

카페인 섭취수준이 성별이 다른 흰쥐의 철분대사에 미치는 영향에 대한 연구

박 수 진·승 정 자

숙명여자대학교 식품영양학과

Effects of Caffeine Intake Levels on Iron Metabolism in Male and Female Rats

Park, Soo Jin · Sung, Chung Ja

Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea

ABSTRACT

To study the effect of caffeine intake levels on iron metabolism, the iron utilization, iron contents of serum, liver, spleen, kidney, hemoglobin and hematocrit were compared in rats of different sex fed various levels of caffeine (3.5 and 7.0 mg/100g body weight) for three weeks. There were no significant caffeine induced differences in feed intake, body weight gain but feed intake of male rats were significantly lower than that of female rats. Hemoglobin, hematocrit and iron contents of the serum were not significantly different between caffeine free and caffeine groups or male and female rats. Iron contents of kidney were decreased by elevation of injected caffeine levels rather than those of liver and spleen. Caffeine male groups showed more increased urine volume, urinary and fecal excretions of iron than caffeine free or caffeine female groups. Apparent digestibility and retention of iron were significantly decreased by increment of injected caffeine levels. Male rats were more susceptible to injected caffeine on iron excretion than female rats. Current findings suggest that excessive caffeine consumption can affect iron excretion via urine and feces thereby decrease the utilization of iron, and have more significant effect on male than female rats. (Korean J Nutrition 29(7) : 713~720, 1996)

KEY WORDS : caffeine · sex · Hb · Hct · iron balance.

서 론

최근 식생활이 서구화되고 식품의 선택기준이 기호적 특성에 큰 비중을 두게 되면서 커피, 차, 콜라와 같은 기호음료의 소비가 점차 증가하고 있다. 서울 주거민의 음료섭취조사에 따르면 성인은 1일 평균 한잔의 커피섭취로 50~150mg정도의 카페인을 섭취한다고 한다¹⁾. 그런데 카페인은 커피 이외에도 쵈콜렛, 코코아, 감기약, 마취제, 이뇨제, 진정제등에도 존재한다. 카페인은 물에 잘 녹으며, 생체막 투과율이 높아서 빠르게 흡수되고 뇌,

생식기관, 태아조직으로 쉽게 이행되는데, 예로 커피 한 잔을 마시면 15~45분 이내에 카페인성분의 99%가 흡수되어 혈액내에 카페인농도가 최고치에 달하고, 반감기는 개인의 연령, 약의 복용여부, 생리적인 반응에 따라 차이는 있으나 평균 3시간이라고 한다²⁾.

카페인의 여러 생리적, 약리적 영향에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔는데, 특히 카페인이 뇨량을 증가시키고 위액분비를 촉진시키는 작용은 카페인과 무기질대사의 연관성에 관심을 갖게 한다. Yeh 등³⁾은 흰쥐를 대상으로 매일 체중 100g당 10mg의 카페인을 2주간 공급시켜 무기질대사를 살펴보았을 때, 칼슘, 인, 마그네슘, 칼륨 및 나트륨의 뇨중 배설량이 비카페인군보다 유의하게

높았다고 보고하였고, 임⁴⁾도 18에서 24세의 건강한 여대생 10명을 대상으로 일주일 간격으로 2회에 걸쳐 체중 kg당 3mg의 카페인을 공급했을 때 뇨중 칼슘, 인, 나트륨, 칼륨의 배설량은 카페인섭취 1시간 후에, 철분은 2시간 후에 가장 높았다고 하였다. 카페인이 철분대사에 미치는 영향에 대하여 Mork 등⁵⁾은 성인 남자를 대상으로 식사(hamburger meal)와 함께 물과 커피를 각각 섭취시켰을 때 커피섭취시에 철분흡수가 평균 39%감소 하였으며, 식사 전보다 식사 1시간후의 커피섭취는 철분의 흡수를 현저히 감소시킨다고 하였다.

한편, 카페인의 체내대사는 성별에 따라 다르게 나타나는데, Dithel 등⁶⁾은 운동선수를 대상으로 카페인의 체내제거율을 조사한 결과 여성이 남성보다 카페인 제거율이 높다고 보고하였고, Lane 등⁷⁾은 여성의 경우 월경시 작전인 황체기(luteal phase)에 카페인 제거율이 느려지고 이때 카페인섭취가 반복되면 카페인이 축적될수 있다고 하였으나 그 차이는 임상적으로 유의하지 않다고 하였다. Woodhead 등⁸⁾은 여성이 남성보다 철분의 흡수율이 더욱 높다고 보고하였고, Berge 등⁹⁾은 폐경기이전의 여성은 남성보다 관상동맥성심장질환의 이환율이 낮은 반면에, 폐경기이후에는 저장철분이 급증하여 관상동맥성심장질환의 이환율이 높아진다고 하여 철분대사가 성별에 따라 다른 결과를 나타낸다고 하였다.

