

임신기간 중 모체의 식사 철 섭취상태와 생체이용률 및 철 영양상태의 변화*

이정아 · 이종임 · 임현숙[†]

전남대학교 생활과학대학 식품영양학과

A Study on the Changes of Maternal Dietary Iron Intakes, Its Bioavailability, and Iron Status during Pregnancy

Jeong-A Lee, Jong-Im Lee, Hyeon-Sook Lim[†]

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju, Korea

ABSTRACT

To increase both iron and enhancers for iron absorption through diets should be a basic strategy to sufficiently provide increased iron for pregnancy. Previous studies reported that iron intakes of Korean pregnant women were short and their iron status deteriorated as pregnancy progressed. However, there is little data about the bioavailability of dietary iron during pregnancy. Therefore, this study was conducted to determine the changes of dietary iron intakes, its bioavailability and iron status during pregnancy longitudinally in Korean women. A total of 151 pregnant women in their first trimester of pregnancy voluntarily participated. Among them, 72 women finished the research protocol during the second trimester and 55 did it during the third trimester. Dietary intakes of total iron, both non-heme and heme iron, as well as enhancers, both MPF (meat, poultry, and fish) and vitamin C, increased significantly as pregnancy progressed. As the results, bioavailability of dietary iron and iron absorbed increased significantly as pregnancy progressed. However, the amount of iron absorbed at each trimester did not meet considerably the iron needed during pregnancy. All five indices examined in the study, Hb level, Hct, serum concentrations of ferritin and sTfR (soluble transferrin receptor), and sTfR: ferritin ratio, showed that iron status of the subjects deteriorated as pregnancy progressed. The rate of anemia of the subjects increased as pregnancy progressed although more than 80% of the subjects took iron supplements after the 20th week of pregnancy. These results imply that it is needed to provide more iron especially, heme iron and dietary enhancers to prevent the deterioration of iron status during pregnancy. Future research on bioavailability of supplemental iron should be performed to determine the iron balance precisely. (*Korean J Community Nutrition* 9(2) : 142~150, 2004)

KEY WORDS : iron intake · bioavailability · iron status · pregnancy

서론

임신기간 중 모체의 영양상태가 임신의 결과에 영향을 미친다는 점은 잘 알려져 있다(Worthington-Roberts 1997). 특히 철 영양상태가 불량하면 모체 빈혈이 발생하고, 태아

성장에 부정적인 영향을 끼쳐 저체중아 출산 위험률이 증가하며, 나아가 신생아 빈혈을 야기할 수 있다(Scholl & Hediger 1994). 모체의 혈액 증가와 태아조직 축적 등 임신에 요구되는 철은 상당하여 대부분의 임신부는 식사를 통해 이를 충족하기가 쉽지 않다. 임신 모체의 생리적 빈혈을 고려해 빈혈 판정기준을 임신 삼 분기별로 다르게 적용하고 있

채택일 : 2004년 3월 15일

*This study was supported by a grant of the Korean Health 21 R & D Project, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (HMP-00-B-22000-158).

[†]Corresponding author: Hyeon-Sook Lim, Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Yongbong-dong, Buk-gu, Gwangju 500-757, Korea

Tel: (062) 530-1332, Fax: (062) 530-1339, E-mail: limhs@chonnam.ac.kr

나(CDC 1989; Yip 등 1984), 임신기간이 경과할수록 모체의 철 영양상태가 불량해지고 빈혈 발생률이 높아진다는 보고가 국내외에서 발표되었다(Lee & Lim 2001a, 2001b; Yu 등 1999; Kim & Lee 1999; Knight 등 1994; Taylor 등 1982).

이러한 이유로 임신기간 중에 철 보충제 복용이 권장되나, 식사를 통해 철 섭취를 증가하고 식사 철의 생체이용률을 향상시키는 방안이 임신여성의 철 영양상태 개선을 위한 기본 전략이 되어야 할 것이다. 한국인의 전형적인 식사는 헴철 함량이 총 철의 5~7% 정도로 적고 생체이용률 또한 10%전후의 낮은 경향을 보인다(Kye & Paik 1993; Lee 등 1997). 최근에 국내에서 수행된 임신부의 식사 철 섭취상태에 관한 연구결과들을 보면, 중소도시지역은 19.4 mg/day (Yu & Yoon 1999)이었고, 농촌지역은 이보다 낮은 14.1 mg/day (Song & Kim 1989)이었으며, 빈혈상태의 임신부는 더욱 낮아 10 mg/day이었다(Park & Yoon 2001). 그러나 임신부가 식사로 섭취한 철의 생체이용률에 대한 연구결과는 거의 없다. 다만 임신 38주 이상된 임신부를 대상으로 수행한 한 편의 논문이 있을 뿐인데, 이들의 철 섭취량은 17.0 mg/day이었고 흡수율은 14.2%이었다(Kim & Lee 1998). 이 결과는 비임신여성에 비해 섭취량도 많고 흡수율도 비교적 높은 편이나 임신으로 인한 추가 요구량을 충족하기에는 부족하다고 생각된다.

식사 철의 생체이용률은 각 개인의 철 저장상태에 따라 다르고, 섭취되는 철의 유형에 따라 다르며, 비헴철의 경우는 식사의 조성에 영향을 받는다(Monsen 1978). 즉, 개인의 철 저장량이 적을수록 철 흡수율은 높으며, 헴철은 비헴철에 비해 높고, 식사에 육류, 가금류, 어류 등 동물성 식품(meat, poultry, fish; MPF)과 비타민 C 함량이 많을수록 비헴철 흡수율이 높아지며(Monsen 등 1978; Cook & Monson 1976), 반대로 차류의 탄닌산(Disler 등 1975), 곡류 등의 피틴산(Bjorn-Rasmussen 1974) 또는 난황의 포스비틴(Moore & Dubach 1951) 등이 많으면 비헴철의 흡수율이 낮아진다. 이들 MPF와 비타민 C의 섭취 수준에 따라 비헴철 흡수율이 3~4배의 차이를 보인다(Layrisse 등 1968)는 점은 비헴철을 주로 섭취하는 한국인의 경우 관심을 가져야 할 내용이다.

