

식이단백질과 급식형태가 흰쥐의 성장, 대사 및 체조성에 미치는 영향

박 양 자・한 인 규

서울대학교 농과대학

Influence of Dietary Protein and Feeding Pattern on the Weight Gain,
Metabolism and Body Composition of Rats

Park Yaung Ja and In Kyu Han

College of Agriculture, Seoul National University, Suwon, Korea

= ABSTRACT =

A series of growing and digestion trials was conducted using Sprague-Dawley weanling male rats in order to determine the effects of two protein sources (casein and ISP (isolated soyprotein)), three protein levels (10, 20 and 30 %), and two feeding patterns (ad libitum and meal feeding) on the growth, protein and energy metabolism, and body composition of rats. The total energy level of experimental diets was kept constant in 3,600 kcal ME/kg diet.

The results were as follows :

- 1) The amount of food intake and the weight gain of meal-fed group were lower than those of ad libitum group. Though the intake of meal-fed group on 20 and 30 % casein diet was only 85 % of ad libitum group, it was able to gain as much as ad libitum group.
- 2) There were no significant differences in the food efficiency ratio (FER) and the energy efficiency (weight gain per 100 kcal GE intake) between ad libitum and meal feeding group. The FER and the energy efficiency of 20 and 30 % casein diets of meal-fed group were greater than those of ad libitum group.
- 3) Though the gross energy intake (GE), the digestible energy (DE) and the metabolizable energy (ME) tended to be lower at meal-fed group, the DE/GE and the ME/GE ratios for

meal-fed group were the same as those for ad libitum.

4) Though meal-fed group fed less amount of nitrogen than ad libitum group, there were no differences in nitrogen balance and the retention of rats among the treatments. Actually meal-fed group retained more nitrogen than ad libitum group at the levels of 20 and 30% dietary protein.

5) After growing and digestion trials, the body composition of rats was constant among all treatments. Significantly high negative correlation coefficient ($r = -0.77$) was found between the body fat content and the body moisture content.

Consequently, this study suggests that meal-fed group on 20 and 30% casein diets has shown more effective utilization of the ingested food and energy than ad libitum group, and increasing tendency of weight gain and the body fat deposition. Those influences of meal feeding pattern in rats were more effective on the casein diet than on the ISP diet.

서 론

비만증은 동맥경화증 등의 성인병을 쉽게 유발케 하므로 서구사회 뿐만 아니라 우리나라의 대도시에서도 건강 문제로 제기되고 있다. 이러한 비만증을 초래하는 원인 중 하나로 식사횟수의 감소에 관하여 연구된 바 많다¹⁾. 그러나 식사횟수의 감소도 에너지 섭취량이 감소케 되면 체중증가의 요인이 못된다고 하였다²⁾. 급식형태에 따라 체조성이 변경되며 체지방이 축적된다는 보고는 다양하다.

Cohn & Joseph³⁾는 1일 2회로 ad libitum 과 pair-force fed 시킨 쥐는 체지방의 축적을 증가시켰다고 보고했다.

Muiruri & Leveille⁴⁾는 숫쥐에 1일 2시간 1회 meal fed 시켰다가 다시 3주간 ad libitum 및 1시간씩 2회 meal fed 시켰을 때 체중, in vitro 지방산 합성 능력 및 malic enzyme, G-6-P dehydrogenase와 6-phosphogluconate dehydrogenase의 역가는 ad libitum 보다 meal fed에서 더 높았다고 했다.

반면 쥐에게 1일 1회 2시간 meal feeding 시키면 에너지 섭취량은 ad libitum의 75~80%에 지나지 않아서 증체량은 ad libitum에 미치지 못했으나 피하조직의 지방합성 촉매효소의 활성은 증가되었고 in vitro 지방합성 능력도 상승되었으며⁵⁾, 한편 meal feeding 시킨 쥐는 ad libitum 시킨 쥐에 비하여 사료섭취량은 저하했으나 성장율은 동일했다는 보고도 있다^{6,7)}.

이와같이 force feeding이나 meal feeding 시켰을

때에는 섭취한 에너지를 성장이나 체지방의 형태로 체내에 더 많이 보유하도록 체내 대사에 영향을 미친다는 것이 입증되었으며, 이러한 급식형태에 의한 사료나 에너지의 효율적 이용에 관한 기전에는 여러가지가 있다. Meal feeding 시킨 쥐는 사료섭취량이 감소되지만 활동량과 유지요구량이 감소되므로 전체적으로 에너지 효율은 증가된다고 했으며⁸⁾, meal feeding이나 force feeding 적응기간 중에는 사료섭취량이 제한되므로 이에 따른 보상적 증체량이 있고 또한 지방의 축적을 초래한다는 보고도 있다¹⁰⁾. 박¹¹⁾은 쥐에게 1일 3시간 1회 meal feeding 시켰을 때 증체량은 적었으나 지방조직의 LPL (lipoprotein lipase) 와 HSL (hormone sensitive lipase) 가 증가되어 체조직 지방의 반전율이 증가되고 또한 LPL/HSL 비율이 증가되어 지방축적의 요인을 보였다고 했으며 한¹²⁾은 force feeding 시킨 쥐에서 열생산량이 감소되어서 에너지 유지요구량이 낮아졌고 또한 탄수화물 대사과정중 HMPS의 경로를 촉진시키는 간의 G-6-P dehydrogenase 활성이 증대되어 탄수화물로부터 지방합성을 촉진하는 효과를 보였다고 했다.

한편 급식형태가 단백질 대사에 미치는 영향에 관한 연구는 많지 않다. Cohn & Joseph⁹⁾은 force feeding 시킨 쥐는 노질소 배설량이 증가하고 체지방량이 pair feeding한 ad libitum 보다 증가됐다고 했다. 이는 실험동물의 체내에 일정기간 과량의 아미노산이 존재하면 체단백질로 전환되지 못하며 곧 분해되어서 탄소골격은 체지방으로 전환되어지며 섭취한 단백질을 비효율적으로 이용하는 것으로 보았다.

