 냉장보관하여 녹십자의료재단(Seoul, Korea)을 통하여 Specialty Laboratories (Santa Monica, CA)에 의뢰하여 형광활성화기법에 의하여 수양액(水樣液, aqueous phase)에서 흥분파장 및 방출파장이 각각 404 및 658 nm일 때에 측정하였다.

본 연구에서 IDA는 Dallman 등<sup>15)</sup>이 제시한 기준치에 준해서, 1) 페리틴 12ng/dL 미만, 2) TS 16% 미만 중 1개 이상을 만족하면서 Hb 수치가 12g/dL 미만인 경우로 정의하였다. 철결핍은 페리틴 12ng/dL 미만으로 정의하였다. 또한 철결핍을 혈청 페리틴, TS 및 FEP 가운데 적어도 두 가지가 판정 기준에 맞는 것으로 정의한 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) III<sup>16,17)</sup>에 의한 철결핍의 유병률도 함께 조사하였다. 연령대를 고려한 FEP의 cut-off 값은 36 μg/dL 이상으로 하였다.

### 3. 통계

모든 통계분석은 SPSS 14.0 (Chicago, IL)을 이용하였다. 세 군 간의 평균치 비교는 ANOVA test를 이용하였으며, 혈액학적 지표 간의 피어슨 상관계수를 구하고, 혈액학적 지표의 진단적 가치를 알아보기 위하여 각 지표의 빈혈에 대한 통계적 기여도를 다중회귀분석을 통하여 알아보았다. FEP의 철결핍에 대한 진단적 효

**Table 2.** Iron status in adolescent female athletes

	Criteria	Prevalence % (n)
Anemia	Hb* < 12g/dL	23.4 (15)
Iron deficiency	Ferritin < 12ng/dL	23.4 (15)
IDA <sup>†</sup>		14.0 (9)
NHANES III <sup>‡</sup>		26.6 (17)
FEP <sup>§</sup> (μg/dL)	FEP ≥ 36 μg/dL	73.4 (47)

Abbreviations: \*Hb, hemoglobin; <sup>†</sup>IDA, iron deficiency anemia: anemia and (1) ferritin < 12ng/dL, or (2) TS < 16%; <sup>‡</sup>NHANES III, National Health and Nutrition Examination Survey III: Two or more indices should be required for diagnosis of ID among serum ferritin, TS, and FEP; <sup>§</sup>FEP, free erythrocyte protoporphyrin.

용성을 조사하기 위하여 수신자 조작 특성 곡선(receiver operating characteristic curve, ROC curve)을 이용하였다. 모든 통계치는 P value 0.05 미만인 경우에 유의한 것으로 판정하였다.

## 결 과

### 1. 연령 및 종목별 분포

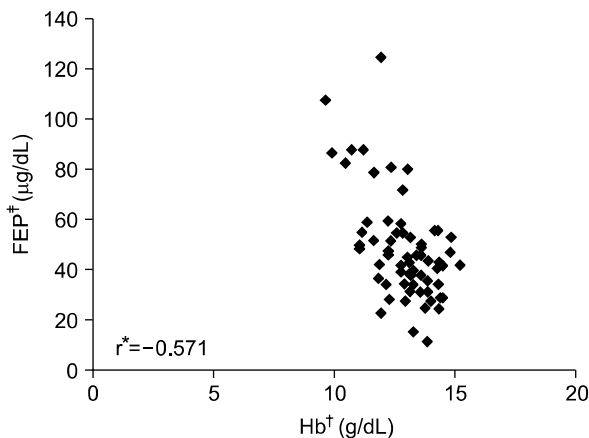
총 64명의 여자 청소년 운동선수의 평균 연령은 14.8±1.7세(13~19세)였다. 운동 종목별 인원수는 동적 운동선수로서 육상 46.9% (n=30), 배드민턴 12.5% (n=8)였고, 정적 운동선수로서 사격 40.6% (n=26)였다. 각 혈액학적 지표들 중 Hb과 FEP가 세 군 간에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 1).