체내 철 저장량은 직접 측정이 어려워 간접적인 방법으로 추정하는데, 일반적으로 혈청 페리틴(ferritin) 농도 1 $\mu\text{g/L}$ 당 10 mg의 철이 저장되어 있다고 본다(Jacob 등 1980). 그런데 혈청 ferritin 농도가 아프리카계 미국인 임신여성에서 임신 3/3분기에 유의하게 낮아져 1/3분기의 58%에 불과하였다는 보고(Knight 등 1994)나 철 보충제를 복용

하였음에도 2/3분기와 3/3분기에 20 $\mu\text{g/L}$ 이하로 감소되었다는 보고(Cook & Skikne 1989) 및 3/3분기의 ferritin 농도가 1/3분기의 50% 이상 감소되었다는 보고(Lee & Lim 2001a, 2001b) 등은 임신이 경과하면서 체내 철 저장량이 크게 낮아져 식사 철의 생체이용률에 큰 영향을 미칠 것이라 점을 시사한다.

앞서 서술한 바, 임신기간 중 모체의 식사 철 생체이용률을 고찰한 연구내용은 드물며 더욱이 임신 전 기간에 걸쳐 식사 철 생체이용률의 변화를 고찰한 논문은 없다. 이에 본 연구에서는 임신 삼 분기별로 모체의 체내 철 저장량을 추정하였고, 식사 철의 섭취상태와 생체이용률을 분석하였고, 철 영양상태의 변화를 추적하였다. 본 연구결과가 임신부의 식사 철 섭취를 증가시키거나 식사 철의 생체이용률을 향상시키는 방안을 수립하는데 도움이 되기를 바란다.

연구내용 및 방법

1. 연구대상자

본 연구를 위해, 산전관리를 받기 위해 광주시에 위치한 E 병원과 북구보건소를 방문한 임신 1/3분기에 들어선 임신부들 중, 본 연구의 취지에 동의하여 자원한 151명을 연구대상자로 선정하였다. 그러나 1/3분기에 참여한 151명 중 2/3분기와 3/3분기 모두 식사섭취상태 조사와 혈액 채취 과정을 마친 대상자는 각각 72명과 55명이었다. 다수가 제외된 주요한 사유는 이사, 진료병원 옮김, 자연유산, 다태아 임신 또는 식사섭취조사 자료의 부정확 등이었다. 연구과정을 마지막까지 마친 이들은 모두 외견상 건강하였으며 아무런 약물도 복용하지 않았다.

2. 연구대상자의 일반사항 조사

연구대상자의 연령, 교육수준, 가계소득수준, 분만횟수, 임신기간 등을 설문지를 이용하여 직접 면접하거나 또는 전화 인터뷰로 조사하였다. 임신기간은 마지막 월경 일을 기준으로 산출하였다.

3. Hb 농도와 Hct 및 혈청 ferritin과 sTfR 농도 분석

연구대상자의 혈액을, 임신 삼 분기마다 12시간 이상 공복상태 하에서, 전원정맥에서 채취하였다. Hb 농도와 Hct는 채혈 즉시 자동혈구분석기(Coulter STKS, USA)를 이용하여 측정하였다. 이후 남은 혈액을 3,000 rpm에서 15분간 원심·분리하여 혈청을 얻었으며, 이를 분액해 -20°C 에 보관하면서 분석에 사용하였다. 혈청 ferritin 농도는 ^{125}I immunoradiometric assay kit (Diagnostic Products Corp., USA)를 사용하였으며 gamma counter (Packard, Cobra

II, USA)로 1분 동안의 결합비율(%B/MB)을 측정하여 정량하였다. 혈청 sTfR (serum soluble transferrin receptor) 농도는 IDeA sTfR kit (Orion Diagnostica, FIN-02101, Finland)를 이용해 면역효소학적 방법으로 분석하였다. 그리고 혈청 ferritin 농도와 혈청 sTfR 농도로부터 sTfR: ferritin 비율을 구하였다.

4. 식사섭취상태 조사 및 철, 비타민 C, MPF와 총 흡수향상인자 섭취량 산출

연구대상자의 식사섭취상태는, 임신 삼 분기마다 직접 면접하거나 또는 전화 인터뷰로, 1일간의 섭취량을 24시간 회상법으로 조사하였다. 이들 식사섭취상태 자료에 의거해 세 끼니와 간식별로 철, 비타민 C 및 MPF 섭취량을 구하였다. 간식은 횟수와 무관하게 모두 합해 1회의 간식으로 처리하였다. 철과 비타민 C 섭취량은 전문가용 컴퓨터 프로그램인 CAN-PRO (Computer Aided Nutrition-Professional, 한국영양정보센터 및 한국영양학회 2003)를 이용하여 구하였고, MPF 섭취량은 식사섭취상태 조사 자료로부터 일일이 계산하였다. MPF (g)와 비타민 C (mg) 섭취량을 더해 총 흡수향상인자 섭취량을 산출하였다(Martinez-Torres & Layriss 1973).

5. 식사 철의 생체이용률 추정

식사로 섭취된 철의 생체이용률은 Monsen 등(1978)의 방법에 의해 각 연구대상자의 체내 철 저장량과 식사조성을 기초로하여 추정하였다. 우선 식사 철을 다음과 같이 헴철과 비헴철로 구분하였다. 즉, 동물성 식품에서 섭취한 철의 40%를 헴철로 보았고 나머지를 비헴철로 보았으며, 기타 식품에서 섭취한 철은 모두 비헴철이라고 보았다. 다음으로 체내 철 저장량을 추정하였다. 즉, 각 개인의 혈청 ferritin 농도 1 $\mu\text{g/L}$ 당 철 저장량을 10 mg이라고 추정하였으며 (Jacobs 등 1980), 이에 따라 저장 철 상태를 부족, 보통, 충분 세 단계로 구분했다. 즉, 저장 철이 199 mg미만이면 부족상태로, 200~374 mg이면 보통상태로, 375 mg 이상이면 충분상태로 구분하였다. 헴철의 생체이용률은, 체내 철 저장량 한 가지 인자만 고려해 결정하였다. 즉, 부족상태면 35%를, 보통상태면 28%를 그리고 충분상태면 23%를 적용했다. 비헴철의 생체이용률은 체내 철 저장상태와 식사의 철 이용률 두 가지 인자를 고려하여 결정하였다. 식사 철 이용률은 식사 내 MPF 및 비타민 C 함량에 의거해 저, 중, 고 세 수준으로 구분하였다. 즉, 끼니마다 MPF가 30 g미만이거나 비타민 C가 25 mg 미만인 경우를 저급 이용률 식사(low availability meal)로 보았고, 이 경우 개인의 체내 저장 철 상태가 부족한지, 보통인지 또는 총

분한지에 따라 비헴철 흡수율을 각각 5%, 4% 또는 3%로 계산하였다. 중급 이용률 식사(medium availability meal)는 MPF가 30~90 g이거나 비타민 C가 25~75 mg인 경우로 보았고, 이 경우 비헴철 흡수율을 저장 철의 세 상태별로 각각 10%, 7% 또는 5%로 계산하였다. 한편 고급 이용률 식사(high availability meal)는 MPF가 90 g을 초과하거나 비타민 C가 75 mg을 넘을 때 또는 MPF가 30~90 g 이면서 비타민 C가 25~75 mg인 경우로 판정했고, 이 때의 비헴철 흡수율은 저장 철의 세 상태별로 각각 20%, 12% 또는 8%로 보았다.

