

## 각종 회복식이가 무단백식을 섭취한 흰쥐의 체구성 성분에 미치는 영향

이화여자대학교 식품영양학과

崔榮蘭 · 徐東熙 · 金美經 · 金淑喜

=Abstract=

### Effect of the Various Recovery Diets on the Body Composition of Protein-depleted Rat

Young Ran Choi, Dong Hee Suh, Mi Kyung Kim, and Sook He Kim

Department of Foods and Nutrition, EwhaWomans University, Seoul, Korea

The changes of the total body composition, internal organs, skeletal muscles, and epididymal fat pad in rats fed protein depletion diet and 4 different recovery diets were examined.

Seventy-eight male Sprague-Dawley rats weighing  $212 \pm 2$  gr were used, and the results were as follows:

A) After the 2 weeks of protein depletion, body weight decreased about 20% from the initial weight. It was mainly due to the total body lipid reduction. Among various organ weights, liver and spleen reduced 35~58%, kidney and heart reduced 18~30%, and muscles reduced 2~13%, while brain, epididymal fat pad were not changed significantly.

In regarding protein and lipid contents of these tissues, protein in liver, lipid in muscle, and both in spleen were markedly reduced.

B) With the 2 weeks of feeding recovery diets, the increases of body weight were different among 4 groups. High-fat group gained at the highest level (67%), and high-CHO group the lowest (30%).

Total body composition (%) of the standard and high-protein groups recovered to the level of 0 day protein depletion, while protein in the high-fat group and water in the high-CHO group decreased, and fat in these 2 groups increased. Weights of organs and muscles of the high-protein and high-fat groups were similar to the standard group and those of the high-CHO group were lower than the standard group. Composition of organs and muscle in the high-protein group was similar to the standard group, while the N contents of the high-fat and high-CHO groups were lower and the lipid content of the high-fat group was higher than the standard group.

The weight and lipid content of epididymal fat pad were the highest in the high-fat group.

## I. 서 론

인간은 기하급수적으로 증가하고 식량은 산술급수적으로 증가한다는 Malthus의 말과 같이 인구 증가와 식

량증가의 불균형은 심각한 식량난과 영양상의 문제를 초래하게 되었으며 이러한 식량부족의 문제 중에서도 특히 중요하게 야기되는 문제는 단백질 부족으로 나타나 있다<sup>1)</sup>.

이 단백질 부족은 선진국을 제외한 거의 전 세계에

표 1. 각종 식이의 구성 성분

(/kg 식이)

	표 준	무 단 백	고 단 백	고 지 방	고탄수화물
Starch(g)	720	920	520	460	850
Casein(g)	200	0	400	200	70
면실유 (cc)	45	45	45	45	45
Butter(g)	—	—	—	260	—
간 유 (cc)	30	30	30	30	30
*Salt Mix.(g)	40	40	40	40	40
*Vit. B <sub>12</sub> (cc)	1	1	1	1	1
*Vit. K+E(cc)	2	2	2	2	2
*수용성 Vit.(g)	+	+	+	+	+

\* 이화여대 식품영양학과 동물실험실 식이 성분표 참조

서 일어나고 있으며, Metcuff<sup>2)</sup>에 의하면 지구상의 3억 이상의 어린이가 calory-protein malnutrition으로 고통을 받는다고 한다. 우리나라에서도 대부분의 열량을 곡류에서 얻고 있으므로 단백질 섭취가 부족하며 특히 양질의 단백질 섭취가 부족한 것으로 나타나 있다<sup>3)</sup>.

본 연구에서는 무단백식이 섭취가 체구성 성분에 미치는 영향과 무단백식이 섭취 후 4가지 회복식을 섭취시켜서 체구성 성분이 어느정도 회복되는가를 비교하였다.

## II. 실험재료 및 방법

체중 150~200 gr 되는 Sprague-Dawley 수컷쥐 78마리를 3일간 표준식으로 적응시킨 후(평균 체중 212±2 gr) 무단백식을 2주간 섭취시켰으며, 이어서 4군으로 나누어 20% casein 표준(S), 40% casein 고단백(P), 30% butter 고지방(F), 85% starch 고탄수화물(C) 식이를 각각 2주간 섭취시켰다.

쥐는 무단백식이 기간중 0일(0군), 7일(NP 7군) 14일(NP 14군)과 회복식이 기간중 3일(Rec 3 S, P, F, C군) 7일(Rec 7 S, P, F, C군) 14일 (Rec 14 S, P, F, C군)에 죽여서 분석하였다.

각 식이의 구성성분은 표 1과 같다.

쥐의 체중은 매일 측정하였고, 식이 섭취량은 2일에 한번씩 측정하였다. 장기와 조직의 무게는 간, 비장, 심장, 신장, 뇌, epididymal fat pad, 근육(gastrocnemius, biceps, plantaris, anterior tibia)과 뼈(humerus, femur, tibia)에서 측정하였으며, 조직의 분석은 비장, 근육(gastrocnemius)에서 수분, 질소(Micro-Kjeldahl 방법<sup>4)</sup>), 지방(Saxon 방법<sup>5)</sup>) 함량을, serum

에서 단백질(Kingsley 방법<sup>6)</sup>)과 지방(Frings氏 방법<sup>7)</sup>) 함량을 측정하였고, epididymal fat pad의 지방 함량은 Folch 방법<sup>8)</sup>으로 측정하였다.

전체 체구성 성분 분석은 수분, 단백질, 지방, 회분의 함량을 Marshall<sup>9)</sup>의 방법을 수정하여 측정하였다.

