

동물성과 식물성단백질이 한국인 젊은여성의 체내 철분이용도에 미치는 영향

곽충실 · 김정숙 · 최혜미
서울대학교 가정대학 식품영양학과

Effects of Dietary Animal Protein and Plant Protein on Iron Bioavailability in Young Korean Women

Kwak, Chungshil · Kim, Jeong Sook · Choi, Haymie
Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effect of sources of protein on iron bioavailability in 10 healthy young Korean women. The 18-day metabolic study consisted of a 6-day adaptation period, 6-day moderate protein period(60g protein/day, 18mg Fe/day) and 6-day high protein period(90g protein/day, 18mg Fe/day). During the moderate and high protein period, 5 subjects were fed the high animal protein meals(75% animal protein) and the other 5 subjects were fed high plant protein meals(80% plant protein).

Fecal excretion of dietary iron was significantly higher($p < 0.05$) in high protein high plant diet group(HPP, 9.48 ± 1.61 mg/day) than in high protein high animal diet group(HPA, 14.40 ± 0.89 mg/day). Apparent absorption and bioavailability of iron was also significantly higher($p < 0.10$) in HPA($40.7 \pm 5.3\%$, 6.46 ± 1.61 mg/day) than in HPP($14.4 \pm 5.3\%$, 2.39 ± 0.89 mg/day). But there was no significant difference between the high animal protein group and high plant protein group in moderate protein period.

Serum iron concentration and transferrin saturation increased as animal protein intake increased, from 106.0 ± 5.1 ug/dl and $30.6 \pm 1.5\%$ for MPA to 129.1 ± 6.7 ug/dl and $37.1 \pm 1.3\%$ for HPA. Statistically positive correlations were shown not only between the level of dietary heme iron and apparent absorption($r=0.95$, $p < 0.05$), but also between serum iron concentration and apparent absorption($r=0.64$, $p < 0.05$). Negative iron balance was shown in two subjects fed the moderate protein meals.

These results suggest that recommended dietary allowances of iron may be under the need to maintain the positive balance, and iron bioavailability increase by only high level of animal protein intake.

KEY WORDS : metabolic study · bioavailability · apparent absorption · transferrin saturation.

채택일 : 1994년 4월 12일

서 론

빈혈빈도는 그 집단의 영양상태를 반영하는 중요한 기초자료이다. 전 세계인구의 약 30%가 영양결핍성 빈혈을 갖고 있으며 그 중 철분부족이 가장 큰 원인으로 지적되고 있다. 철분부족은 유아나 임산부를 비롯하여 특히 여성에게 많이 나타나며, 개발도상국이 선진국에 비해 그 발생 빈도가 높을때 그것은 경제적 수준이나 식습관, 철분강화 등과 관계가 있는 것으로 생각된다. 그러나 일본의 경우 식품에 거의 철분강화를 하지 않은 결과 여성들의 철분부족으로 인한 빈혈빈도가 1972년에 8.3%에서 1988년에 8.4%로 변함이 없어 철분강화나 보충의 필요성을 제시하였다¹⁾.

우리나라에서도 식품에 철분강화가 거의 되지 않고 있으며 국민영양조사보고²⁾에 의하면 전국 1인 1일 철분평균섭취량이 1970년에 11.2mg, 1981년에 15.8mg에서 1990년도 22.7mg으로 크게 증가하여 평균적으로는 권장량의 173.3%에 달하였으나 임산부나 수유부를 비롯한 여성들을 대상으로 한 철분영양상태조사에 의하면 경제적 발전과 함께 철분의 섭취량 증가로 빈혈빈도가 감소하고는 있으나 아직도 꽤 높은 편이다. 1970년 국민영양조사³⁾에서 전국적으로 조사한 빈혈빈도는 Hb 12g/dl 기준시 10.7%이었고, 1981년 채범석 등⁴⁾이 생후 6개월부터 성인에 이르기까지 전국적으로 조사하였는데 Hb 12g/dl 기준시 전체조사대상자의 21.4%와 성인여자의 25.4%, Hct 36% 기준시 전체대상자의 28.4%와 성인여자의 15.9%가 빈혈이었다. 정해량 등⁵⁾이 1991년에 서울지역의 여대생을 대상으로 조사한 결과 Hb 기준시 5.3%, Hct 기준시 10.5%, ferritin 12ng/ml 기준시 36.8%가 빈혈이었고, 남혜선과 이선영⁶⁾이 1992년에 충남지역 여대생을 대상으로 조사했을 때 Hb 기준시 19.4%, Hct 기준시 5%, MCHC 30% 기준시 19%가 빈혈이었다. 또한 1993년 장남수 등⁷⁾은 천안지역의 조사대상 성인여자의 8%, 임산부의 17%와 수유부의 19%가 혈청철농도가 60ug/dl 이하의 빈혈이었다고 보고하였다.

