

우리나라 젊은 성인 여성의 철분영양상태와 이에 영향을 미치는 식이요인 분석(1) : 혈액의 철분 영양 상태 평가 지표의 비교 및 분석*

계 승 희 · 백 희 영**

한국 식품연구소, 서울대학교 식품영양학과**

Iron Nutriture and Related Dietary Factors in Apparently Healthy Young Korean Women(1) : Comparison and Evaluation of Blood Biochemical Indices for Assessment of Iron Nutritional Status*

Kye, Seung Hee · Paik, Hee Young**

Korea Advanced Food Research Institute, Seoul, Korea

Department of Food and Nutrition,** Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

To evaluate iron nutritional status and to compare biochemical indices used for evaluation of iron nutriture, fasting blood sample was taken from 96 Korean female college student and hemoglobin(Hb) concentration, hematocrit(Hct), serum iron, total iron binding capacity(TIBC) and serum ferritin concentration were measured and transferrin(TF) saturation was calculated. Prevalence of iron deficiency varied from 4.2% when judged from Hb concentration and Hct to 38.5% and 40.6% when TIBC and serum ferritin concentration were used. TIBC was negatively correlated with serum ferritin($r=0.4561$, $p<0.001$), while other indices showed positive but less significant correlations($p<0.05$). Regarding iron status judged by serum ferritin was regarded as true iron status, the present cutoff points of Hb, Hct, serum iron, TF saturation were very insensitive in identifying the subjects with iron deficiency. Only TIBC was suitable for detecting iron deficiency in the study subjects. It is concluded from the study results that iron deficiency in young Korean adult women would be significantly underestimated with presently used biochemical measurements except TIBC and new cutoff points of these indices were proposed based on sensitivity, specificity, measured prevalence, and positive and negative predictive values.

KEY WORDS : iron deficiency in Korean women · serum ferritin · biochemical indice.

체택일 : 1993년 8월 18일

*이 논문은 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 수행된 연구의 일부임.

**This paper is a part of the research supported (in part) by NON DIRECTED RESEARCH FUND, Korea Research Foundation, 1992.

서 론

철분의 영양 상태 평가를 위해 사용되는 방법들은 hemoglobin(Hb) 농도, hematocrit(Hct)를 비롯하여 혈청 철분과 총철결합능(total iron binding capacity ; TIBC) 및 이의 비율로 구하는 transferrin(TF) 포화도, red cell protoporphyrin함량, 골수의 철분 혈청 ferritin농도 등 여러가지가 있다. 철분 결핍이 체내 저장량감소, 생화학적 기능 감소, 생리적 기능 감소의 순서로 진행될 때 가장 바람직한 것은 초기 단계인 체내 저장량 감소를 찾아내는 것이다. 위의 방법들을 철분 결핍 진행 과정과 비교할 때 영양 조사에서 가장 많이 쓰이는 Hb 농도와 Hct는 생리적 기능이 감소하는 심한 철분 결핍에서만 확인이 가능하여 한계적 결핍(marginal deficiency)을 알기 어렵다.

혈청 ferritin은 체내의 철 저장량과 직선의 상관관계가 있음이 보고된¹⁻³⁾ 이래 체내의 철 저장 상태를 반영해 주는 지표로 많이 사용되고 있다. 혈청 ferritin 1 μ g/l은 체내의 철 저장량 10mg에 해당하며⁴⁾ 체내에 철이 다 고갈되면 이러한 상관관계가 성립되지 않는데 초기에는 12 μ g/l이 판정 한계점으로서 제안되었으나⁵⁾, 최근의 연구¹⁾에서는 골수의 저장철과 비교한 것을 근거로 15 μ g/l를 철분 결핍 판정 기준으로 제시하고 있다. 체내 저장철만이 감소되는 가장 초기의 철분 부족 단계에서는 혈청 ferritin농도가 유일한 판정 지표가 될 수 있으나 결핍이 심해짐에 따라 혈청 철분은 감소하고 TIBC가 증가하여 TF포화도가 감소하고, red cell protoporphyrin농도는 증가한다. 그러나 혈청 ferritin은 radioimmuno assay를 사용하므로 다른 판정 지표들에 비하여 측정하기에 어렵고 비용이 많이 들어 대규모의 조사에 사용하기 어렵다. 따라서 다른 지표들에 의한 철분 영양 상태 평가 결과가 혈청 ferritin에 의한 평가 결과와 얼마나 잘 맞는지, 또는 현재의 결핍 판정 기준이 적절한지 비교할 필요가 있다.

젊은 성인 여성들은 정기적인 혈액 손실로 인해 체내 철분이 고갈되기 쉬우나 임신, 출산등을 위

해서 충분한 철분을 체내에 보유해야 하므로 철분 공급이 중요한 계층이다. 우리나라에서 젊은 성인 여성들이 철분 영양 문제에 관하여 수행된 연구 결과들에서^{6,7)} Hb, Hct, 혈청 철분을 기준으로 판정하였을 때 10% 미만으로 나타났으나 정등⁸⁾은 20대 여성들을 대상으로 한 연구에서 Hb농도와 Hct가 기준치 이하인 사람은 대상자 57명중 각기 3명과 6명이었으나 혈청 ferritin이 12ng/ml이하인 사람은 12명으로 결핍 빈도가 훨씬 높아 Hb과 Hct이 철분 결핍을 판정하는데 예민한 지표가 되지 못함을 보여준다. 따라서 여러가지 철분 영양 상태 판정 지표가 철분 결핍을 판정 하는데 정확성과 그 기준치의 적합성을 검토할 필요가 있다.

