

식이급여시간과 고지방식이가 흰쥐의 체중 및 혈액성분에 미치는 영향

이수진 · 정희정 · 유영상
동국대학교 가정교육과

The Effects of Feeding Time and High Fat Diet on Weight Gain, Blood Lipid, Protein and Glucose in Rats

Su-Jin Lee, Hee-Chung Chung and Young-Sang Yoo

Dept. of Home Economics, Dongguk University

ABSTRACT

To evaluate the effect of feeding time and high fat diet on weight gain and blood components in rats, the classification of groups were night(P.M. 8:00~next day A.M. 8:00), day(A.M. 8:00~P.M. 8:00) and ad-libitum(24 hours)group as feeding time. Each group has also 2 groups by fat level (high-fat diet, standard diet). Therefore, the 36 experimental animals were divided into 6 groups. The results of this study can be summarized as follows. Food intake of SA(standard diet /ad-libitum) and SN(standard diet /night) groups was significantly higher than the others, and HA(high fat diet /ad-libitum) and HD(high fat diet /day) groups was significantly lower than the others. Body weight gains of HN group and SA group were significantly higher than the others in 5 weeks. The blood contents of total cholesterol, triglyceride, protein and albumin were no significant difference among experimental groups, but the blood contents of glucose were higher in HN and SD groups than SN and HA groups. Accordingly, eating before asleep and high fat diet bring about one's overweight and abnormal blood concentration.

Key words: feeding time, body weight, blood lipid, blood protein, blood glucose.

I. 서론

급격히 발달하는 물질문명과 고도의 기술 발달은 우리 인간에게 현격한 생활의 질의 향상을 초래하였

다. 그러나 그와 함께 수반된 공해, 비만, 질병 등의 역효과 또한 간과할 수 없는 큰 문제로 우리 앞에 나타나고 있다¹⁾.

생활이 편리해지고 윤택해지면서 활동량은 감소하였으며, 맞벌이 부부의 증가와 핵가족화로 인하

여 가공식품·반조리식품 그리고 저장이 간편화된 식품들의 이용이 많아지면서²⁾, 전통적인 채식위주의 식단보다는 육식과 인스턴트식품의 이용이 많은 서구의 기름진 식단으로 바뀌었다³⁾. 또한, 점차 생활의 흐름이 빨라지고, 일상업무의 과다로 인한 수면시간의 부족이나 신체적·심리적 스트레스 때문에 생기는 식욕감퇴로 인하여, 아침식사를 거르고 점심은 간단히 해결하는 바람직하지 못한 식행동이 보편화 되어가고 있다^{4,5)}.

이러한 식생활의 변화는 바쁜 생활 속에 사는 현대인들에게는 시간의 절약이나 노동력 절약 차원에서는 장점이 될 수 있는 반면, 서구화된 식단으로 기름기가 많은 식품과 가공식품의 섭취가 많아지면서 오는 영양의 불균형으로, 건강에 직접적인 영향을 미칠 수 있다⁶⁾. 또 아침식사를 거르고, 많은 활동을 하게 되는 점심 때에 식사를 소홀히 하게 되고, 그래서 자연히 저녁식사의 비중이 커져서 과식을 한 후 소화가 완전히 이루어지지 않은 상태로 취침에 들게 되었을 때, 섭취된 에너지원은 열량으로 소모되지 못하고 체내에 축적되어진다⁷⁾. 따라서 이러한 식생활의 반복은, 활동 중에는 에너지의 고갈을 초래하고, 휴식과 취침으로 이어지는 저녁식사의 과도한 영양섭취로 비만이 되기 쉬우며, 그로 인한 여러 가지 질병을 초래하게 된다⁴⁾.

그러므로, 본 연구는 밤식이와 낮식이 체중변화에 어떠한 영향이 있는지, 지방이 많이 함유된 식사를 했을 때에는 어떠한 결과가 나타나는지, 또 수면 전의 식사에서 나타나는 결과를 살펴본다, 식생활의 방법이 체중변화, 혈액성분에 얼마나 밀접한 관계가 있는지를 알아보고 좀더 바람직한 식생활의 변화를 꾀하는데 그 목적이 있다. 본 실험은 사람과

는 활동주기가 다른 흰쥐를 이용한 점을 감안할 때 해석상의 주의를 기하여 식이급여시간 및 고지방식이 식이섭취량, 체중증가량, 혈액성분에 어떠한 영향을 주는가를 살펴보고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물 및 사육방법