이에 본 연구에서는 동물성 단백질인 casein 과 식물성 단백질인 대두단백질(isolated soyprotein: 이하 ISP 약술함)을 단백질 공급원으로하고 각 단백질별로 급여수준을 10, 20, 30 %로 달리하여 이유한 숫쥐에게 ad libitum 과 1 일 2 회 2 시간씩 meal feeding 시켰을때 쥐의 성장, 사료 및 에너지효율, 질소 및 에너지 균형과 체조성에 미치는 영향을 파악코저 하였다.

실험재료 및 방법

실험동물은 평균 체중 50g 인 Sprague Dawley종으로 이유한 숫쥐에게 표준사료를 급여하면서 3 일간 환경에 적응시킨 후 체중이 60 ~ 68g 되는 흰쥐 45 마리를 선택하여 실험개시기의 체조성 분석을 위해 3 마리를 사용했고 나머지 42 마리는 stainless steel wire cage에 한마리씩 임의의 배치시키고 20% casein diet로 meal feeding에 대한 적응 훈련을 일주일간 계속 시켰다. 본 실험을 시작할때 처리별 평균 체중은 82 ~ 100g 이었으며 처리당 3 반복이었고 무단백질식이와 5% 카제인 + 0.3% methionine 식이에 각각 3 마리씩 배치했다.

모든 처리에서 에너지 수준은 3600 kcal/kg 으로 고정하고 단백질 종류는 casein 과 ISP 로 하였으며 단백질 수준은 10, 20 및 30 %의 3 수준으로 하였고 급식 형태는 ad libitum 과 meal feeding 두가지 형태로 급여했다.

본 실험에 사용된 사료의 재료는 시판되고 있는 옥수수 전분, 포도당, 콩기름과 Casein (New Zealand lactic casein), ISP (Isolated Soyprotein, Ralston Purina Co. U. S. A.) 비타민 혼합물 및 무기질 혼합물 (오리엔탈 효모공업사, 일본) 영양소 함량 및 화학적 조성은 Table 1 과 같다.

Stainless steel wire cage에 완전임의배치된 쥐는 전 실험기간을 통하여 물은 ad libitum 으로 급여했고 meal feeding 방법은 오전 6시부터 8시까지, 그리고 오후 6시부터 8시까지 1 일 2 회 2 시간씩 사료를 제한급여하였다. 전 실험기간동안 사양환경조건은 자동조명기에 의해 오전 6시부터 오후 6시까지는 어둡게 하였고, 실내온도는 24℃로 하였으며, 실내습도는 55 ~ 60% 가 되도록 하였다. 쥐의 체중은 매주 일정한 시간에 사료급여를 끝낸다음 2 시간 후에 측정하였다.

4 주간의 성장실험이 끝난 후 쥐들을 대사 cage에 한 마리씩 완전임의배치하여 옮기고 환경에 적응하도록 2

주일간을 사양한후 6 일간의 대사시험에 들어갔다. 대사 시험기간중 매일 일정한 시간에 분과 뇨를 채취하였으며 채취된 분(ad libitum의 경우 2g/day, meal feeding의 경우 1.3g/day)은 60℃의 열풍건조기에서 3 일간 건조시켜 분쇄한 후 분석했다. 뇨는 4NHCl 1ml 이 담긴 채취플라스크에 매일 채취하면서 건조된 뇨는 소량의 증류수로 세척하였다. 이같이 채취된 뇨(ad libitum의 평균 뇨량은 52g/day, meal feeding의 평균 뇨량은 46g/day)는 -20℃에서 냉동보관하였다가 채집기간 후에 분석했다.

실험동물의 도체분석(empty carcass analysis)은 다음과 같다. 성장실험개시기와 대사실험 완료후에 사료제거하고 나서 18 시간 후에 에텔로 마취시킨 후 곧 경동맥을 방혈시키고 개복하여 장내용물을 제거하고 도체무게(car carcass weight)를 측정하였다. 도체는 알미늄호일로 포장하여 -20℃에 냉동보관한 후 얇게 썰어서 급수냉동기(Vitrus Company, The unit rap freeze dryer M 10 ~ 1,000)에서 3 일간 일정한 중량을 유지할때까지 냉동건조시켰고 ethyl ether로 지방을 추출한 후 분쇄시켜 화학분석하였다.

실험사료의 수분, 조단백질, 조지방, 회분, 조섬유, 도체의 수분, 조단백질, 조지방, 분과 뇨의 조단백질에 대한 정량분석은 AOAC (1980)¹⁰⁾에 의하여 조단백 측정에는 macro- 및 micro-kieldahl 법을 이용하였고 조지방측정에는 soxhlet 법을 이용하여 분석하였다. 에너지 측정에는 automatic bomb calorimeter (Model CA-3, Shimadzu)를 사용하였으며, 뇨에너지가는 韓(1966)¹¹⁾에 의하여 제안된 회기식을 이용하여 간접산출하였다.

조사항목 :

1) 증체량 : 4 주간의 성장 및 6 일간의 대사 실험 완료와 동시에 각각 사료제거후 2 시간후에 측정된 최종체중에서 각각의 개시기 체중을 감한 것을 실험일수로 나누어 구하였다.

2) 사료섭취량 : 매주 조사된 사료섭취량의 합계를 실험일수로 나누어서 1 일당 사료섭취량으로 환산하였다.

3) 사료효율 : 매주 조사한 사료섭취량에 대한 증체량의 비율로 구하였다.

4) 단백질효율 : 4 주간의 성장실험기간의 단백질섭취량에 대한 증체량의 비율로 구하였다.

