

斷食이 高炭水化物 高蛋白 高脂肪食餌로 成長한 흰쥐의 體構成 成分 變化에 미치는 影響

이화여자대학교 가정대학 식품영양학과

全蓮淑 · 羅惠福 · 金慶娥 · 金美經 · 金淑喜

=Abstract=

Effect of Starvation on Body Composition in Rats Previously Fed with High Carbohydrate, High Protein, or High Fat Diet

Yeon Sook Jeon, Hye Bock Rha, Kyung-ah, Kim, Mi Kyung Kim and Sook He Kim

Department of Food and Nutrition, College of Home Economics, Ewha Womans University, Seoul, Korea

This study was designed to compare by the body composition in 4 groups of Sprague-Dawley rats during starvation previously fed with standard, high Carbohydrate, high protein or high fat diet.

A) In different internal organs and skeletal muscles, the weights were differently reduced during starvation. Especially the weight reduction of liver was the highest level at 50~70%, and adrenal glands did not change significantly. After death due to starvation, body weight decreased more than 40% comparing to the initial body weight and epididmal fat pads disappeared completely.

B) In rats starved to death, the changes of body composition (%) were following; lipid content was markedly reduced, while protein was similar to that of zero day starvation, ash increased slightly and water content increased.

C) Five days starvation did not change body composition and body weight significantly.

D) Effects of succeeding starvation after feeding 4 different diets were not significant, and it seemed that 4 different diets did not affect life span due to starvation.

I. 서 론

1973년말 UN통계에 의하면 세계 인구는 38억 6천만에 달하며 이 인구는 매년 약 2% 성장율로 증가하고 있어서 2,000년대 초기에는 70억으로 불어날 것이라고 하였다¹⁾. 이와 같은 인구폭발은 식량의 위기를 초래하게 되었고 많은 지역에서 가난, 가뭄, 전쟁등으로 굶주림을 실제로 당하고 있기도 하다.

그런데 영양문제가 근본적으로 환경조건과 밀접한 관계를 갖는다고 볼 때 영양섭취를 달리하는 지역에서 기아를 당하여 일으키는 증세는 다르게 나타날 것이다.

따라서 이러한 현재 및 앞으로의 영양문제에 관심을 두어 세계 각 나라에서 나타내고 있는 고탄수화물, 고단백 및 고지방식이 섭취상태에서 기아를 당했을 때 얼마나 견디어 낼 수 있으며, 어떠한 체내 변화를 일으키는지 표준식이와 비교하여 동물실험을 통해 연구하였다.

II. 실험재료 및 방법

생후 21일된 흰쥐 Sprague-Dawley 암수 112마리씩을 표준식으로 4일간 적응시킨 후 무작위추출로 4군으로 나누어 표준, 고탄수화물, 고단백 및 고지방식으로

표 1. 사료의 성분표

<kg diet 당>

성분	표준식이	고탄수화물식이	고단백식이	고지방식이
Corn-starch	720 g	850 g	520 g	460 g
Casein	200 g	70 g	400 g	200 g
면 실 유	45 cc	45 cc	45 cc	45 cc
Butter fat	—	—	—	260 g
* Cod liver oil	30 cc	30 cc	30 cc	30 cc
* Salt Mixture	40 g	40 g	40 g	40 g
* Fat soluble Vits.	2 cc	2 cc	2 cc	2 cc
* Water soluble Vits.	+	+	+	+
* Vit B ₁₂	1 cc	1 cc	1 cc	1 cc

* 이화여대 식품영양학과 동물실험실 식이 성분표 참조

10주간 사육하였다.

흰쥐는 분리사육하였고, 물과 사료는 제한없이 주었다. 다만, 단식시작후에는 물만 제한없이 주었다. 체중은 1주 1회씩 일정 시간에 일정한 저울로 측정하였다.

10주 사육후 각 식이군을 7군으로 나누어 단식시켰다. I 군과 II 군은 전혀 단식시키지 않았고, III 군은 1일, IV 군은 3일, V 군은 5일간 단식시켰으며, V 군과 VI 군은 완전히 굶어 죽도록 하였다.

I 군부터 V 군까지 5군은 장기 및 골격근육, 혈장 분석에 사용했고, VI 군과 VII 군은 몸전체 성분 분석에 사용하였다. 모든 군의 흰쥐 수는 4마리로 동일하였다 실험동물의 사료는 표 1과 같다.

무게 측정에는 장기로서 간, 비장, 심장, 신장, 부신, 생식기(우: 자궁과 난소, ♂: 고환), 골격근육으로써 gastrocnemius, anterior tibia, biceps, EDL (Extensor Digitorum Longus), plantaris, soleus 를 측정하였고, 수컷은 epididymal fat pad 를 또한 측정하였다.