6. 통계처리

모든 결과는 평균과 표준편차로 나타내었다. 임신 삼 분기별 각 항목의 평균의 차이는 반복 측정 데이터의 일반선형모형(General Linear Model, repeated measure)으로 유의성을 확인한 후, 분기별 평균의 차이를 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다. 식사 철 관련 인자와 철 영양상태 지표와의 상관성은 Pearson's correlation coefficients로 분석하였다. 모든 통계처리는 SAS package (Song 등 1993)를 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 연구대상자의 일반 특성

본 연구대상자의 연령은 28.4 ± 3.5 세였고, 신장은 159.2 ± 4.9 cm이었으며 분만 전 체중은 52.6 ± 6.2 kg이었다. 이들의 분만횟수는 0.7 ± 0.7 회이었으며, 46%가 초산부였고 나머지는 경산부이었다. 임신 삼 분기별 조사시기는 각각 9.1 ± 2.3 주, 19.4 ± 3.0 주 및 31.7 ± 2.9 주이었으며, 이때 체중은 각각 53.2 ± 6.7 kg, 57.5 ± 7.6 kg 및 63.1 ± 7.9 kg이었다. 이들은 외견상 모두 건강하였고 분만 시까지 임신의 경과 또한 양호하였다. 연구대상자는 대부분 대도시 지역에 거주하였으며, 모두 고등학교 이상의 학력을 지녔고, 이들의 소득수준으로 보아 중류 또는 중·하류의 가정환경에 속하였다. 연구대상자의 33.3%(151명 중 50명)는 임신 1/3분기부터 철 보충제를 섭취하기 시작하였고, 임신 20주부터는 80.6%(72명 중 58명)가 철 보충제를 섭취하기 시작하였다. 이들의 철 보충제 섭취량은 철 2가이온(Fe^{2+}) 형태로서 임신 삼 분기별로 각각 30.2 ± 57.5 mg/day, 104.6 ± 56.4 mg/day 및 101.5 ± 59.5 mg/day이었다.

2. MPF, 비타민 C 및 흡수향상인자 섭취상태

본 연구대상자가 임신기간 중 섭취한 MPF와 비타민 C

및 총 흡수향상인자는 Table 1과 같았다. MPF는 임신 삼 분기별로 각각 86.7 ± 105.4 g/day, 115.8 ± 85.3 g/day 및 142.0 ± 134.3 g/day를 섭취하였으며, 비타민 C는 146.5 ± 140.1 mg/day, 205.2 ± 156.0 mg/day 및 217.8 ± 237.6 mg/day를 섭취하였다. 따라서 총 흡수향상인자 섭취는 각각 233.2 ± 186.0 , 321.0 ± 180.3 및 359.9 ± 256.1 이었다. MPF와 총 흡수향상인자 섭취는 2/3분기에 많아지는 추세를 나타내었고 3/3분기에는 유의하게 증가했다. 비타민 C는, 비록 유의하지는 않았으나, 임신 분기별로 증가하는 추세가 뚜렷했다. 임신 1/3분기에 이들 흡수향상인자의 섭취가 가장 낮은 경향을 보인 점은 입덧으로 인한 전반적인 식사량 감소와 관련되는 것으로 보인다(Lee 등, Not published). 본 연구대상자의 흡수향상인자 섭취 수준은, 중소도시지역 거주 임신부에서 조사된 한 편의 선행 자료(Kim & Lee 1998)와 비교할 때, MPF는 비슷하였으나 비타민 C가 많아 총 흡수향상인자가 높은 경향이였다. 한편 비임신여성에서 조사된 자료(Lee 등 1997; Kye & Paik 1993)에 비해서는 MPF와 비타민 C 모두 높았으며, 특히 비타민 C의 차이가 컸다. 이러한 이유로 1/3분기의 가장 낮은 총 흡수향상인자조차 위의 비임신여성보다 크게 높은 경향이였다. 이러한 결과는 임신기간 중 육류, 조류 또는 어류 등 동물성 식품의 섭취도 많아지지만 비타민 C 공급 식품의 섭취가 더욱 증가한다는 점을 시사한다. 그러나 본 연구대상자의 MPF 섭취는, 미국 농무성(USDA 1992)이 식사 철의 생체이용률을 높이기 위해 5~7 oz/day ($140 \sim 200$ g/day)를 섭취하라고 권장하는 수준에 비교할

때 충분하지 않다고 판단된다. 반면에 비타민 C 섭취는 권장량의 2배 또는 3배로 충분한 수준이 아닌가 생각된다.

3. 식사 철 섭취상태 및 생체이용률

본 연구대상자의 식사 철 섭취량, 흡수량 및 생체이용률은 Table 2와 같았다. 총 철 섭취는 임신 삼 분기별로 각각 9.78 ± 4.31 mg/day, 13.92 ± 8.41 mg/day 및 15.15 ± 7.73 mg/day이었으며, 이중 헴철은 각각 0.45 ± 0.46 mg/day, 0.84 ± 0.60 mg/day 및 1.01 ± 1.21 mg/day로, 총 철의 각각 4.6%, 6.0% 및 6.6%이었다. 총 철과 헴철 모두 1/3분기 섭취가 가장 적었고, 2/3분기에 많아지는 추세를 보였으며, 3/3분기에는 유의하게 증가하였다. 이들의 1/3분기 총 철 섭취는 한국인 임신초기 여성의 철 권장량인 20 mg (한국영양학회, 2000)의 49.0% 수준이었으며, 2/3분기와 3/3분기는 임신후기 권장량인 24 mg (상동)의 각각 58%와 63%이었다. 이는 임신부의 철 섭취가 권장량의 52~55% (Ahn 등 1996), 61.2% (Hyun 등 1997) 또는 56.5% (Kim & Lee 1998)로 부족했다는 점을 지적한 선행 연구결과들과 유사하였다. 또한 임신부의 철 섭취를 보고한 기타 자료들과 비교할 때, 본 연구대상자의 1/3분기 섭취는 대도시지역 임신전기 여성(Park & Yoon 2001)보다 다소 낮았고, 3/3분기의 경우는 농촌지역 임신 3/3분기 여성(Song & Kim 1989)보다 다소 높거나 중소도시지역 임신 38주 여성(Kim & Lee 1998)보다 다소 낮았다. 본 연구에서 헴철 섭취 비율은 임신분기 별로 각각 4.6%, 6.0% 및 6.6%이었다. 이 비율은 임신이 진행됨에 따라 약간 증가하는 경향을 보였다. 이는 MPF 섭취량 증가에 따른 결과라고 생각된다. 그러나 앞서 서술한 바, USDA가 권장하는 수준에 크게 못 미치는 상태인 점을 생각할 때, 식사 철의 흡수향상 측면에서는 물론이고 헴철 섭취를 확보한다는 점에서도 MPF 섭취를 더 증가해야 할 필요성이 있다고 생각된다. 국내의 선행 연구결과와 비교하면, 본 연구대상자의 헴철 섭취는 중소도시지역 임신부에서 조사된 한 결과(Yu & Yoon 1999)에 비해 1/3분기와 2/3분기는 다소 낮은 편이었으나 3/3분기는 근사하였고 또 다른 결과(Kim & Lee 1998)보다는 약간 높은 편이었다. 미국의 전국적인 규모의