5) 질소보유율 : 체내 보유된 질소량을 대사실험기간 동안 섭취한 질소량으로 나누어 백분율로 표시하였

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diets with casein and isolated soyprotein (g/100g diet)

Protein source Level (%)	Casein			Isolated soy protein			5 % Casein + 0.3% Met.
	10	20	30	10	20	30	
Ingredients :							
Casein	11.5	23.0	34.5	0	0	0	5.75
Isolated soyprotein	0	0	0	11.0	22.0	33.0	0
Starch	62.5	50.0	37.0	64.0	52.7	41.4	69.0
Glucose	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Soybean oil	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
α - Cellulose	6.0	7.0	8.5	5.0	5.3	5.6	4.3
Vitamin mixture ¹⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral mixture ²⁾	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Methionine	0	0	0	0	0	0	0.3
Chemical composition :							
Moisture	12.30	11.74	11.29	11.74	10.80	12.59	-
Protein	10.48	20.02	28.19	10.24	19.30	27.75	-
Fat	2.72	2.97	2.95	3.09	3.71	4.51	-
Ash	3.31	3.50	3.52	3.96	3.89	4.81	-
Fiber	6.52	7.69	8.40	6.62	6.68	6.70	-
GE (kcal/g) ³⁾	3.99	4.12	4.25	3.96	4.16	4.20	-
ME (kcal/kg)	3,556	3,560	3,546	3,591	3,619	3,646	3,564

1) Vitamin mixture (per 100g mixture) : Vitamin A, 50,000IU ; Vitamin D₃, 10,000IU ; Thiamin HCl, 120 mg ; Riboflavin, 400mg ; Pyridoxine HCl, 800 mg ; Cyanocobalamin, 0.05mg ; Niacin, 600mg ; Choline, 20,000mg ; Folic acid, 600mg ; PABA, 500mg ; Calcium pantothenate, 500mg ; Inositol, 600 mg ; Vitamin K₃, 520mg ; Vitamin E, 500mg ; Ascorbic acid, 3,000mg.

2) Mineral mixture (per 100g mixture) : CaCO₃, 29.29g ; KH₂PO₄, 34.31g ; NaCl, 25.06g ; MgSO₄ · 7H₂O, 9.98g ; Fe (C₆H₅O₇) · 6H₂O, 623mg ; CuSO₄ · 5H₂O, 156mg ; MnSO₄ · H₂O, 121mg ; KI, 0.5mg ; (NH₄)₆Mo₇O₂ · 4H₂O, 2.5mg ; CaHPO₄ · 2H₂O, 0.43g.

3) Determined by automatic bomb calorimeter.

다.

6) 질소균형 : 섭취한 질소량에서 분질소량과 뇨질소량을 제하여 구하였다.

각 처리별 조사항목별 평균비교와 상관관계는 Steel과 Torrie (1960)¹⁾의 통계적 이론을 적용하여 F-test와 LSD (Least Significant Differences) 검정방법에 의하여 검토하였다.

결과 및 고찰

1. 성장시험

증체량, 사료섭취량, 사료효율 및 단백질 효율 :

사료의 에너지 수준을 3600 kcal/kg diet로 일정하게 하고 단백질의 종류를 casein과 ISP로, 단백질 급

Table 2. Weight gain (WG), food intake (FI), food efficiency ratio (FER), gross energy (GE) intake, energy efficiency (GE/100 kcal) and protein efficiency ratio (PER) of growing rats fed on different sources and levels of dietary proteins with different feeding patterns during 4 weeks of growing trials

Protein source	Protein level, %	Feeding pattern	Initial weight (g)	Final weight (g)	WG (g/day)	FI (g/day)	FER	GE(kcal)	WG/100 kcal	PER
Casein	10	ad libitum	91 ± 6.56 ^{***}	241 ± 28	5.3 ± 1.07 ^{**}	17.3 ± 1.77 ^{**}	0.31 ± 0.032	69 ^{**}	7.7 ± 0.79	2.9 ± 0.29
	10	meal fed.	87 ± 4.16	171 ± 9	3.0 ± 0.22	11.5 ± 0.97	0.26 ± 0.040	46	6.6 ± 1.04	2.5 ± 0.37
	20	ad libitum	97 ± 4.04	280 ± 24	6.5 ± 0.76	18.1 ± 0.99	0.36 ± 0.026	75	8.5 ± 0.51	1.8 ± 0.72
	20	meal fed.	84 ± 5.19	237 ± 16	5.5 ± 0.75	15.4 ± 1.41	0.43 ± 0.132	63	8.8 ± 2.08	1.8 ± 0.42
ISP	30	ad libitum	92 ± 4.51	275 ± 20	6.5 ± 0.59	18.2 ± 1.20	0.36 ± 0.006	77	8.6 ± 0.17	1.3 ± 0.60
	30	meal fed.	89 ± 3.79	271 ± 9	6.4 ± 0.23	15.6 ± 0.86	0.41 ± 0.031	66	10.0 ± 1.15	1.5 ± 0.14
	10	ad libitum	92 ± 5.19	164 ± 13	2.6 ± 0.33 [*]	12.9 ± 2.18 [*]	0.21 ± 0.063	52 [*]	5.2 ± 1.12	2.0 ± 0.63 ^{**}
	10	meal fed.	82 ± 3.21	120 ± 6	1.3 ± 0.11	9.7 ± 0.55	0.14 ± 0.015	39	3.5 ± 0.32	1.3 ± 0.11
LSD, 0.05	20	ad libitum	100 ± 2.00	250 ± 5	5.4 ± 0.27 [*]	16.3 ± 0.91 ^{**}	0.33 ± 0.015	67 ^{**}	7.9 ± 0.35	1.7 ± 0.08
	20	meal fed.	84 ± 1.53	190 ± 18	3.8 ± 0.58	12.1 ± 1.87	0.27 ± 0.075	50	7.5 ± 0.06	1.6 ± 0.57
	30	ad libitum	94 ± 3.46	257 ± 30	5.8 ± 0.96 [*]	15.7 ± 2.36 ^{**}	0.37 ± 0.010	67 ^{**}	8.9 ± 0.15	1.3 ± 0.02
	30	meal fed.	93 ± 0.06	196 ± 55	4.0 ± 1.94	11.2 ± 2.89	0.35 ± 0.085	48	8.2 ± 1.96	1.3 ± 0.31
			9	54	1.9	3.8	NS	12	NS	0.6

* Mean values significantly higher than other means at 0.05 level.