## III. 실험결과

### A. 식이섭취량

무단백식이 섭취기간 중 첫 1주의 식이섭취량은 14.1g/日 이었으며 2주째에는 10.9g/日 을 섭취하였다.

회복식이 섭취기간에는 식이섭취량이 16~17g/日 로 식이군 사이에 차이가 없었으며 무단백식이 섭취기간에 비해 식이섭취량이 현저히 증가하였다.

### B. 체 중

표 2-1, 2-2에서 보는 바와 같이 무단백식이 섭취시의 체중감소는 처음 1주에 12%정도 이었으며, 2주 때에는 0군과 비교해서 20%정도 감소되었다. 회복식이 섭취기간에는 체중이 다시 증가하여 회복 2주째의 체중 증가는 Rec 14 F군에서 67%정도로 가장 컸으며 Rec 14 C군에서 30%로 가장 작았다.

표 2-1. 무단백식이 섭취기간중의 체중변화

군	체 중 (g)	체중변화율(%)
O	211.5±2.2*	0
NP 7	185.8±2.2	-12.2
NP 14	170.1±2.2	-19.6

\* 표준 오차

표 2-2. 무단백식이 2주간 사육후 회복식이 섭취 기간 중의 체중변화

군	체 중 (g)	체중변화율(%)**
Rec 3 S	201.1±5.7*	+18.6
Rec 3 P	202.6±4.5	+19.1
Rec 3 F	207.1±6.6	+21.8
Rec 3 C	180.6±3.7	+ 6.1
Rec 7 S	230.8±7.6	+35.9
Rec 7 P	230.7±5.4	+35.7
Rec 7 F	245.6±6.3	+44.3
Rec 7 C	200.9±6.7	+17.8
Rec 14 S	262.2±11.3	+55.0
Rec 14 P	257.4± 9.3	+51.2
Rec 14 F	283.9± 8.9	+66.8
Rec 14 C	221.1±11.4	+29.7

\* 표준오차

\*\* 각 항의 체중변화율은 NP 14 군(170.1g)에 대한 변화율을 나타내었다.

C. 조직의 무게

1. 장기의 무게

표 3에서 보면 무단백식이 섭취로 체중은 20%정도

의 감소를 나타내고 있으며 간은 8.92g에서 5.84g으로 35%정도, 비장은 0.93g에서 0.39g으로 58%정도의 감소를 보여 체중감소보다 더 컸는데, 간은 2주때보다 1주때의 무게감소가 더 컸으며, 비장은 1주때의 무게감소가 매우 커서 1주때와 2주때의 무게가 서로 비슷하였다.

심장과 신장은 각각 30%, 18%정도의 무게감소를 하여서 거의 체중과 비슷한 경향이었으나 뇌만은 오히려 6%무게증가를 나타내었다.

2주간의 회복식이 섭취로 무단백식이 2주간 섭취때보다 간 무게는 고단백질군이 85%정도의 가장 큰 무게 증가를 보였으며, 표준군과 고단백질군은 회복식이 3일간 섭취로 거의 회복 14일의 수준으로 간 무게가 증가하여서 빠른 무게증가를 나타내었으며 또한 체중증가보다 더 높은 증가경향을 보였다. 그러나 고탄수화물군은 18%정도의 낮은 증가를 보이고 있었다.

비장의 무게는 특히 체중증가보다 무게증가경향이 컸는데 회복식이 3일과 회복식이 7일에는 고단백질군이 가장 높았으며 회복식이 14일에서는 표준군이 가장 높아서 NP 14군에 비해 170%정도 증가하였으나 고탄수화물군은 72%정도의 증가를 나타내었다.

표 3. 장기의 무게

단위 : g.

군	Liver	Spleen	Heart	Kidney	Brain
O	§ 8.92±0.90*	¶ 0.93±0.12	¶ 0.87±0.09	1.46±0.11	1.43±0.05
NP 7	¶ 6.97±0.23	¶ 0.38±0.04	¶ 0.85±0.05	1.34±0.06	1.55±0.06
NP 14	¶ 5.84±0.48*‡	¶ 0.39±0.07 <sup>a</sup>	¶ 0.60±0.02 <sup>a</sup>	1.21±0.12 <sup>(A,B)</sup> **	1.52±0.06 <sup>a</sup>
Rec 3 S	10.41±0.55 <sup>b</sup>	0.57±0.03 <sup>a,b,c</sup>	0.71±0.03	1.45±0.04 <sup>(A,B)</sup>	1.55±0.10
Rec-3 P	10.00±0.20 <sup>b</sup>	0.86±0.10 <sup>c</sup>	0.69±0.02	1.55±0.09 <sup>(B)</sup>	1.51±0.04
Rec 3 F	9.51±0.47 <sup>b</sup>	0.73±0.07 <sup>b,c</sup>	0.64±0.03	1.47±0.06 <sup>(A,B)</sup>	1.46±0.09
Rec 3 C	6.77±0.53 <sup>a</sup>	0.52±0.06 <sup>a,b</sup>	0.63±0.05	1.13±0.08 <sup>(A)</sup>	1.53±0.07
Rec 7 S	10.78±0.51 <sup>b</sup>	0.83±0.05 <sup>a,b,c</sup>	0.93±0.05 <sup>c</sup>	1.69±0.09 <sup>b</sup>	1.76±0.02 <sup>b</sup>
Rec 7 P	12.06±0.77 <sup>b</sup>	1.31±0.22 <sup>c</sup>	0.79±0.02 <sup>b,c</sup>	1.80±0.09 <sup>b</sup>	1.38±0.08 <sup>a</sup>
Rec 7 F	11.19±1.12 <sup>b</sup>	1.14±0.14 <sup>b,c</sup>	0.79±0.05 <sup>b,c</sup>	1.52±0.10 <sup>a,b</sup>	1.42±0.03 <sup>a</sup>
Rec 7 C	8.21±0.47 <sup>a</sup>	0.69±0.05 <sup>a,b</sup>	0.70±0.03 <sup>a,b</sup>	1.44±0.07 <sup>a,b</sup>	1.52±0.03 <sup>a</sup>
Rec 14 S	10.42±0.70 <sup>b</sup>	1.08±0.02 <sup>b</sup>	0.88±0.04 <sup>b</sup>	1.90±0.13 <sup>c</sup>	1.60±0.01
Rec 14 P	10.79±0.78 <sup>b</sup>	0.80±0.03 <sup>a,b</sup>	0.86±0.03 <sup>b</sup>	1.97±0.12 <sup>c</sup>	1.53±0.09
Rec 14 F	10.46±0.24 <sup>b</sup>	0.95±0.18 <sup>b</sup>	0.88±0.04 <sup>b</sup>	1.72±0.09 <sup>b,c</sup>	1.59±0.05
Rec 14 C	6.88±0.60 <sup>a</sup>	0.67±0.09 <sup>a,b</sup>	0.76±0.06 <sup>a,b</sup>	1.34±0.09 <sup>a,b</sup>	1.63±0.02