철분부족은 크게 섭취량의 부족과 흡수율 저하나 배설량의 증가로 인한 체내이용도의 저하 때문으로 볼 수 있다. 철분의 흡수 및 체내이용도는 식품 중에 있는 철분의 양과 그 존재형태, 다른 식이성 인자들, 인체내 철분영양상태, 생리상태 등에 따라 달라지는 것으로 알려져 있다. 동물성식품의 철분흡수율은 15~20%이나 식물성식품의 철분흡수율은 5% 이하로 보고되고 있다⁸⁾. 이러한 차이는 동물성식품에 많은 헴철의 흡수율이 식물성식품에 많은 비헴철의 흡수율보다 높기 때문이다. 육류, 생선, 가공류, 간 등의 철함량의 약 40%는 헴철이고 나머지 60%와 곡류, 채소류, 난류, 우유 등의 철분은 비헴철의 형태이다⁹⁾¹⁰⁾. 헴철은 porphyrin complex의 형태로 직접 소장 상부에서 흡수되며 비헴철보다 흡수율이 좋고 다른 식이성 인자들의 영향도 적게 받는 반면 비헴철은 흡수율도 낮고 식이내 탄닌, 섬유소, 카페인, citrate, phytate, ascorbic acid 등의 함량에 영향을 받는다. Layriss 등¹¹⁾은 동일한 양의 철분을 옥수수주를 주로 하는 식이와 섭취했을 때보다 송아지고기와 함께 섭취하였을 때 철분의 흡수율이 10배나 컸으며, 옥수수나 콩을 생선이나 송아지고기와 함께 먹었을 때 철분의 흡수율이 3배 정도 증가하였다고 하였다¹²⁾.

동물성단백질의 섭취량이 철분의 흡수율에 영향을 미치기 때문에 세계보건기구(WHO)에서는 성인여성의 경우 동물성단백질로부터 얻는 열량이 총섭취열량의 10% 이하일 때에는 철분의 권장량을 28mg/일, 25% 이상일 때에는 14mg/일로 정하고 있다¹²⁾. 이를 기준으로 하여 볼 때 우리나라의 경우 1990년도 전국 1인 1일 평균 단백질섭취량은 78.9g이고 그 중 동물성단백질이 39.8%인 31.4g으로 동물성단백질로부터 섭취하는 열량은 평균열량섭취량의 약 6.7%이므로 현재의 철분 권장량인 18mg/일은 부족하지 않나 우려되는 바이다. 따라서 철분의 섭취량 증가와 아울러 흡수율과 이용도의 향상을 위한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 그러나 한국인을 대상으로 일상의 혼합식을 이용한 대사실험보고는 찾아보기가 힘들었다. 이에 성인여성을 대상으로 철분함량은 동일하게 하면서 동물성 위주의 식이와 식물성 위주의 식이를 섭취케

하면서 평형실험을 통하여 급원에 따른 철분의 흡수율 및 체내이용도의 차이를 알아보고자 한다.

실험내용 및 방법

1. 실험대상 및 식이

서울대학교 재학생 중 20세 이상의 건강한 여학생 지원자에 대하여 혈액검사를 실시하여 혈청 철농도 60~150ug/dl, TIBC 280~390ug/dl, transferrin 포화도 20~55%인 사람 10명을 실험대상자로 선정하였다. 대상자들의 평균연령은 22세, 평균신장은 157.2cm, 평균체중은 51.8Kg이었다. 실험기간은 제 1 단계 적응기간, 제 2 단계 중단백식이기간,

제 3 단계 고단백식이기간으로 각 6일씩 연속적으로 18일간 진행되었다. 적응기간에는 권장량에 맞춘 표준식이가 전원에게 동일하게 제공되었고, 2 단계부터 동물성식이군과 식물성식이군의 두 군으로 나누어 각기 다른 실험식이 제공되었다(Fig. 1). 중단백식의 단백질은 권장량과 같이 60g/일로 하였고, 고단백식은 권장량의 150%인 90g/일로 하였다. 식물성식이군은 콩과 두부의 섭취량을 크게하여 식물성단백질이 중단백질의 80%가 되도록 하였으며, 동물성식이군은 쇠고기와 생선의 섭취량을 크게하여 동물성단백질이 중단백질의 75%가 되는 식이를 섭취하였다. 전 기간에 걸쳐 철분은 물론 이들 대사에 영향을 미칠 수 있는 칼슘의

Period	I Adaptation						II Moderate protein						III High protein							
Diet	Standard diet						Animal protein or plant protein						Animal protein or plant protein							
Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Blood sampling	■						■						■							■
Feces sampling					■	■					■	■						■	■	
Urine sampling					■	■					■	■						■	■	

Fig. 1. Experimental design.