## 2. 진단 기준에 따른 각 혈액학적 지표별 철결핍

빈혈은 23.4% (n=15)였고, 철결핍은 23.4% (n=15), IDA는 14.0% (n=9)였다. 측정된 FEP 수치는 평균  $48.7 \pm 21.1 \mu\text{g/dL}$  (12~125)였다. FEP  $36 \mu\text{g/dL}$  이상인 군은 73.4% (n=47)였고,  $36 \mu\text{g/dL}$  미만인 군은 26.6% (n=17)로 나타났다. 한편 NHANES III에 의한 철결핍은 26.6% (n=17)로 나타나 페리틴만을 기준으로 했을 때보다 높게 나타났다(Table 2).

## 3. 혈액학적 지표들 간의 상관관계 및 철결핍 진단을 위한 FEP의 진단적 효용성

대상군의 Hb 수치와 FEP 수치 사이에는 음의 상관관계가 있었고, 유의한 통계적 의미가 있었다( $r=-0.571$ ,  $P<0.001$ , Fig. 1). 또한 산점도 분포에서 페리틴, TS,

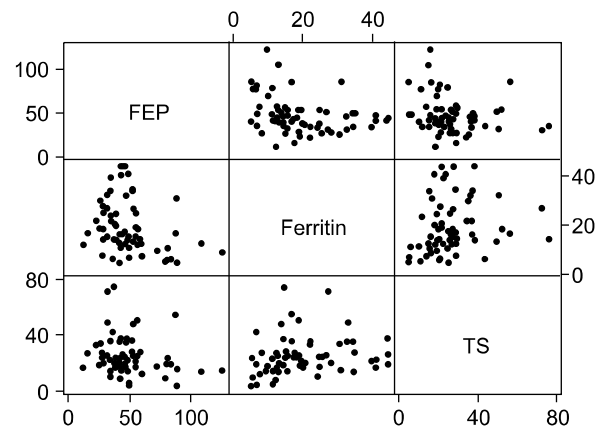


**Fig. 1.** Negative correlation between hemoglobin and free erythrocyte protoporphyrin. \*  $r$  is a Pearson correlation coefficient,  $P<0.001$ .  $^{\dagger}$ Hb, hemoglobin;  $^{\dagger}$ FEP, free erythrocyte protoporphyrin.

FEP 간에는 서로 상관 관계가 없었다(Fig. 2). 또한 철결핍빈혈의 각 혈액학적 지표들의 통계적 기여도는 FEP가 고정 R-제곱값 29.4%로 가장 높았으며, 이는 통계적으로 유의하였다( $P<0.001$ , Table 3). 페리틴을 기준으로 철결핍의 진단 기준을 만족한 운동선수 군에서 FEP의 진단적 효용성을 알아보기 위하여 조사한 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도는 각각 88.9%, 30.4%, 33.3%, 87.5%로 나타났다.

## 4. 철결핍 선별 검사로써 FEP의 효용성

철결핍의 진단에 있어 ROC 곡선에서 나타난 FEP의 효용성은 ROC 곡선하면적이 0.92로 매우 우수한 수준이며, 0.83을 보인 페리틴보다 더 우수한 것으로 나타났다(Fig. 3).



**Fig. 2.** Dot matrix plot of free erythrocyte protoporphyrin, ferritin, and transferrin saturation.

**Table 3.** Summary of the multiple regression model with contribution for the diagnosis of iron deficiency anemia

Model	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	Sig.	Collinearity statistics	
	B	Std. error	Beta			Tol.*	VIF <sup>†</sup>
Constant	14.325	0.545		26.297	0.000		
FEP	-0.033	0.007	-0.558	-4.989	0.000	0.894	1.118
Ferritin	0.001	0.013	0.010	0.088	0.930	0.902	1.108
TS	0.004	0.010	0.046	0.421	0.675	0.938	1.067
$R^2=0.328$	Adjusted $R^2=0.294$		$F=9.763$	$P=0.000$			