1993년 국민영양조사보고¹⁰⁾에 의하면 우리나라 성인의 하루평균 철분섭취량은 권장량의 176.1%에 이르고 있으나, 총 철분섭취량의 81.4%가 식물성식품, 18.6%가 동물성식품에서 오기때문에 섭취하고 있는 철분 대부분이 흡수율이 낮은 비헴칠이고, WHO의 철분권장량과 비교할 때 성인남자의 51.6%, 성인여자의 29%가 적정수준이하의 철분을 섭취하고 있다고 하여 아직도 철분결핍증빈혈이 문제로 되고있는 실정이다. 그런데 필수미량 무기질인 철분은 혈액의 구성성분이며 생체내 산화화원 작용에 관여하는 많은 효소의 성분으로 부족할 경우 식욕부진, 기억력 감퇴, 의욕상실 또는 면역능력의 약화를 초래한다¹¹⁾. 카페인의 소비가 급증하고 있는 현 시점에서 카페인과 다량무기질에 대한 연구는 일부 이루어지고 있지만 철분과 같은 미량무기질에 대한 연구는 매우 부족한 실정이며, 특히 성별에 따른 철분대사의 차이 및 철분흡수율이 낮은 우리나라의 식습관을 고려할 때, 카페인섭취수준이 체내철분대사에 미치는 영향과 성별에 따른 차이에 대한 연구가 필요하다고 사료된다. 따라서 본 연구에서는 성별이 다른 흰쥐를 대상으로 카페인을 두 가지 수준(caffeine 3.5mg/100g B.W, 7.0mg/100g B.W)으로 하여 혈청과 각 장기의 철분함량을 측정하고, 뇨와 변으로 배설된 철분함량으로부터 철분평형을 조사

하여 카페인이 철분대사에 미치는 영향과 성별차이를 살펴보았다.

실험 방법

1. 실험동물 및 사육조건

실험동물은 성숙한 생후 40주된 Sprague-Dawley계 흰쥐로 암수 각 30마리를 실험시작전 1주간 일정조건에서 고형사료로 적응시킨 후 성별과 카페인 섭취수준에 따라 임의배치법으로 각각 10마리씩 6군으로 나누어 3주간 사육하였다. 실험실의 조건은 온도 $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도 55~60%를 항상 유지하였고 사료와 물(2차증류수)은 자유급식하였다. 실험에 사용된 모든 기구들은 무기질 오염을 방지하기 위하여 깨끗이 씻은 후 플라스틱 제품은 0.4% EDTA(Ethylene Diamine Tetra Acetate)용액에, 유리제품은 질산원액에 24시간동안 담갔다가 2차증류수로 3번 이상 세척하고 전조기에서 습기를 제거한 다음 사용하였다.

2. 실험식이

실험식이는 AIN Standard¹²⁾를 참고하여 Table 1과 같이 배합하였고, 카페인(Junsei Chemical Co., Japan)은 체중 100g당 3.5mg, 7.0mg으로 계산한 양을 2차 증류수에 녹여 oral needle zone으로 매일 1회씩 같은 시각에 투여하였으며, 비카페인군도 동량의 2차증류수를 같은 방법으로 투여하였다. 체중100g당 3.5mg, 7.0mg의 카페인은 metabolic body weight(kg0.75)¹³⁾으로 계산했을때 체중 70kg의 성인남자가 476mg, 952mg의 카페인을 섭취하는 양에 해당한다.

3. 사료섭취 및 분석방법

사료섭취량은 매일 같은시각(오전11시)에 측정했으며 사료섭취량에 대한 오차를 최소화하기 위해 허실량도 측정하여 보정하였다. 체중은 매일 같은 시각(오후1시)에 측정하였고 사료섭취로 인한 일시적인 체중변화를 막기 위해 측정 2시간전에 사료통을 제거한 후 실시하였다.

뇨와 변은 실험종료전 3일간 대사장에서 채취하였으며, 뇨는 부폐방지를 위해 채취병에 toluene을 소량 넣어 섞고 총량 측정 후 원심분리하여 상동액을 냉동보관하였고, 변은 체모를 제거하고 총량을 측정한뒤 냉동보관하였다. 실험동물은 3주간의 사육후 15시간 절식시키고 Ketamine으로 마취하여 회생시켰다. 혈액은 복부대동맥에서 취하여 1시간 방치 후 3000rpm에서 20분간 원심분리하고 혈청을 얻어 냉동보관 후 분석하였다. 혈액채취 후 간장, 비장, 신장을 취하여 생리식염수로 표면의 혈액을 제거하고 지방을 제거한 다음 무게를 측정하

고 냉동보관하였다.

혈색소(Hb)는 Cyanmethemoglobin법¹⁴⁾으로, 적혈구용적비(Hct)는 Microhematocrit법¹⁵⁾으로, 철분, 구리 및 아연함량은 뇨, 변, 혈청, 간, 신장, 비장을 임의 습식분해법¹⁶⁾으로 분해한후 Atomic Absorption

Table 1. Formulation of experimental diets

Ingredient	Composition(g/kg)
Casein ¹⁾	200.0
DL-Methionine ²⁾	3.0
Corn starch ³⁾	150.0
Sucrose ⁴⁾	500.0
Cellulose ⁵⁾	50.0
Corn oil ^{6,7)}	50.0
Choline bitartrate ⁸⁾	2.0
Mineral mixture ⁹⁾	35.0
Vitamin mixture ¹⁰⁾	10.0

1) Casein : Junsei Chemical Co.