본 연구는 우리나라 여대생을 대상으로 공복시 혈액을 채취하여 Hb농도, Hct, 혈청 철분, 총철결합능(TIBC), 혈청 ferritin농도를 측정하고 transferrin(TF) 포화도를 계산하여 이들의 철분 영양 상태를 파악하고 혈청 ferritin을 기준으로 다른 철분 영양 상태 판정 지표의 정확도를 sensitivity, specificity 및 predictive value를 기준으로 비교하여 보다 합리적인 빈혈 판정 기준을 모색하고자 시행되었다.

연구대상 및 방법

1. 시료 채취 및 분석

외견상 건강하고 서울 시내에 거주하는 19~24세의 여대생중 연구의 목적과 내용을 설명들은 후 자발적으로 참여하기를 지원한 96명을 대상으로 실시하였다. 혈액은 12시간 이상 절식한 공복 상태에서 채취하였다. 채취한 혈액의 일부를 이용하여 hemoglobin농도와 hematocrit을 측정하였으며 나머지 혈액은 응고시켜 혈청을 분리한 후 -20℃에서 냉동 보관하면서 2주일 이내에 모두 분석하였다.

Hb농도는 cyanmethemoglobin을 이용한 colorimetric method⁹⁾로, Hct은 cell counter(Automatic Hematology Analysis System STKR, Coulter Electronics INC, USA)를 이용하여 측정하였다. 혈청 철분과 TIBC는 colorimetric method를 이용한 철

본 분석 kit (Wako, Fe B Test Kit, Japan)를 사용하여 spectrophotometer(Boehringer Mannheim, model No 4020, Germany)를 이용하여 분석하였으며, TF포화도는 TIBC에 대한 혈청 철분의 %로서 계산하였다. 혈청 ferritin은 double-antibody ¹²⁵I radio-immunoassay kit (Diagnostic Products Corp., U.S.A.)를 이용하여 분석하였다.

2. 철분 영양 상태 평가 및 평가 지표 비교

각 대상자들은 조사한 지표들의 값에 따라 철분 결핍 여부를 판정하여 지표에 따른 철 결핍 비율을 비교하였다. 혈청 ferritin농도 이외의 철분 상태 평가 지표들은 혈청 ferritin농도에 의한 판정을 실제 결핍(true deficiency)으로 간주하고 각 지표에 의한 판정 결과를 2×2 Table을 작성하여 sensitivity, specificity, measured prevalence, positive predictive value, negative predictive value를 비교하여(Table 1 참조) 각 판정 지표에서 가장 적절한 판정 기준을 구하였다.

3. 통계 처리

조사 대상자들의 영양 상태 판정 지표들의 평균과 표준편차를 구하고 지표들간의 비교는 Pearson's correlation coefficient를 구하여 상관 관계의 유의성을 검증하였다. 통계 처리에는 개인용 컴퓨터에 장치된 SPSS(Statistical Package for Social Science)¹⁰⁾ program을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 대상자들의 평가지표 및 영양상태 판정

본 연구 대상자들의 철분 상태 평가 지표의 분포는 Fig. 1에, 평균치와 표준편차 및 철분 결핍 비율은 Table 2에 제시되어 있다. 철분 결핍 비율은 사용하는 지표에 따라 많은 차이가 있는 것으로 나타났는데 혈청 ferritin농도를 사용했을 때가 가장 결핍율이 높아 대상자의 약 40%가 결핍인 것으로 나타났다. 결핍으로 판정된 비율을 혈청 ferritin농도를 사용했을 때와 비교할 때 혈청 TIBC를

Table 1. Evaluation of iron nutritional status assessment indicators as screening test for true iron deficiency judged by serum ferritin level²⁰⁾

Assessment indicator	Serum ferritin		Total
	Deficient	Normal	
Deficient	a	b	a+b
Normal	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	N

sensitivity = a/(a+c)
 specificity = d/(b+d)
 measured prevalence = (a+b)/N
 positive-predictive value = a/(a+b)
 negative-predictive value = d/(c+d)

Table 2. level of biochemical indices and prevalence rate of iron deficiency in the blood of the subjects

	Mean ± S.D.	Criteria for deficiency	No of subjects below criteria N (%)**
Serum ferritin (µg/l)	26.32 ± 24.47	≤ 15 ²⁴⁾	39(40.6)
Serum Fe(µg/100ml)	99.72 ± 45.26	< 60 ¹⁹⁾	19(19.8)
TIBC (µg/100ml)	348.38 ± 54.07	> 360 ¹⁹⁾	37(38.5)
Hb(g/dl)	13.49 ± 1.07	< 12 ²³⁾	4(4.2)
Hct(%)	40.07 ± 2.51	< 36 ²³⁾	4(4.2)
Transferrin saturation(%)	29.14 ± 13.77	< 15 ¹⁹⁾	12(12.5)