\* : 표준오차

§ : O, NP 7, NP 14군 평균치간의 유의성 검정으로 로마숫자가 다른 것은 Tukey test에 의하여 α=0.05수준으로 유의적이었다.

‡ : NP 14군과 4회복식이기간에서 회복기간별로 유의성 검정을 하여서 각 항에서 alphabet이 다른 것은 Tukey test에 의하여 α=0.05수준으로 유의적이었다.

\*\* : NP 14군과 회복 3일의 4회복식이 군간의 유의성 검정.

심장과 신장은 체중과 비슷한 경향으로 전회복기간 동안 무게증가를 하였으며 심장에서는 표준군이 NP 14군에 비해 47%정도로 가장 크게 증가하였고 신장에서는 고단백질군이 63%의 가장 큰 증가를 보였으나 고단수화물군의 증가는 심장과 신장에서 모두 가장 낮았다. 그러나 뇌는 거의 무게 변화를 보이지 않았다.

체중의 변화에 따라서 장기무게는 비장, 간, 심장, 신장의 순으로 많은 변화를 보였으며, 뇌는 거의 변화를 보이지 않았다.

## 2. 근육 및 Epididymal fat pad의 무게

표 4에서 보면 2주간의 무단백식이 섭취로 근육의 무게는 gastrocnemius가 0.93g에서 0.84g으로 9%정도, biceps가 0.14g에서 0.12g으로 13%정도, 그리고 나머지 근육이 2~4%의 감소를 보이고 있으며 epididymal fat pad는 1.87g에서 1.78g으로 5%정도의 감소를 하여 근육과 fat pad의 무게감소는 모두 체중 감소보다 낮았다.

회복식이 섭취로 근육과 fat pad의 무게는 점점 증가하여 회복식이 14일에는 무단백식이 14일간 섭취 때보다 gastrocnemius가 31~51%정도, biceps가 33~75%정도, plantaris가 35~53%정도, anterior tibia가 22~47%정도의 증가를 보였는데 고지방군이 다른

회복식이군에 비해 약간 높은 경향이며, 고단수화물군은 약간 낮은 경향을 보였다. Epididymal fat pad는 65~150%의 증가를 보였는데 역시 고지방군이 다른 회복식이군에 비해 증가율이 높았다.

근육중에서는 bicep가 체중보다 무게증가가 컸으며 gastrocnemius와 plantaris는 거의 체중과 비슷한 경향이였으며 anterior tibia가 가장 무게증가가 적었다. Epididymal fat pad는 체중증가보다 훨씬 큰 무게 증

표 5. 뼈의 무게 단위 : g.

	Humerus	Femur	Tibia
O	0.26±0.01*	0.55±0.01	0.46±0.01
NP 14	0.25±0.03	0.55±0.03	0.44±0.02
Rec 7 S	0.26±0.00	0.59±0.02	0.47±0.02
Rec 7 P	0.25±0.01	0.55±0.03	0.45±0.03
Rec 7 F	0.24±0.02	0.57±0.03	0.47±0.03
Rec 7 C	0.25±0.01	0.55±0.02	0.43±0.01
Rec 14 S	0.28±0.02	0.59±0.04	0.48±0.04
Rec 14 P	0.27±0.01	0.58±0.03	0.45±0.02
Rec 14 F	0.28±0.02	0.62±0.03	0.50±0.03
Rec 14 C	0.26±0.01	0.58±0.03	0.46±0.02