Table 1. Dietary intakes of MPF, vitamin C and total enhancing factor at each trimester of pregnancy

	MPF ¹ (g/day)	Vitamin C (mg/day)	Total enhancing factor ²
1st	86.7 ± 105.4^a	146.5 ± 140.1^a	233.2 ± 186.0^a
2nd	115.8 ± 85.3^{ab}	205.2 ± 156.0^a	321.0 ± 180.3^{ab}
3rd	142.0 ± 134.3^a	217.8 ± 237.6^a	359.9 ± 256.1^a

Values are mean \pm standard deviation.

Values in each column with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹MPF: meat, poultry, and fish

²Total enhancing factors = MPF (g) + vitamin C (mg)

Table 2. Dietary intakes of iron and its bioavailability at each trimester of pregnancy

	Iron intake (mg/day)			Iron absorbed (mg/day)			Bioavailability of iron (%)		
	Heme	Non-heme	Total	Heme	Non-heme	Total	Heme	Non-heme	Total
1st	0.45 ± 0.46^b	9.32 ± 4.14^b	9.78 ± 4.31^b	0.12 ± 0.15^b	0.68 ± 0.48^b	0.80 ± 0.60^b	27.2 ± 3.5^b	7.3 ± 5.1^b	8.2 ± 3.3^b
2nd	0.84 ± 0.60^{ab}	13.07 ± 8.00^{ab}	13.92 ± 8.41^{ab}	0.28 ± 0.20^{ab}	1.49 ± 0.85^{ab}	1.77 ± 0.91^{ab}	33.3 ± 3.1^{ab}	11.7 ± 4.3^{ab}	13.1 ± 4.4^{ab}
3rd	1.01 ± 1.21^a	14.13 ± 7.54^a	15.15 ± 7.73^a	0.35 ± 0.42^a	1.96 ± 1.46^a	2.31 ± 1.60^a	34.4 ± 2.0^a	12.9 ± 4.1^a	14.2 ± 4.5^a

Values are mean \pm standard deviation.

Values in each column with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

식품섭취조사(Raper 등 1984)에서 나타난 19~34세 비임신 성인여성의 하루 평균 철 섭취는 10 mg이었으며 이중 헴철 비율이 10%이었다. 이와 비교할 때, 본 연구대상자의 헴철 섭취 비율이 낮은 특성이 더욱 드러났다.

흡수된 총 철은 임신 삼 분기별로 각각 0.80 ± 0.60 mg/day, 1.77 ± 0.91 mg/day 및 2.31 ± 1.60 mg/day로, 임신이 진행됨에 따라 증가하는 추세를 보여, 3/3분기는 1/3분기보다 유의하게 많았다. 따라서 총 철 흡수율도 1/3분기 8.2 ± 3.3%에서, 2/3분기에 13.1 ± 4.4%로 높아지는 경향을 보였고, 3/3분기에는 14.2 ± 4.5%로 유의하게 높아졌다. 흡수된 헴철은 역시 총 철과 마찬가지로 임신이 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보여, 1/3분기에는 0.12 ± 0.15 mg/day이었고, 2/3분기에는 0.28 ± 0.20 mg/day이었으며, 3/3분기에는 0.35 ± 0.42 mg/day로 1/3분기보다 유의하게 많았다. 헴철 흡수율은 삼 분기별로 27.2 ± 3.5%, 33.3 ± 3.1% 및 34.4 ± 2.0%이었고, 비헴철 흡수율은 각각 7.3 ± 5.1%, 11.7 ± 4.3% 및 12.9 ± 4.1%이었다. 헴철과 비헴철 흡수율 모두 임신이 진행됨에 따라 높아지는 추세를 보여 3/3분기의 이들 흡수율은 1/3분기보다 유의하게 높았다. 헴철 흡수율이 2/3분기와 3/3분기에 각각 23%와 27% 증가한데 비해 비헴철 흡수율은 각각 60%와 76% 상승했다. 임신의 경과로 나타난 철 생체이용률이 증가하는 현상은, 임신이 진행되면서 체내 철 저장량이 유의하게 감소하여, 철 흡수율이 증가했기 때문이며 비헴철의 경우는 이외에도 흡수항상인자의 섭취가 많아졌기 때문이라고 해석된다. 본 연구대상자의 3/3분기 흡수율은 국내 선행연구 결과가 있는 중소도시지역 38주이상 임신부(Kim & Lee 1998)에서 조사된 총 철, 헴철 및 비헴철의 흡수율과 비교할 때 각각 근사하였다. 그러나 서구인의 비임신 여성 자료 즉, 스웨덴 여성의 총 철 흡수율 14%, 프랑스 여성의 16%, 미국의 NHANES III로부터 얻은 성인여성의 16.6% (Hallberg & Rossander-Hulten 1991)와 비교할 때 크게 낮은 수준이라고 판단된다.