평균체중이 $229.46 \pm 12.89g$ 인 Sprague-Dawley 종 수컷 흰쥐를 고품사료로 일주일간 환경에 적응시킨 후 난피법으로 각 군당 6마리씩 6군으로 나누어 6주간 사육하였다. 실험동물의 사육실의 온도는 $18 \pm 2^{\circ}C$ 였으며 습도는 $50 \pm 5\%$ 로 유지하였고 조명은 암막과 조명 등을 이용하여 각 12시간의 주야를 구분하여 주었다. 낮식이군(D군)은 오전 8시부터 오후 8시까지 식이를 섭취하도록 하였으며 그 다음날 오전 8시까지의 12시간(즉 흰쥐의 활동시간)은 식이를 제공하지 않았다. 이러한 식으로 밤식이군(N군)은 오후 8시부터 그 다음날 오전 8시까지(흰쥐의 활동시간) 식이를 섭취하도록 하였다. 24시간식이군(A군)은 24시간 동안 자유롭게 식이를 섭취할 수 있도록 하였다. 이 그룹들은 다시 고지방식이군과 표준식이군으로 나누어 고지방식이군(HN, HD, HA)은 지방이 총열량의 40%를 차지하게 하여 표준식이군(SN, SD, SA)보다 2배의 지방을 섭취하도록 식이제조하였다. 물은 자율급여하였다. 실험동물은 하나의 cage당 한 마리씩을 넣었고 체중은 일주일에 한 번 일정 시각에 측정하였으며 식이섭취량은 밤식이군과 낮식이군, 대조군을 매일 각각 측정하였다. 실험군의 분류는 Table 1과 같다.

Table 1. Classification of experimental group

Group	Experimental treatment	Feeding time
S.N.	standard diet /night	P.M. 8:00~next day A.M. 8:00 (12 hours)
H.N.	high fat diet /night	
S.D.	standard diet /day	A.M. 8:00~P.M. 8:00 (12 hours)
H.D.	high fat diet /day	
S.A.	standard diet /ad-libitum	full time (24 hours)
H.A.	high fat diet /ad-libitum	

Table 2. Composition of experimental diet g /kg diet

Ingredients	Standard diet	High fat diet
Corn starch	650	550
Casein	150	150
Fat	100	200
α -cellulose	50	50
DL-methionine	3	3
Choline chloride	2	2
Mineral mixture ¹⁾	35	35
Vitamin mixture ²⁾	10	10
energy density /100g	410kcal	460kcal

1) Mineral mixture : AIN-76^{TM8)}2) Vitamin mixture : AIN-76^{TM8)}

2. 실험식이

본 실험에 사용한 표준식이와 고지방식이 구성은 Table 2와 같다. 단백질은 Bonlac Foods Co. Australia제 casein을 사용했으며, casein의 제한아미노산인 DL-methionine을 0.3% 첨가하였다.

지방은 포화지방산이 주로 함유되어 있는 beef tallow(경동유지 제품)와 불포화지방산이 다량함유된 식용유(제일제당 제품)를 50%씩 혼합하여 사용하였다.

탄수화물은 옥수수 전분(미원식품 주식회사 제품)을 사용하였으며 무기질과 비타민은 AIN-76^{TM8)}의 기본食이를 따랐다.

食이는 배합하여 고형으로 제조한 후 송풍 건조하여 냉동고에 보관하며 식이급여하였다.

3. 식이 섭취량 및 체중 증가량

체중측정은 측정 1시간 전에 식이를 빼준 후 매주 일정한 시각에 측정하였고 식이 섭취량은 매일 낮식이군과 밤식이군에 따라 각각 일정한 시각에 측정하였다.

4. 생화학적 실험

실험 종료 후 실험동물들을 24시간 절식시키고 밀폐된 드라이 아이스 용기 안에 한 마리씩 넣어 급속 냉동시켰다. 순간마비 된 동물은 즉시 개복하여 심장으로부터 혈액을 채취하여 3분 정도 실온에 방치시켰다가 3000rpm에서 20분간 원심분리시켜 상층

액을 주사기로 채취하였다. 채취한 혈청은 냉동시켜 두었다가 자동화학분석기(RA-XT, TECHNIC Co.)를 사용하여 혈청 내의 총콜레스테롤, 중성지질, 총단백질, 알부민, 포도당 함량을 분석하였다.

5. 통계처리

모든 실험결과들은 SAS program을 이용하여 각 실험군의 평균값과 표준편차를 구하였으며 실험군별 차이를 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 그 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

실험동물의 실험기간 동안 총 식이섭취량은 Fig. 1과 같았다.