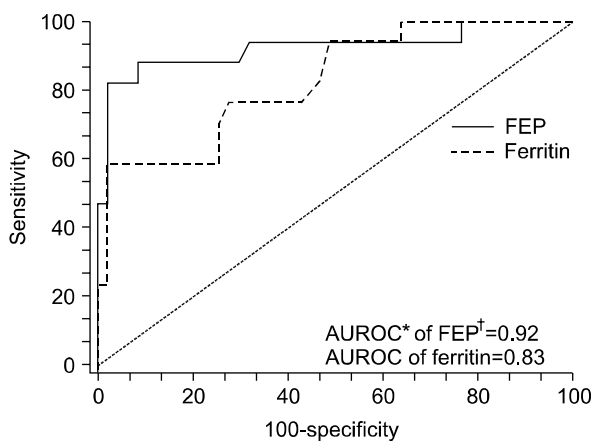
Abbreviations: \*Tol., tolerance; <sup>†</sup>VIF, variance information factor.

## 5. 운동 종목별 철결핍 유병률의 비교

운동 종목별 철결핍이 나타난 빈도는 육상 33.3%, 배드민턴 25.0%, 사격 19.2%로 육상 선수와 배드민턴 선수에서 사격 선수보다 높게 나타났다. 즉 육상과 배드민턴 같은 동적 운동선수군에서 사격과 같은 정적 운동선수군보다 철결핍 유병률이 더 높음을 알 수 있었다(Table 4).

### 고 찰

지난 20년간 전반적인 영양 상태의 호전으로 IDA의 빈도가 감소하고 있지만, 철 결핍은 여전히 특히 영유아와 사춘기 여아에서 전세계적으로 가장 흔한 영양



**Fig. 3.** The receiver operating characteristic (ROC) curves of free erythrocyte protoporphyrin and ferritin in adolescent female athletes with Iron deficiency. \*AUROC, the area under an receiver operating characteristic curve; †FEP, free erythrocyte protoporphyrin.

결핍으로 남아 있다. 철의 필요량은 사춘기에 매우 높고 특히 급성장기에는 신체의 부피 증가에 따른 혈액의 필요량도 급격히 증가하게 된다. 특히 여자 청소년의 경우 생리에 의한 혈액손실로 인해 철분의 필요량이 더 많고, 따라서 이들은 철분 공급이 부족하기 쉽고, 그만큼 IDA가 발생할 가능성이 증가한다.<sup>6)</sup>

철결핍의 유병률은 인종이나 경제적 상태, 교육수준, 식생활 습관, 기후 등의 여건에 따라 차이가 있을 수 있다고 알려져 있다. 철결핍의 빈도는 전 세계 인구의 20%에 이르고 단순히 개발도상국에만 한정되는 문제가 아니며, 여전히 미국에서도 빈혈의 가장 큰 원인으로 남아 있다. NHANES II에 의하면 페리틴 12ng/mL 미만의 빈도는 11~14세 여아에서 6.1%이고, 15~19세 여아에서 14.2%였다. NHANES III에 의하면 1988~1994년에 12~19세 여성에서 철 결핍은 9~11%로 보고하였고 1999~2000년도 12~16세 여성에서는 8.7%였다.<sup>1,16,17)</sup> 이러한 판단 기준으로 볼 때 본 연구에서 나타난 철결핍의 빈도는 페리틴 기준 23.4%, NHANES III 기준 26.6%로 앞서 언급된 유병률보다 훨씬 높음을 알 수 있었고, FEP가 포함된 NHANES III 기준을 적용했을 때 철결핍의 유병률이 더 높게 나타나는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 운동 종목을 구분하지 않고 혈액학적 지표별 철결핍에 해당하는 군을 조사한 결과, Hb 페리틴, TS는 각각 23.4%, 23.4%, 20.3%였던 데에 반하여 FEP 36 µg/dL 이상인 군은 73.4%로 나타나 약 3.1~3.6 배 가량 많은 비율을 보였다. 이론적으로 증명된 바<sup>13)</sup>와 같이 Hb과 FEP의 상관관계는 본 연구에서도 통계적으로 유의하였으며, Hb 수치와 FEP 수치 사이에는 중등도의 음의 상관관계를 보였다. 또한 산점도 분포(dot matrix plot)에서 페리틴, TS, FEP 간에는 서로 상