임신 전 기간 동안에 요구되는 최소량의 철이 925 mg (Kaneshige 1981)이라고 보고 추정된 1일 평균 요구량인 3.5 mg에 비교할 때, 본 연구대상자가 흡수한 총 철은

이에 비해 각 분기별로 23%, 50% 및 66% 정도이었다. 이러한 상태로 혈청 ferritin 농도의 감소추세에 대응한다는 것은 역부족이라고 생각된다. 특히 임신 1/3분기에 23%밖에 충족하지 못한 점은, 이 때가 철 요구량이 상대적으로 낮은 시기임을 감안하더라도, 지나치게 부족하다는 점에 관심을 기울일 필요가 있다고 생각된다. 한편 러시아 성인여성의 총 철 흡수율과 흡수량이 각각 12.0%와 1.55 mg/day이었으나 곡류 또는 차류에 함유된 흡수저해인자의 영향을 보정하면 각각 5.4%와 0.69 mg/day로 낮아진다는 연구결과(Tseng 등 1997)를 생각할 때, 본 연구에서는 이러한 저해요인을 고려하지 않았으므로 실제 흡수율과 흡수량은 더욱 낮지 않았을까 추측된다.

4. 철 영양상태

본 연구대상자의 Hb 농도, Hct, 혈청 ferritin과 sTfR 농도 및 sTfR: ferritin 비율은 Table 3과 같았다. Hb 농도는, 임신 삼 분기별로, 각각 12.9 ± 1.3 g/dL, 11.5 ± 1.4 g/dL 및 11.5 ± 1.7 g/dL이었고, Hct는 각각 38.8 ± 5.2%, 34.3 ± 5.1% 및 34.7 ± 5.4%이었다. Hb 농도와 Hct 모두 2/3분기에 유의하게 낮아졌으며 이 상태가 3/3분기까지 그대로 유지되었다. 임신여성의 빈혈 판정기준은, 혈장량 증가에 따른 혈액희석 현상을 고려해, 삼 분기별로 다르게 적용하고 있는 바, 1/3분기와 3/3분기 기준은, Hb 농도와 Hct 각각 11 g/dL 및 33% 미만이며, 2/3분기 기준은 Hb 농도는 10.5 g/dL 미만이고 Hct는 32% 미만이다(CDC 1989; Yip 등 1984). 이에 근거해 본 연구대상자의 빈혈률을 판정하면, 1/3분기에는 6%가 Hb 기준에 못 미쳤고 11%는 Hct 기준에 못 미쳤으며, 2/3분기에는 각각 19%와 36%가, 그리고 3/3분기에는 각각 33%와 26%가 못 미쳤다. 이와 같은 빈혈률은, 본 연구대상자의 33% 정도가 임신 1/3분기부터 철 보충제를 섭취하기 시작했고 임신 20주에 들어서서는 80% 이상이 철을 보충섭취한 상황에 비추어볼 때 예상 밖으로 높은 빈혈률이라 생각된다. 이와 같은 결과는 국내에서 상동의 Hb 농도를 기준으로 임신 삼 분기별로 판정한 결과(Yu & Yoon 2000)와 근사하였다.

철 영양상태를 나타내는 세 지표들도 임신 삼 분기별로 Hb 농도 및 Hct의 변화와 유사한 경향을 보였다. 혈청 ferritin

Table 3. Changes of Hb level, Hct, serum concentrations of ferritin and sTfR, and sTfR: ferritin ratio at each trimester of pregnancy

	Hemoglobin (g/dL)	Hematocrit (%)	Serum ferritin (µg/L)	Serum sTfR ¹ (mg/L)	sTfR: ferritin ratio
1st	12.9 ± 1.3 ^a	38.8 ± 5.2 ^a	24.4 ± 7.2 ^a	3.9 ± 0.7 ^b	181.8 ± 94.2 ^b
2nd	11.5 ± 1.4 ^b	34.3 ± 5.1 ^b	17.1 ± 5.2 ^b	4.5 ± 1.0 ^{ab}	295.7 ± 145.0 ^{ab}
3rd	11.5 ± 1.7 ^b	34.7 ± 5.4 ^b	13.9 ± 4.8 ^c	5.0 ± 1.1 ^c	429.5 ± 241.6 ^c

Values are mean ± standard deviation.

Values in each column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

¹sTfR: soluble transferrin receptor

농도는 1/3분기에 $24.4 \pm 7.2 \mu\text{g/L}$ 이었는데 2/3분기에 유의하게 낮아져 $17.1 \pm 5.2 \mu\text{g/L}$ 가 되었으며, 이후 또 다시 유의하게 저하되어 3/3분기에는 $13.9 \pm 4.8 \mu\text{g/L}$ 로 되었다. 이러한 결과는 임신이 진행됨에 따라 모체의 철 저장량이 계속해서 유의하게 감소한다는 점을 알려준다. 이는, 앞서 서술한 바, 2/3분기와 3/3분기에 높은 빈혈률을 나타낸 결과를 뒷받침한다. 아울러 3/3분기의 철 저장량이 1/3분기의 57% 수준으로 감소한 결과는, 본 연구대상자의 상당수가 1/3분기 또는 임신 20주부터 철 보충제를 섭취했음에도 불구하고 임신기간 중 철 공급이 절대적으로 부족하지 않았나 하는 점을 시사한다. 이러한 점은 이미 전보(Lee & Lim 2001a, 2001b)에서 지적한 바 있다. 본 연구대상자의 혈청 ferritin 농도는, 2/3분기 농도가 다소 낮은 경향이었으나, 전보(상동)에서 보고한 수준과 근사하였다. 임신이 진행되면서 혈청 ferritin 농도가 급격하게 저하하는 현상은 이미 영국의 임신여성에서 조사된 바 있는데(Barrett 등 1994), 이들의 혈청 ferritin 농도는 1/3분기에 $43.8 \mu\text{g/L}$ 이었다가 2/3분기에 $11.1 \mu\text{g/L}$ 로, 그리고 3/3분기에는 $5.4 \mu\text{g/L}$ 로 감소되었다. 본 연구대상자는 1/3분기의 혈청 ferritin 농도가 이들보다 낮았음에도 불구하고 감소 폭이 오히려 적었던 점은 철 보충제 섭취로 인한 효과가 아니었나 생각된다. 혈청 ferritin 농도 $12 \mu\text{g/L}$ 미만을 철 결핍상태 기준(ESWG 1980)으로 적용하면, 본 연구대상자의 2%, 14% 및 36%가 임신 삼 분기별로 철 결핍상태에 있었던 것으로 판정된다. 혈청 ferritin 농도로 추정된 본 연구대상자의 체내 철 저