Table 1. Nutrient contents of diets

	Adaptation	Moderate protein		High protein	
		Animal(MPA)	Plant(MPP)	Animal(HPA)	Plant(HPP)
Energy(Kcal)	1943	1934	1958	1937	1967
Protein(g) #	64.7	60.7	60.6	87.8	92.5
animal protein(%)	47.0	73.8	21.3	75.6	20.9
Iron(mg) #	18.4	17.4	16.7	16.1	16.9
heme iron ¹⁾ (mg)	0.97	2.47	0.53	3.28	0.74
nonheme iron ²⁾ (mg)	17.50	15.29	19.14	16.05	19.18
Calcium(mg)	607	605	614	601	622
Ascorbic acid(mg)	93	98	62	75	75
Fiber(g)	6.5	5.7	8.1	4.9	7.9

#Values are contents by analysis. The others are calculated values by Food composition table¹⁵⁾

1) (Iron in MFP(meat, fish & poultry))×0.4¹⁰⁾

2) (Iron in MFP)×0.6+(iron in the other foods)¹⁰⁾

단백질 급원과 인체내 철분대사

합량도 권장량에 가깝게 맞추었고 비타민 C는 권장량 이상이 되도록 하였다. 실험식이별 각 영양소의 구성과 식품구성은 Table 1, 2와 같다. 실험 기간동안 대상자들은 자유롭게 활동하도록 하였고 다만 정해진 시각에 실험실에서 주어진 식이를 모두 섭취하였으며 식수는 이온제거수를 지급하였고 무제한 섭취케 하였다. 식기나 조리기구는 가능한 1회용 플라스틱 제품을 사용하였고 모든 기구는 사용전후에 3회씩 이온제거수로 행구어 사용하였고 조리수도 이온제거수만을 사용하였다.

2. 시료수집

실험식이, 대변, 소변, 혈액을 Fig. 1과 같이 수집하였다. 각 실험식은 하루분을 모두 합하여 blender에서 충분히 갈아 그 일부를 취하여 폴리에틸렌 주머니에 넣어 냉동보관하였다. 대변과 소변은 각 기간의 마지막 2일분을 수집하여 잘 혼합한 후 일부를 냉동보관하였다. 대변수집을 위하여 Brilliant Blue G를 섭취하여(30mg/회) marker로 사용

하였고, 소변은 24시간뇨를 수집하여 부피, 비중, PH를 측정한 다음 100ml만 취하여 c-HCl 0.5ml이 든 폴리에틸렌병에 넣어 냉동보관하였다. 혈액은 아침식사전에 채혈하였고 혈청을 얻어 냉동보관하였다.

3. 식이와 혈청 단백질 분석

식이의 단백질양 분석을 위하여 냉동보관한 시료를 80°C 오븐에서 건조시킨 후 분쇄, 혼합하여 micro-kjeldahl 법¹⁴⁾으로 질소 함량을 구하였고, 혈청중의 total protein, albumin 농도는 Biuret 방법¹⁵⁾으로 측정하였다.

4. 시료의 철분 분석

1) 식이와 대변시료

건식회화법에 의하여 560°C의 전기로에서 회화시킨 후 Osborne등¹⁶⁾의 방법대로 6N HCl 2ml로 용해시켜서 가열 건조시킨 다음 3N HCl 3ml을 넣어 끓기 직전까지 가열한 후 용액을 거름종이

Table 2. Food composition of diets(g/day)

	Adaptation	MPA	MPP	HPA	HPP
MFP ¹⁾	72	141	47	235	83
Beef	40	95	20	130	20
Ham	10	15	—	45	40
Fish	22	31	27	60	23
Legume & soybean curd	50	—	138	—	208
Rice	160	100	150	120	140
Bread	55	43	55	53	78
Potato	75	65	40	15	25
Egg	60	60	5	70	10
Milk & milk product	200	320	200	248	83
Soy milk(Vegemil)	—	—	—	—	200
Vegetable	260	195	258	193	240
Fruit & juice	165	263	165	165	100
Butter & oil	26	36	33	33	3.8
Sweets & honey	30	48	31	60	4
Cookies	15	—	30	15	25
Instant coffee	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Curry powder	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5