첫 1주 동안의 식이섭취량은 SN·HN·SA군이 SD·HD·HA군에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 또, SA군과 NS군의 섭취량이 유의적으로 많았으며 HD군과 HA군에서 유의적으로 낮은 섭취량을 보였다. 2주째부터는 24시간 식이섭취하는 SA군과 거의 비슷한 양의 식이섭취를 12시간 절식하는 SN군에서 볼 수 있었는데 이것은 의미있는 결과로 12시간의 공복상태를 만든 것이 과식으로 이어진 것으로 보인다. 또 HA, HN, HD군은 유의적으로 낮은

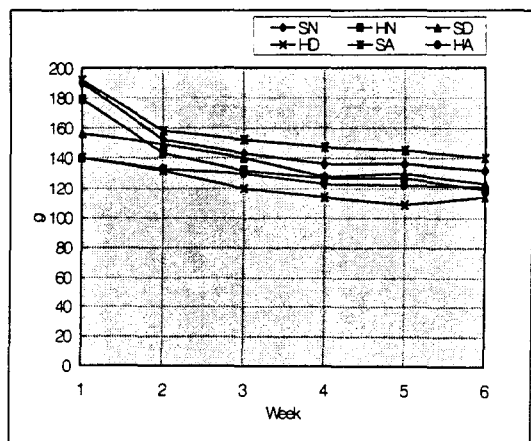


Fig. 1. Changes of food intake in rats(mean \pm SD). * $p < 0.05$ significantly different groups by Duncan's multiple range test.

식이섭취량을 보였다. 전체적으로, SA군의 식이섭취량이 다른 군에 비해 유의적으로 높은 반면, HD군이 다른 군에 비해 유의적으로 낮았고, 밤식이군(N군)과 낮식이군(D군) 사이에서의 식이섭취량의 차이는, 밤식이군(N군)에 비하여 낮식이군(D군)의 섭취가 유의적으로 낮았으며, 표준식이군보다 고지방식이군의 식이섭취량이 낮은 것을 볼 수 있었다. 생체주기에 의해 식이섭취 후 활동으로 이어지는 밤식이군(N군)이, 수면을 필요로 하는 시간에 식이가 주어지는 낮식이군(D군)보다 식이섭취량이 높아지는 결과를 볼 수 있었다. SA군의 높은 식이섭취량은 24시간의 식이급여에 의한 것으로 보이며, HD군의 식이섭취량이 낮았던 것은 쥐에게 수면시간인 낮에 식이가 주어졌기 때문이다¹¹⁾. 고지방식이가 체내 지질대사에 미치는 영향을 연구한 한정순의 논문⁹⁾에서도 본 실험과 같은 결과로, 고지방군의 식이섭취량이 적었는데, 이것은 식이중 지방함량이 많아지면 식미가 달라지고 열량 밀도가 커지기 때문이라고 해석하였다. 이것은 대부분의 실험동물은 동물 스스로가 총열량섭취량을 조절하는 기능이 있어, 여러 종류의 식이를 한꺼번에 제공하여 선택하게 했을 때, 식이내 각 영양소의 비율은 변해도, 총열량섭취량에는 변화없이 isocalorie를 섭취하는 능력을 보였다는 장영애¹³⁾의 연구보고와 연관지어 생각할 수 있다. 그러나 사람은 본 실험동물과는 달리, 식품에 첨가된 지방에 의해 음식의 풍미를 느끼므로, 어느 정도에서는 지방식을 더 선호하는 경향이 있으며, caloric density에 본능적으로 적응하는 능력이 없으므로, 이와는 다른 결과를 보이리라 예상된다.

실험동물의 체중변화는 Fig. 2와 같았다. 첫 1주 동안의 체중증가량은 SA군이 다른 군에 비해 유의적으로 높았고 식이섭취량이 비슷한 SN군에서도 유의적으로 높은 체중증가를 보였다. 이것은 SA군에게 24시간의 식이급여로 생체주기에 따른 적절한 식이섭취가 이루어졌기 때문이며 SN군의 높은 체중증가는 식이섭취량이 많았기 때문으로 보여진다. HN·HA군은 낮은 식이섭취에도 불구하고 낮식이군에 비하여 체중증가가 높아 고지방식에 의한 과잉에너지의 체내 축적의 결과로 보인다. SN군과 HN군에서는 첫 1주를 제외하고, HN군은 낮은 식