**Total number of subjects is 96

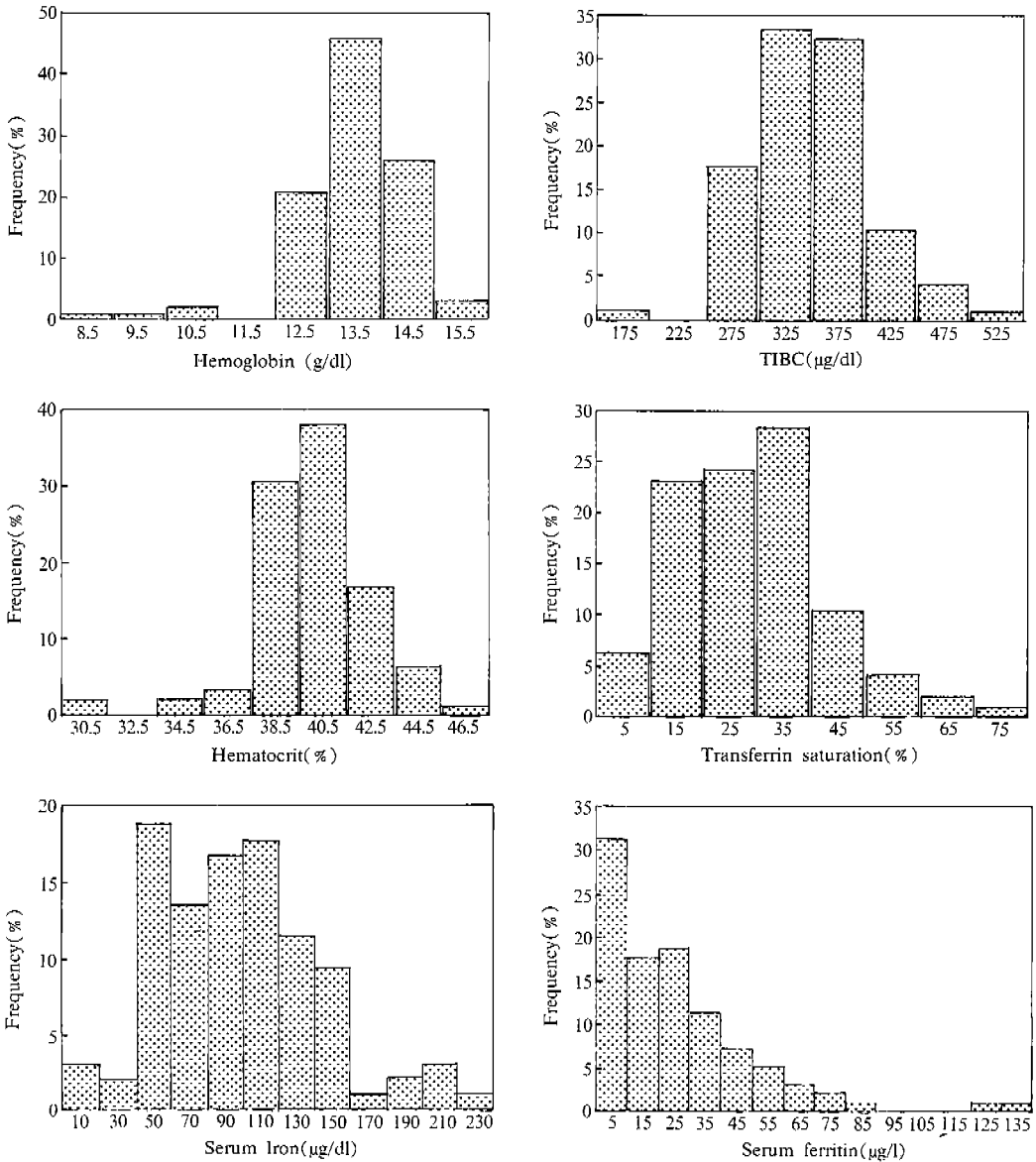


Fig. 1. Distribution of subjects by different biochemical indices of iron nutritional status.

사용했을 때가 가장 결과가 비슷했으며 혈청 철분과 TF 포화도는 1/3~1/2, Hb과 Hct를 사용했을 때에는 1/10정도로 결핍율이 낮게 판정되어 판정 지표간에 많은 차이를 보였다. 이는 본 대상자들의 많은 수가 Hb농도나 Hct에는 영향을 미치지 않는 한계적 결핍(marginal deficiency) 상태임을 시사해 준다 하겠으며 Fig. 1에서 혈청 ferritin의 분포가

10µg/l 미만에 많이 분포한 것을 보아 본 대상자들의 체내 철분 고갈 상태는 심각한 것을 알 수 있다.

채 등¹¹⁾이 1979년에 국민영양조사 지역 조사 대상 가구 중 임의로 10개 지역의 전체 가구원, 1,000명을 대상으로 조사한 결과에서 성인여성 363명의 Hb의 평균 농도가 12.61g/dl, Hct는 37.42