1) meat, fish and poultry

(Whatman paper No.42)로 여과시켜 50ml 플라스크에 받았다. 3N HCl 2ml로 반복가열하여 여과된 용액을 더 받은 후 이온제거수로 50ml까지 희석시킨 시료를 atomic absorption spectrophotometer (NIPPON, Ash-Jarrel Model)를 이용하여 248.3nm에서 흡광도를 측정하였다.

2) 소변시료

2,000rpm에서 25분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 역시 atomic absorption spectrophotometer로 철분의 농도를 측정하였다.

3) 혈청철분농도

혈청을 10배 희석시킨 후 Inductively Coupled Plasma Quantorecorder(Shimadzu, ICPQ 1000)로 측정하였다.

철분의 분석에 사용된 모든 실험기구는 무기질의 오염방지를 위해 세척 후 0.5 N 질산용액에 24시간 이상 담근 후 이온제거수로 3회 헹구어 건조시켜서 사용하였다.

5. 혈청의 철분결합능과 transferrin 포화도

냉동하였던 혈청을 녹인 후 산성 pH에서 ferrous iron이 ferrozine과 반응하여 발색물질인 형성하는 성질을 이용하여 혈청의 불포화철분결합능력(unsaturated iron binding capacity, UIBC)을 분석하였고 혈청철농도와 UIBC로부터 총철분결합능력(total iron binding capacity, TIBC)과 transferrin 포화도를

산출하였다¹⁷⁾.

6. 통계처리

모든 결과는 각 실험군의 평균과 표준편차 또는 표준오차로 나타내었고, SAS program¹⁸⁾의 student t-test, pearson correlation를 이용하여 식이군간의 차이나 상관관계를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 철분의 평형상태 및 체내이용도

동일한 수준의 철분을 일상의 혼합식으로 섭취하였을 때 동물성과 식물성 단백질의 급원과 섭취량에 따른 철분의 체내이용도는 Table 3과 같다. 체내이용량은 섭취량에서 대변과 소변으로의 배설량을 뺀 값으로 계산하였으며 땀이나 피부를 통한 손실량은 고려하지 않았다. 실험결과 섭취한 철분은 대부분 대변을 통하여 배설되어 흡수율(apparent absorption)과 체내이용도(bioavailability)는 거의 비슷하였다.

철분평형상태는 중단백기간 중 식물성식이군과 동물성식이군에서 각각 1명씩이 (-)를 나타내었고, 다른 대상자들은 전기간 동안 (+) 상태를 유지하였다. 그러나 고단백식물성식이군에서도 1명이 거의 0상태를 보여 생리로 인한 손실량 1mg/일¹⁹⁾을 고려한다면 (-)상태가 되므로 철분의 권장량을 증가시킬 필요를 생각하게 하며 이 문제는 보다

Table 3. Excretion and bioavailability of iron

	Iron intake	Fecal loss	Urine loss	Apparent absorption	Bioavailability
MPA (mg/d)	17.40	13.16± 1.95 ¹⁾	0.05±0.01	4.27± 1.95	4.20± 1.95
(%)	(100.0)	(75.5 ± 11.2)	(0.3 ± 0.1)	(24.5 ± 11.2)	(24.2 ± 11.1)
MPP (mg/d)	16.70	14.10± 1.11	0.04±0.00	2.5 ± 1.1	2.46± 1.11
(%)	(100.0)	(84.8 ± 6.6)	(0.3 ± 0.0)	(15.0 ± 5.5)	(14.8 ± 6.6)
HPA (mg/d)	16.10	9.48± 1.61 ^{**}	0.08±0.04	5.55± 1.61*	6.46± 1.61*
(%)	(100.0)	(58.9 ± 10.0*)	(0.5 ± 0.3)	(40.7 ± 9.9*)	(40.2 ± 9.9*)
HPP (mg/d)	16.90	14.40± 0.89	0.05±0.00	2.44± 0.89	2.39± 0.89
(%)	(100.0)	(85.2 ± 5.3)	(0.3 ± 0.0)	(14.4 ± 5.3)	(14.2 ± 5.2)

1) Mean± standard error

*significantly different from HPP by t-test at p<0.10.