분석내용으로는 간과 골격근육의 경우, 수분, 질소 [Micro-Kjeldahl 법²⁾], 지방[Saxon 법³⁾]의 양을 측정하였고, 혈장은 포도당[Nelson-Somogyi 법⁴⁾], 단백질 [Kingsley 법⁵⁾], 지방[Frings 법⁶⁾]의 양을 측정하였다. 또한 몸전체 구성 성분으로는 수분, 질소, 지방 및 회분양을 Marshall 법⁷⁾을 약간 수정하여 측정하였다.

III. 실험결과 및 고찰

단식에 의해 변화되는 정도는 암컷과 수컷간의 차이를 거의 보기 어려웠으므로 수컷의 결과만을 제시하였다.

표 2. 평균 수명

성별	식이			
	표준식이	고탄수화물식이	고단백식이	고지방식이
♂	16.9 ±5.9*	14.3 ±1.7	15.3 ±2.2	17.0 ±1.4

* 평균±표준오차

A. 평균 수명 및 몸무게의 변화

표 2에 나타난 것처럼 단식으로 인한 생존일수는 14~17일로써 식이군간의 유의적인 차이가 없었다.

단식전후의 몸무게는 표 3에서 보는 바와 같이 고탄수화물군이 다른 식이군에 비해 월등히 가벼웠고 나머지 식이군들간에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 단식으로 인한 몸무게 감소율은 모든 식이군간에 동일한 정도로 나타났으며, 단식 5일까지는 단식전과 유의적인 차이가 없고 굶어 죽은 V 군에서 40%이상 감소되어 유의적인 차이를 보였다. 따라서 단식 시작때의 몸무게와 수명의 관계는 Halac⁸⁾의 의견과 같이 성립되기 어려운 것으로 생각된다.

B. 최종 장기 무게의 변화

표 4에 나타난 바와 같이 최종 장기의 무게는 부신을 제외하고는 단식에 의해 모두 감소되었으며, 특히 간과 비장이 현저하게 감소되었다.

간은 단식 1일부터 유의적인 감소를 보이기 시작하여 굶어 죽은 V 군에서는 모든 식이군이 단식전에 비해 50~70%나 감소됨으로써 현저한 차이를 나타내었다. 이러한 결과는 성장한 쥐를 7일간 굶겼을 때 67% 감소된 Joel 등⁹⁾의 실험과 10일간 굶긴 닭의 경우 61%

표 3. 단식기간에 따른 몸무게 변화

단위:g

군	식이군	표준식이	고탄수화물식이	고단백식이	고지방식이
I		† ^A 364.8±13.3* § ^a	^B 249.3±22.0 ^a	^A 380.0±14.4 ^a	^A 371.5±17.6 ^a
II		^A 345.8±11.9 ^a	^B 237.8±20.4 ^a	^A 362.8±12.5 ^a	^A 358.3±16.5 ^a
III		^A 330.8± 8.6 ^a	^B 220.0±20.2 ^a	^A 337.8± 8.9 ^{ab}	^A 335.5±13.5 ^a
IV		^A 311.3± 7.5 ^a	^B 208.0±15.5 ^{ab}	^A 310.5± 7.8 ^b	^A 327.3±14.2 ^a
V		^A 191.8± 6.1 ^b	^B 135.5± 8.6 ^b	^A 195.0± 5.4 ^c	^A 199.0± 6.7 ^b

* 평균 ± 표준 오차

§ 알파벳 소문자(a,b,c): 다른 문자 사이에는 $\alpha=0.05$ 수준에서 Tukey test에 의하여 유의적인 차이가 있다(단식 기간에 따른 비교).

† 알파벳 대문자(A,B,C): 다른 문자 사이에는 $\alpha=0.05$ 수준에서 Tukey test에 의하여 유의적인 차이가 있다(식이군에 따른 비교).

감소된 Scholz¹⁰⁾의 실험결과에서도 찾아볼 수 있다.

또한 비장도 V군에서 현저히 감소되어 고지방식이군에서는 70%나 감소율을 나타내었다. 간과 비장의 무게에 있어서 식이군간의 차이는 단식초기까지는 고탄수화물식이군이 다른 식이군에 비해 유의적으로 가벼웠으나, 굶어 죽은 V군에서는 모든 식이군간에 유의적인 차이가 없었다. 따라서 고탄수화물식이군이 가장 적게 감소됨을 알 수 있다. 심장과 신장은 5일이내의 단식으로는 무게 변화에 유의적인 차이를 보이지 않았으며 굶어 죽은 V군에서 표준 및 고단백식이군은 유의적인 감소를 보였으나, 고탄수화물과 고지방식이군은 여전히 유의적인 차이를 보이지 않았다. 식이군간에서는 고탄수화물식이군이 다른 식이군에 비해 유의적으로 가벼웠다.