** Mean values significantly higher than other means at 0.01 level.

*** Mean ± S.D.

여수준을 10, 20, 30 %로 하고 급식형태를 *ad libitum* 과 *meal feeding* 으로 달리하여 성장하는 쥐에게 4 주간의 성장시험을 실시하였던 바 쥐의 일당 증체량, 일당 사료 섭취량, 사료효율 및 단백질 효율은 Table 2에서 보는 바와 같다.

쥐의 일당 증체량은 최종체중과 같이 처리별로 차이가 인정되었으며 ($P < 0.05$) 처리간에도 유의성 있는 상호작용을 보였다 ($P < 0.05$). Casein 10% 수준과 ISP 10, 20, 및 30% 수준에서는 *meal fed* 시킨 쥐보다 *ad libitum fed* 시킨 쥐의 일당 증체량이 높았으나 ($P < 0.05$), casein 20% 와 30% 수준에서는 급식형태에 의한 증체량의 차이에 통계적 유의성이 인정되지 않았다. 일당 증체량을 *ad libitum* 에 대한 *meal fed* 의 비율로 보면 casein 20% 수준에서 85%였으며, casein 30% 수준에서는 98%로, 거의 동일한 증체량을 보였다. 이와 같이 급식형태에 의한 증체량의 차이는 단백질의 종류나 수준에 의해 영향을 받아서 casein 10% 수준이나 ISP 10, 20 및 30% 의 모든 수준에서는 증체량의 차이가 컸으며 casein 20% 나 30% 수준에서는 *ad libitum* 군이나 *meal fed* 군 모두 동일한 증체량을 보였다.

사료섭취량 역시 처리에 의한 차이가 있었을 뿐 아니라 처리간에도 상호작용이 인정되었다 ($P < 0.05$). *Meal fed* 시킨 쥐들의 일당 사료섭취량을 *ad libitum* 군과 비교하여 보면 casein 10, 20 및 30% 수준에서는 각각 66, 85 및 86 %였으며 ISP 10, 20 및 30% 수준에서는 각각 75, 74 및 71%였다.

이상의 결과로 볼때, 성장하는 쥐에게 casein 과 같은 양질의 단백질을 20 ~ 30% 수준으로 1 일 2 회 2 시간씩 *meal fed* 시킨 경우, 사료섭취량은 *ad libitum* 보다 15% 적었으나, 증체량은 동일했다. 이는 *meal fed* 시킴으로써 사료섭취량은 감소해도 성장율은 동일하여 증체의 효과가 있었다는 다른 보고^{6) 7) 16)} 와도 일치하였다. 그런데, casein 으로 급여할지라도 10%의 저수준으로 *meal fed* 시켰을 때에는, 사료섭취량은 *ad libitum* 군에 비하여 34% 나 저하되었고, 증체의 효과는 인정되지 않았다. 이것은 Mercer¹⁾ 등의 결과와도 일치하는 경향이었는데, 그들은 체중 40g의 숫쥐에게 casein 을 0, 12, 30% 로 증가시킬수록 사료섭취량이 증가되고 증체량이 증가되었음을 보임으로써 단백질 수준과 증체량, 사료섭취량 및 사료효율이 함수관계에 있음을 입증했다.

단위사료섭취량 당 증체량인 사료효율은 Table 2에

서 보는 바와 같이 처리에 의한 통계적 유의차는 없었으나 단백질 급여수준이 10%로 낮을 때에는 *meal fed* 시키므로써 *ad libitum* 군보다 낮아졌으며, ISP 에서는 20% 수준에서도 같은 경향이였다. ISP 30%의 고수준에서는 *ad libitum* 군과 *meal fed* 군이 동일한 사료효율을 보였으며, casein 20% 와 30% 수준에서는 오히려 *ad libitum* 군보다 *meal fed* 했을 때의 사료효율이 더 높은 경향이였다. 이것은 *meal fed* 한 쥐의 경우, 사료섭취량은 적었으나 사료의 이용율이 증진되었다는 보고들^{4) 5) 8) 9)} 과도 일치하였으며, 그들은 이에 대하여 *meal fed* 시킨 쥐는 사료를 제한적으로 섭취하므로 BMR 감소나 활동량감소로 인한 에너지 소모량의 저하에 기인한다고 해석하였다.

총 에너지 섭취량 (GE) 은 사료섭취량이 증가함과 동시에 증가하였으므로 처리에 의한 유의차나 처리간의 상호작용에도 유의성이 인정되었다. 단백질급여수준에 따른 GE 섭취량의 차이를 보면, casein 의 경우 급여수준을 10%에서 20%로 증가시켰을 때에는 더 이상 증가되지 않았으며, ISP 의 경우에도 같은 경향을 보였다. casein 10% 수준에서는 급식형태에 의한 GE 섭취량의 차이가 컸으며 20% 와 30% 수준에서는 GE 섭취량의 차이는 인정되지 않았으며 ISP 에서는 모든 수준에서 *ad libitum* 보다 *meal fed* 시킨 쥐들의 GE 섭취량은 적었다 ($P < 0.05$).

GE 100Kcal 섭취량당 증체량인 에너지 효율을 보면 Table 2 와 같다. 급식형태에 의한 에너지 효율의 차이는 유의성이 인정되지 않았으나 casein 이나 ISP 모두 급여 단백질 수준을 증가시킬수록 에너지 효율은 높아졌으며, 이와같은 경향은 *meal fed* 나 *ad libitum* 시켰을때나 모두 동일했다.

이상과 같이 성장하는 쥐에게 1 일 2 회 2 시간씩 *meal fed* 시켰을 때 사료섭취량이나 증체량은 *ad libitum* 에 비하여 저하되었으나 에너지 효율에는 유의적인 차이가 없었으며, 한편 casein 20% 나 30% 수준에서의 사료 효율이나 에너지 효율은 *ad libitum* 보다 *meal fed* 시켰을 때에 더 높았다.