2) DL-Methionine : Hoong Sung Co.

3) Corn Starch : Junsei Chemical Co.

4) Sucrose : Sigma Chemical Co.

5) Cellulose : Sigma Chemical Co.

6) Corn oil : Doosan Co.

7) BHT as antioxidant was added 0.0125% /oil kg

8) Choline bitartrate : Junsei Chemical Co.

9) Mineral mixture(3.5%) : The Mixture provides per kg of diet : Calcium phosphate, dibasic : 17.5g, Sodium chloride : 2.59g ; Potassium citrate, monohydrate : 7.7g, Potassium sulfate : 1.82g ; Magnesium oxide : 0.84mg, Manganous carbonate : 0.21g ; Ferric citrate : 1,0465mg, Zinc carbonate : 56mg ; Cupric carbonate : 0.3mg, Potassium iodate : 0.35mg ; Sodium selenite : 0.01mg, Chromium potassium sulfate : 0.55mg

10) Vitamin mixture(0.1%) : The Mixture provides per kg of diet : Thiamin HCl : 6mg, Riboflavin : 6mg, Pyridoxine HCl : 7mg ; Nicotinic acid : 30mg, D-Calcium pantothenate : 16mg ; Folic acid : 2mg, D-Biotin : 0.2mg, Cyanocobalamin : 0.01mg ; Vitamin A : 4,000I.U.(1.2mg), DL- α -Tocopherol acetate : 50I.U.(50mg) ; Cholecalciferol(Vitamin D₃) : 0.025mg, Menaquinone : 0.05mg

Spectrophotometer(Hitachi Z6000, Japan)로 측정하였다. 체내 철분의 겉보기소화율과 보유율은 철분의 섭취량과 분석한 뇨와 변의 무기질 배설량으로부터 다음식에 의거하여 산출하였다.

철분의 겉보기소화율(%)

$$= \frac{\text{철분섭취량}(\mu\text{g}) - \text{변으로의 철분 배설량}(\mu\text{g})}{\text{철분 섭취량}(\mu\text{g})} \times 100$$

철분의 보유율(%)

$$= \frac{\text{철분 섭취량}(\mu\text{g}) - \text{뇨와 대변으로의 철분배설량}(\mu\text{g})}{\text{철분의 보유율}(\%)}$$

철분의 보유율(%)

$$= \frac{\text{철분 보유량}(\mu\text{g})}{\text{철분 섭취량}(\mu\text{g})} \times 100$$

4. 자료의 통계분석

실험결과는 실험군당 평균과 표준편차로 표기하였고, 성별과 카페인 수준에 따른 철분대사를 알아보기 위하여 SASprogram¹⁷⁾의 분산분석과 각군의 평균치 비교를 위해 Duncan's multiple range test를 이용하였으며, 이에대한 유의성 검정은 $p < 0.05$ 수준에서 행하였다.

결과 및 고찰

1. 사료섭취량, 체중증가율 및 사료효율

사료섭취량은 Table 2와 같이 카페인섭취수준이나 성별에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 비카페인군의 경우 숫쥐가 암쥐보다 사료섭취량이 유의하게 높았는데($p < 0.05$), 이는 숫쥐의 본래 체중이 암쥐보다 높기 때문인 것으로 사료된다. Bukowiecki 등¹⁸⁾은 암쥐에게 0.057%와 0.2%의 카페인용액을 9주간 자유롭게 공급시켰고, Munoz 등¹⁹⁾도 암쥐에게 1.5%의 커피용액을 21일간 자유급식했을때 사료섭취량이 유의적인

Table 2. Feed intake, body weight gain and feed efficiency ratio

Caffeine level (mg/100g B.W.)	Sex	Feed Intake (g/day)	Body Weight(g)		Body Weight Gain (g/day)	Feed Efficiency Ratio
			Start	End		
0	Male	22.15 ± 5.99 ^{1)b)}	336 ± 24.58	316 ± 47.12	-1.33 ± 2.11a	-0.08 ± 0.09ab
		18.80 ± 5.58ab	349 ± 18.52	310 ± 37.74	-2.56 ± 2.34ab	-0.19 ± 0.17b
		17.77 ± 2.58ab	334 ± 17.12	315 ± 33.33	-1.60 ± 1.97ab	-0.03 ± 0.12a
0	Female	16.10 ± 1.75a	296 ± 22.33	285 ± 31.53	-0.73 ± 0.98ab	-0.06 ± 0.06a
		17.94 ± 1.35ab	274 ± 10.65	246 ± 29.60	-1.89 ± 1.69b	-0.12 ± 0.09ab
		19.22 ± 5.14ab	264 ± 23.19	244 ± 15.05	-1.33 ± 1.13ab	-0.07 ± 0.05ab
ANOVA	Caffeine(A)	N.S ³⁾	N.S	N.S	N.S	N.S
	Sex(B)	N.S	p < 0.001	p < 0.001	N.S	p < 0.05
	TERMS	A × B	p < 0.05	p < 0.05	N.S	N.S

1) Mean ± Standard deviation.