부신은 다른 장기와는 대조적으로 단식에 의해 오히려 증가되는 경향을 보이기도 하나, 유의적은 아니었으며, 식이군간에도 유의적인 차이가 없었다. 단지 고탄수화물식이군이 다소 가벼운 경향을 보였다. 생식기는 굶어 죽었을 때 약간의 감소를 보이나 표준식이군과 고단백식이군에서만 유의성을 가지며, 대체로 부신과 같은 경향을 나타내었다.

C. 최종 골격근육 및 epididymal fat pad 무게의 변화

표 5에서 보면 골격근육의 무게는 단식 5일까지는 10%내외로 유의적이 아닌 감소를 하나, 굶어 죽은 V군에서는 20~43%로 유의적인 감소를 하였다. 6가지 골격근육중 가장 작은 soleus가 단식에 의해 가장 적게 변화되었다. 식이군간에 있어서는 전체적으로 고탄수화물식이군이 다른 식이군에 비해 유의적으로 작은

무게를 나타내었다.

한편 90%이상이 지방성분인 epididymal fat pad는 표 6에 나타난 바와 같이 단식에 의해 불규칙적인 영향을 나타내다가 굶어 죽었을 때는 단식전 식이성분에 관계없이 100%의 감소율을 나타냄으로써 cahill^{11,12)} 등이 밝힌 바와 같이 단식시에는 지방이 중요한 열원임을 보여 주었다.

D. 몸전체 구성 성분의 변화

표 7를 통해 보면 체내 지방의 총량은 모든 식이군이 단식전에 비해 단식으로 죽었을 때 85%이상의 높은 감소율을 보이므로써 몸무게의 감소율을 증가하므로 체내 지방의 농도 또한 현저하게 감소되었다. 이러한 체지방의 소모가 몸무게 감소의 주된 원인으로 생각되며, 이는 Young¹²⁾도 밝힌 바 있다. 식이군간의 차이는 단식전에는 유의적이 아니나, VII군에서 고지방식이군이 유의적으로 높았다.

또한 체내 단백질의 함량은 단식으로 죽은 VII군에서 고단백식이군을 제외하고는 모든 식이군이 유의적으로 감소되었으나, 몸무게 감소에 비해 적게 감소함으로써 농도는 증가되었다. 식이군간의 차이는 단식전후로 고탄수화물군이 낮았는데 이거는 몸무게 차이에 기인하는 것으로 생각되며 단백질의 농도는 식이군간의 차이를 볼 수 없었다.

그밖에 체내회분의 함량은 고탄수화물식이군을 제외하고는 VII군과, VIII군사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았고 따라서 농도로 보면 증가되었다. 식이군간에서는 고단백식이군이 대체로 높았다.

수분에 있어서는 고단백식이군을 제외하고 모든 식이군이 단식전에 비해 단식으로 죽었을 때 증가되었는

표 4. 단식기간에 따른 장기 무게의 변화

장기 식이군 단식군	간(g)				비 장(g)			
	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방
I	^A 12.96 ^S ±0.78*	^B 7.58 ^a ±0.54	^A 15.65 ^a ±2.23	^{AB} 12.16 ^a ±0.70	^A 0.71 ^a ±0.05	^B 0.44 ±0.04	^A 0.69 ^{a,b} ±0.06	^A 0.73 ^a ±0.03
II	^A 9.14 ^b ±0.17	^B 6.48 ^{ab} ±0.18	^A 10.49 ^b ±0.58	^A 9.86 ^b ±0.69	^A 0.67 ^a ±0.01	^B 0.45 ±0.02	^C 0.82 ^a ±0.04	^A 0.62 ^a ±0.03
III	^A 7.23 ^b ±0.66	^B 5.59 ^{bc} ±0.13	^A 8.49 ^c ±0.15	^A 8.43 ^b ±0.45	0.71 ^a ±0.04	0.45 ±0.05	0.66 ^{ab} ±0.04	0.57 ^a ±0.04
IV	^A 7.31 ^b ±0.36	^B 4.83 ^c ±0.35	^A 7.68 ^c ±0.52	^A 8.16 ^b ±0.69	0.58 ^a ±0.03	0.36 ±0.03	0.62 ^{ab} ±0.03	0.92 ^a ±0.31
V	3.88 ^c ±0.17	3.15 ^d ±0.16	4.33 ^c ±0.48	3.75 ^c ±0.22	0.29 ^b ±0.01	0.27 ±0.04	0.42 ^b ±0.15	0.22 ^b ±0.01