**significantly different from HPP by t-test at p<0.05.

깊은 연구를 통하여 검토되어야 하겠다.

대변으로의 철분배설량은 중단백(60g/일)과 고단백(90g/일)의 단백질섭취량에 의한 차이는 없었고, 다만 고단백식이에서 동물성식이군이 식물성식이군보다 유의하게 적었으며($p < 0.05$) 그로 인하여 흡수율과 체내이용도가 크게 나타났다($p < 0.10$). 철분의 체내이용도는 중단백식이에서는 동물성식이군과 식물성식이군이 각각 24.2%, 14.8%로 동물성식이군이 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었고, 고단백식이에서는 동물성식이군과 식물성식이군이 각각 40.2%와 14.2%로 유의하게 동물성식이군이 높았다($p < 0.10$). 최근에는 육류 단백질의 대치식품으로 대두식품의 이용이 증가함에 따라 대두단백질과 철분흡수에 관한 많은 실험이 행하여지고 있다. Derman 등²⁰⁾의 연구에 의하면 비타민 C의 유무에 관계없이 대두식품에서의 철분 흡수율이 낮았으며 그 원인은 헴철의 양이 감소하고 비헴철의 흡수율도 감소하였기 때문이라 하였다. 그러나 쇠고기량의 30%만을 대두로 대체시켰을 때에는 비헴철의 흡수는 60% 정도 감소하나 헴철의 흡수율은 오히려 27% 증가하였다는 보고도 있었고²¹⁾, 햄버거에서 육류의 일부를 대두로 대체시켰을 때 헴철의 양이 저하하고 비헴철의 흡수율이 감소하기는 하나 대두에 함유된 비헴철의 양이 많아 흡수된 총 철분의 양은 별로 감소하지 않았다는 보고도 있었다²²⁾.

철분은 개인의 생리상태와 식사구성에 따라 흡수율 및 체내이용도가 달라지나 일반적으로 매우 낮다. 헴철의 흡수율은 15~35%, 비헴철은 2~20%이고²³⁾ 보통의 식이는 철분흡수율을 10%, 많은 양의 육류, 생선 가금류, ascorbic acid가 포함된 고단백식이라 하더라도 철분부족상태가 아닌 경우에는 흡수율을 15% 정도로 보고 있다¹⁾. 따라서 본 실험에서의 흡수율은 매우 높게 나타났는데 이는 Monsen과 Hallberg²³⁾가 식이내용과 비헴철의 흡수율을 간단하게 추정할수 있도록 제시한 방법에 의하면 본 실험의 실험식이는 모두 비헴철의 흡수율이 16%인 고급식이(high availability meal: MFP 90g 이상이거나 비타민 C 75mg 또는 MFP 30~90g과 비타민 C 25~75mg)에 속하였고, 섬유

소의 함량이 적었기 때문이며 또 일부 대상자들의 철분저장량이 충분치 않았을 가능성도 있다고 생각된다. 식이 중 헴철의 함량과 철분 흡수량 사이에는 높은 상관관계($r=0.95$)를 보여 철분의 흡수율은 거의 헴철의 섭취량에 달려있음을 알 수 있었다. 일반적으로 육류는 흡수율이 좋은 헴철을 다량 함유하기도 하며 비헴철의 흡수도 증진시키는 효과가 있는데 이는 육류단백질에 많은 cysteine이나 cysteine-containing peptides와 관계가 있으며, 채소나 두류에 많은 polyphenol, phytates, fiber 등은 철분의 흡수율을 저하시키는 것으로 알려져 있고, 가장 강력한 철분흡수촉진제는 ascorbic acid이고 가장 강력한 저해제는 차에 많은 tannin이다¹⁾. 여러 연구에서 식이 중 육류단백질의 함량이 증가할수록 철분의 흡수율이 증가하는 것을 볼 수 있었는데 Layriss 등²⁴⁾은 육류단백질을 50g 또는 100g 첨가시켰을 때 옥수수에 들어있는 철분의 흡수율이 각각 1.5배, 2배로 증가하였으며 옥수수나 콩을 생선이나 쇠고기와 함께 먹었을 때 철분의 흡수율이 3배로 증가하였다고 하였으나¹¹⁾, 본 실험에서는 동물성식이군의 경우 중단백에서 고단백으로 총단백질을 30g, 육류단백질을 21g 정도 증가시켰음에도 불구하고 철분의 체내이용도는 24.2%에서 40.2%로 상승하는 경향은 보였으나 유의적이지는 않았다. 이는 단백질의 증가량이 작았거나 실험식이를 단일식품이 아닌 일상의 혼합식이로 하여 복합적인 요인이 작용했기 때문으로 생각된다. Mahalko 등²⁵⁾도 60g/일과 90g/일의 단백질 수준으로 일상적인 혼합식이를 성인남자들에게 주었을 때 철분의 체내보유량에는 차이가 없었다고 하였다. 한편 식물성식이군의 경우 중단백과 고단백식이에서 철분 이용도가 14.8%에서 14.2%로 거의 변화가 없어 식물성단백질의 섭취증가는 철분흡수에 아무런 도움이 되지 않음을 알 수 있었다.