2) Means with different superscript letters(a > b > c > d) within a column are significantly different from each other at $p < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test.

3) Not significant at $\alpha = 0.05$ as determined by two-way analysis of variance.

차이가 없었다고 하여 본 연구결과와 일치하였다. 그러나 고²⁰⁾는 숫쥐를 대상으로 체중 100g당 3.5mg과 7mg 카페인을 급여했을 때, 카페인섭취량이 높을수록 사료섭취량이 유의하게 낮았다고 하여 본 연구와 다른 결과를 나타내었다. 카페인이 체내에너지의 손실과 대사율의 증가를 유도하여 체중감소를 초래한다는 연구결과²¹⁾ 아래로, 카페인 특유의 쓴맛으로 인해 사료섭취량이 감소되고 그 결과 체중조절효과가 난다는 일부 보고²²⁾²³⁾와 그와 상반된 결과를 보인 연구보고들¹⁸⁾¹⁹⁾이 있어서 아직도 논란의 여지가 있으며, 카페인섭취가 사료섭취량에 미치는 성별간의 차이를 비교한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 카페인이 사료섭취에 미치는 영향 및 성별간의 차이에 관한 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

본 연구결과 카페인은 체중증가에 영향을 주지않은 것으로 나타났는데, 이는 숫쥐에게 매일 체중 100g당 2.5mg와 10mg의 카페인을 2주간 공급했을 때 체중증가가 대조군과 유의차가 없었다는 Yeh등³⁾의 보고와 일치하였다. 본 연구에서 카페인섭취수준이나 성별에 관계없이 모든군에서 체중의 감소가 나타났는데, 이는 실험동물이 매일 받은 needle feeding과 같은 stress요인이 작용했다고 사료된다. Acheson등²⁴⁾은 정상인에게 카페인을 투여했을 때 카페인이 체중을 감소시켰다고 보고하였는데, 이것은 카페인이 지방분해를 증가시켜 저장지방의 감소를 초래하고 에너지 소비를 증가시켜 체중증가를 억제하기 때문이라고 하였다. 이와같은 카페인의 체중증가 억제효과는 비만에 대한 관심이 고조되어 있는 현 시점에서 카페인의 소비를 증가시키는 한 요인으로 작용하고 있는 것으로 보인다.

사료효율은 고카페인군에서 대조군과 차이가 없었으나, 중등카페인섭취군은 대조군에 비해 사료효율이 낮았다($p < 0.05$). 서²⁵⁾는 과량의 커피첨가는 사료효율을 감

소시킨다고 보고하여 본 결과와 일치하지만, 숫쥐에게 사료 kg당 14g의 커피를 첨가했을때 사료효율에 차이가 없었다는 김²⁶⁾과 사료 kg당 100mg과 200mg의 카페인을 첨가했을때 대조군에 비해 유의한 차이가 없었다는 배²²⁾의 보고와는 같지 않았다. 그러나 성별에 따른 차이에 대한 보고는 거의 없는 실정이므로 이에 대해서는 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

2. 혈모글로빈함량, 혈마토크리트수준 및 혈청의 철분농도

혈액의 혈모글로빈함량과 혈마토크리트는 Table 3과 같이 카페인 섭취수준이나 성별에 따라 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그런데 혈마토크리트는 비카페인군에 비해 카페인섭취군이 감소하는 경향이었고, 중등카페인군이 고카페인군보다 혈마토크리트가 좀 더 낮았다. 혈청의 철분농도도 카페인섭취수준이나 성별에 따른 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 배²²⁾는 쥐를 대상으로 한 연구에서 카페인섭취에 따라 혈마토크리트가 유의적인 차이를 보이지 않았다고 하여 본 결과와 일치하였지만, 체중 100g당 3.5mg과 7.0mg의 카페인을 섭취시킨 숫쥐에서 카페인이 혈모글로빈, 혈마토크리트과 혈청의 철분농도를 유의하게 감소시켰다고 한 고²⁰⁾와 건강한 성인여성에게 체중 kg당 3mg 카페인을 섭취시켰을 때 같은 경향이 나타났다는 임⁴⁾의 연구결과와는 일치하지 않았다. Munoz등¹⁹⁾도 모체의 커피섭취가 태아에 미치는 영향에 관한 연구에서 커피섭취로 인하여 감소된 혈모글로빈 수준을 확인하고, 간에서 철분농도는 대조군보다 높지만 비축된 철분의 동원기전에 손상이 생겨 그 결과 혈모글로빈합성이 감소하는 것이라고 설명하였다.