여대생의 철분영양 상태 평가 지표 비교

%이었으며 1990년 국민영양조사 결과¹²⁾에서도 건강조사 대상인원 총 7,332명중 20~24세에 해당하는 여성 31명의 Hb이 12.6g/dl로 조사되어 본 연구결과에 비해 낮은 수준이었다. 그러나 1990년에 실시된 정 등⁹⁾의 조사에서는 Hb과 Hct의 평균 함량이 각각 13.9g/dl, 41.0%이었으며 1988~1989년에 조사된 남 등¹³⁾의 보고에서는 Hb과 Hct의 평균 함량이 14.7g/dl, 40.4%로 본 연구에서 조사된 결과와 비슷한 수준임을 알 수 있다. 이 두 연구와 본 연구 조사대상자들의 Hb함량이 앞에 전술한 조사에서 나타난 함량보다 높았던 것은 과거 10년간 우리나라 경제 사정이 향상되었고 조사대상이 여대생들로 비교적 부유한 환경으로 철분의 영양상태가 좋았던 것으로 추정된다. 본 조사 대상이 Hb농도는 Cook등¹⁾과 Jacob등⁵⁾의 연구에 나타난 13.8g/dl, 13.7g/dl나 미국 북서부의 1564명을 평가한 보고¹⁴⁾에 나타난 18~45세의 성인 여성들의 Hb의 중앙값이 13.2g/dl와 비슷한 수준이다.

우리나라 여대생 57명을 대상으로 철분결핍 상태를 조사한 정 등¹³⁾의 연구에서는 혈청 ferritin 12µg/l를 기준으로 빈혈을 판정했을 때 총 인원의 36.8%가 이에 해당된다고 하였다. 따라서 만약 본 연구에서 적용한 15µg/l를 기준으로 판정한다면 빈혈 발현율은 그보다 높아질 것으로 판단되어 철분 결핍 빈혈 발현율이 본 연구 대상자들과 비슷할 것으로 생각된다.

1976~1980년의 5년간 만 6개월에서 부터 74세까지의 미국인 모집단을 대상으로 ferritin모델, MCV모델 및 hemoglobin percentile shift로서 철분

영양상태를 평가한 제 2차 NHANES II (National Health and Nutrition Examination Survey)조사 결과¹⁵⁾에 의하면 철분 결핍성 빈혈의 발현율이 15~44세의 여성에서 2.5~14.2%로 가임 연령의 여성들에게서 빈혈의 발생 빈도가 높은 것을 알 수 있다. 그러나 지금까지 국내에서는 전국적인 표본검사가 실시된 적이 없어 동일시점에서 조사된 연령별 유병율을 알 수가 없다. 1990년도 국민영양조사¹²⁾에서 남자 3,601명, 여자 3,731명 등 총 7,332명을 대상으로 실시한 건강조사에 Hb농도 측정이 포함되었으나 연령별 표본 분포에 편의 (Bias)되어 있고 각 연령별 조사 대상자 수가 다르기 때문에 우리나라 전체 국민을 대별하는 자료로 볼 수는 없지만 혈색소량 12g/dl이하를 철분 결핍으로 판단했을때 전국적으로 조사대상의 27.8%가 빈혈인 것으로 조사되었다. 이와 같은 결과는 매우 높은 수준이며 혈색소량이 아닌 혈청 ferritin을 기준으로 철분 결핍 발현율을 조사했을 때는 이 보다 훨씬 발현율이 상승할 것이다.

체내의 철분 결핍 상태를 나누는 단계와 각 단계에 해당하는 대상자의 비율은 Table 3에 제시 되어 있다. 철분 부족(iron depletion) 단계는 저장 Fe이 감소하는 단계로 혈청 ferritin 농도가 감소한다. 철분 결핍성 조혈(iron-deficient erythropoiesis) 단계에서는 혈청 철분이 60µg/dl 미만으로 감소하고 TIBC가 상승하며 TF 포화도가 15% 미만으로 떨어지게 된다. 철분 결핍성 빈혈(iron-deficiency anemia) 단계에서는 혈청 철분이 40µg/dl 미만으로, 혈청 ferritin은 15µg/dl 미만으로 감소하고 TIBC는 410µg/dl 이상으로 증가한다. 본 조사

Table 3. Prevalence of Fe status indices in subjects according to sequential stages in the development of iron deficiency and iron overload

	Iron overload	Normal	Iron depletion	Iron deficient erythropoiesis	Iron deficiency anemia
TIBC	18(18.8) ^a	41(42.7)	18(18.7)	5(5.2)	14(14.6)
Serum ferritin	0(0.0)	21(21.9)	36(37.5)	39(40.6)	
Serum iron	6(6.3)	25(26.0)	46(47.9)	14(14.6)	5(5.2)
Transferrin saturation	3(3.2)	41(43.2)	39(41.0)	12(12.6)	

^a Number of subject (percent)

Table 4. Correlation between biochemical indices used for assessment of iron nutritional status

	Hb	Hct	Ferritin	TIBC	Transferrin saturation
Hct	0.9431***				
Ferritin	0.2539*	0.2095*			
TIBC	-0.4494***	-0.3624***	-0.4561***		
Transferrin saturation	0.4595***	0.4464***	0.2867**	-0.5001***	
Fe	0.4542***	0.4616***	0.2076*	-0.2780**	0.9578****

2-tailed significance : *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

대상자들의 경우 철분 과잉(iron overload) 단계에 있는 대상자는 TIBC를 사용하여 판정한 경우가 가장 높았으며 다른 지표를 사용한 경우에는 매우 낮아 대상자들의 철분이 과잉된 경우는 거의 없을 것으로 생각된다.

2. 철분 평가 지표의 비교 및 평가

Table 4와 Fig. 2는 조사 대상자들의 철분 결핍 평가 지표간의 상관관계를 나타낸 것이다. 각 지표들은 서로 유의적인 상관관계를 보였으나(p<0.05) 혈청 ferritin농도와와의 상관관계는 TIBC를 제외하고는 낮은 편으로 이는 앞에서 제시된 철분 결핍 판정 결과와 비슷하다고 하겠다.