2. 체내 철분영양상태

체내의 철분영양상태를 평가하는 방법으로는 hemoglobin 농도, hematocrit, 혈청 ferritin 농도, 혈청철농도, 혈청 transferrin 농도, 혈청철결합능, free erythrocyte protoporphyrin(FEP) 농도, 평균적혈구

용적, 혈청 transferrin receptor 농도 등의 측정이 많이 이용되고 있다. 이 중에서 가장 널리 쓰이고 있는 hemoglobin 농도와 hematocrit는 측정하기가 간편하나 장기간의 철분부족시에만 수치가 떨어지고 sensitivity와 specificity가 매우 낮다고 하여⁵⁾²⁶⁾ 본 실험에서는 혈청철농도, 혈청철결합능(TIBC, total iron binding capacity)과 transferrin 포화도(transferrin saturation)를 측정하였고 그 결과는 Table 4와 같다.

실험 시작전에 측정한 대상자들의 혈청철농도는 평균 101.4ug/dl로 성인여성을 대상으로 남기선²⁸⁾이 보고한 107.7ug/dl과 채범석 등⁴⁾이 보고한 108.5ug/dl와는 비슷한 수준이었고, 남혜선과 이선영⁶⁾이 여대생을 대상으로 보고한 91.0ug/dl, 성인여성에게 대해 서영환 등²⁹⁾이 조사 보고한 93.1ug/dl과 임현숙³⁰⁾ 등이 보고한 91.9ug/dl보다는 약간 높은 수치였다. 실험 전의 TIBC 평균치는 316.8ug/dl로서 남혜선과 이선영⁶⁾이 보고한 351.0ug/dl보다 낮았으며, 남기선²⁸⁾의 311.0ug/dl과 비슷하였고 임현숙³⁰⁾의 297.5ug/dl와 채범석 등⁴⁾의 291.2ug/dl보다는 높은 수치였다. 또 transferrin 포화도는 32.2%로 남혜선과 이선영⁶⁾이 보고한 26.2%보다 높았고 김애정³¹⁾이 보고한 31.2%와 비슷하였고 남기선²⁸⁾의 36.8%보다는 낮았다. 일반적으로 단순 철부족시 혈청철농도는 감소하고 TIBC는 증가하며, 만성적인 철결핍의 경우 transferrin이 증가하므로 혈청철농도와 TIBC의 비율인 transferrin 포화도를 측정하여 종합적으로 살펴보아야 한다.

본 실험 결과 혈청철농도와 TIBC, transferrin 포화도는 단백질 급원에 따른 차이는 없었고, 동물성식이군에서 단백질섭취량 증가에 따라 혈청철농도는 유의하게 상승하였으나 TIBC는 변화가 없어 transferrin 포화도가 상승하는 결과를 보였다(Table 4). 동물성식이군은 중단백식이에서 고단백식이로 30g의 단백질 증가시 혈청철농도가 106.0ug/dl에서 129.1ug/dl로, transferrin 포화도가 30.6ug/dl에서 37.1ug/dl로 각각 유의하게 증가하였고(p<0.05), 식물성식이군도 평균적으로는 비슷하게 상승하였으나 유의적이지는 않았다. 이는 고단백식이 섭취시 동물성식이군의 철분 흡수율과 이용도가 식물성식이군보다 컸었고(Table 3), 혈청철농도와 철분흡수율과의 높은 상관관계(r=0.64)에서 설명될 수 있다. 그러므로 같은 양의 철분 섭취시 식물성 단백질보다는 육류와 생선의 섭취를 증가시키는 것이 철분의 흡수율 및 체내이용도를 상승시킴으로써 철분영양상태를 향상시킴을 입증하였다.