장기 식이군 단식군	심 장 (g)				신 장 (g)			
	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방
I	^A 1.06 ^a ±0.06	^B 0.73 ±0.03	^A 1.16 ^a ±0.02	^A 1.00 ^{ab} ±0.03	^{AB} 2.53 ^a ±0.14	^C 1.43 ±0.09	^B 3.10 ^a ±0.23	^A 2.25 ±0.14
II	^A 1.04 ^a ±0.04	^B 0.69 ±0.05	^A 1.10 ^a ±0.04	^A 1.01 ^b ±0.05	^A 2.53 ^{ab} ±0.15	^B 1.56 ±0.07	^A 2.67 ^{ac} ±0.09	^A 2.23 ±0.06
III	^A 1.05 ^a ±0.06	^B 0.74 ±0.05	^A 1.08 ^a ±0.04	^A 1.07 ^b ±0.10	^A 2.24 ^{ab} ±0.07	^B 1.44 ±0.07	^C 2.76 ^{ac} ±0.07	^A 2.20 ±0.13
IV	^A 0.97 ^a ±0.04	^B 0.67 ±0.03	^A 0.92 ^b ±0.01	^A 0.99 ^{ab} ±0.02	^A 2.15 ^{ab} ±0.08	^B 1.37 ±0.06	^A 2.24 ^{bc} ±0.11	^A 2.24 ±0.13
V	^{AC} 0.72 ^b ±0.03	^B 0.55 ±0.03	^{BC} 0.68 ^c ±0.02	^{AC} 0.74 ^a ±0.04	^A 1.86 ^a ±0.12	^B 1.25 ±0.08	^A 2.04 ^b ±0.06	^A 1.89 ±0.12

장기 식이군 단식군	부 신 (g)				생 식 기 (g)			
	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방
I	0.047 ±0.003	0.032 ±0.001	0.042 ±0.012	0.046 ±0.003	^A 2.65 ^{ab} ±0.06	^{BC} 2.11 ±0.15	^{AC} 2.41 ^{ab} ±0.09	^A 2.72 ±0.09
II	0.055 ±0.002	0.034 ±0.003	0.050 ±0.001	0.050 ±0.002	2.67 ^a ±0.21	2.25 ±0.12	2.59 ^{ab} ±0.13	2.53 ±0.03
III	0.048 ±0.002	0.034 ±0.001	0.047 ±0.003	0.043 ±0.007	2.60 ^{ab} ±0.21	2.14 ±0.19	2.54 ^{ab} ±0.17	2.57 ±0.10
IV	^{AB} 0.042 ±0.003	^A 0.035 ±0.002	^B 0.052 ±0.005	^{AB} 0.045 ±0.003	2.27 ^{ab} ±0.15 ^A	2.12 ±0.25	2.79 ^a ±0.23	2.48 ±0.24
V	0.088 ±0.046	0.037 ±0.003	0.049 ±0.003	0.044 ±0.005	1.97 ^b ±0.05	1.90 ±0.16	2.08 ^b ±0.05	2.08 ±0.24

* 평균 ± 표준오차
 † 표 3에서와 같음

때 이러한 수분함량의 증가는 체지방의 감소에 대한 대치적인 현상으로 보인다. 식이군간의 수분함량 차이는 II군의 경우 가장 낮은 고지방식이군과 가장 높은 고단백식이군사이에만 유의적인 차이를 나타내었고 III군에서는 가장 많이 증가된 고탄수화물식이군이 고단백식이군과 차이를 나타내었다.

E. 각종 조직의 구성 성분 변화

1. 간

표 8에 나타난 바와 같이 간 지방의 함량은 단식이 진행됨에 따라 감소하여 완전히 굶어 죽은 V군에서는 모든 식이군에서 80%정도의 커다란 감소율을 나타내었고 단식전에는 함량이 높은 고지방식이군과 낮은 고탄수화물식이군간에 유의적인 차이를 보이나, V군에서는 오히려 고탄수화물식이군의 함량이 높은 경향을 보였다. 따라서 V군에서 감소된 간지방의 농도는