Graitcer 등¹⁶⁾은 Hb과 Hct검사가 실제로 같은 모 집단에서 빈혈을 판정 하는데 서로 차이가 있다고 하였다. 즉, Hct만을 사용했을 때 정상적인 Hb농도인 어린이들의 1~10%가 빈혈로 진단되었으며 Hb농도를 기준으로 빈혈로 판정된 어린이들의 20~50%가 정상적인 Hct수준을 나타내었다. 혈청 ferritin과 TIBC는 다른 연구에서도 정상인¹⁾에서 r=-0.23 (P<0.05), 빈혈과 염증 질환이 있는 환자¹⁷⁾에서는 r=-0.76(P<0.001)로 음의 상관 관계를 나타내었다.

철분 영양상태 측정은 어떤 한가지 방법에 의존하기 보다는 여러가지 방법을 상황에 따라 다르게 조합하여 사용하는 것이 필요하다¹⁵⁾. Cook 등¹⁴⁾은 1,564명의 인구 집단 조사에서 만약 한가지 검사가 철분 부족 범위에 속하면 빈혈률이 10.9%로 전체 8.3%보다 약간 높았으며 2가지 검사가 비정상인 그룹은 빈혈률이 28%였으며 3가지 검사가 비정상인 그룹은 빈혈률이 63%였다고 보고

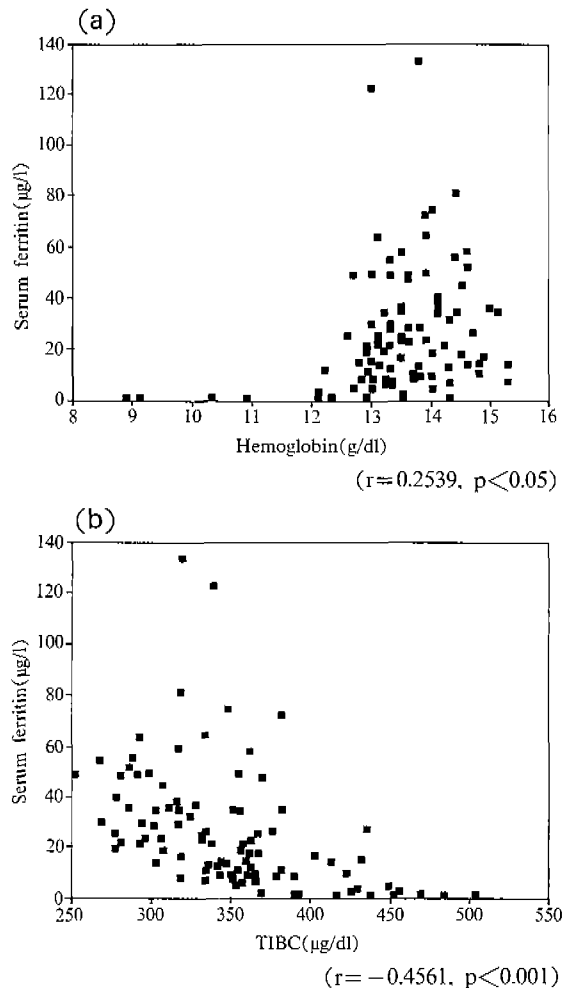


Fig. 2. Plot of serum ferritin concentration with (a) hemoglobin and (b) TIBC of the subjects.

하였다. 일반적으로 Hb와 Hct은 빈혈 판정 지표로서 흔히 측정되어지고 있으나 TF포화도, red cell

indices, red cell protoporphyrin과 함께 개인내, 개인간변이가 커서 경우에 따라 실제 철분 결핍인 사람이 정상으로 판정될 수 있는 가능성이 높다.

그러나 Ahluwalia등¹⁸⁾은 노인 여성들을 대상으로 철분 판정 지표에 대한 나날의 변이 (day-to-day)를 조사하여 95% 신뢰구간, 20% 정확도 내에서 필요한 조사횟수를 구한 결과 Hb, Hct, TIBC, 혈청 ferritin은 1번, plasma transferrin receptors는 2번, 혈청 Fe과 TS는 개인내 변이가 커서 7번과 8번으로 산정하여 Hb, Hct이 개인내 변이가 적었음을 보고하였으나 연령에 따라 혈청 ferritin과 같은 철분영양 상태를 판정하는 일부 지표가 감소하므로 연령에 따라 영양상태 평가를 위한 조사 횟수에 대한 다각적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

혈청 ferritin과 다른 판정 지표간의 상관관계에 대해 이미 여러 문헌에서 보고된 바 있는데 정등⁸⁾과 남등¹³⁾의 연구에서 Hb, Hct과 혈청 ferritin 농도 사이에 양의 상관관계가 있다고 하였으며 Cook등¹⁾의 연구에서는 TIBC와 혈청 ferritin간에 음의 상관관계가 관찰되어 자기 본 연구결과와 비슷하였다. TIBC는 만성질환에서 낮은 수준을 유지하여 실제 철분 결핍 상태와의 구분을 확실하게 판단할 수 있는 장점¹⁹⁾이 있어서 혈청 ferritin과 함께 철분 결핍 빈혈을 판정하는 유용한 지표로 기대된다.