장량은 삼 분기별로 각각 $244 \pm 72 \text{ mg}$, $171 \pm 52 \text{ mg}$ 및 $139 \pm 48 \text{ mg}$ 이었다. 체내 철 저장량의 적정 수준을 500 mg 이상이라고 볼 때(Monsen 등 1978), 1/3분기에만 3%의 연구대상자가 동 수준을 상회하였고 2/3분기와 3/3분기에는 이를 충족한 연구대상자가 한 명도 없었다. 혈청 sTfR 농도는 1/3분기에 $3.9 \pm 0.7 \text{ mg/L}$ 이었다가 2/3분기에 $4.5 \pm 1.0 \text{ mg/L}$ 로 증가하는 추세를 보였고 3/3분기에는 $5.0 \pm 1.1 \text{ mg/L}$ 로 상승해 1/3분기와 유의한 차이를 보였다. 이는 임신이 점차 진행되면서 세포수준에서의 철 요구가 충족되지 않았음을 시사한다. 임신이 진행되면서 체내 철 저장량이 유의하게 감소했던 점을 생각할 때, 조혈세포 등 철을 요구하는 세포가 sTfR를 증가시킨 것이라고 이해된다. 한편 sTfR: ferritin 비율은 삼 분기 각각 181.8 ± 94.2 , 295.7 ± 145.0 및 429.5 ± 241.6 으로 임신이 진행되면서 점차 높아져 3/3분기는 1/3분기보다 유의하게 높은 비율을 보였다. sTfR:ferritin 비율은 ferritin 농도 또는 sTfR 농도 각각보다 철 결핍상태를 더 예민하게 나타낸다고 알려져 있는 바(Skikne 등 1990), 본 연구에서도 이 비율의 차이는 상당히 크게 벌어져 3/3분기는 1/3분기보다 2.4배 높았다.

철 영양상태 지표들이 임신기간 중에 보인 변화를 회귀 분석한 결과는 Fig. 1과 같았다. Hb 농도($y = -0.073x + 13.5$, $p < 0.001$), Hct ($y = -0.203x + 40.4$, $p < 0.001$) 및 혈청 ferritin 농도($y = -0.460x + 28.1$, $p < 0.001$)는 임신이 진행됨에 따라 유의하게 감소하였으며, sTfR: ferri-

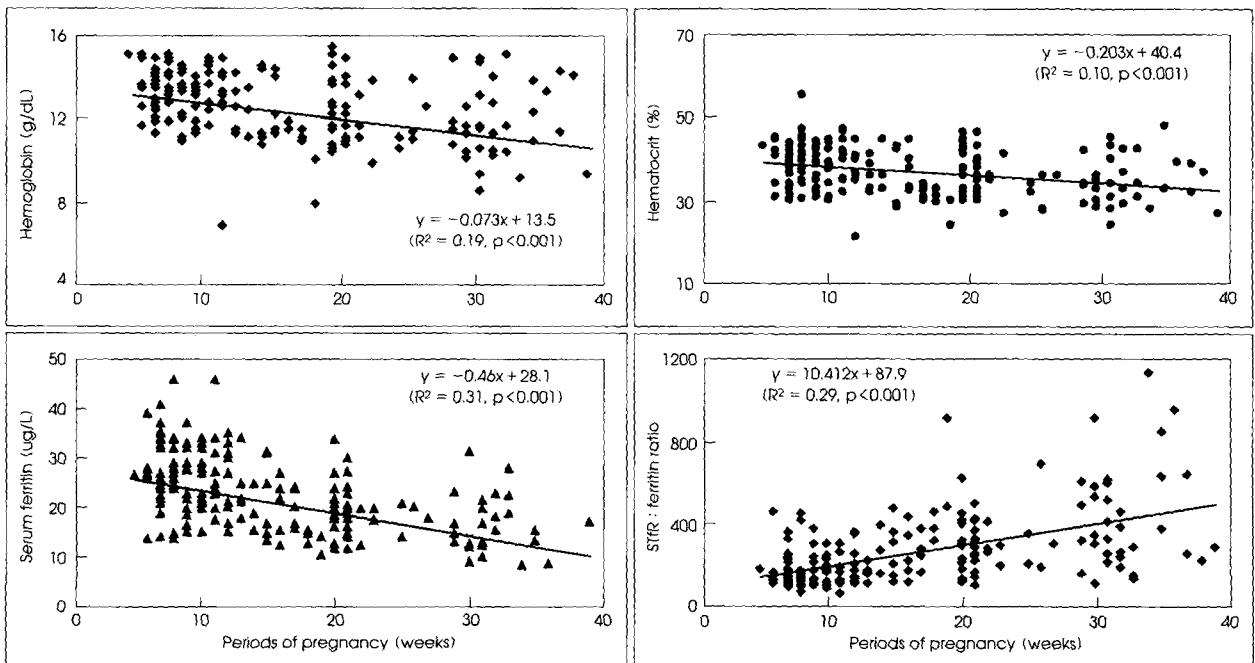


Fig. 1. Changes of iron status indices during pregnancy.

Table 4. Correlation coefficients between the indices of dietary iron intake and iron status

	Hb	Hct	Ferritin	sTfR	sTfR: ferritin
Iron intake	-0.2213***	-0.1610*	-0.2187***	0.1521*	0.1680*
Iron absorbed	-0.3225***	-0.2540***	-0.4134***	0.3159***	0.3575***
Iron bioavailability	-0.3689***	-0.3348***	-0.5504***	0.4126***	0.4773***

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

tin 비율 ($y = 10.410x + 87.9$, $p < 0.001$)은 유의하게 증가하였다. 그림에는 표시하지 않았으나 혈청 sTfR 농도 ($y = 0.049x + 3.5$, $p < 0.001$)도 유의한 증가추세를 보였다. 이들 다섯 지표 중 혈청 ferritin 농도의 R^2 값이 가장 높았다. 이는 혈청 ferritin 농도가 임신기간의 경과에 따라 가장 크게 변했다는 점을 뜻하며 따라서 이 지표가 철 영양상태의 변화를 예민하게 나타낸다는 점을 시사한다. 다음으로는 sTfR: ferritin 비율의 R^2 값이 높았다.