표 5. 단식 기간에 따른 골격 근육의 무게 변화

단위 : g

단식군	Gastrocnemius				Anterior tibia			
	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방
I	^A 1.75 ^S _{±0.05*} ^a	^B 1.13 ^a _{±0.12}	^A 1.76 ^a _{±0.05}	^A 1.86 ^a _{±0.04}	^A 0.65 ^a _{±0.01}	^B 0.43 ^a _{±0.04}	^A 0.65 ^a _{±0.02}	^A 0.63 ^a _{±0.01}
II	^A 1.90 ^a _{±0.05}	^B 1.10 ^{ab} _{±0.08}	^A 1.75 ^a _{±0.02}	^A 1.73 ^a _{±0.05}	^A 0.68 ^a _{±0.04}	^B 0.39 ^{ab} _{±0.03}	^A 0.63 ^a _{±0.02}	^A 0.65 ^a _{±0.01}
III	^A 1.57 ^b _{±0.04}	^B 1.08 ^{ab} _{±0.10}	^A 1.81 ^a _{±0.08}	^A 1.63 ^a _{±0.08}	^A 0.59 ^a _{±0.03}	^B 0.39 ^{ab} _{±0.03}	^A 0.63 ^a _{±0.02}	^A 0.62 ^a _{±0.02}
IV	^A 1.62 ^b _{±0.03}	^B 1.02 ^{ab} _{±0.09}	^A 1.67 ^a _{±0.08}	^A 1.67 ^a _{±0.08}	^A 0.59 ^a _{±0.01}	^B 0.38 ^{ab} _{±0.03}	^A 0.62 ^a _{±0.04}	^A 0.61 ^a _{±0.02}
V	^A 1.08 ^c _{±0.05}	^B 0.71 ^b _{±0.06}	^A 1.09 ^b _{±0.05}	^A 1.06 ^b _{±0.05}	^A 0.39 ^b _{±0.03}	^B 0.26 ^b _{±0.02}	^A 0.38 ^b _{±0.02}	^A 0.38 ^b _{±0.01}

단식군	Plantaris				E.D.L.			
	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방
I	^A 0.37 ^a _{±0.01}	^B 0.23 _{±0.02}	^A 0.35 ^a _{±0.01}	^A 0.39 ^{ab} _{±0.01}	^A 0.15 ^a _{±0.01}	^B 0.09 ^a _{±0.01}	^A 0.16 ^a _{±0.01}	^A 0.14 ^a _{±0.01}
II	^A 0.42 ^a _{±0.02}	^B 0.22 _{±0.01}	^A 0.36 ^a _{±0.01}	^A 0.36 ^{ab} _{±0.01}	^A 0.17 ^a _{±0.01}	^B 0.10 ^a _{±0.01}	^A 0.15 ^a _{±0.01}	^A 0.14 ^a _{±0.01}
III	^A 0.36 ^a _{±0.01}	^B 0.23 _{±0.02}	^A 0.36 ^a _{±0.01}	^A 0.34 ^b _{±0.01}	^A 0.14 ^a _{±0.01}	^B 0.10 ^a _{±0.01}	^A 0.16 ^a _{±0.01}	^A 0.14 ^a _{±0.01}
IV	^A 0.33 ^b _{±0.01}	^B 0.22 _{±0.02}	^A 0.34 ^a _{±0.01}	^A 0.34 ^b _{±0.01}	^A 0.14 ^a _{±0.01}	^B 0.08 ^{ab} _{±0.01}	^A 0.14 ^a _{±0.01}	^A 0.15 ^a _{±0.01}
V	^A 0.23 ^b _{±0.03}	^B 0.15 _{±0.01}	^{AB} 0.22 ^b _{±0.07}	^{AB} 0.21 ^c _{±0.01}	^A 0.10 ^b _{±0.01}	^B 0.06 ^b _{±0.01}	^A 0.10 ^b _{±0.01}	^A 0.10 ^b _{±0.01}