혈청 ferritin농도에 의한 철분 상태 평가를 기준으로 다른 판정 지표와 그 기준치의 적정성은 2×2 Table을 작성하여 Table 5, 6, 7에 제시된 바와같이 검증하였다. Table 5는 Hb농도를 현재 사용하는 12g/dl를 기준으로 사용했을 때의 결과를

나타낸 것이다. 이 판정 기준을 적용했을 때, sensitivity가 매우 낮아 실제 결핍인 사람을 찾아낼 확률이 매우 낮은 반면 specificity와 positive predictive value가 1로 Hb농도가 기준보다 낮은 사람은 모두 혈청 ferritin농도도 기준치 이하였다. 이 때, negative predictive value는 0.62로 정상으로 판정된 사람의 38%가 실제로는 혈청 ferritin농도가 기준치 이하였다. 이는 현재의 Hb판정 기준이 본 대상자들에 대해서는 너무 낮게 책정되었음을 시사한다고 하겠다. 각기 다른 여러가지 Hb농도를 사용해서 Table 5와 같이 계산한 결과가 Table 6에 요약되어 있다.

Freire²⁰⁾는 Hb이 빈혈 평가의 지표로 이용되기 위해서는 다음의 조건을 만족시켜야 한다고 제시하였다.

Table 5. Comparison of the evaluation of iron nutritional status by hemoglobin concentration with current criteria of 12 g/dl

	Serum Ferritin(μg/l)		
	Def. ^b (≤15)	Normal (>15)	Total
	n		
Hb(g/dl)			
Def. ^b (<12.0)	4	0	4
Normal(≥12.0)	35	57	92
Total	39	57	96

^aSensitivity=4/39=0.102

Specificity=57/57=1.000

Measured prevalence=4/96=0.042

Positive predictive value=4/4=1.000

Negative predictive value=57/92=0.620

^bDef. ^b: Deficient

Table 6. Evaluation of different hemoglobin concentration for identifying true iron deficiency judged by serum ferritin concentration

Cutoff Hb (g/dl)	Sensitivity	Specificity	Measured prevalence	Predictive value	
				Positive	Negative
12.0	0.102	1.000	0.042	1.000	0.620
13.0	0.333	0.912	0.188	0.722	0.667
13.5	0.539	0.649	0.427	0.512	0.673
14.0	0.718	0.368	0.667	0.438	0.656
15.0	0.949	0.035	0.958	0.402	0.500

*Cutoff point for serum ferritin for identification of iron deficiency was 15 μg/l.

첫째, sensitivity는 (1-specificity)보다 커야 한다.
 둘째, sensitivity는 0.5보다 커야 한다.

세째, measured prevalence와 specificity의 합이 1보다 커야 한다.

네째, sensitivity는 specificity의 합이 1보다 커야 한다.

Table 6에 제시된 Hb농도의 수준에 따른 sensitivity, specificity, measured prevalence를 비교해 볼 때 위에 제시된 Freire의 기준에 적합한 것은 13.5 g/dl와 14.0g/dl이다. 그러나 13.5g/dl에서 positive predictive value가 더 크므로 빈혈로 판정된 사람이 실제 빈혈일 확률이 더 높다. 따라서 13.5g/dl가 더 적절한 판정기준으로 판단된다. Freire²⁰⁾는 412명의 Ecuador임산부를 대상으로 철분 결핍을 평가한 연구에서 Hb의 적당한 판정기준은 13.3g/dl라 하고 Garby등²¹⁾이 발표한 359명의 Sweden 가입기 여성을 대상으로 철 보충에 대한 반응을 기준으로 철분 상태를 평가한 연구에서 근거하여 이들의 Hb판정 기준으로 12.5g/dl가 적당하다고 하여 현재의 평가 기준이 부적절함을 지적하였다.

Table 7은 본 연구 결과를 Freire²⁰⁾가 제시한 결과와 비교한 것이다. 본 연구는 다른 두 연구에 비하여 대상자 수가 작았으므로 직접 결과를 비교하기에 제한이 있으나 다른 연구에 비하여 현재 사용되는 기준으로 부터 증가시켜야 하는 정도가 훨씬 큰 것을 알 수 있다. 이는 현재 사용되는 Hb기준 농도가 우리나라 젊은 여성들의 철분 결핍을 판정하는 데에 민감하지 못함을 나타내는 것으로 보여 앞으로 이에 대한 심도 깊은 연구가 요청된다.

Hb농도 이외의 철분 상태 평가 지표들에서 현재 사용되는 평가 기준을 사용했을 때의 sensitivity, specificity, measured prevalence, predictive value 등이 Table 8에 제시되어 있다. 이들중 Freire의 기준에 적합한 것은 TIBC뿐이며 나머지는 모두 sensitivity가 낮고 specificity가 높아 현재의 판정 기준이 너무 낮음을 시사해 준다. 각 지표들에 대하여 Table 6에 제시된 것과 같은 방법으로 적합한 기준을 찾아 Table 9에 제시하였다. TIBC를 제외한 지표들 모두에서 적절한 평가 기준은 현재