3. 간장, 비장, 신장의 무게 및 철분농도

Fig. 1에서 장기무게는 카페인섭취수준에 상관없이 성별에 따른 차이를 나타내어 간장, 비장 및 신장의 무게

Table 3. Hemoglobin(Hb), hematocrit(Hct) in whole blood and iron contents in serum

Caffeine level(mg/100g B.W.)	Sex	Hb(g/dl)	Hct(%)	Fe(μg/ml)
0	Male	12.90±2.96 ^{1)N,52)}	55.41±13.82a ³⁾	2.63±0.19 ^{N,S}
3.5		13.57±3.10	39.98±11.43ab	3.21±0.18
7.0		13.27±2.44	45.37±5.00ab	3.67±0.69
0	Female	14.54±3.19	46.86±9.67ab	3.60±1.11
3.5		13.57±1.43	30.77±7.39b	3.37±0.59
7.0		12.37±4.08	38.69±12.91ab	3.22±0.60
ANOVA	Caffeine(A)	N.S ⁴⁾	N.S	N.S
	Sex(B)	N.S	N.S	N.S
TERMS	A×B	N.S	N.S	N.S

1) Mean±Standard deviation.

2) Not significant at $\alpha=0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

3) Means with different superscript letters(a>b) within a column are significantly different from each other at $p < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test.

4) Not significant at $\alpha=0.05$ as determined by two-way analysis of variance.

모두 암쥐가 숫쥐보다 높았다($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.05$). 안²⁷⁾은 사료에 0.25%의 카페인을 4주간 섭취시켰을 때 흰쥐의 간장과 신장의 무게가 대조군보다 유의하게 증가함을 관찰하여 이것은 카페인이 간장의 지방축적을 초래한 결과라고 설명하였고, 이²⁸⁾는 카페인 섭취로 간장의 무게는 증가했지만 간장의 총지방무게는 오히려 감소했다고 하여 카페인이 장기무게에 미치는 영향이 직접적인 것인지 또는 지방함량변화를 초래한 간접적인 결과인지는 아직 불분명하다고 하였다. 그러나 이러한 결과는 본 연구와는 같지 않았고 본 연구에서 나타난 성별간의 장기무게 차이는 숫쥐가 암쥐보다 체중이 더 많이 감소했기 때문인 것으로 사료되는데 이에 대한 앞선 연구가 거의 없어서 비교가 어려운 실정이다.

Table 4에 나타난 바와 같이 간장과 비장의 철분함량은 카페인섭취에 상관없이 성별에 따른 차이를 보여 간장의 철분함량은 암쥐가 숫쥐보다 유의하게 높았고($p < 0.05$), 비장의 철분함량은 숫쥐가 암쥐보다 유의하게 높았다($p < 0.001$). 한편 신장의 철분함량은 카페인섭취 수준이 증가함에 따라 유의하게 감소하였다($p < 0.05$).

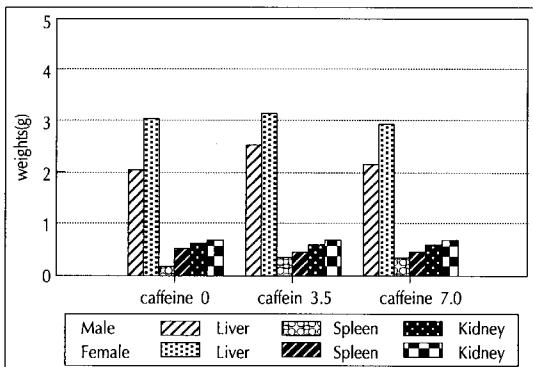


Fig. 1. Weights of liver, spleen and kidney in male and female rats.

성별에 따른 차이는 없었다. 숫쥐를 대상으로 실험한 고²⁰⁾는 카페인을 섭취함에 따라 간장의 철분함량이 유의하게 감소했다고 하여 본 결과와 같지 않았으나, 신장의 철분함량이 유의하게 감소했다는 결과는 본 연구와 일치하였다.

이와같이 카페인섭취는 각 장기의 무게 및 간장과 비장의 철분함량에는 영향을 끼치지 않았으나 신장의 철분함량을 감소시켰는데 카페인의 배설이 주로 신장을 통하여 이루어지므로 카페인 투여가 신장기능의 약화와 이와 관련된 만성질환을 유발할 수 있는 가능성을 시사하고 있어서 이러한 점에 초점을 둔 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

4. 소변과 대변의 배설량 및 이들을 통한 철분의 배설량

Fig. 2와 같이 카페인의 섭취는 소변의 배설량을 유의하게 증가시켰는데, 암쥐가 숫쥐보다 소변배설량이 유의하게 높았다($p < 0.001$, $p < 0.001$). Table 5에 제시된 바와 같이 뇨중의 철분배설량도 카페인군이 비카페인군

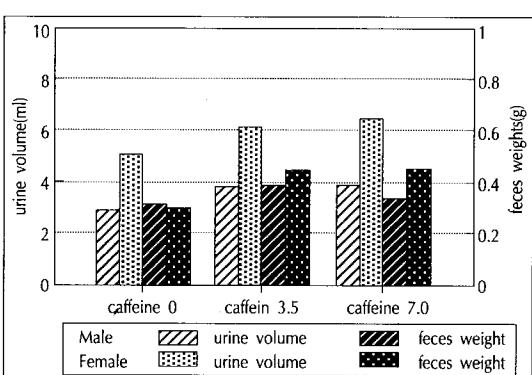


Fig. 2. Urine volumes and feces weights of male and female rats(y_1 is urine volumes, and y_2 is feces weights).