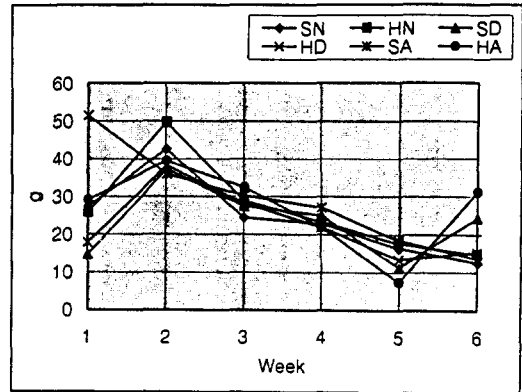


Fig. 2. Changes of body weight gain(mean ± SD). **p* < 0.05 significantly different groups by Duncan's multiple range test.

이섭취량에도 불구하고 SN군에 비하여 약간 더 많은 체중증가를 보였고, 낮식이군(D군)은 첫 1주의 체중증가는 낮았으나, 낮은 식이섭취량에 비하여 2주째부터는 24시간식이군(A군)과 비슷한 수준으로, 높은 체중의 증가를 보였다. 성인 수컷쥐에게 식이섭취빈도수를 달리하여 성장에 어떠한 차이가 있는지를 연구한 정은희 등¹¹⁾의 연구를 보면, 하루중 일정한 시간 동안에 한 번의 식이만을 공급하는 1일 1회 식이군이, 대조군보다 실험초기에는 식이섭취량이 적었음에도 불구하고 대조군과 비슷한 체중을 나타냈으며, 실험말기에는 식이섭취량이 현저히 증가되어 1일 3회 식이군이나 대조군과 비슷한 식이량을 섭취했고, 이때 체중증가 역시 다른 두 군에 비해 상당히 증가되었다고 한다. 이것은 본 실험결과와 일치되는 결과로, 한 번의 식이를 통하여 에너지 필요량을 충족시키기 위하여 과잉의 에너지섭취가 일어나 이것이 체중증가로 이어졌다는 것을 보여준다. 전체적으로 볼 때, 식이섭취 후 활동으로 이어지는 밤식이군(N군)이, 식이섭취 후 수면으로 이어지는 낮식이군(D군)보다 식이섭취량이 높았음에도 불구하고, 낮식이군(D군)과 밤식이군(N군)의 체중증가사이에 차이가 없었다는 것은 의미있는 결과로, 사람을 대상으로한 이선희 등의 연구⁴⁾에서 보면, 정상군보다 비만군에서 아침의 결식률이 높았으며 아침식사를 하지 않는 남자의 경우 총 열량 섭

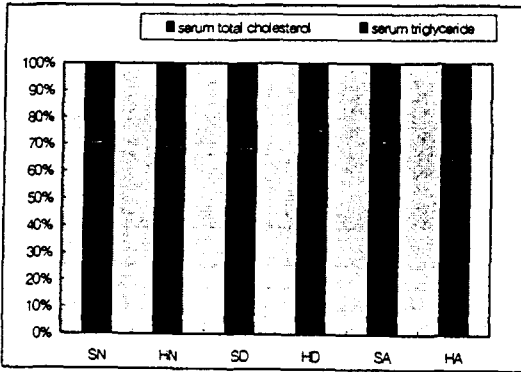


Fig. 3. Concentration of blood lipid in rats(mean \pm SD).

* $p < 0.05$ significantly different groups by Duncan's multiple range test.

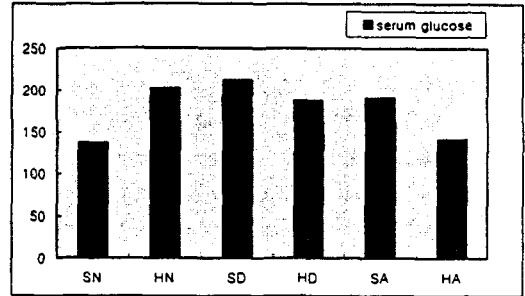


Fig. 5. Concentration of blood glucose in rats(mean \pm SD).

* $p < 0.05$ significantly different groups by Duncan's multiple range test.

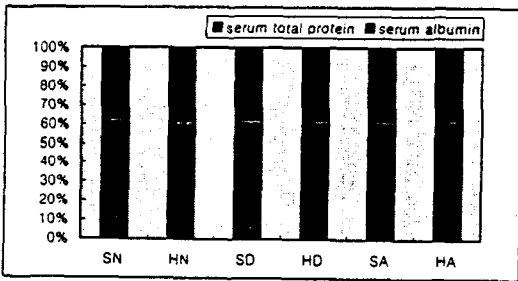


Fig. 4. Concentration of blood protein in rats(mean \pm SD).