표 4. 근육 및 Epididymal fat pad의 무게

단위 : g

군	Muscle				Epididymal fat pad
	Gastrocnemius	Biceps	Plantaris	Anterior tibia	
O	0.93±0.07*	0.14±0.01	0.18±0.01	0.37±0.01	1.87±0.08
NP 7	0.91±0.04	0.13±0.01	0.18±0.01	0.34±0.01	2.44±0.45
NP 14	0.84±0.07†	0.12±0.01 <sup>a</sup>	0.17±0.01 <sup>a</sup>	0.36±0.03 <sup>a</sup>	1.78±0.27 <sup>a</sup>
Rec 3 S	0.94±0.04	0.16±0.01 <sup>b</sup>	0.19±0.01	0.38±0.03	1.98±0.10
Rec 3 P	0.92±0.03	0.13±0.00 <sup>ab</sup>	0.19±0.01	0.36±0.02	1.77±0.23
Rec 3 F	0.96±0.09	0.14±0.01 <sup>ab</sup>	0.19±0.02	0.36±0.03	1.90±0.08
Rec 3 C	0.86±0.05	0.13±0.01 <sup>ab</sup>	0.17±0.01	0.34±0.03	1.99±0.16
Rec 7 S	1.15±0.05 <sup>b</sup>	0.17±0.00 <sup>ab</sup>	0.23±0.01 <sup>b</sup>	0.44±0.03	2.55±0.37 <sup>ab</sup>
Rec 7 P	1.03±0.04 <sup>ab</sup>	0.17±0.01 <sup>ab</sup>	0.20±0.01 <sup>ab</sup>	0.41±0.02	2.79±0.31 <sup>ab</sup>
Rec 7 F	1.13±0.04 <sup>b</sup>	0.18±0.01 <sup>b</sup>	0.23±0.01 <sup>b</sup>	0.45±0.02	3.76±0.20 <sup>b</sup>
Rec 7 C	1.04±0.08 <sup>ab</sup>	0.17±0.02 <sup>ab</sup>	0.21±0.02 <sup>ab</sup>	0.41±0.02	2.40±0.46 <sup>ab</sup>
Rec 14 S	1.27±0.09 <sup>b</sup>	0.20±0.01 <sup>b</sup>	0.26±0.02 <sup>b</sup>	0.50±0.02 <sup>b</sup>	3.35±0.35 <sup>ab</sup>
Rec 14 P	1.22±0.04 <sup>b</sup>	0.20±0.01 <sup>b</sup>	0.25±0.01 <sup>b</sup>	0.47±0.02 <sup>ab</sup>	3.04±0.41 <sup>ab</sup>
Rec 14 F	1.27±0.07 <sup>b</sup>	0.21±0.02 <sup>b</sup>	0.25±0.02 <sup>b</sup>	0.53±0.04 <sup>b</sup>	4.48±0.80 <sup>b</sup>
Rec 14 C	1.10±0.04 <sup>ab</sup>	0.16±0.01 <sup>ab</sup>	0.23±0.01 <sup>ab</sup>	0.44±0.01 <sup>ab</sup>	2.94±0.37 <sup>ab</sup>

\* 표준오차

† 표 3에서의 같음.

표 6. 체중 및 체구성 성분

군	체 중 수 분		단 백 질		지 방		회 분
	g	%	g	%	g	%	%
O	§ 211.4±6.9*	68.1±0.8	41.21±0.78	<sup>1</sup> 19.5	<sup>1</sup> 25.73±1.71	12.1	<sup>1</sup> 0.25±0.02
NP 14	<sup>1</sup> 162.0±8.8 <sup>‡</sup>	67.2±0.4 <sup>b</sup>	35.89±2.37 <sup>a</sup>	<sup>1</sup> 22.3 <sup>a</sup>	<sup>1</sup> 16.46±1.9 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	<sup>1</sup> 0.35±0.03 <sup>b</sup>
Rec 14 S	267.1±14.0 <sup>bc</sup>	66.9±0.6 <sup>b</sup>	54.36±2.32 <sup>b</sup>	20.2 <sup>abc</sup>	34.05±0.93 <sup>b</sup>	12.7 <sup>ab</sup>	0.15±0.00 <sup>a</sup>
Rec 14 P	258.9±9.6 <sup>bc</sup>	64.2±1.8 <sup>ab</sup>	54.60±2.30 <sup>b</sup>	20.8 <sup>bc</sup>	38.92±6.15 <sup>b</sup>	14.8 <sup>ab</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>
Rec 14 F	286.1±13.2 <sup>c</sup>	64.6±0.6 <sup>ab</sup>	52.75±3.64 <sup>b</sup>	18.3 <sup>c</sup>	48.71±0.52 <sup>b</sup>	17.0 <sup>b</sup>	0.16±0.01 <sup>a</sup>
Rec 14 C	223.0±19.7 <sup>a</sup>	61.3±0.5 <sup>a</sup>	44.80±4.19 <sup>a</sup>	20.1 <sup>ab</sup>	44.17±5.56 <sup>b</sup>	18.6 <sup>b</sup>	0.25±0.04 <sup>ab</sup>

\* : 표준오차  
 §‡ : 표 3에서와 같음.