2. 대사실험

성장실험을 끝낸 후 대사 cage 로 옮겨서 2 주일간의 적응기간을 지낸 후 6 일간의 대사시험을 실시하였던 바 그결과는 Table 3, 4 와 같다.

쥐의 일당 증체량, 사료 및 GE 섭취량, 사료의 가스

Table 3. Weight gain (WG), food intake (FI), food efficiency ratio (FER), energy efficiency (GE), digestible (DE) and metabolizable (ME) energy, digestibility and metabolizability of energy of rats fed on different sources and levels of protein with different feeding patterns during 6 days of digestion trials

Protein sources levels(%)	Feeding pattern	Initial weight(%)	Final weight(%)	WG (g/day)	FI (g/day)	FER	GE (kcal)	WG/100 kcal.	DE (kcal/day)	ME (kcal/day)	DE/GE (%)	ME/GE (%)
Casein	10 ad libitum	289 ± 18	314 ± 24	4.3 ± 0.51	20.5 ± 1.94	0.21 ± 0.011	73.3 ± 15.7	4.3 ± 1.29	69.9 ± 16.5	67.0 ± 16.2	95 ± 7.89	91 ± 8.34
	10 meal fed.	222 ± 4	234 ± 8	2.5 ± 1.64	14.3 ± 1.78	0.18 ± 0.058	54.3 ± 5.6	4.3 ± 1.31	49.0 ± 5.3	46.0 ± 6.2	90 ± 1.96	85 ± 2.70
	20 ad libitum	359 ± 11	384 ± 13	4.2 ± 0.39	20.1 ± 0.78	0.21 ± 0.020	84.6 ± 3.3	4.8 ± 0.54	76.4 ± 3.3	66.7 ± 1.9	90 ± 0.44	79 ± 2.84
	20 meal fed.	297 ± 28	320 ± 24	3.8 ± 0.34	16.7 ± 1.59	0.24 ± 0.061	71.4 ± 10.7	5.4 ± 1.39	64.6 ± 10.9	57.7 ± 8.6	90 ± 1.19	80 ± 3.47
ISP	30 ad libitum	348 ± 30	375 ± 32	4.5 ± 0.33	21.6 ± 1.85	0.21 ± 0.055	85.5 ± 12.1	5.6 ± 1.28	77.7 ± 10.3	64.9 ± 8.5	91 ± 1.31	76 ± 1.54
	30 meal fed.	333 ± 11	357 ± 8	4.0 ± 0.58	18.8 ± 0.74	0.21 ± 0.025	84.2 ± 7.3	4.7 ± 0.88	75.4 ± 6.8	64.0 ± 6.9	90 ± 0.15	76 ± 1.78
	10 ad libitum	181 ± 18	194 ± 21	2.3 ± 0.87	16.3 ± 0.60	0.14 ± 0.045	65.5 ± 2.4	4.1 ± 1.07	60.0 ± 2.1	57.2 ± 2.6	92 ± 0.88	87 ± 2.63
	10 meal fed.	152 ± 3	162 ± 3	1.7 ± 0.08	15.2 ± 0.64	0.21 ± 0.010	50.1 ± 2.5	3.4 ± 0.32	45.6 ± 2.3	42.9 ± 1.4	91 ± 0.22	86 ± 1.54
LSD, 5%	20 ad libitum	312 ± 12	337 ± 15	4.2 ± 0.50	18.7 ± 1.59	0.22 ± 0.026	74.6 ± 6.6	5.2 ± 0.61	67.0 ± 5.3	60.4 ± 4.8	90 ± 0.68	78 ± 1.64
	20 meal fed.	233 ± 22	252 ± 24	3.1 ± 0.98	15.2 ± 2.96	0.21 ± 0.041	63.4 ± 12.3	4.5 ± 0.98	55.0 ± 11.6	52.2 ± 9.6	91 ± 0.45	82 ± 1.08
	30 ad libitum	321 ± 26	340 ± 24	3.3 ± 0.91	16.6 ± 0.69	0.20 ± 0.055	79.7 ± 16.2	5.1 ± 1.41	71.4 ± 13.2	61.9 ± 10.6	90 ± 1.96	78 ± 2.45
	30 meal fed.	219 ± 11	236 ± 5	2.8 ± 0.85	16.0 ± 3.81	0.18 ± 0.050	64.1 ± 15.9	3.6 ± 1.45	58.7 ± 16.8	50.6 ± 17.7	91 ± 3.06	78 ± 7.96
				1.8	5	NS	18	NS	16.6	15.7	NS	NS

* Mean values significantly higher than other means at 0.05 level.

** Mean values significantly higher than other means at 0.01 level.

*** Mean + S.D.

Table 4. Nitrogen balance and nitrogen retention and nitrogen digestibility of rats fed different sources and levels of dietary protein with different feeding patterns