단식군	Biceps				Soleus			
	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방	표 준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방
I	^A 0.24 ^a _{±0.01}	^B 0.14 _{±0.01}	^A 0.22 ^a _{±0.01}	^A 0.23 ^a _{±0.01}	^A 0.13 _{±0.01}	^B 0.06 _{±0.01}	^{AC} 0.10 ^{ab} _{±0.01}	^{BC} 0.08 ^a _{±0.01}
II	^A 0.24 ^a _{±0.01}	^B 0.14 _{±0.01}	^A 0.22 ^a _{±0.01}	^A 0.22 ^a _{±0.01}	^A 0.12 _{±0.02}	^B 0.07 _{±0.01}	^{AC} 0.12 ^a _{±0.01}	^{BC} 0.08 ^a _{±0.01}
III	^A 0.21 ^a _{±0.01}	^B 0.14 _{±0.01}	^A 0.22 ^a _{±0.01}	^A 0.21 ^a _{±0.01}	^{AC} 0.10 _{±0.01}	^{BC} 0.07 _{±0.01}	^A 0.11 ^{ab} _{±0.01}	^{AC} 0.08 ^a _{±0.01}
IV	^A 0.20 ^{ab} _{±0.01}	^B 0.14 _{±0.01}	^A 0.20 ^a _{±0.01}	^A 0.20 ^a _{±0.01}	^A 0.11 _{±0.01}	^B 0.06 _{±0.01}	^A 0.11 ^{ab} _{±0.01}	^B 0.07 ^{ab} _{±0.01}
V	^A 0.15 ^b _{±0.01}	^B 0.10 _{±0.01}	^{AB} 0.14 ^b _{±0.01}	^A 0.14 ^b _{±0.01}	0.09 _{±0.01}	0.06 _{±0.01}	0.08 ^b _{±0.01}	0.06 ^{ab} _{±0.01}

* 평균 ± 표준오차
 S ‡ 표 3에서와 같음

단식전과는 달리 고탄수화물식이군이 식이군간에 가장 높은 농도를 나타내었다.

또한 단백질량도 단식에 의해 감소하여 V군에서는 적게는 고탄수화물식이군에서 44%, 그외의 식이군들은 65~70%의 감소율을 보였다. 그러나 농도로 보면 오히려 증가하나 고탄수화물식이군을 제외하고는 유의적이 아니다. 간내의 단백질 함량은 단식전 및 초기에 있어서 고 탄수화물군이 다른 식이군들에 비해 유의적

으로 낮았다.

그밖에 간내 수분 함량은 단식이 진행됨에 따라 단식 3일까지는 감소되다가 점차 증가 경향을 보였으며, V군에서의 증가정도는 특히 고지방식이군에서 유의적이었다. 각 식이군간의 유의적인 차이는 없었다.

2. 골격근육

표 9에 나타난 바와 같이 단식전 골격근육내의 지방

표 6. 단식기간에 따른 epididymal fat pad의 무게변화

단위 : g

식이군 군	성분			
	표준식이	고탄수화물식이	고단백식이	고지방식이
I	7.29±0.83 S ^a	4.67±1.06 ^a	5.32±0.94 ^a	4.12±0.32 ^a
II	5.06±0.66 ^a	4.19±0.93 ^a	6.58±0.86 ^a	5.04±0.59 ^{ac}
III	† ^{AC} 5.70±0.99 ^a	^{BC} 3.47±0.86 ^a	^{BC} 4.84±0.51 ^a	^A 8.06±0.21 ^b
IV	^A 5.00±0.61 ^a	^{BC} 2.92±0.48 ^{ab}	^{AC} 4.42±0.38 ^a	^{BC} 2.81±0.41 ^{ad}
V	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^c

* 평균 ± 표준오차
S † 표 3에서와 같음.

표 7. 단식에 따른 물전체 구성성분의 변화

단식군	식이군	성분							
		지				방			
		g				%			
표준	고탄수화물	고단백	고지방	표준	고탄수화물	고단백	고지방		
VI	73.2 S ^a ±13.6 ^a	54.4 ^a ±9.7	54.4 ^a ±5.9	86.8 ^a ±10.6	19.4 ^a ±3.4	20.1 ^a ±0.8	13.7 ^a ±1.2	22.0 ^a ±1.5	
VII	^{AB} †4.2 ^b ±0.2	^A 2.4 ^b ±0.1	^A 3.6 ^b ±0.5	^B 6.3 ^b ±0.9	^A 2.1 ^b ±0.1	^A 1.8 ^b ±0.1	^A 1.6 ^b ±0.2	^B 3.2 ^b ±0.3	

단식군	식이군	성분							
		단				백			
		g				%			
표준	고탄수화물	고단백	고지방	표준	고탄수화물	고단백	고지방		
VII	^A 71.8 ^a ±3.8	^B 47.9 ^a ±5.3	^A 76.1 ^a ±6.4	^A 76.5 ^a ±2.6	19.0 ^a ±0.7	18.2 ^a ±0.6	19.2 ^a ±1.4	19.8 ^a ±0.5	
VI	^A 51.7 ^b ±2.4	^B 32.9 ^b ±3.1	^A 61.9 ^b ±2.1	^A 54.2 ^b ±1.9	25.8 ^b ±5.8	24.7 ^b ±1.1	27.9 ^b ±0.5	27.1 ^b ±0.6	