표 7. 간의 무게 및 구성 성분

군	무 게	수 분	단 백 질		지 방	
	g	%	mgN**	%	mg	%
O	§ 8.92±0.90*	69.8±0.9	<sup>1</sup> 279.7±23.1	19.6	589.3±105.8	6.6
NP 7	<sup>1</sup> 6.97±0.23	69.9±0.8	<sup>1</sup> 206.6±7.5	18.5	583.6±46.7	8.4
NP 14	<sup>1</sup> 5.84±0.48 <sup>‡</sup>	72.0±0.4 <sup>c</sup>	<sup>1</sup> 143.9±15.3 <sup>a</sup>	15.1	530.4±8.6 <sup>a</sup>	9.1
Rec 3 S	10.41±0.55 <sup>b</sup>	70.9±1.1	321.8±22.5 <sup>b</sup>	19.3	583.9±63.4	5.6
Rec 3 P	10.00±0.20 <sup>b</sup>	70.9±0.4	312.1±11.0 <sup>b</sup>	19.5	496.7±23.0	5.0
Rec 3 F	9.51±0.47 <sup>b</sup>	69.9±0.8	296.8±20.2 <sup>b</sup>	19.5	595.4±31.0	6.3
Rec 3 C	.77±0.53 <sup>a</sup>	71.0±1.2	184.6±6.9 <sup>a</sup>	17.0	565.5±139.9	8.4
Rec 7 S	10.78±0.51 <sup>b</sup>	67.7±0.3 <sup>a</sup>	367.3±12.8 <sup>b</sup>	21.3	718.4±70.4	6.7
Rec 7 P	12.06±0.77 <sup>b</sup>	71.0±0.6 <sup>bc</sup>	371.0±28.1 <sup>b</sup>	19.2	708.1±99.6	5.9
Rec 7 F	11.19±1.12 <sup>b</sup>	69.8±0.9 <sup>ab</sup>	360.4±40.9 <sup>b</sup>	20.1	738.3±95.5	6.6
Rec 7 C	8.21±0.47 <sup>a</sup>	72.7±0.5 <sup>c</sup>	219.4±15.1 <sup>a</sup>	16.7	644.1±116.8	7.8
Rec 14 S	10.42±0.70 <sup>b</sup>	69.7±0.8 <sup>ab</sup>	334.8±21.8 <sup>b</sup>	19.8	673.9±85.7 <sup>a</sup>	6.5
Rec 14 P	10.79±0.78 <sup>b</sup>	72.1±0.5 <sup>bc</sup>	332.9±21.1 <sup>b</sup>	19.1	644.9±96.6 <sup>a</sup>	6.0
Rec 14 F	10.46±0.24 <sup>b</sup>	68.6±0.8 <sup>a</sup>	314.0±11.2 <sup>b</sup>	18.6	1025.7±39.8 <sup>b</sup>	9.8
Rec 14 C	6.88±0.61 <sup>a</sup>	73.0±0.6 <sup>c</sup>	185.6±21.8 <sup>a</sup>	17.3	555.3±50.7 <sup>a</sup>	8.1

\* : 표준오차  
 §‡ : 표 3에서와 같음  
 \*\*: 간의 N함량이며 단백질 %는 N×6.25×100/간무게로 계산함.

가를 보여주었다.

3. 뼈의 무게

표 5에서 보던 뼈의 무게는 무단백식이 및 회복식이 섭취로 거의 변화를 보이지 않았으며, 회복식이군간에도 유의적 차이가 없었다. 뼈의 무게는 체중의 변화에 대해 거의 변화를 보이지 않았다.

D. 체구성 성분

14일간의 무단백식이 섭취로 NP 14군에서 체중이

20% 정도 감소하였는데, 표 6의 체구성성분에서 양적 변화를 보면, 체내지방의 감소율이 체내단백질의 감소율보다 더욱 높았다. 회복기중에는 체내지방이 모든군에서 유의적으로 증가하였으며, 체내단백질은 Rec 14 C군을 제외한 Rec 14 S군, Rec 14 P군, Rec 14 F군에서 모두 증가하였다.

또한 체구성성분이 체내에서 차지하는 %의 변화를 보면, Rec 14 S군에서 O군과 비슷한 상태로 회복이 되었으며, Rec 14 F군에서는 O군에 비하여 단백질의

%가 약간 낮으며, 지방이 5%정도 높았다. 이것으로 보아 Rec 14 F군의 체중증가는 체내 지방량의 증가에 크게 기인하였으며, Rec 14 C군에서도 같은 경향이였다.

위의 결과에서 보면 회복식이의 단백질함유량이 20% 이상일 때에는 체내에 축적되는 단백질량은 차이가 없었으나, 이보다 낮은 7%의 단백질을 함유한 고탄수화물식이군에서는 체내단백질량이 유의적으로 적었다. 그리고 체내지방의 증가는, 식이에서 열량섭취가 컸던 고지방식이군에서 가장 컸으며, 같은 열량섭취 수준에서 보면, 식이의 단백질수준이 낮은 군에서 체내지방함량이 많았다. 이밖에 수분함량은 체내지방의 %가 가장 높았던 고탄수화물군에서 가장 낮았다.

### E. 각종 조직의 구성성분

#### 1. 간

표 7에 나타난 바와 같이 간의 무게는 NP 14군에서 O군과 비교할 때 3g 정도 감소가 되었는데, 감소율로 나타내면 35%의 감소였다. 이때 구성성분들의 변화는 간내의 단백질량이 유의적으로 감소되었으며 간내의 지방량은 거의 감소가 없어서 결과적으로 간의 지방 %

가 증가되었는데 이것은 지방의 감소가 더욱 컸던 몸 전체 구성성분변화와는 양상이 반대였다.

회복기 중의 간의 구성성분 변화는 회복 3일, 7일까지는 간내의 단백질량은 고탄수화물군을 제외한 모든 군에서 유의적으로 증가하였으며, 간의 지방량의 증가는 회복군간에 차이가 없었다. 회복 14일에는, 간의 단백질량은 역시 Rec 14 C군에서만 증가가 안된 상태였으며, 간의 지방량은 Rec 14 F군에서 다른 군에 비해 유의적으로 증가하였다. 즉, 고지방군에서 간내 지방의 %가 높았으며, 고탄수화물군에서도 간의 단백질량에 비해 지방량이 비교적 높았으므로 지방의 %는 높았다.

위의 결과에서 보면, 간의 단백질은 신체 다른 부위의 단백질보다 식이의 단백질량에 따라 더욱 예민하게 반응했는데, 즉 20%이상의 단백질 수준에서는 큰 차이가 없었으나 7%단백질 수준인 고탄수화물군에서 간내 단백질량은 매우 낮았다. 또한 간의 지방량은 식이 단백질 수준에 따른 차이가 거의 없었으며, 식이의 지방 함량이 많았던 고지방군에서 간의 지방량이 많은 경향이였다.