Table 4. Iron contents in liver, spleen, and kidney

Caffeine level(mg/100g B.W.)	Sex	Liver		Spleen	Kidney	
				(μ g/g)		
0	Male	107.14 ± 6.67 ^{1)ab²⁾}		178.05 ± 31.07a	56.63 ± 13.71ab	
		104.66 ± 18.91ab		167.18 ± 17.31a	60.57 ± 10.17ab	
		89.22 ± 25.61b		169.43 ± 48.69a	47.67 ± 10.48b	
0	Female	120.26 ± 26.71ab		106.99 ± 30.47b	72.11 ± 16.32a	
		128.54 ± 47.12a		128.25 ± 28.01b	53.51 ± 11.82b	
		126.18 ± 55.88a		112.01 ± 16.20b	49.08 ± 16.94b	
ANOVA		N.S ³⁾		N.S	$p < 0.05$	
		Sex(B)	$p < 0.05$	$p < 0.001$	N.S	
		A × B	N.S	N.S	N.S	

1) Mean ± Standard deviation.

2) Means with different superscript letters(a > b) within a column are significantly different from each other at $p < 0.05$ as determined by Duncan's multiple-range test.

3) Not significant at $\alpha=0.05$ as determined by two-way analysis of variance.

Table 5. Iron balance during the last three days of experimental periods

Caffeine level (mg/100g B.W.)	Sex	Intake(μg/day)	Urine		Excretion(μg/day)		Apparent digestibility(%)	Retention rate(%)
			Feces	Total	Feces	Total		
0		713.75±186.31 ^{1)NS}	10.58±0.59d ²⁾	363.13±12.24d	371.00±13.93d	46.40±14.75a	45.32±14.66a	
3.5	Male	637.71±195.88	18.11±0.80a	375.74±10.04c	393.85±10.75c	46.80±8.68a	44.26±9.06ab	
7.0		623.00±91.29	12.07±0.21bc	414.71±13.96a	426.75±13.98a	34.00±8.20b	32.08±8.43c	
0		556.00±61.68	10.84±0.57d	362.29±13.39d	371.30±12.21d	35.19±7.32b	33.54±7.75bc	
3.5	Female	630.00±169.45	11.74±0.52c	393.95±8.89b	405.69±9.13b	41.34±10.70ab	39.59±11.02abc	
7.0		633.33±133.97	12.43±0.21b	391.21±15.16b	403.64±15.16bc	43.25±6.21ab	41.41±6.45abc	
ANOVA			N.S ³⁾	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Sex(B)			p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001	N.S	N.S	N.S
TERMS			N.S	N.S	N.S	p < 0.001	p < 0.05	p < 0.05

1) Mean±Standard deviation.

2) Means with different superscript letters(a > b > c > d) within a column are significantly different from each other at p < 0.05 as determined by Duncan's multiple-range test.

3) Not significant at α=0.05 as determined by two-way analysis of variance.

에 비해 유의하게 증가하였고, 성별에 따른 차이도 나타나서 숫쥐가 암쥐보다 높은 것으로 나타났다($p < 0.001$, $p < 0.001$). 또한 카페인과 성별의 상호작용으로 카페인의 영향은 암쥐보다 숫쥐에서 더 높았다($p < 0.001$). Whiting과 Whitney²⁰⁾는 쥐를 대상으로 체중 kg당 3.5mg, 7.0mg의 카페인을 1주간 섭취시켰을 때 카페인 섭취의 증가에 따라 뇨량이 증가했다고 하였고, 고²⁰⁾는 숫쥐에게 2주간의 체중 100g당 3.5mg, 7.0mg 카페인 섭취가 뇨량과 뇨중 철분 배설량의 증가를 유도했다고 하여 본 결과와 일치하였다.

대변의 배설량은 Fig 2와 같이 카페인 섭취수준이 증가함에 따라서 유의하게 높은 것으로 나타났고, 암쥐의 대변 배설량은 숫쥐에 비해 유의하게 높게 나타났다($p < 0.001$, $p < 0.001$). Table 5에서 대변을 통한 철분의 배설량은 카페인과 성별의 상호작용으로 카페인의 영향은 숫쥐가 암쥐보다 더 높은 것으로 나타났다($p < 0.001$). 이것은 숫쥐를 대상으로 한 고²⁰⁾의 연구 결과와도 일치하는 것인데, 건강한 성인의 경우 식품을 통해 섭취한 철분은 약 10~15%만이 심이지장과 소장에서 흡수되고 대부분 대변으로 배설되므로 카페인의 소변과 대변을 통한 철분 배설증가와 이로 인하여 생길 수 있는 철분 부족과 그 결과로 나타날 수 있는 부정적인 효과에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

5. 철분 평형

본 연구에서 철분 섭취량, 대변과 소변의 철분 배설량을 통하여 철분 평형을 살펴본 결과는 Table 5에 제시되어 있다. 철분 섭취량은 카페인에 의해 유의적인 영향을 받지 않았으나, 카페인 수준과 성별의 상호작용으로 대변과 소변을 통한 철분의 배설량은 숫쥐가 암쥐보다 유의하게 증가하였다($p < 0.001$). 철분의 겉보기 소화율 및 체내 보유율은 숫쥐의 경우 고카페인군이 대조군보다 유의하게 낮았으나($p < 0.05$), 암쥐에서는 카페인 수준이 증가함에 따라 철분의 겉보기 소화율이나 체내 보유율이 증가하는 경향이었는데, 이는 암쥐가 카페인의 영향을 받아 이에 대한 적응 현상으로 체내 철분 필요량이 증가하여 그 보유율이 높아지는 것으로 사료된다.