단식군	식이군	성분			
		수			
		%			
표준	고탄수화물	고단백	고지방		
VI	^{AB} 60.1±3.0 ^a	^{AB} 59.9±1.1 ^a	^B 65.0±1.7	^A 56.1±0.8 ^a	
VII	^{AB} 69.7±0.6 ^b	^B 71.2±1.0 ^b	^A 65.7±1.7	^{AB} 66.7±0.6 ^b	

단식군	식이군	성분							
		회				분			
		g				%			
표준	고탄수화물	고단백	고지방	표준	고탄수화물	고단백	고지방		
VI	^{AB} 5.1±0.3	^A 4.3±0.3 ^a	^{BC} 7.2±1.0	^C 7.8±0.5	1.3±0.1 ^a	1.6±0.1 ^a	1.9±0.1	2.0±0.2 ^a	
VII	^{AB} 4.7±0.3	^A 2.8±0.3 ^b	^B 9.9±2.5	^{AB} 5.7±0.1	^{AB} 2.3±0.1 ^b	^A 2.1±0.1 ^b	^B 4.6±1.1	^{AB} 2.9±0.2 ^b	

* 평균 ± 표준오차
S † 표 3에서와 같음.

표 8. 단식에 따른 간구성 성분의 변화

단식군	성분		수 분						
	단위	식이군	수			분			
			표	준	고 탄 수 화 물	고 단 백	고 지 방		
I			69.7±0.7*		71.1±0.4		71.6±1.1		69.5±0.4 ^{ab} §
II			69.4±0.8		69.2±0.4		70.6±0.5		67.6±1.6 ^a
III			68.4±0.1		68.6±0.4		68.3±1.1		67.7±0.8 ^a
IV			68.6±0.5		69.3±0.4		70.3±1.0		68.3±1.0 ^a
V			70.6±2.9		70.4±2.5		72.9±2.3		72.8±0.6 ^b

단식군	성분		지 방							
	단위	식이군	g				%			
			표	준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방	표	준	고탄수화물
I			^{AB} 10.84 ^a ±0.09	^B 0.53 ^a ±0.05	^{AB} 0.86 ^a ±0.08	^A 0.95 ^a ±0.10	6.4 ^a ±0.5	7.1 ^{ab} ±0.7	5.6 ^a ±0.4	7.7 ^{ab} ±0.4
II			0.56 ^a ±0.05	0.50 ^a ±0.06	0.55 ^a ±0.04	1.14 ^a ±0.35	6.1 ^a ±0.4	7.8 ^b ±0.9	5.3 ^a ±0.2	11.2 ^b ±2.6
III			0.66 ^a ±0.14	0.38 ^a ±0.03	0.57 ^b ±0.06	0.73 ^{ab} ±0.05	8.3 ^a ±1.1	6.9 ^{ab} ±0.5	6.7 ^a ±0.7	8.6 ^{ab} ±0.5
IV			^{AB} 0.52 ^a ±0.05	^B 0.34 ^a ±0.02	^B 0.44 ^b ±0.06	^A 0.79 ^{ab} ±0.13	^{AB} 7.1 ^a ±0.6	^{AB} 7.2 ^{ab} ±0.3	^A 5.7 ^a ±0.9	^B 9.4 ^b ±1.1
V			0.09 ^b ±0.01	0.14 ^b ±0.22	0.11 ^c ±0.01	0.11 ^b ±0.02	^A 2.6 ^b ±0.3	^B 4.7 ^a ±0.7	^A 2.6 ^b ±0.1	^{AB} 3.0 ^a ±0.1

단식군	성분		단 백 질							
	단위	식이군	g				%			
			표	준	고탄수화물	고 단 백	고 지 방	표	준	고탄수화물
I			^A 2.78 ^a ±0.26	^B 1.35 ^a ±0.08	^A 3.34 ^a ±0.36	^A 2.47 ^a ±0.10	^A 21.3 ±0.9	^B 17.9 ^a ±0.5	^A 21.6 ±0.7	^{AB} 20.4 ±0.5
II			2.08 ^b ±0.04	1.43 ^a ±0.66	2.45 ^b ±0.14	2.15 ^{ab} ±0.08	22.8 ±0.6	22.1 ^{ab} ±0.6	23.3 ±0.5	22.0 ±0.8
III			1.73 ^b ±0.13	1.28 ^{ab} ±0.02	1.98 ^b ±0.01	1.89 ^b ±0.11	21.8 ±0.6	23.0 ^b ±0.2	23.3 ±0.5	22.5 ±0.6
IV			1.62 ^b ±0.08	1.08 ^b ±0.03	1.67 ^{bc} ±0.09	1.73 ^b ±0.18	22.1 ±0.3	21.7 ^{ab} ±0.5	21.8 ±0.3	21.1 ±0.7
V			0.87 ^c ±0.05	0.75 ^c ±0.04	0.98 ^c ±0.10	0.86 ^c ±0.04	22.1 ±0.7	24.0 ^b ±2.0	22.9 ±1.9	22.9 ±0.4

* 평균 ± 표준오차
§ 표 3에서와 같음.