표 8. 비장의 무게 및 구성성분

군	무	수	단		지	
	계	분	백		방	
	g	%	mgN**	%	mg	%
O	§ 10.93±0.12*	79.9±0.2	123.45±2.95	15.8	25.0	2.7
NP 7	10.38±0.04	79.9±0.5	119.48±1.22	15.6	9.3	2.4
NP 14	10.39±0.07*‡	80.0±0.3 <sup>(ab)</sup>	110.52±1.28 <sup>a</sup>	16.9	9.1	2.3
Rec 3 S	0.57±0.03 <sup>abc</sup>	78.9±0.5 <sup>(A)</sup>	15.29±1.13 <sup>ab</sup>	16.8	16.7	2.9
Rec 3 P	0.86±0.10 <sup>c</sup>	80.7±0.3 <sup>(B)</sup>	20.78±2.69 <sup>b</sup>	15.1	21.2	2.5
Rec 3 F	0.73±0.07 <sup>bc</sup>	79.3±0.2 <sup>(AB)</sup>	19.01±1.81 <sup>b</sup>	16.3	20.5	2.8
Rec 3 C	0.52±0.06 <sup>ab</sup>	78.9±0.5 <sup>(A)</sup>	13.99±1.39 <sup>ab</sup>	16.8	13.2	2.5
Rec 7 S	0.83±0.05 <sup>bc</sup>	80.8±0.9	20.98±1.83 <sup>abc</sup>	15.8	22.5	2.7
Rec 7 P	1.31±0.02 <sup>c</sup>	78.6±0.6	35.67±7.01 <sup>c</sup>	17.0	38.4	2.9
Rec 7 F	1.14±0.14 <sup>bc</sup>	79.1±0.5	29.48±2.52 <sup>bc</sup>	16.2	36.7	3.2
Rec 7 C	0.69±0.05 <sup>ab</sup>	79.3±0.6	17.59±1.41 <sup>ab</sup>	15.9	18.0	2.6
Rec 14 S	1.08±0.02 <sup>b</sup>	79.5±0.2 <sup>a</sup>	29.22±0.58 <sup>c</sup>	16.9	29.1	2.7
Rec 14 P	0.80±0.03 <sup>ab</sup>	79.9±0.3 <sup>a</sup>	21.17±0.74 <sup>abc</sup>	16.5	20.5	2.6
Rec 14 F	0.95±0.18 <sup>b</sup>	80.9±0.4 <sup>ab</sup>	24.22±4.95 <sup>bc</sup>	15.9	24.5	2.6
Rec 14 C	0.67±0.09 <sup>ab</sup>	82.3±0.5 <sup>b</sup>	15.65±2.38 <sup>ab</sup>	14.6	15.3	2.3

\* : 표준오차

§‡ : 표 3에서와 같음

\*\* : 비장의 N함량이며 단백질 %는 N×6.25×100/비장무게로 계산함.

+ : NP 14군과 회복 3일의 4회복식이군간의 유의성검정.

## 2. 비 장

표 8에서 보는 바와 같이 비장의 구성성분 변화는 비장의 무게변화와 거의 비례하는 경향이였다. 즉, 무단백식이로 NP 14군에서 무게가 58%정도 감소했을 때 비장내 단백질량은 55%정도 감소되었으며, 지방량은 64%정도 감소했다. 회복기에도 모든 군에서 단백질 지방량이 무게증가에 비례하여 증가되었다. 수분량의 변화는 회복 14일에 Rec 14 C군에서 다른 군에 비해 2%정도 높았다. 위의 결과로 볼 때 비장 역시 식이의 단백질이 20% 수준 이상이였을때는 회복도가 비슷했으며, 식이 단백질 수준이 낮았을 때 무게, 단백질량, 지방량 모두 낮았다.

## 3. Gastrocnemius 근육

표 9에서 보는 바와 같이 근육의 무게는 무단백식이 섭취 1주째 까지는 변화가 없었으나 구성성분에서 단백질량이 약간 떨어졌으며 지방이 약간 증가되었다. 무단백식이 섭취 2주, 즉 NP 14군에서는 단백질과 지방량이 현저히 감소되었다.

회복기에는 모든 군에서 근육무게가 서서히 증가하였는데, 구성성분에서 단백질이 점차적으로 증가하였으며, 지방량은 회복 3일에 일단 증가한 후로는 대체

로 변화가 없었으나 회복 14일에 Rec 14 F군에서 지방량이 약간 높은것을 볼 수 있었다. 또한 근육의 무게는 회복 14일에 Rec 14 S군과 Rec 14 F군에서 증가가 가장 컸는데, Rec 14 F군은 Rec 14 S군에 비해 근육내 단백질량은 약간 적었으며, 지방량은 많았다.

위의 결과로 보아, 식이내 단백질함량이 20% 이상 일 때는 근육의 회복도는 비슷했으며, 같은 20% 수준에서는 식이의 지방량이 많을 때 근육내 단백질량은 약간 적었고, 근육내 지방량이 많았으며, 식이의 단백질 수준이 7%일 때는 근육의 무게와 단백질의 회복도가 낮았다.

## 4. Epididymal fat pad

표 10에서 보는 바와 같이 fat pad 무게의 66~73%가 지방으로 구성이 되었는데, 식이군에 따라 지방의 %가 약간씩 달랐다. 무단백식이 섭취에 의해서는 변화가 별로 없었으며 회복중군 Rec 14 F군과 Rec 14 C군에서 지방의 %가 높았으며, 0군에 비해서도 유의적으로 높았다. 그러므로 식이에서 지방섭취가 컸을 때 fat pad의 무게뿐만 아니라 지방의 %도 높았다. 또한 고탄수화물식이에 의해서도 fat pad 내의 지방의 %가 높았다.