Protein source	Protein levels(%)	Feeding pattern	Nitrogen intake (mg/day)	Fecal nitrogen (mg/day)	Digested nitro- gen (mg/day)	Urinary nitro- gen (mg/day)	Nitrogen balanc- e (mg/day)	Nitrogen re- tention(%)	Apparent digest.	True digest.
Casein	10	ad libitum	308 ± 66 [*]	34.1 ± 3.3 ^{***}	274 ± 63	96.6 ± 25.5	177 ± 40	57 ± 4	89 ± 1.7	99 ± 0.8
	10	meal fed.	228 ± 10	24.2 ± 3.9	204 ± 11	102.0 ± 49.8	102 ± 91	44 ± 19	89 ± 1.6	100 ± 0.3
	20	ad libitum	658 ± 26	39.3 ± 1.0	618 ± 26	425.6 ± 114.8	193 ± 92	30 ± 14	94 ± 0.4	99 ± 0.2
	20	meal fed.	561 ± 24	34.6 ± 3.4	526 ± 21	334.7 ± 35.6	191 ± 14	35 ± 4	94 ± 0.3	99 ± 1.5
ISP	30	ad libitum	941 ± 182	41.8 ± 3.0	899 ± 184	666.8 ± 117.9 ^{**}	232 ± 66	24 ± 3	95 ± 1.1	99 ± 0.6
	30	meal fed.	893 ± 171	39.7 ± 18.7	854 ± 153	481.1 ± 160.4	373 ± 8	42 ± 7	96 ± 0.8	99 ± 1.5
ISP	10	ad libitum	272 ± 23	29.8 ± 4.0	241 ± 21	98.8 ± 31.1	143 ± 52	53 ± 18	89 ± 1.4	100 ± 0.0
	10	meal fed.	208 ± 10	28.3 ± 2.2	179 ± 8	107.8 ± 38.5	94 ± 9	45 ± 2	87 ± 0.4	100 ± 0.0
ISP	20	ad libitum	529 ± 84	45.7 ± 6.5	483 ± 78	309.1 ± 107.5	174 ± 48	33 ± 12	91 ± 0.3	98 ± 0.8
	20	meal fed.	471 ± 91	35.7 ± 3.6	435 ± 88	229.3 ± 68.9	206 ± 19	44 ± 5	92 ± 0.8	99 ± 0.6
ISP	30	ad libitum	842 ± 79	59.2 ± 0.6	783 ± 78	518.6 ± 69.8 ^{**}	265 ± 16	32 ± 3	93 ± 0.3	97 ± 0.0
	30	meal fed.	677 ± 168	50.7 ± 28.5	627 ± 190	334.0 ± 55.3	293 ± 22	40 ± 2	92 ± 0.1	97 ± 5.1
LSD, 0.05			168	NS	NS	135.1	NS	NS	NS	NS

* Mean values significantly higher than other means at 0.05 level.

** Mean values significantly higher than other means at 0.01 level.

*** Mean + S.D.

화에너지 (DE) 와 대사에너지가 (ME) 는 처리에 따라 통계적인 유의 차를 보였는데, casein 10% 수준에서는 meal fed 시켰을 때보다 ad libitum 에서 유의성 있게 높았으며, ISP 보다 casein 에서 유의성 있게 높았다 ($P < 0.05$). 그밖의 급여수준에서의 사료섭취량이나 증체량은 ad libitum 보다 meal fed 시켰을 때에 적었으나, 그 차이에 통계적 유의성을 보이지 않았으므로 모든군에서 동일한 효과를 보였다. 특히 casein 20%의 사료효율이나 에너지 효율은 성장실험 때와 같이 섭취한 사료와 에너지를 더 효율적으로 이용하여 증체의 효과를 높였음을 확인했다.

대사실험 기간중의 일당 증체량이나 사료효율이 모두 성장실험기간 보다 낮았던 것과 대사실험기간 중에 ISP 와 casein 간의 차이가 인정되지 않았던 것과, 특히 성장실험기간동안에 식이단백질의 종류나 급여수준에 의한 차이가 많았던 것은 모두 쥐의 lysine 과 methionine 요구량¹⁰⁾이 성장시에는 각각 0.7% 와 0.6%였다가 성장완료시에 유지요구량은 각각 0.11 와 0.23%로 저하된 때에 기인한다고 사료된다. 에너지 효율에서도 같은 경향을 볼 수 있어서, ISP 10% 수준에서는 성장실험기간이나 대사실험기간의 차이는 거의 없었으나, 그밖의 다른 처리에서는 전체적으로 성장실험기간의 에너지 효율에 비하여 대사실험기간의 에너지 효율이 55~60%로 저하된 경향이였다.

총에너지섭취량에 대한 감소와 및 대사 에너지가 비율, 즉 섭취한 에너지의 소화율 및 이용율인 DE/GE 와 ME/GE 비율은 처리에 의한 통계적 유의차가 인정되지 않았으나 전자는 단백질 수준의 증가에 따라 전혀 영향받지 않았으나 후자는 단백질급여수준을 증가시킬수록 감소되는 경향이였으며, 급식형태에 의한 차이는 전혀 인정되지 않았다. 쥐는 meal fed 시킴으로써 ad libitum 에 비하여 사료섭취량이 저하되었으므로 GE 섭취량이나 DE, ME 에는 약간 감소의 경향을 보였으나 에너지의 소화율이나 이용율은 동일한 경향을 보였다. 이는 쥐에게 meal fed 시켰을 때에 ad libitum 보다 섭취한 에너지를 더 효율적으로 이용함을 시사한다고 본다.

3. 질소대사

단백질의 종류, 수준 및 급식형태에 따른 질소섭취량, 뇨 및 분의 질소 배설량, 소화율, 질소균형 및 질소보유율은 Table 3에서 보는 바와 같다.

질소섭취량은 사료섭취량과 같이 casein 이나 ISP

모두 단백질의 수준을 증가시킬 수록 증가되었으며 ($P < 0.05$), 이같은 경향은 급식형태에 의해서도 나타났는데 동일 단백질 수준내에서는 meal fed 시켰을 때 보다는 ad libitum 에서 더 증가했다. 급식형태에 의한 차이는 단백질 종류에 따라서 일정치 않았는데 casein 의 경우 10% 수준에서 차이가 컸고, 반면 ISP 의 경우에는 30% 수준에서 차이가 컸다.

이상과 같이 질소섭취량에 차이가 있었음에도 불구하고 분질소 배설량은 모든 처리에서 일정한 경향이였으며 유의적인 차이는 보이지 않았다. 일정 질소섭취량에 대한 분질소배설량은 단백질 수준을 증가시키기에 따라 감소되는 경향이였다. 단백질의 소화율은, 급식형태에 의한 통계적 유의 차는 없었으나 casein 급여수준을 10% 에서 20%와 30%로 증가시킬때 단백질의 소화율은 89%에서 94%와 95%로 증가되었다 ($P < 0.05$).