5. 식사 철 섭취상태와 철 영양상태 지표들간의 상관성

본 연구대상자의 식사 철 섭취량, 흡수량 및 흡수율과 철 영양상태 지표들간의 상관관계는 Table 4와 같았다. 식사 철 섭취량, 흡수량 및 흡수율 모두 Hb 농도, Hct 및 혈청 ferritin 농도와 각각 유의한 음의 상관관계를 보였으며, sTfR과 sTfR: ferritin 비율과는 각각 유의한 양의 상관관계를 보였다. 섭취량보다 흡수량이 그리고 흡수량보다 흡수율이 이들 다섯 지표와 더욱 강한 관련성을 보였다. 이러한 결과는 식사를 통한 철 섭취가 철 영양상태에 영향을 끼친다는 점과 함께 섭취량보다는 흡수량이나 생체이용률이 철 영양상태에 미치는 영향이 더 크다는 점을 시사한다. 또한 철 섭취량, 흡수량 및 흡수율 모두 Hb 농도, Hct 및 혈청 ferritin 농도와 각각 유의한 음의 상관관계를 보인 점은 섭취량 및 흡수율이 증가했음에도 철 영양상태는 향상되지 않거나 오히려 악화되었음을 반영한 것으로 각 기간별에 따른 단기간의 섭취 영향일 것으로 이해된다. 즉 이에 대한 배경으로 2/3분기의 각 철 영양지표들의 큰 감소에 비해 3/3분기의 Hb와 Hct는 변화없거나 혈청 ferritin은 감소의 정도가 그리 크지 않았다는 점은 2/3분기 이후의 철 섭취상태의 증가가 3/3분기의 철 영양상태의 더한 감소를 일부 막았을 것으로 보인다.

요약 및 결론

임신기간 중에 정상적인 임신여성에게도 철 보충제 복용을 권장하나, 식사를 통해 철 섭취를 증가하고 식사 철의 생체이용률을 향상시키는 방안이 임신여성의 철 영양상태 개선을 위한 기본 전략이 되어야 할 것이다. 이에 본 연구에서

는 임신 삼 분기별로 모체의 체내 철 저장량을 추정하였고, 식사 철의 섭취상태와 생체이용률을 분석하였고, 철 영양상태의 변화를 추적하였다. 본 연구를 위해 임신 1/3분기에 들어선 여성 151명을 연구대상자로 선정하였다. 그러나 2/3분기와 3/3분기까지 조사에 응한 연구대상자는 각각 72명과 55명이었다.

본 연구대상자의 MPF와 비타민 C 섭취는 임신이 진행되면서 유의하게 많아졌으며, 임신 3/3분기의 MPF 섭취량은 1/3분기의 163%에 달하였으나 미국 농무성이 권장하는 최저수준정도이었다. 식사를 통한 철 섭취는 비헴철과 헴철 모두 임신이 진행되면서 유의하게 많아졌다. 비헴철 섭취 증가는 전반적인 식사량 증가로 나타났고 헴철은 MPF 섭취 증가의 결과였다. 그럼에도 불구하고 총 철 섭취량은 한국인 임신전·후기 여성 철 권장량에 비해 임신 삼 분기별로 각각 49%, 58% 및 63%에 불과했다. 그리고 헴철 비율은 각각 4.6%, 6.0% 및 6.6%이었다. 따라서 본 연구대상자의 식사 철 섭취는 총 철이 부족할 뿐만 아니라 헴철 섭취 비율이 낮은 문제점이 있음을 드러내었다.

식사로 섭취한 총 철의 생체이용률은 임신 삼 분기별로 각각 8.2%, 13.1% 및 14.2%로 임신이 진행되면서 유의하게 높아졌다. 이는 헴철과 비헴철 흡수율이 모두 증가해서 나타난 결과인데, 헴철 흡수는 체내 철 저장량 감소에 따라 높아졌고 비헴철의 경우는 이외에 철 흡수인자 섭취 증가가 함께 작용해 보다 큰 증가세를 보였다고 해석된다. 이러한 결과, 이들은 임신기간 중 철 요구량인 3.5 mg/day에 비해 각각 23%, 50% 및 66%에 불과하였다.

본 연구대상자의 철 영양상태가 임신이 진행되면서 점차 불량해진 점은 위에서 서술한 바, 철 섭취가 충분하지 않았다는 점을 뒷받침한다. Hb 농도, Hct, 혈청 ferritin 농도는 점차 유의하게 낮아졌으며 반면에 혈청 sTfR 농도와 sTfR: ferritin 비율은 점차 유의하게 높아졌다. 임신 분기별로 혈청 ferritin 농도가 저하한 결과는 체내 철 저장량이 지속적으로 감소했음을 나타내며, 혈청 sTfR 농도의 저하는 세 포수준에서의 철 요구가 충족되지 않은 정도가 점차 컸음을 시사한다.

본 연구에서 조사된 철 영양상태 지표 중 임신기간의 경과에 따라 가장 예민한 변화를 보인 것은 혈청 ferritin 농

도이었다. 이로 미루어 체내 철 저장량의 감소가 현저하게 일어난다는 점을 알 수 있다. 한편 식사 철 지표 중 철 흡수율이 철 영양상태 지표들과 가장 높은 상관성을 보였다. 이는 철의 생체이용률을 높이는 방안이 철 영양상태 개선에 가장 중요한 측면이란 점을 간접적으로 나타낸다.

본 연구의 제한점은 철 흡수방해인자의 섭취상태를 조사하지 않은 점이며 또한 보충제로 섭취한 철의 생체이용률을 분석하지 않은 점이다. 그러나 본 연구결과는, 임신기간이 경과하면서, 식사를 통해 철과 철 흡수향상인자 섭취가 증가하고 철 흡수율도 상승하나 임신기의 철 요구량을 충족하기에는 크게 부족하다는 점과 모체의 철 영양상태가 점차 저하된다는 점 및 식사 철의 섭취량, 흡수량 및 생체이용률이 모두 철 영양상태 지표와 상관성이 있음을 밝혔다. 따라서 임신여성은 육류, 어류 및 조류 등의 식품 섭취를 늘려 헴철과 철 흡수향상인자의 섭취를 증가하여야 할 것이다. 철 보충제를 섭취한 연구대상자가 상당한 비율이었음에도 불구하고 철 영양상태가 지속적으로 저하된 점은 앞으로 보충제로 섭취한 철의 생체이용률에 대한 연구가 필요함을 제시한다. 본 연구결과가 임신부의 식사 철 섭취를 증가시키거나 식사 철의 생체이용률을 향상시키는 방안을 수립하는데 도움이 되기를 바란다.