**Table 4.** NHANES III-based iron status according to the groups

FEP	Runners (n=30)		Badminton players (n=8)		Shooting players (n=26)	
	ID*	IDA <sup>†</sup>	ID	IDA	ID	IDA
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
≥36mg/dL	9 (30.0)	6 (20.0)	2 (25.0)	2 (25.0)	4 (15.4)	1 (3.8)
<36mg/dL	1 (3.3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (3.8)	0 (0)
Total	10 (33.3)	6 (20.0)	2 (25.0)	2 (25.0)	5 (19.2)	1 (3.8)

Abbreviations: \*ID, iron deficiency; †IDA, iron deficiency anemia.

P=0.045

관 관계가 나타나지 않았는데, 이는 임상 단계에 따라 지표별로 여러 변화를 거치는 철결핍 및 IDA의 특성이 반영된 것으로 생각한다. 다중회귀분석에서 나타난 바와 같이, IDA와 연관된 각 혈액학적 지표들의 통계적 기여도를 보면 FEP가 교정 R-제곱값 29.4%로 나타나 다른 혈액학적 지표들 가운데 가장 높았으며, 이는 Hb 합성의 전구물질로써의 특징이 반영된 결과라고 할 수 있다. 또한 FEP의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도는 각각 88.9%, 30.4%, 33.3%, 87.5%로 우수한 민감도와 음성예측도에 비하여 특이도와 양성예측도가 낮게 나타났다. FEP는 단독으로 철결핍 및 IDA의 진단에 활용하기에는 무리가 있으나, 선별 검사로써의 가치가 우수함을 알 수 있었다.

그간의 연구에서 운동선수에서 철결핍의 유병률은 9.5~57%, IDA는 6.7~11%로 광범위하게 보고되고 있다.<sup>18-22)</sup> 이 중 청소년기 여자 선수들을 대상으로 한 연구에서, Nickerson 등<sup>18)</sup>은 크로스컨트리(cross-country) 종목의 청소년 선수 중 여성 선수에서 IDA 11%, 철결핍 34%로 같은 연령대 남성 운동선수에서 철결핍이 8%였던 것에 비해 매우 높은 것으로 보고하였다. Rowland 등<sup>22)</sup>도 크로스컨트리 종목 청소년 여자 선수에서 철결핍은 45%로 높게 보고하였다.

본 연구에서 종목별로 철결핍이 나타난 빈도는 육상 33.3%, 배드민턴 25.0%, 사격 19.2%로 육상 선수와 배드민턴 선수에서 사격 선수보다 높게 나타났다. 이를 통해 짧은 시간에 체력 소모가 큰 동적 운동선수에서 철결핍의 발생이 더 잘 일어남을 알 수 있었다. 그 이유는 비슷한 연령과 신체 조건을 가진, 철결핍에 취약한 여자 청소년 운동선수들이라 하더라도 수행하고 있는 운동의 종류, 그로 인한 운동의 강도 및 기간이 철의 저장량에 영향을 주었기 때문으로 생각한다.<sup>23)</sup> 특히 강도 높은 운동을 상당시간 지속하는 경우, 운동에 의해 적혈구가 파괴되고, 그 결과 표피세포의 탈락과 함께 철이 소실되어 장관으로부터 철 흡수가 장애를 받아 생체 내 철결핍을 초래하게 되므로,<sup>24)</sup> 철분이 필요한 만큼 적절히 공급되지 않을 경우 철결핍과 IDA를 일으킬 것으로 생각한다. 본 연구에서도 사격 선수보다는 육상이나 배드민턴 선수처럼 짧은 시간 과격한 동적 운동을 하는 군에서 철결핍의 빈도가 높음을 확인하였다.