이와 같은 결과는 카페인이 철분의 섭취량에는 영향을 주지 않지만 뇨와 변중 철분의 배설량을 유의하게 증가시켰으며 그 결과 철분의 체내 보유율을 감소시키는데, 그 영향이 암쥐보다는 숫쥐에서 더 큰 것으로 나타났다. 카페인이 철분 대사에 미치는 영향을 연구함에 있어서 철분 평형을 조사한 연구가 거의 없는 실정이어서 그 결과를 비교하기에는 어려움이 있으며 앞으로 이 분야에 대한 연구가 보다 장기적이고 구체적으로 이루어져야 한다.

고 사료된다. 그리고 쥐는 장에서 무기질의 흡수율 증가로 대변과 뇨를 통한 무기질손실을 보충하는 방어기전을 갖기때문에 인체에 비해 질병에 걸릴 확률이 낮다고 한다³⁰⁾. 그러므로 본 연구결과를 사람에게 적용할 때에는 반드시 종(species)간의 흡수, 배설, 대사등의 생리적, 생화학적 차이를 고려해야 할 것으로 사료된다.

요약 및 결론

카페인이 철분대사에 미치는 영향 및 성별에 의한 차이를 살펴보기 위하여 흰쥐를 대상으로 2가지 수준(3.5mg/100g B.W, 7.0mg/100g B.W)의 카페인을 3주간 섭취시키고, 혈청과 각 장기의 철분함량, 뇨와 변으로 배설된 철분함량으로부터 철분평형을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 사료섭취량은 카페인섭취수준이나 성별에 따른 차이는 나타나지 않았으나, 비카페인군의 경우 숫쥐가 암쥐보다 사료섭취량이 유의하게 높았는데, 이는 숫쥐 본래의 체중이 암쥐보다 높은 것과 관련이 있다고 사료된다. 카페인은 체중증가에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났고, 사료효율은 고카페인군은 비카페인군에 비해 차이가 없었으나 중등카페인군은 대조군에 비해 사료효율이 낮았다.

2) 혈액의 혜모글로빈함량과 혈마토크리트수준 및 혈청의 철분함량은 카페인섭취수준이나 성별에 따라 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그런데 혈마토크리트는 비카페인군에 비해 카페인섭취군이 감소하는 경향이었고, 중등카페인군이 고카페인군보다 혈마토크리트가 좀 더 낮았다.

3) 간장과 비장의 철분함량은 카페인섭취와 상관없이 성별에 따라 유의한 차이를 나타내어 간장의 철분함량은 암쥐가 숫쥐보다 높았고, 대조적으로 비장의 철분함량은 숫쥐가 암쥐보다 유의하게 높게 나타났다. 신장의 철분함량은 성별에 따른 유의적인 차이는 없었으나 카페인섭취수준이 증가함에 따라 유의하게 감소하였다.

4) 카페인의 섭취 및 카페인섭취량이 증가할수록 뇨와 대변의 배설량이 유의적으로 증가하였다. 뇨를 통한 철분의 배설량은 카페인섭취와 성별에 따라 각각 영향을 받았고, 카페인과 성별의 상호작용으로 뇨중 철분배설량은 카페인섭취가 증가할수록 암쥐보다는 숫쥐에서 더욱 증가하였다. 대변을 통한 철분의 배설량은 카페인수준에 따른 차이는 없었으나, 카페인과 성별의 상호작용을 받아 카페인의 영향이 숫쥐에서 더 큰것으로 나타났다.

5) 카페인의 섭취량과 뇨와 대변을 통한 철분의 배설량으로부터 계산한 결보기 소화율과 보유율은 숫쥐의 경

우 고카페인군이 대조군보다 유의하게 낮았으나 암쥐에서는 카페인수준이 증가함에 따라 철분의 결보기소화율이나 체내보유율이 증가하는 경향이었는데, 이는 암쥐가 카페인의 영향에 대한 적응현상으로 체내 철분필요량이 증가하여 그 보유율이 높아지는 것으로 사료된다.

본 연구결과 카페인은 신장의 철분함량을 감소시켰고, 뇨 및 대변배설량 그리고 이들을 통한 철분의 배설량을 증가시켜서 체내 철분의 보유량을 감소시키므로써 철분평형에 부정적인 역할을 한 것으로 나타났는데 그 영향은 암쥐보다 숫쥐에서 더 크게 나타났다.