실험식이의 변화에 따른 혈청 총단백질과 albumin농도의 유의한 차이는 없었다.

요약 및 결론

동·식물성 급원에 따른 철분평형 및 이용도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 표준 성인여자에 속하는 대학과 대학원생 10명을 대상으로 18일간의 대사실험을 실시하였다. 동물성식이군과 식물성식이군으로 각각 5명씩 나누어 철분함량은 권장량인

Table 4. Iron status parameters

	Serum Fe(ug/dl)	TIBC(ug/dl) ¹⁾	TS(%) ²⁾
Normal range ²⁷⁾	60-150	280-390	20-55
Before animal	112.3±14.4	330.4±17.3	34.2±4.1
plant	91.4±10.5	303.2±13.6	30.1±3.2
	101.4±9.2	316.8±12.5	32.2±2.5
MPA	106.0±5.1	346.8±12.3 ⁺⁺	30.6±1.5
MPP	100.9±15.5	294.9±10.2	33.9±4.4
HPA	129.1±6.7 ^{**}	347.2±9.5	37.1±1.3 ^{**}
HPP	135.7±17.5	326.6±21.5	41.2±3.6

Values are Mean±SE

1) Total binding capacity

2) Transferrin saturation

**significantly different from MPA by t-test at p<0.05

++significantly different from MPP by t-test at p<0.05

18mg/일로 하면서 중단백식이(60g/일)와 고단백식이(90g/일)를 6일간씩 섭취시키면서 철분평형상태를 측정한 결과는 다음과 같다.

섭취한 철분의 대부분이 대변으로 배설되며 그 배설량은 중단백식이에서는 차이가 없었고, 고단백식이에서 동물성식이군이 $9.48 \pm 1.61\text{mg/day}$, 식물성식이군이 $14.40 \pm 0.89\text{mg/일}$ 로 동물성식이군이 유의하게 적어($p < 0.05$) 철분흡수율도 동물성식이군이 $40.7 \pm 9.9\%$, 식물성식이군이 $14.4 \pm 5.3\%$ 로 동물성식이군이 유의하게 컸다($p < 0.10$). 또한 철분의 흡수율은 식이내 헴철의 함량과 높은 상관관계를 보여($r = 0.95$) 동물성식이군의 철분흡수율이 식물성식이군보다 큰 것은 육류, 생선, 가공류에 헴철이 많기 때문으로 풀이된다. 철분평형상태는 고단단백식이에서만 동물성식이군이 $6.46 \pm 1.6\text{mg/일}$, 식물성식이군이 $2.4 \pm 0.9\text{mg/일}$ 로 철분의 체내이용도 역시 동물성식이군이 유의하게 높았고($p < 0.10$), 중단백식이기간 동안 식물성식이군과 동물성식이군에서 각각 1명씩이 (-)의 철분평형상태를 나타내어 철분 권장량의 적정여부가 검토될 필요가 있다고 본다.

체내 철분영양상태는 동물성식이군에서만 중단백식이에서 고단단백식으로 전환함에 따라 혈청철농도가 $106.0 \pm 5.1\text{ug/dl}$ 에서 $129.1 \pm 6.7\text{ug/dl}$ 로, transferrin 포화도가 $30.6 \pm 1.5\%$ 에서 $37.1 \pm 1.3\%$ 로 유의하게 증가하였고($p < 0.05$) 혈청철농도는 철분의 흡수율과 높은 상관관계($r = 0.64$)를 보였다.

이들 결과로부터 동일한 양의 철분섭취시 육류와 생선의 섭취량을 증가시키는 것이 철분의 흡수율을 증가시켜 철분영양상태를 향상시킬 것으로 기대된다.

Literature cited

- 1) Baynes RD, Bothwell TH. Iron deficiency. *Annu Rev Nutr* 10 : 133-148, 1990
- 2) 보건사회부. 1990년도 국민영양조사보고서. 국민영양 93(4) : 9-15, 1993
- 3) 보건사회부. 국민영양조사보고서 1969-1978
- 4) 채범석 · 강은주 · 이해숙 · 한정호. 한국인의 빈혈