표 9. Gastrocnemius 근육의 무게 및 구성 성분

군	무 게	수 분	단 백 질		지 방	
	g	%	mgN**	%	mg	%
O	0.93±0.07*	76.5±0.3	32.96±2.14	22.2	18.7±2.1	2.0
NP 7	0.91±0.04	74.8±0.7	31.53±1.53	21.6	20.1±1.6	2.2
NP 14	0.84±0.07 <sup>†</sup>	77.5±0.5	27.35±3.07 <sup>‡</sup>	20.4	13.3±1.3 <sup>‡</sup>	1.6
Rec 3 S	0.94±0.04	76.2±0.2	31.72±1.23	21.1	26.3±1.3 <sup>b</sup>	2.8
Rec 3 P	0.92±0.03	75.9±0.2	31.28±1.10	21.2	26.3±3.0 <sup>b</sup>	2.9
Rec 3 F	0.96±0.09	75.6±0.2	32.86±3.00	21.4	27.3±0.4 <sup>b</sup>	2.8
Rec 3 C	0.85±0.05	76.3±0.4	28.44±2.10	20.7	22.3±2.0 <sup>b</sup>	2.6
Rec 7 S	1.15±0.05 <sup>b</sup>	76.3±0.1	38.56±1.76 <sup>b</sup>	21.0	23.1±1.7 <sup>bc</sup>	2.0
Rec 7 P	1.03±0.04 <sup>ab</sup>	76.0±0.2	34.63±1.47 <sup>ab</sup>	21.0	19.5±0.7 <sup>ab</sup>	1.9
Rec 7 F	1.13±0.04 <sup>b</sup>	76.5±0.4	37.80±1.41 <sup>b</sup>	20.8	28.4±3.5 <sup>c</sup>	2.5
Rec 7 C	1.04±0.08 <sup>ab</sup>	76.3±0.2	34.96±3.03 <sup>ab</sup>	21.1	19.6±1.1 <sup>ab</sup>	1.9
Rec 14 S	1.27±0.09 <sup>b</sup>	76.3±0.2	43.01±3.19 <sup>b</sup>	21.2	21.5±1.4 <sup>b</sup>	1.7
Rec 14 P	1.22±0.04 <sup>b</sup>	76.1±0.3	41.51±2.03 <sup>b</sup>	21.2	26.3±2.2 <sup>bc</sup>	2.2
Rec 14 F	1.27±0.07 <sup>b</sup>	76.6±0.1	40.89±2.00 <sup>b</sup>	20.2	33.6±2.2 <sup>c</sup>	2.7
Rec 14 C	1.10±0.04 <sup>ab</sup>	76.3±0.2	36.09±1.19 <sup>ab</sup>	20.6	4.8±1.7 <sup>b</sup>	2.3

\* : 표준오차

† : 표 3에서와 같음.

\*\* : 근육의 N함량이며, 단백질의 %는  $N \times 6.25 \times 100 / \text{근육무게}$ 로 계산함.

표 10. Epididymal fat pad의 무게 및 지방함량

군	무 계		지 방	
	g		g	
O	1.87±0.08*	1.25±0.06	66.6	
NP 7	2.44±0.45	1.68±0.34	68.2	
NP 14	1.78±0.27†	1.18±0.17 <sup>a</sup>	66.3 <sup>a</sup>	
Rec 3 S	1.95±0.03	1.34±0.09	67.8	
Rec 3 P	1.77±0.23	1.26±0.15	71.6	
Rec 3 F	1.90±0.08	1.31±0.05	69.0	
Rec 3 C	1.99±0.16	1.46±0.11	63.3	
Rec 7 S	2.55±0.37 <sup>ab</sup>	1.75±0.31 <sup>ab</sup>	67.9	
Rec 7 P	2.79±0.31 <sup>ab</sup>	2.00±0.26 <sup>ab</sup>	71.4	
Rec 7 F	3.76±0.20 <sup>b</sup>	2.46±0.13 <sup>b</sup>	65.8	
Rec 7 C	2.40±0.46 <sup>ab</sup>	1.61±0.32 <sup>ab</sup>	66.2	
Rec 14 S	3.35±0.35 <sup>ab</sup>	2.36±0.30 <sup>ab</sup>	70.0 <sup>ab</sup>	
Rec 14 P	3.04±0.41 <sup>ab</sup>	2.17±0.32 <sup>ab</sup>	71.0 <sup>ab</sup>	
Rec 14 F	4.48±0.80 <sup>b</sup>	3.27±0.55 <sup>b</sup>	73.7 <sup>b</sup>	
Rec 14 C	2.94±0.37 <sup>ab</sup>	2.15±0.25 <sup>ab</sup>	73.3 <sup>b</sup>	

\*: 표준오차

†: 표 3에서와 같음.