* $p < 0.05$ significantly different groups by Duncan's multiple range test.

취량은 아침식사를 할 때와 큰 차이가 없었다. 이것은 아침의 결식이 그 다음 식사에서의 과식을 불러 일으키고, 이러한 식습관이 지속되면서 비만을 낳게 된다고 보고하여 본 실험과 일치되는 결과로 보여진다.

실험동물의 혈청내 총콜레스테롤, 중성지질, 총단백질, 알부민, 포도당 함량은 Fig. 3, 4, 5와 같았다. 총콜레스테롤은 고지방식이로 인하여 HD군과 HA군에서 높고 SN군에서 낮은 수치를 보였으나 유의적인 수준은 아니었다. 식이중 지방함량이 많고, 에너지가 높을수록 혈중 콜레스테롤 농도가 현

저히 상승되었다는 여러 연구^{15,16)}와는 달리, 본 실험에서는 뚜렷한 결과를 보이지 않았다. 포화지방산이 많이 함유된 동물성 지방의 섭취가, 혈중 콜레스테롤 농도를 증가시킨다는 연구는 많이 보고되어 있다^{9,17,18)}. 성인 수컷쥐에게 식이섭취빈도수를 달리하여 성장에 어떠한 차이가 있는지를 연구한 정은희 등¹¹⁾의 연구를 보면, 하루중 일정한 시간 동안에 한번의 식이만을 공급하는 1일 1회 식이군과 대조군 사이에 혈청콜레스테롤 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 여러 연구결과, 사람을 대상으로한 경우에는 식사섭취 횟수를 줄이면 한끼당의 식사량이 상대적으로 많아져, 혈청콜레스테롤 함량이 증가한다는 견해가 많다. 본 실험에서 식이섭취 양식에 따라 혈청콜레스테롤 함량의 차이를 보이지 않은 것은, 짧은 실험기간 동안이 실험동물에게 유의한 영향을 주지않은 것으로 보여진다. 중성지질은 HA군에서 높았으나 유의적이지는 않았다. 본 실험결과와는 달리 허영란¹⁸⁾의 연구에서는 고지방식이군이 정상군에비해 유의적인 혈중 중성지질의 증가를 보이고 있다. 총단백질과 알부민은 모든 군에서 거의 비슷한 수준을 보였다. 혈청중 포도당수치는 HN군과 SD군에서 유의적으로 높았으며 SN·HA군에서는 유의적으로 낮은 수치를 보였다. 이것은 HN군의 높은 체중증가와 연관이 있는 것으로 보여지며 SN군은 실험기간 동안 높은 식이섭취를 보였음에도 불구하고 혈당이 낮은 것으로 보아 섭취열량이

활동에 필요한 에너지로 충분히 소모되어 나타난 결과로 생각된다.

IV. 요약 및 결론

식이급여시간 및 고지방식이에 따른 흰쥐의 체중 및 혈액성분의 변화를 알아보기 위하여, 전체 6군중 낮식이군, 밤식이군(N군, D군)과 24시간 식이군(A군)으로 나눈 뒤 군마다 표준식이군과 고지방식이군을 두어 식이를 달리하였다. 그 결과는 아래와 같이 요약될 수 있다.

식이섭취량은 전체적으로 SA군과 SN군의 섭취량은 높았고 HA와 HD군의 섭취량이 낮았다. 체중의 변화는 1주째 SA군이 51.40 ± 15.5 로 다른 군들에 비해 유의적으로 높은 증가를 보였다. 2주-4주에서는 유의적인 차이를 보이지 않다가 5주째에 SA군과 HN군에서 유의적인 체중증가를 보였다. 6주째의 체중증가량은 HA군이 가장 높았다. 혈청내 총콜레스테롤 함량은 HD군이 다른군들에 비해 약간 높았으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 중성지방도 HA, SD군에서 약간 높았으나 유의적이지는 않았다. 혈청내 포도당에서 HN군과 SD군이 유의적으로 높은 수치를, SN군과 HA군에서는 유의적으로 낮은 수치를 보였다.