참 고 문 헌

- Ahn HS, Park YS, Park SH (1996): Ecological studies of maternal-infant nutrition and feeding in urban low income areas -Anthropometric measurements, dietary intakes, and serum lipids content/fatty acids composition of the pregnant- *Korean J Community Nutr* 1 (2): 201-214
- Barrett JF, Whittaker PG, Williams JG, Lind T (1994): Absorption of non-haem iron from food during normal pregnancy. *Br Medical J* 309 (6947): 79-82
- Bjorn-Rasmussen E (1974): Iron absorption from wheat bread-influence of various amounts of bran. *Nutr Metabol* 19: 101-108
- CDC (Centers for Disease Control) (1989): CDC criteria for anemia in children and childbearing-aged women. *Morbid Mortal Week Rep* 38: 400-404
- Cook JD, Monsen ER (1976): Food iron absorption in human subjects. III. Comparison of the effects of animal protein on nonheme iron absorption. *Am J Clin Nutr* 29: 859-867
- Cook JD, Skikne BS (1989): Iron deficiency: definition and diagnosis. *J Int Med* 226: 349-355
- Disler PB, Lynch SR, Charlton RW, Torrance JD, Bothwell TH, Walker RB, Mayet F (1975): The effect of tea on iron absorption. *Gut* 16: 193-199
- ESWG (Expert Scientific Working Group) (1980): Summary of a report on assessment of the iron nutritional status of the United States population. *Am J Clin Nutr* 42: 1318-1330
- Hallberg L, Rossander-Hulten L (1991): Iron requirements in menstruating women. *Am J Clin Nutr* 54: 1047-1058
- Hyun WJ, Lee JY, Kwak CS (1997): Dietary intakes and psychological stress of pregnant women in Taejon in relation to neonatal birth weight. *Korean J Community Nutr* 2(2): 169-178
- Jacob RA, Sanstead HH, Klevay LM, Johnson LK (1980): Utility of serum ferritin as a measure of iron deficiency in normal males undergoing repetitive phlebotomy. *Blood* 56: 786-791
- Kaneshige E (1981): Serum ferritin as an assessment of iron stores and other hematologic parameters during pregnancy. *Obst Gynec* 57: 238-242
- Kim EK, Lee KH (1998): Assessment of the intake and availability of dietary iron and nutrition knowledge in pregnant women. *Korean J Community Nutr* 3 (1): 53-61
- Kim EK, Lee KH (1999): Iron status in pregnant women and their newborn infants. *Korean J Nutr* 32(7): 793-801
- Knight EM, Spurlock BG, Edwards CH, Johnson AA, Oyemade UJ (1994): Biochemical profile of African American women during three trimesters of pregnancy and at delivery. *J Nutr* 124: 943S-953S
- Korean Nutrition Society (2000): Recommended Dietary Allowances for Koreans, 7th ed. Jungang Press, Seoul
- Kye SH, Paik HY (1993): Iron nutrition 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 Nutr* 26(6): 703-714
- Layrisse M, Martinez-Torres C, Roche M (1968): Effect of interaction of various foods on iron absorption. *Am J Clin Nutr* 21: 1175-1182
- Lee KH, Kim EK, Kim MK (1997): Iron nutritional status of female students in Kangnung National University. *Kor J Community Nutr* 2(1): 23-32
- Lee J-I, Lim H-S (2001a): A longitudinal study on maternal iron and folate status during and after pregnancy in Korean women. *Kor J Community Nutr* 6(2): 182-191
- Lee J-I, Lim H-S (2001b): Iron status of pregnant women and evaluation of cut-off levels of Hb, Hct, TIBC, sTfR, sTfR: ferritin ratio for assessment of iron deficiency. *Korean J Human Ecology* 4(1): 36-45
- Lee J-I, Lee J-A, Lim H-S. Morning sickness reduces dietary diversity, nutrient intakes, and infant outcome of pregnant women. *Unpublished*
- Martinez-Torres C, Layriss M (1973): Nutritional factors in iron deficiency - food iron absorption. *Clin Heamatol* 2: 339
- Monsen E.R, Hallberg L, Layrisse M, Hegsted M, Cook JD, Mertz W, Finch CA (1978): Estimation of available dietary iron. *Am J Clin Nutr* 31: 134-141
- Moore CV, Dubach R (1951): Observations on the absorption of iron from foods tagged with radio-iron. *Trans Assoc Am Phys* 64: 245-252
- Nam HS, Ly SY (1992): A survey on iron intake and nutritional status of female college students of Chungnam National University. *Korean J Nutr* 25(5): 404-412
- Park J-A, Yoon J-S (2001): A screening tool for identifying high risk pregnant women of Fe deficiency anemia. *Korean J Community Nutr* 6(5): 734-743
- Raper NR, Rosenthal JC, Woteki CE (1984): Estimates of available iron in diets of individuals 1 year old and older in the Nationwide Food Consumption Survey. *J Am Diet Assoc* 84(7): 783-787
- Scholl TO, Hediger ML (1994): Anemia and iron-deficiency anemia: a

- complication of data on pregnancy outcome. *Am J Clin Nutr* 59: 492S-501S
- Song MS, Lee YJ, Cho SS, Kim BC (1993): Statistical analysis using SAS, Seoul, Jayu Academy
- Song YS, Kim SH (1989): Nutritional status of rural women in relation to physical condition of offspring at birth. *Korean J Nutr* 22(6): 547-556
- Skikne BS, Ferguson BJ, Simpson K, Baynes RD, Cook JD (1990): Serum transferrin receptor distinguishes anemia of chronic disease from iron deficiency. *Blood* 76: 49-54
- Taylor DJ, Mallen C, McDougall N, Lind T (1982): Effect of iron supplementation on serum ferritin levels during and after pregnancy. *Br J Obstet Gynecol* 89: 1011-1017
- Tseng M, Chakraborty H, Robinson DT, Mendez M, Kohlmeier L (1997): Adjustment of iron intake for dietary enhancers and inhibitors in population studies: Bioavailable iron in rural and urban residing Russian women and children. *J Nutr* 127: 1456-1468
- USDA (United States Department of Agriculture), Human Nutrition Information Service (1992): Food Guide Pyramid, A Guide to Daily Food Choices, Home And Garden Bulletin No.252
- Worthington-Roberts B (1997): The role of maternal nutrition in the prevention of birth defects. *J Am Diet Assoc* 97: S184-S185
- Yip R, Johnson C, Dallman P (1984): Age-related changes in laboratory values used in the diagnosis of anemia and iron deficiency. *Am J Clin Nutr* 39: 427-436
- Yu KH, Yoon JS (1999): A cross-sectional study of nutrient intakes by gestational age and pregnancy outcome (I). *Korean J Nutr* 32(8): 877-886
- Yu KH, Yoon JS (2000): Comparison and evaluation of hematological indices for assessment of iron nutritional status in Korean pregnant women (III). *Korean J Nutr* 33(5): 532-539
- Yu KH, Yoon JS, Hahn YS (1999): A cross-sectional study of biochemical analysis and assessment of iron deficiency by gestational age (II). *Korean J Nutr* 32(8): 887-896