ISP 의 소화율 역시 casein 과 같은 경향이였으나 전체적으로 2~3% 정도 낮은 경향이였다. 노질소 배설량은 casein 이나 ISP 모두 단백질 수준을 증가시키기에 따라 증가되었다. 급식형태에 의한 차이를 보면 단백질 10% 수준에서는 ad libitum 보다 meal fed 시켰을 때에 노질소 배설량이 증가했으며 20%와 30% 수준에서는 10% 수준에서와는 달리 meal fed 보다 ad libitum 시켰을 때에 더 증가했다. 이는 단백질 10% 수준으로 meal fed 시켰을 때에는 사료섭취량이 현저히 저하되었기 때문에 섭취된 질소는 분해되어 에너지로 이용됐음을 보여 주는 것이라고 본다. 이는 전술한 PER 치 역시 단백질 10% 수준으로 meal fed 시켰을 때에 현저히 감소했던 반면 20% 와 30% 수준으로 meal fed 시켰을 때에는 ad libitum 보다 동일하거나 오히려 증가 (casein 30%) 했던 경향과 일치하는 것으로 사료된다

질소균형과 질소보유율은 모든 처리에 의한 통계적 유의 차를 보이지 않았으나 단백질의 급여수준을 증가시키기에 따라 감소하는 경향이였다. 한편 급식형태에 의한 질소균형과 질소보유율의 차이를 보면 단백질 10% 수준에서는 meal fed 보다 ad libitum fed 했을 때에 증가되었으나 20% 와 30% 수준에서는 10%에서와는 달리 meal fed 시켰을 때에 더 증가되었다.

Ozelci¹⁰⁾ 등 (1977) 은 150-250 g 의 숫쥐에게 casein 10, 20 및 30%로 1 일 혹은 격일로 2 시간 1 회 meal fed 시키고 pair-ad libitum fed 시킨 쥐와 비교했을 때 분질소 배설량은 모든 처리에서 차이가 없었다는 보고와 같은 경향이였으나 노질소 배설량은 meal

Table 5. Body composition of rats fed on different sources and levels of dietary proteins with different feeding patterns

Protein source	Protein levels	Feeding patterns	Carcass			
			Weight(g)	Moist. (%)	Fat (%)	Protein (%)
Casein	Initial		77	71.0	9.8	16.7
	10	ad libitum	270 ± 7.57	62.0 ± 1.11	15.8 ± 1.59	18.4 ± 0.76 ***
	10	meal fed	216 ± 16.16	60.9 ± 0.88	18.2 ± 0.47	18.1 ± 0.54
	20	ad libitum	350 ± 13.04	60.8 ± 1.49	16.8 ± 2.16	18.8 ± 0.50
	20	meal fed	309 ± 29.58	59.8 ± 0.17	17.6 ± 1.05	19.0 ± 0.38
	30	ad libitum	341 ± 37.37	59.6 ± 0.81	20.5 ± 0.28	18.7 ± 0.32
ISP	30	meal fed	339 ± 8.50	59.6 ± 1.76	20.8 ± 2.06	18.7 ± 0.61
	10	ad libitum	191 ± 21.10	59.9 ± 2.73	20.3 ± 2.69	17.7 ± 0.60
	10	meal fed	153 ± 5.75	62.3 ± 1.43	16.6 ± 1.47	18.0 ± 1.54
	20	ad libitum	279 ± 36.60	60.6 ± 1.10	17.7 ± 1.79	19.6 ± 0.24
	20	meal fed	234 ± 23.03	60.6 ± 3.45	18.2 ± 1.15	16.7 ± 0.54
	30	ad libitum	335 ± 31.08	61.3 ± 2.18	17.2 ± 3.38	18.5 ± 0.67
	30	meal fed	225 ± 1.32	62.4 ± 2.81	15.8 ± 3.47	19.2 ± 0.97

LSD, 5 %

NS

NS

NS

NS

*** Mean ± S.D.

fed 했을 때 더 증가했다는 보고는 본 연구의 단백질 10 %의 결과와 일치하는 경향이였다. 질소보유율에는 차이가 없었으며 실제로 meal eater는 체단백질 보유율이 더 증가하는 경향이였다는 보고¹⁸⁾와 일치했다. 1일 1회 2시간 force fed 시켰을 때에는 pair-ad libitum fed에 비하여 질소보유율이 저하되었으나 1일 혹은 격일로 2시간 1회 meal fed 시켰을때 ad libitum 군과 동량의 질소를 보유할 수 있었던 것에 관한 기전은 아직 불분명하다고 했다.

4. 체조성

7주간의 성장 및 대사 실험을 완료한 후 도체분석에 의하여 얻어진 결과인 체수분, 체지방 및 체단백질의 조성은 Table 5에서 보는 바와 같다. 체조성의 변화를 실험개시기의 체조성과 비교했을때 체수분량은 감소했고 체지방량은 증가했으며 체단백질량은 큰 변화를 볼 수 없었다.

급식 형태나 단백질 종류 및 급여수준에 의한 체조성 상의 통제적 유의차는 인정되지 않았으나 체수분량과 체지방량 간에는 음의 상관관계($r = -0.77$)를 보여서 체지방이 증가될수록 체수분은 감소되었다.

체수분량은 사료의 단백질 수준을 증가시킬수록 감소하는 경향이였으며 반대로 체지방은 증가되는 경향이였다. casein 10% 수준에서의 체지방은 ad libitum 보다는 meal fed 시켰을 때에 더 높았으며 30%의 고수준에서는 ad libitum 군에서도 체지방 축적의 경향을 보였기 때문에 급식형태에 의한 체지방축적의 효과와 동일하게 나타났던 것으로 본다.

결과로 미루어 보아 성장하는 쥐에게 meal fed 시켰을 때에는 사료섭취량 및 총에너지 섭취량이 제한되어서 도 체무게나 체지방량에는 큰 증가를 보이지 않았으나 casein이나 ISP 모두 20% 수준에서는 ad libitum 보다 meal fed에서 체지방량이 약간 많은 경향을 보였으므로

meal feeding 급식형태는 체지방 축적의 효과를 보인다는 다른 보고⁴⁾ 11) 와도 일치하는 경향으로 사료된다.