따라서 철결핍을 조기에 진단하여 여자 청소년 운동선수의 균형있는 성장 및 운동 능력 향상을 도모하기 위한 선별 검사의 중요성이 대두된다. 본 연구에서는 FEP가 일반적으로 우리 나라에서 선별 검사로써 널리 이용

되지 않지만, 미국에서는 경제적인 이점과 더불어 Hb과 함께 빈혈의 조기 감시에 유용한 검사로 알려져 있다.

그동안 FEP의 진단적 효용성은 주로 영유아, 가임기 여성에서 주로 다루어졌다.<sup>14)</sup> 운동선수군에서 FEP의 진단적 효용성을 평가한 보고는 매우 제한적인데, Spodaryk<sup>25)</sup>에 의하면 88서울올림픽에 참가했던 폴란드 남자 국가대표 선수들을 지구력 운동선수군(사이클, 카누 등), 순발력 운동선수군(레슬링, 유도 등)으로 나누어 분석한 연구에서 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 본 연구의 ROC 곡선에서 나타난 바와 같이, FEP는 철결핍 진단에 있어 ROC 곡선하면적이 0.92에 이를 정도로 우수한 수준을 보여 선별 검사로써 널리 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

운동선수 모두에게서 정기적인 철결핍에 대한 선별 검사를 할 것인가, 아니면 철결핍에 취약할 조건을 가진 군에서만 시행할 것인가에 대한 논란이 있을 수 있다. 특히 빈혈의 과거력이 있거나 동적 운동선수의 경우에는 철분 상태의 점검이 필요할 것이다.

본 연구에서의 몇 가지 문제점은 첫째, FEP의 검사 비용이 미국과 달리 국내에서는 매우 비싸다는 점이다. 미국 Specialty Laboratories로 수탁 검사를 시행할 경우 항공 운송 비용을 포함하여 검사 1건당 약 8만원의 비용이 필요하며, 이는 선별 검사로써 FEP를 선택하는 데에 무척 제한적인 요인으로 작용한다.

둘째, 검사 당시 참여한 운동선수들의 운동 강도가 일정하지 않았다는 점이다. 지속적인 훈련기간에 있었던 군도 있었고, 경기 시즌에 있었던 군, 비교적 약한 체력 훈련기간 혹은 일시적인 휴지기에 있는 등 여러 형태였다. 운동선수에서 운동과 관련하여 검사시기를 일정하게 하지 못한 점이 검사 결과에 영향을 주었을 수 있다.

셋째, 운동선수들에게 있어 빈혈을 유발할 수 있는 다른 원인들에 대한 조사가 시행되지 않았다. 차체에 영양 평가를 포함한 여러 원인 조사가 이루어져야 할 것이다.

넷째, 육상 선수군에서 중장거리 육상 선수와 단거리 육상 선수가 함께 포함되어 있어 지구력과 순발력을 각각 필요로 하는 운동선수의 철 영양 상태의 차이에 대해 비교하지 못했다.

결론적으로 여자 청소년 운동선수에서 빈혈, 철결핍 및 IDA는 상당수 관찰되었으며, 특히 사격과 같은 정적 운동선수보다는 육상, 배드민턴과 같은 동적 운동선수에서 철결핍의 유병률이 높음을 알 수 있었다. 따라서 바람직한 영양 교육 및 공급과 함께 철분

영양이 취약하다고 판단되는 군에 적절한 선별 검사가 필요하다. 선별 검사로써 효용성이 높은 FEP를 선별 검사에 포함함으로써 철결핍 및 IDA를 조기에 진단하여 적절한 철분 공급이 이루어지고, 여자 청소년 운동 선수의 성장 및 기록 향상에도 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

## 요 약

**배경:** 유리 적혈구 프로토포르피린(free erythrocyte protoporphyrin, FEP)은 혈색소(hemoglobin, Hb) 합성의 전구물질로서 Hb 합성이 저하될 수 있는 상황에서 그 수치가 증가하는 특징을 갖고 있다. 본 연구에서는 여자 청소년 운동선수군에서 철결핍 및 철결핍빈혈(iron deficiency anemia, IDA)의 진단에 있어 FEP의 진단적 효용성을 평가하고 선별 검사로써의 유용성을 알아보고자 하였다. 또한 동적 운동선수군과 정적 운동선수군 간에 철결핍 유병률을 비교하였다.