이상의 실험을 통해서 우리는 식이급여 방법에 따라서 흰쥐의 체중과 혈액성분에 어떠한 차이가 있는지를 살펴보았다. 본 실험결과를 흰쥐와는 생체주기가 다른 주행성의 사람에게 그대로 적용시키는데는 다소 무리가 따를 수 있다. 사람은 많은 환경적인 요소에 의한 지배를 받기 때문인데 이러한 요소들을 배제한다면 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다. 식사 후 수면으로 이어지는 시간대에는 열량의 소모가 적기 때문에 식사량이 적었다 하더라도 이것이 체내에서 소모되지 않고 저장되므로써 체중을 증가시켰고, 왕성한 활동으로 많은 에너지가 요구되는 시간대에는 식사량이 다소 많더라도 소모되는 에너지가 많으므로 체중의 증가가 높지 않았다. 고지방식은 caloric density가 높아 체중증가에 많은 영향을 주며 활동시간대 보다 수면전의 식이에서 더 큰 체중증가의 영향요인이 된다. 결식은 그 다음에 오는

식사에서 충족되지 못한 양에 대한 욕구의 충족을 위하여 과식을 불러일으키고 그 결과 체중의 증가를 보이게 된다. 또한 수면 전의 식사로 인한 혈당의 증가가 주목되어진다. 본 실험은 인체와는 주기가 다른 실험동물을 이용하여 살펴보았기 때문에 결과의 해석에 있어 연구의 제한점으로 지적될 수 있으나 추후에 사람을 대상으로한 연구가 이루어진다면 이 결과를 뒷받침할 수 있으리라 기대된다.

V. 참고문헌

1. 한국 보건사회부 : 국민영양보고서, 1988.
2. 우경옥 : 식생활과 관련된 가사노동의 실태 및 가치인식에 관한 연구. 연세대학교 교육 대학원 석사학위논문, 1990.
3. 채법석 : 한국인의 식품 및 영양소의 섭취 현황과 전망. 한국영양학회지, 23(3):187-196, 1990.
4. 이선희, 심정수, 김지윤, 문형아 : 아침식사의 규칙성이 중년 남녀의 식습관 및 영양상태에 미치는 영향. 한국영양학회지, 29(5):533-546, 1996.
5. 이경신, 김주혜, 모수미 : 고3수험생의 식생태조사에 관한 연구. 대한보건협회지, 16(1): 48-61, 1990.
6. 채법석 : 한국지역사회영양의 현황과 전망. 지역사회영양학회지, 1(1): 9-27, 1996.
7. 모수미, 최혜미, 구재옥, 이정원 : 생활주기영양학 개정판. 효일문화사, 1995.
8. The Council of the American Institute of Nutrition : Report of the AIN Ad Hoc Committee on standards for nutritional studies. J. Nutr., 107: 1340-1348, 1977.
9. 한정순 : 고지방식이 및 식이섭취가 흰쥐의 체내지질대사에 미치는 영향 연구. 고려대학교 대학원 박사학위논문, 1993.
10. 김정숙외 6인 공저 : 특수영양학, 광문각, 1996.
11. 정은희, 이연숙, 전승규 : 식이섭취 빈도수가 흰쥐의 성장 및 각 기관의 조성에 미치는 영향. 한국영양학회지, 18(1): 1985.
12. 이종미, 김화영, 김숙희 : 한국인 상용식이지방이 흰쥐의 지방대사 및 번역능력에 미치는 영

- 향. 한국영양학회지, 20(5): 350-366, 1987.
13. 장영애, 이기미, 김화영 : 3대 열량소를 스스로 선택하게 했을 때 흰쥐의 식이선택 성향 및 저전류 스트레스가 이에 미치는 영향. 한국영양학회지, 23(7): 504-512, 1990.
 14. 박현수, 최경희, 김현경 : 다른 식이지방수준과 P/S 비율이 흰쥐의 총콜레스테롤에 미치는 영향. 한국영양학회지, 17(4): 281-289, 1984.
 15. 이연숙, 고정숙 : 고지방식을 섭취한 흰쥐의 체내지질 함량에 대한 대두 단백질과 칼슘의 섭취 효과. 한국영양학회지, 27(1): 3-11, 1994.
 16. 김경립, 김화영 : 흰쥐에서 대두 단백질의 Hypolipidemic 효과에 관한 연구. 한국영양학회지, 17: 68-77, 1984.
 17. 김채종, 박현서 : 사람에서 식이지방의 불포화 지방산과 불포화도가 혈장지질조성에 미치는 영향. 한국영양학회지, 24: 179-188, 1991
 18. 허영란 : 고지방 식이가 혈장지질 및 지단백 조성에 미치는 영향. 전남대학교대학원 석사학위 논문, 1993.
-
- (1997년 12월 1일 접수)