표 11. Serum의 단백질량과 지방량

군	단 백 질		지 방	
	g/100 ml serum		g/100ml serum	
O	9.3±0.9*	0.21±0.02		
NP 7	8.5±0.5	0.18±0.02		
NP 14	7.7±0.3	0.14±0.01†		
Rec 3 S	10.0±0.4	0.32±0.03 <sup>b</sup>		
Rec 3 P	10.1±0.1	0.28±0.01 <sup>b</sup>		
Rec 3 F	10.6±1.6	0.35±0.01 <sup>b</sup>		
Rec 3 C	9.8±1.7	0.18±0.02 <sup>a</sup>		
Rec 7 S	10.7±0.5	0.25±0.03 <sup>b</sup>		
Rec 7 P	9.9±0.8	0.25±0.02 <sup>b</sup>		
Rec 7 F	10.6±1.7	0.33±0.04 <sup>b</sup>		
Rec 7 C	9.0±0.5	0.28±0.02 <sup>b</sup>		
Rec 14 S	9.4±1.2	0.27±0.01 <sup>b</sup>		
Rec 14 P	10.5±0.6	0.25±0.04 <sup>b</sup>		
Rec 14 F	8.7±0.3	0.22±0.02 <sup>ab</sup>		
Rec 14 C	8.0±0.5	0.22±0.01 <sup>ab</sup>		

\*: 표준오차

†: 표 3에서와 같음

5. Serum

표 11에 serum내 단백질과 지방량의 변화가 나타나 있는데 무단백식이 2주간 섭취로 NP 14군에서 serum내 단백질량은 O군과 비교할 때 21% 감소되었으며, 지방은 33% 감소되어서 지방량의 감소가 더욱 컸다. 회복기중에는 serum 지방량의 증가가 단백질량의 증가보다 현저히 컸다. 또한 serum 단백질, 지방량 모두 대체적으로 회복 3일에 급격히 증가되었다가 회복 7일, 14일까지 점차로 감소하여 회복 14일에는 O군과 비슷한 수준으로 되돌아가는 경향이였다.

Serum의 단백질량은 회복기간 전체를 통해 고탄수화물군에서 약간 낮은 경향이였으며, 지방량도 회복 3일에 고탄수화물군이 다른 군에 비해 유의적으로 낮았다.

위의 결과에서 보면 식이의 단백질 수준이 7%로 낮았을때, serum내 단백질량도 낮았다.

요 약

본 연구는 무단백식이 섭취시의 영향과 그 후에 표준, 고단백, 고지방, 고탄수화물의 4가지 회복식을 섭취함으로써 회복되는 정도를 비교한 것이다.

A. 무단백식이 2주간 섭취로 체중이 20%정도 감소되었으며 이에 비해 체내 전체 지방 감소율은 더욱 컸고 단백질의 감소율은 작았으며, 수분의 감소율은 비슷하였으나, 회복은 변화가 없었다.

장기중 특히 간과 비장의 무게 감소율이 체중에 비해 컸으며, 성분으로 볼 때 간에서는 질소량의 감소가 컸고, 지방량은 거의 감소가 없었다. 비장에서는 질소량, 지방량이 모두 비슷한 정도로 감소되었다. 심장과 신장의 무게는 체중과 비슷한 정도로 감소되었으며 뇌는 거의 변화가 없었다.

근육의 무게는 장기에 비해 비교적 감소율이 적었으며, 성분으로 볼 때 지방량이 단백질량보다 감소율이 컸다. Epididymal fat pad의 무게와 지방함량, 뼈의 무게는 모두 유의적인 감소가 없었으며, serum의 단백질량은 21% 감소, 지방량은 33%의 감소를 보였다.

B. 무단백식이 2주간 섭취후 회복식을 2주간 섭취함으로써 체중은 무단백식이 2주때에 비해 30~67%정도 증가하여 고지방군이 가장 무거웠으며, 고탄수화물군이 가장 가벼웠다.

회복 2주때의 전체 체구성 성분은 표준군과 고단백군에서 무단백식이 섭취전과 비슷한 상태로 되었다. 이에 비해 고지방군에서는 체내 단백질의 %가 약간 낮았



고, 지방의 %는 현저히 높았다. 고탄수화물군에서도 지방의 %는 높았으나 수분의 %가 약간 낮았다.

장기 및 근육의 무게와 구성성분은 표준군과 고단백군에서 비슷했으며, 고지방군에서는 표준군과 비교할 때 무게는 비슷했으나 질소량이 약간 떨어졌으며 반면 지방량이 높았다. 고탄수화물군에서는 무게와 질소량이 다른 회복군에 비하여 모두 현저히 낮았다.

Epididymal fat pad의 무게와 지방량은 고지방군에서 특히 높았으나 나머지 세군은 서로 비슷하였다.

serum의 단백질과 지방량은 4군간에 유의적 차이가 없었다.

앞의 결과로 미루어 볼 때 무단백식이 섭취후의 회복율은 식이의 3대 영양소가 균형을 이루었을 때 가장 좋은 것으로 생각된다.

#### 참고 문헌

- 1) Goodhart, R.S. and Maurice E.S.: *Modern nutrition in health and disease*, Philadelphia: Lea & Febiger. 1973.
- 2) Metcalf, J.: *Ann. Rev. Med.*, 18:377, 1967.
- 3) 이기열, 김숙희 「한국인의 식생활 향상을 위한 종합연구」, 서울:이화여자대학교 출판부 1974.
- 4) Hawk, P.E., B.L. Oser, and W.H. Summerson: *Pract. Physiol. Chem.*, New York: McGraw-Hill Book Co. 1965.
- 5) 金井泉:「臨床検査法揚要」, 金泉出版株式會社 1955.
- 6) Kingsley, G.R.: *J. Lab. Clin. Med.*, 27:840, 1942.
- 7) Frings, C.S., R.T. Dunn: *Am. J. Clin. Pathol.*, 53:89-91, 1970.
- 8) Folch, J., M. Lees, and G.H. Sloan Stanley: *J. Biol. Chem.*, 226:497-509, 1957.
- 9) Marshall, M. W., H.E. Hilderbrand, J.L. Dupont, and M. Womack: *J. Nutr.*, 69: 371-82, 1959.
- 10) Snedecor, George W. and W.G. Cochran: *Statistical methods*, Ames: The IOWA State University Press. 1972.