Table 7. Comparison of proposed cutoff value of Hb by different investigators

Researcher	Garby et al ²⁰⁾	Freire ²⁰⁾	Present study
Study subjects	Adult women (N=359)	Pregnant women(N=412)	Young adult women(N=96)
Proposed cutoff level	12.5g/dl	13.3g/dl	13.5g/dl
present cutoff level ²³⁾	(12.0g/dl)	(11.0g/dl)	(12.0g/dl)
sensitivity	0.80	0.66	0.54
specificity	0.83	0.65	0.65
True prevalence	0.17	0.62	0.41
Measured prevalence	-	0.54	0.43
Positive predictive value	0.47	0.76	0.51

Table 8. Evaluation on present cutoff level of different biochemical indicis for iron deficiency

	Cutoff points	Sensitivity	Specificity	Measured prevalence	Predictive value	
					Positive	Negative
Hb (g/dl)	12.0 ²³⁾	0.102	1.000	0.042	1.000	0.620
Hct (%)	36 ²³⁾	0.105	1.000	0.042	1.000	0.626
Serum Fe(μg/dl)	60 ¹⁹⁾	0.307	0.877	0.198	0.632	0.649
TIBC(μg/dl)	360 ¹⁹⁾	0.615	0.807	0.365	0.686	0.754
Transferrin saturation(%)	15 ¹⁹⁾	0.282	0.982	0.145	0.917	0.663

여대생의 철분영양 상태 평가 지표 비교

Table 9. Suggested cutoff levels of different biochemical indices for iron deficiency

	Suggested cutoff	Sensitivity	Specificity	Measured prevalence	Predictive value	
					Positive	Negative
Hb (g/dl)	13.5	0.539	0.649	0.427	0.512	0.673
Hct (%)	41	0.632	0.491	0.558	0.453	0.667
Serum Fe(μ g/dl)	85	0.564	0.737	0.385	0.595	0.712
TIBC(μ g/dl)*	360 ^b	0.615	0.807	0.365	0.686	0.754
Transferrin saturation(%)	22	0.539	0.804	0.337	0.656	0.714

*Same as present cutoff level

사용되는 기준치 보다 높은 수준으로 나타났다.

정등⁸⁾은 Hb을 이용한 빈혈 판정 기준치로 본 연구에서 제안한 판정 기준치 보다 조금 높은 14 g/dl를 제안하였는데 이를 기준으로 하였을 경우 sensitivity는 0.667, specificity는 0.694로 나타났고 positive predictive value는 0.560으로 나타나 실제 빈혈인 사람 중 정상인으로 판단되는 오류의 정도가 본 연구에서 제안한 기준을 적용했을 때 나타난 정도와 비슷한 수준임을 알 수 있다. 또 Hct 38%를 판정기준치로 했을 때 false-negative rate는 76.2%, 40%로 할 경우에는 42.9%로 감소되어 질병이 있는 사람이 정상인 것으로 잘못 판정된 확률이 감소함을 밝혔으나 그 이상의 수준에서의 평가는 시도하지 않았다. 본 연구에서는 41%를 제안하였는데 이를 기준으로 했을 때의 false-negative rate는 36.8%로 오판의 확률이 낮아진다.

Garby^{등²¹⁾}의 스웨덴의 가임 여성 395명의 철분 결핍 판정 연구에서 false negative predictive value 10%, false positive predictive value 32%의 수준을 인정한다면 Hct 한계 수준을 38.5%로 사용하여야 하며 false negative predictive value 21%, false positive predictive value 17%를 인정한다면 Hct 한계치는 37~37.5%일 것으로 제안하여 현재 널리 사용되고 있는 기준보다는 높고 본 연구에서 제안한 판정기준보다는 훨씬 낮은 수준을 제안하였다. Freire²⁰⁾도 철분 결핍 발현율이 높은 지역에서는 sensitivity와 specificity가 같을 때 조차도 Hb의 positive predictive value가 상승한다고 하여 hematocrit에도 이 내용을 적용시킬 수 있다면 지역에 따라 실정에 맞는 판정기준이 설정되어야 할

것으로 보인다. 본 연구에서는 조사 대상의 인원이 많지 않았음을 고려하여 우리나라 여성들의 많은 인원들을 포함하는 보다 규모가 큰 연구의 수행이 필요하다.

이상의 결과에서 현재 영양 조사에서 사용되는 철분 상태 평가 지표들 중에서 TIBC를 제외하고는 현재 사용하는 기준치로는 혈청 ferritin농도로 평가한 철분결핍을 찾아내는데 민감하지 못함을 알 수 있다. 본 조사 대상자들의 철분 결핍을 찾아 내기에 적합한 판정기준을 계산하여 제시하였으나 본 조사의 규모가 적으므로 이를 우리나라 가임기 여성 전체에게 확대 적용하는 것은 무리이다. 또한 외국에서의 연구와 비교했을 때 적합한 Hb기준치가 높아 이러한 차이가 나타나는 원인에 대해서도 현재의 연구에서는 밝힐 수가 없다. 따라서 우리나라 여성들에게 일반적으로 적용되는 기준을 평가할 수 있는 체계적인 대규모의 연구가 필요하다.

결 론

한국의 여대생 96명을 대상으로 공복시 혈액을 채취하여 Hb농도, Hct, 혈청철분, TIBC, TF포화도, 혈청 ferritin농도를 조사하여 대상자들의 철분 영양상태를 판정하고 혈청 ferritin농도를 기준으로 판정한 결핍을 실제 결핍으로 가정하여 다른 판정 지표들의 적합성을 평가한 결과는 다음과 같다.