요 약

섭취한 식품이나 에너지를 체내에 보유하는데에 효율적인 것으로 알려진 meal feeding 급식형태를 이용하여 단백질의 종류와 수준을 달리했을 때 쥐의 성장, 단백질 및 에너지 대사, 체조성에 미치는 영향을 파악코자 하였다.

Casein 과 ISP 를 10, 20 및 30% 수준으로 달리하고 에너지수준을 3600 kcal ME/kg 으로 동일하게 구성된 실험사료를 82~100 g 되는 숫쥐에게 ad libitum feeding 및 1 일 2 회 2 시간씩 meal feeding 으로 4 주간의 성장시험과 대사시험을 실시하였던 바 결과는 다음과 같다.

1) Meal fed 시켰을 때 사료섭취량은 ad libitum 보다 66~86% 로 저하되었으며, 증체량 역시 저하되었다. 그러나 casein 20%와 30% 수준에서는 ad libitum 사료섭취량의 85%에 불과했으나 동일한 증체량을 보였다.

2) 사료효율 및 에너지효율은 급식형태에 의한 통계적 유의차를 인정할 수 없었으며, 특히 casein 20%와 30% 수준에서는 사료 및 에너지효율이 ad libitum 보다 meal fed 시켰을 때에 더 높았다.

3) 총에너지 섭취량, 가소화에너지 및 대사에너지는 ad libitum 보다 meal fed 시켰을 때에 약간 감소되는 경향이었고 에너지의 소화율이나 이용율은 동일했다.

4) 질소섭취량은 ad libitum 보다 meal fed 시켰을 때에 통계적으로 유의성 ($P < 0.05$) 있게 적었음에도 불구하고, 질소균형과 질소보유율의 차이에는 유의성을 보이지 않았다. 질소균형 및 보유율은 단백질 10% 수준에서는 ad libitum 에서 더 높은 경향이었으나 20%와 30% 수준에서는 오히려 meal fed 시켰을 때에 더 높은 경향이였다.

5) 7 주간의 시험완료 후 도체분석에 의한 체조성은 급식형태에 의한 유의차가 인정되지 않았다. 체지방량과 체수분량과는 음의 상관관계 ($r = -0.77$) 를 보였다.

이상의 결과에 의하면, casein 의 경우, 20%와 30% 수준에서 meal feeding 에 의한 효과를 확인하였으며 이는 증체의 효과, 사료 및 에너지의 이용을 증진의 효

과, 질소보유율 증가의 효과, 체지방 축적의 경향을 보였다. 이같은 경향은 casein 군이 ISP 군보다 더 효과적이었다.

참 고 문 헌

- 1) Fabry, P. & Tepperman, J. : *Meal frequency - A possible factor in human pathology. Am. J. Clin. Nutr.* 23 : 1069-1068, 1970.
- 2) Bortz, W. M., Wroldsen, A., Issekutz, B. & Rodahl, K. : *Weight loss and frequency of feeding. New England J. Med.* 274 : 376-380, 1966.
- 3) Cohn, C. & Joseph, D. : *Feeding frequency and protein metabolism. Am. J. Physiol.* 205 : 71-78, 1963.
- 4) Muiruni, K. L. & Leveille, G. A. : *Metabolic adaptations in meal-fed rats : Effects of increased meal frequency or ad libitum feeding in rats previously adapted to a single daily meal. J. Nutr.* 100 : 450-460, 1969.
- 5) Leveille, G. A. : *The long-term effects of meal-eating on lipogenesis, enzyme activity and longevity in the rat. J. Nutr.* 102 : 549-556, 1972.
- 6) Leveille, G. A. & Hanson, R. W. : *Influence of periodicity of eating on adipose tissue metabolism in the rat. Can. J. Physiol. Pharmacol.* 43 : 857-865, 1965.
- 7) Leveille, G. A. : *Adipose tissue metabolism : Influence of eating and diet Composition. Fed. Proc.* 29 : 1294-1301, 1970.
- 8) Leveille, G. A. & O' Hea, E. K. : *Influence of feeding pattern on energy metabolism in the rat. J. Nutr.* 93 : 541-545, 1967.
- 9) Spangler, E. & Johnson, D. E. : *Influence of feeding pattern on energy balance and activity in rats. J. Nutr.* 111 : 1297-1304, 1981.
- 10) Ozelci, A., Romsos, D. R. & Leveille, G. A. : *Influence of a liquid diet and meal pattern on body weight and body fat in rats. J. Nu-*

- tr. 108 : 1128-1136, 1978.
- 11) Park, H. S. : *Influence of periodicity of eating on body fat accumulation and lipases in rat adipose tissue.* K. J. Nutr. 10 : 198-206, 1977.
 - 12) Han, I. K. : *Frequency of meals and hyperlipogenesis.* K. J. Agri. Chem. 7 : 21-27, 1966.
 - 13) AOAC : *Official method of analysis of the association of official analytical chemists.* 12th ed, Washington D. C., 1980.
 - 14) Han, I. K. : *Estimating urinary energy value of rat from the urinary nitrogen content.* K. J. Agri. Chem. 7 : 29-33, 1966.
 - 15) Steel, R. G. D. & J. H. Torrie : *Principles and procedures of statistics.* McGraw-Hill Book company, New York, 1960.
 - 16) Leveille, G. A. & Romsos, D. R. : *Meal eating and obesity.* Nutr. Today. (11) : 3-9, 1974.
 - 17) Mercer, L. P., Watson, D. F. & Ramlet, J. S. : *Control of food intake in the rat by dietary protein concentration.* J. Nutr. 111 : 1117-1123, 1981.
 - 18) NRC : *Nutrient requirements of laboratory animals.* 3rd ed., National Academy of sciences, Washington, D. C., 1978.
 - 19) Ozelci, A, Romsos, D. R. & Leveille, G. A. : *Influence of diet composition on nitrogen balance and body composition in meal-eating and nibbling rats.* J. Nutr. 107 : 1768-1774, 1977.