**방법:** 2003년 3월부터 2003년 7월까지 인천 지역 여자 청소년 운동선수 64명을 대상으로 운동 종목을 조사한 후 혈액검사를 시행하였다. IDA의 진단은 1) 페리틴 12ng/dL 미만, 2) 트랜스페린 포화도 16% 미만, 3) FEP 수치 36 µg/dL 이상 중 2개 이상을 만족하면서 Hb 수치가 12g/dL 미만인 경우로 하였다. 또한 운동 종목별로 페리틴을 기준으로 철결핍의 유병률을 조사하고, National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) III에 의한 기준과 비교하였다. FEP는 형광 활성화기법에 의하여 측정하였고, 다른 혈액학적 지표들과 함께 각 군별로 통계분석하였다.

**결과:** 대상군의 평균 연령은 14.8±1.7세(13~19세)였다. 운동 종목별 인원수는 동적 운동선수로서 육상 46.9% (n=30), 배드민턴 12.5% (n=8)였고, 정적 운동선수로서 사격 40.6% (n=26)였다. 빈혈은 23.4% (n=15)였고, 철결핍은 23.4% (n=15), IDA는 14.0% (n=9)였다. 측정된 FEP 수치는 평균 48.7±21.1 µg/dL (12~125)였다. FEP 36 µg/dL 이상인 군은 73.4% (n=47)였고, 36 µg/dL 미만으로 측정된 군은 26.6% (n=17)로 나타났다. 대상군의 Hb 수치와 FEP 수치 사이에는 음의 상관관계가 있었고, 유의한 통계적 의미가 있었다(r=-0.571, P<0.001). 또한 철결핍빈혈의 각 혈액학적 지표들의 통계적 기여도는 FEP가 가장 높았으며, 이는 통계적으로 유의하였다(P<0.001). 철결핍 운동선수군에서 FEP의 진단적 효용성을 알아보기 위하여 조사한 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도는 각각 88.9%,

30.4%, 33.3%, 87.5%로 나타났다. 수신자 조작 특성 곡선(receiver operating characteristic curve, ROC curve)에서 나타난 FEP의 진단적 효용성은 페리틴보다 우수한 것으로 나타났다. 운동 종목별 철결핍이 나타난 빈도는 육상 33.3%, 배드민턴 25.0%, 사격 19.2%로 육상 선수와 배드민턴 선수에서 사격 선수보다 높게 나타났다.

**결론:** 여자 청소년 운동선수에 있어 빈혈, 철결핍 및 IDA가 상당수 관찰되었으며, 특히 사격과 같은 정적 운동선수보다는 육상, 배드민턴과 같은 동적 운동선수에서 철결핍의 유병률이 높았다. 따라서 철분 영양이 취약하다고 판단되는 군에 적절한 선별 검사가 필요하며, 선별 검사로써 효용성이 높은 FEP를 포함함으로써 철결핍을 조기에 진단하고 바람직한 영양 교육과 적절한 철분 공급이 이루어지고, 나아가 여자 청소년 운동 선수의 성장 및 기록 향상에도 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