빈도에 관한 연구. *한국영양학회지* 14(4) : 182-189, 1981

- 5) 정해량 · 문현경 · 송범호 · 김미경. 빈혈 판정지표로서의 헤모글로빈, 헤마토크릿 및 혈청페리틴. *한국영양학회지* 24(5) : 450-457, 1991
- 6) 남혜선 · 이선영. 충남대 여대생의 철분섭취량과 영양상태에 관한 연구. *한국영양학회지* 25(5) : 404-412, 1992
- 7) 장남수 · 강명화 · 백희영 · 김익환 · 조용욱 · 박상철 · 신영우. 임산부, 수유부의 혈청엽산과 철 수준에 관한 연구. *한국영양학회지* 26(1) : 67-75, 1993
- 8) Martinez-Torres C, Layriss M. Nutritional factors in iron deficiency-food iron absorption. *Clin Haematol* 2 : 339, 1973
- 9) Herbert V. Recommended dietary intakes(RDI) of iron in humans. *Am J Clin Nutr* 45 : 679-686, 1987
- 10) Cook JD, Monsen ER. Food iron absorption in human subjects. III. Comparison of the effect of animal proteins on nonheme iron absorption. *Am J Clin Nutr* 29 : 859-867, 1976
- 11) Layriss M, Martinez-torres C, Cook JD, Walker R, Finch CA. Iron fortification of food : its measurement by the extrinsic tag method. *Blood* 41 : 333, 1973
- 12) Layriss M, Martinez-Torres C, Roche M. Effect of interaction of various foods on iron absorption. *Am J Clin Nutr* 21 : 1175, 1968
- 13) 농촌진흥청, 농촌영양개선연수원. 식품분석표. 제 2 개정판, 1981
- 14) Bauer JD, Ackerman PG, Toro G. Clinical laboratory method. 9th ed. Mosby Co, p483, 1982
- 15) Bauer JD, Ackerman PG, Toro G. Clinical laboratory method. 9th ed. Mosby Co, p485, 1982
- 16) Osborne DR, Voogy P. The analysis of nutrients in food. pp165-171, Academic press, 1978
- 17) Anonymous. Sigma Tech. Bulletin No. 565(3-77)
- 18) 이경의. SAS 응용기법-자료처리 및 통계분석. 대은출판사, 1988
- 19) 한국인구보건연구원. 한국인의 영양권장량. 제 5 차 개정, 고문사, 1989
- 20) Derman DP, Ballot D, Bothwell TH, Macfarlane BJ, Baynes RD, Macphail AP, Gillooly M, Bothwell JE, Bezwoda WR. Factors influencing the absorp-

- tion of iron from soya-bean protein products. *Br J Nutr* 57 : 345-353, 1987
- 21) Lynch SR, Dassenko SA, Morck TA, Beard JL, Cook JD. Soy protein products and heme iron absorption in human. *Am J Clin Nutr* 41 : 13-20, 1985
- 22) Hallberg L, Rossander L. Effect of soy protein on nonheme iron absorption in man. *Am J Clin Nutr* 36 : 514-520, 1982
- 23) Monsen ER, Hallberg L. Estimation of available dietary iron. *Am J Clin Nutr* 31 : 134-141, 1978
- 24) Layriss M, Martinez-torres C, Leets I, Taylor P, Ramirez J. Effect of histidine, cysteine, glutathione or beef on iron absorption in humans. *J Nutr* 114 : 217-223, 1984
- 25) Mahalko JR, Sandstead HH, Johnson LL, Milne DB. Effect of moderate increase in dietary protein on the retention and excretion of Ca, Cu, Fe, Mg, P and Zn by adult males. *Am J Clin Nutr* 37 : 8-14, 1983
- 26) 계승희 · 백희영. 우리나라 젊은여성의 철분영양상태와 이에 영향을 미치는 식이요인 분석(1) : 혈액의 철분영양상태지표의 비교및 분석. *한국영양학회지* 26(2) : 692-702, 1993
- 27) 이삼열 · 정운섭. 임상병리검사법, p259, 연세대학교 출판부, 1984
- 28) 남기선. 식이단백질 및 칼슘섭취수준이 체내철분 평형에 미치는 영향. 서울대학교 석사학위논문, 1987
- 29) 서영환 · 문철웅 · 채종구 · 이민형 · 홍순표 · 조건국. 철 결핍성 빈혈과 각종전신 질환에 수반된 빈혈에서 혈청 ferritin 치의 비교연구. *대한의학협회지* 27 : 631-639, 1984
- 30) 임현숙 · 황금희. 일부농촌지역 부인의 영양상태 및 혈액성상에 관한 연구. *한국영양학회지* 15 : 171-180, 1982
- 31) 김애정. 일부지역 농촌부인의 Fe, Cu, Zn 섭취수준 및 혈액성상에 관한 연구. 숙명여자대학교 석사학위논문, 1987