Literature cited

- 1) 경제기획원 조사통계국 산업생산연보, 1990
- 2) Graham DM. Caffeine-its identity ,dietary sources, intake and biological effects. *Nutr Rev* 36(4) : 97-102, 1978
- 3) Yeh JK, Aloia JF, Semla HM, Chen SY. Influence of injected caffeine on the metabolism of calcium and the retention and excretion of sodium, potassium, phosphorus, magnesium, zinc and copper in rats. *J Nutr* 116 : 273-280, 1986
- 4) 임성아. Caffeine섭취에 따른 성인여자의 혈액과 소변중 무기질 함량변화에 관한 연구. 중앙대학교석사학위논문, 1992
- 5) Mork TA, Lynch SR, Cook JD. Inhibition of food iron absorption by coffee. *Am J Clin Nutr* 37 : 416-420, 1983
- 6) Dithel JM, Vallon JJ, Martin G, Ferret JM, Mathieu R, Videman R. Caffeine and sport : role of physical exercise upon elimination. *Med Sci Sports Exer* 23(8) : 980-985, 1991
- 7) Lane JD, Steege JF, Rupp SL, Kuhn CM. Menstrual cycle effects on caffeine elimination in the human female. *Eur J Clin Pharmacol* 43(5) : 543-546, 1992
- 8) Woodhead JC, Drulis JM, Nelson SE, Janghorbani M, Fomor SJ. Gender related differences in iron absorption by preadolescent children. *Pediatr Res* 29(5) : 435-439, 1991
- 9) Berge LN, Bonaa KH, Nordoy A. Serum ferritin, sex hormones and cardiovascular risk factors in healthy women. *Arterioscler Thromb* 14(6) : 857-861, 1994
- 10) 보건복지부. 1993년 국민영양조사보고서. 서울, 1995
- 11) Knekt P, Reunanen A, Takkunen H, Aromaa A, Heliovaara M, Hakulinen T. Body iron stores and risk of cancer. *Int J Cancer* 56(3) : 379-382, 1994
- 12) AIN Standards for nutrition studies report. *J Nutr* 107 : 1340-1348, 1977
- 13) 권순복. 단백질과 식이제한이 성장기 흰쥐의 체내단백질 및 Ca대사에 미치는 영향. 이화여자대학교석사학위논문, 1985

- 14) 이삼열, 정윤섭. 임상병리 검사법, pp75-76, 연세대학교출판부, 서울, 1987
- 15) Daivison I, Nelson DA. Hematocrit in clinical diagnosis by laboratory methods, p147, WB Saunders Co., Philadelphia, 1969
- 16) 임정남. 식품의 무기성분분석. 식품과 영양 17(1) : 42-46, 1986
- 17) SAS-STAT Guide personal computers, pp60-62, SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, 1988
- 18) Bukowiecki LJ, Lupien J, Follen N, Jahjah L. Effect of sucrose, caffeine, and cola beverages on obesity, cold resistance and adipose tissue cellularity. *Am J Physiol* 244 : 500-507, 1983
- 19) Munoz LM, Keen CL, Lonnerdal B, Dewey K. Coffee intake during pregnancy and lactation in rats : maternal and pup hematological parameters and liver iron, zinc and copper concentration. *J Nutr* 116 : 1326-333, 1986
- 20) 고선경. 카페인 섭취수준이 어린쥐와 성숙한 쥐의 철분, 구리 및 아연대사에 미치는 영향. 숙명여자대학교석사학위논문, 1991
- 21) Higgins HC, Means JH. The effect of certain drugs on the respiration and gaseous metabolism in normal human subjects. *J Pharmacol Exptl Therap* 7 : 1, 1915
- 22) 배현숙. 지방수준을 달리 한 식이에 카페인의 첨가가 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향. 성신여자대학교석사학위논문, 1986
- 23) Reinmann HA. Caffeine a cause of long-continued, low-grade fever. *J Am Med Assoc* 202 : 1150, 1967
- 24) Acheson KJ, Zahorska-Markiewicz B, Anantharaman K, Jequier E. Caffeine and coffee : their influence on metabolic rate and substrate utilization in normal weight and obese individuals. *Am J Clin Nutr* 33 : 989-997, 1980
- 25) 서 강. Coffee 식이가 흰쥐의 혈청 및 간의 효소력과 화학성분에 미치는 영향. 전국대학교석사학위논문, 1992
- 26) 김영심. 단백질의 종류를 달리 한 식이에 첨가한 Coffee와 Methionineo] 흰쥐의 단백질과 지방대사에 미치는 영향. 이화여자대학교석사학위논문, 1984
- 27) 안태영. Caffeine 첨가사료가 백쥐의 혈청 및 간장성분에 미치는 영향. 영남대학교석사학위논문, 1980
- 28) 이해원. Coffee를 단백질의 수준과 종류를 달리한 식이에 첨가하였을때 흰쥐의 지방대사에 미치는 영향. 이화여자대학교석사학위논문, 1984
- 29) Whiting SJ and Whitney HL. Effect of dietary caffeine and theophylline on urinary calcium excretion in the adult rat. *J Nutr* 117 : 1224-1228, 1987
- 30) Latini R, Bonati M, Marzi E and Garattini S. Urinary excretion of an uracilic metabolite from caffeine by rat, monkey, and man. *Toxicol Lett* 7 : 267-272, 1981