## 참 고 문 헌

- 1) Glader B. Iron deficiency anemia. In: Behrman RE, Kliegman RM, Jenson HB. eds. Nelson textbook of pediatrics. 17th ed. Philadelphia: WB Saunders Co, 2004:1614-6.
- 2) Abrams SA. Iron requirements and iron deficiency in adolescents. UpToDate [serial online] 2005 Nov - 2007 Apr [cited 2007 Aug 27] Available from: URL: [http://www.utdol.com/utd/content/topic.do?topicKey=nutri\\_ch/2103&view=text#](http://www.utdol.com/utd/content/topic.do?topicKey=nutri_ch/2103&view=text#)
- 3) Kim SK. Iron deficiency anemia in children and adolescents. Korean J Pediatr 2004;47(2 Suppl):231-41.
- 4) Maeda M, Yamamoto M, Yamauchi K. Prevalence of anemia in Japanese adolescents: 30 years' experience in screening for anemia. Int J Hematol 1999;69:75-80.
- 5) Beard J, Tobin B. Iron status and exercise. Am J Clin Nutr 2000;72(2 Suppl):594-7.
- 6) Kim SK, Kim CS, Choi JW, Cho MH, Kim KH, Chang KJ. Iron status in adolescent female athletes. Korean J Hematol 2003;38:240-5.
- 7) Ehn L, Carlmark B, Hogland S. Iron status in athletes involved in intense physical activity. Med Sci Sports Exerc 1980;12:61-4.
- 8) 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; 47:1041-6.

- 9) Pollitt E, Hathirat P, Kotchabhakdi NJ, Missell L, Valyasevi A. Iron deficiency and educational achievement in Thailand. *Am J Clin Nutr* 1989;50(3 Suppl): 687-96.
- 10) Idjradinata P, Pollitt E. Reversal of developmental delays in iron-deficient anaemic infants treated with iron. *Lancet* 1993;341:1-4.
- 11) Bruner AB, Joffe A, Duggan AK, Casella JF, Brandt J. Randomised study of cognitive effects of iron supplementation in non-anaemic iron-deficient adolescent girls. *Lancet* 1996;348:992-6.
- 12) Binkin NJ, Yip R. When is anemia screening of value in detecting iron deficiency? In: Herberg S, Galan P, Dupin H, eds. Recent knowledge on iron and folate deficiencies in the world. Paris: Colloque INSERM, 1990;197:137-46.
- 13) Hijmans van den Bergh AA, Hyman AJ. Studien über porphyrin. *Dtsch Med Wochenschr* 1928;54: 1492.
- 14) Mei Z, Parvanta I, Cogswell ME, Gunter EW, Grummer-Strawn LM. Erythrocyte protoporphyrin or hemoglobin: which is a better screening test for iron deficiency in children and women? *Am J Clin Nutr* 2003;77:1229-33.
- 15) Dallman PR, Yip R, Oski FA. Iron deficiency and related nutritional anemias. In: Nathan DG, Oski FA, eds. Hematology of infancy and childhood. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders Co, 1993:413-50.
- 16) Cho JR, Kim SK, Park SK, Hah JO. Anemia and serum iron status in adolescent female. *J Korean Pediatr* 2002;45:362-9.
- 17) Looker AC, Dallman PR, Carroll MD, Gunter EW, Johnson CL. Prevalence of iron deficiency in the United States. *JAMA* 1997;277:973-6.
- 18) Nickerson HJ, Holubets MC, Weiler BR, Haas RG, Schwartz S, Ellefson ME. Causes of iron deficiency in adolescent athletes. *J Pediatr* 1989;114:657-63.
- 19) Selby GB, Eichner ER. Endurance swimming, intravascular hemolysis, anemia and iron depletion. new perspective on athlete's anemia. *Am J Med* 1986;81: 791-4.
- 20) Risser WL, Lee EJ, Poindexter HB, et al. Iron deficiency in female athletes: its prevalence and impact on performance. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20: 116-21.
- 21) Nickerson HJ, Holubets M, Tripp AD, Pierce WE. Decreased iron stores in high school female runners. *Am J Dis Child* 1985;139:1115-9.
- 22) 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;142:165-9.
- 23) Rowland TW. Iron deficiency in the young athlete. *Pediatr Clin North Am* 1990;37:1153-63.
- 24) Choi SJ, Choi SC, Nah YH. A study of gastrointestinal bleeding and anemia in long distance runners. *Korean J Sports Med* 2001;19:20-9.
- 25) Spodaryk K. Haematological and iron-related parameters of male endurance and strength trained athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;67: 66-70.