1) 조사 대상자들의 철분 결핍 비율은 Hb과 Hct으로 판정했을 때에는 4.2%였으나 혈청 ferritin과 TIBC를 사용했을 때에는 각각 40.6%와 38.5

%로 가장 높았다.

2) 혈청 ferritin과 가장 높은 상관 관계를 보인 것은 음의 상관 관계를 나타낸 TIBC였으며 ($r = -0.4561$, $P < 0.001$) 다른 지표들은 유의적인 양의 상관 관계를 보였으나 상관계수가 비교적 낮았다.

3) 혈청 ferritin 농도를 기준으로 판정한 결핍이 실제 결핍으로 가정하여 Hb의 판정 지표로서의 적합성을 평가했을 때 현재의 판정기준 12g/dl는 sensitivity가 매우 낮으며 적합한 기준은 13.5g/dl 정도로 나타났다.

4) 다른 철분 영양 상태 판정 지표들을 같은 방법으로 평가했을 때 TIBC만이 현재의 판정기준이 적합하며 Hct는 41%, 혈청 철분은 85 μ g/dl, TF포화도는 22%로 각기 높이는 것이 적합한 것으로 나타났다.

본 조사는 대상자들이 우리나라 여대생들중 일부로 제한되어 있으나 철분 결핍 비율이 매우 높게 나타나 우리나라 성인 여성에 대한 체계적인 대규모 영양 조사가 시급히 이루어져야 하겠다. 또한 대규모 조사에서 사용하기 쉬운 철분 영양상태 판정 지표들이 철 결핍을 과소 평가하는 정도가 심한 것으로 나타나 우리나라 사람들에게 적용할 수 있는 판정 지표와 평가 기준에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 생각된다.

Literature Cited

- 1) 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
- 2) Cook JD, Skikne BS. Serum ferritin : A possible model for the assessment of nutrient stores. *Am J Clin Nutr* 35 : 1180-1185, 1982
- 3) Walters GO, Miller FM, Wordwood M. Serum ferritin concentration and iron stores in normal subjects. *J Clin Path* 26 : 770-772, 1973
- 4) Dallman PR. New approaches to screening for iron deficiency. *J Pediatrics* 90 : 678-681, 1977
- 5) Jacobs A, Miller E, Worwood M, Beamish MR, Wardrop CA. Ferritin in the serum of normal sub-

- jects and patients with iron deficiency and iron overload. *Br Med J* 4 : 206-208, 1972
- 6) 김병국. 빈혈(철 결핍성 빈혈). 가정의 2 : 30-35, 1981
- 7) 윤진우 · 정재복 · 고윤웅 · 한지숙. 임신부의 혈액학적 소견. *대한내과학회지* 20(10) : 892-893, 1977
- 8) 정해량 · 문현경 · 송범호 · 김미경. 빈혈 판정 지표로서의 헤모글로빈, 헤마토크릿 및 혈청 페리틴. *한국영양학회지* 24(5) : 450-457, 1991
- 9) Cannan RK. Hemoglobin standard. *Science* 127 : 1376, 1958
- 10) Norusis MJ. SPSS/PC+ for the IBM PC/XT/AT. SPSS Inc., Chicago, 1990.
- 11) 채범석 · 강은주 · 이혜숙 · 한정호 · 한국인 빈혈 빈도에 관한 연구. *한국영양학회지* 14(4) : 182-189, 1981
- 12) 보건사회부. 국민영양조사 보고서, 1990
- 13) 남혜선 · 이선영. 충남대 여대생의 철분 섭취량과 영양상태에 대한 연구. *한국영양학회지* 25(5) : 404-412, 1992
- 14) Cook JD, Finch CA, Smith N. Evaluation of the iron status of a population. *Blood* 48 : 449-455, 1976
- 15) Expert Scientific Working Group : Summary of a report on assessment of the iron nutritional status of the United States population. *Am J Clin Nutr* 42 : 1318-1330, 1985
- 16) Graitcer PL, Galdsby JB, Nichaman MZ. Hemoglobins and hematocrit : are they equally sensitive in detecting anemias ? . *Am J Clin Nutr* 34 : 61-64, 1981
- 17) Lipschitz DA, Cook JD, Finch CA. A clinical evaluation of serum ferritin as an index of iron stores. *New Eng J Med* 290 : 1213-1216, 1974
- 18) Ahluwalia N. Day-to-day variation in iron-status indexes in elderly women. *Am J Clin Nutr* 57 : 414-419, 1993
- 19) Gibson RS. Principles of nutritional assessment. pp. 349-372, Oxford University Press, New York, 1990
- 20) Freire WB. Hemoglobin as a predictor of response to iron therapy and its use in screening and prevalence estimates. *Am J Clin Nutr* 50 : 1442-1449,

여대생의 철분영양 상태 평가 지표 비교

- 1989
- 21) Garby L, Irnell L, Werner I. Iron deficiency in women of fertile age in a Swedish community. III. Estimation of prevalence based on response to iron supplementation. *Acta Medica Scandinav* 185 : 113-117, 1969
- 22) Proceedings of the conference on nutritional assessment. Nutritional assessment in health programs. *American Public Health Association Inc.*, 1984
- 23) World Health Organization. Nutritional anemias. Geneva : WHO, 1968(WHO technical report series 405)