함량은 각 식이군간에 유의적 차이를 보이지 않았으나 단식에 따라 감소 경향을 나타내어, V군에서 표준식이군은 47%, 그 외의 식이군들은 70~84% 감소됨으로써 표준식이군이 다른 식이군들과 유의적인 차이를 보였다. 지방농도로 보아도 표준식이군을 제외하고는 단식에 의해 유의적으로 감소되었으며, 고단백식이군이 전체적으로 낮은 농도를 나타내었다.

또한 단백질 함량은 저단백식이인 고탄수화물식이군이 단식전후로 다른 식이군에 비해 유의적으로 낮았으나, 고단백식이군은 정상단백식이군과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 단식에 의해서는 단식 5일까지는 대체로 유의적인 차이가 없었으나, V군에서 모든, 식이군이 35~40%의 감소율로 유의적인 차이를 보였다. 단, 고탄수화물식이군은 유의적은 아니었다. 농도로 나

표 9. 단식에 따른 골격근육 구성성분의 변화

단식군	성분		수				분						
	단위	식이군	%										
			표	준	고	탄수화물	고	단	백	고	지	방	
I			‡ ^A 75.9±0.3*		^A 75.2±0.1 ^S ^{ab}		^B 76.3±0.1 ^a		^A 75.9±0.1 ^a				
II			^A 76.1±0.4		^A 75.3±0.1 ^{ab}		^B 76.5±0.1 ^{ab}		^A 75.7±0.1 ^a				
III			^A 75.1±0.1		^A 75.8±0.3 ^b		^B 76.6±0.1 ^{ab}		^A 75.3±0.2 ^a				
IV			^A 75.4±0.1		^A 75.0±0.2 ^a		^B 76.3±0.1 ^a		^B 75.8±0.1 ^a				
V			76.6±0.5		75.9±0.1 ^b		77.0±0.1 ^b		77.0±0.1 ^b				

단식군	성분		지				방			
	단위	식이군	g				%			
			표	준	고	탄수화물	고	단	백	고
I			0.081 ^{ab} ±0.003	0.054 ^a ±0.011	0.054 ^a ±0.004	0.065 ^a ±0.007	^A 2.6 ±0.0	^A 2.7 ^a ±0.3	^B 1.7 ^a ±0.1	^A 1.9 ^a ±0.1
II			^A 0.090 ^a ±0.005	^B 0.050 ^a ±0.005	^B 0.051 ^a ±0.001	^B 0.063 ^a ±0.006	^A 2.7 ±0.1	^A 2.6 ^a ±0.3	^B 1.6 ^a ±0.1	^A 2.0 ^a ±0.1
III			^A 0.083 ^{ab} ±0.004	^B 0.041 ^{ab} ±0.009	^B 0.054 ^a ±0.009	^A 0.059 ^a ±0.006	^A 3.0 ±0.1	^A 2.0 ^{ab} ±0.3	^B 1.7 ^a ±0.2	^A 2.0 ^a ±0.2
IV			^A 0.088 ^a ±0.019	^B 0.038 ^{ab} ±0.004	^B 0.035 ^a ±0.004	^A 0.049 ^a ±0.001	^A 3.1 ±0.6	^A 2.1 ^{ab} ±0.1	^B 1.2 ^a ±0.1	^A 1.7 ^a ±0.1
V			^A 0.043 ^b ±0.003	^B 0.016 ^b ±0.004	^B 0.008 ±0.001	^B 0.009 ^b ±0.002	^A 2.2 ±0.3	^B 1.2 ^b ±0.2	^C 0.4 ^b ±0.1	^C 0.5 ^b ±0.1

단식군	성분		단				백				질			
	단위	식이군	g				%							
			표	준	고	탄수화물	고	단	백	고	지	방		
I			^A 0.661 ^{abc} ±0.020	^B 0.425 ±0.046	^A 0.663 ^a ±0.024	^A 0.696 ^a ±0.019	21.4 ±0.1	21.5 ^{ab} ±0.2	21.6 ±0.3	21.9 ±0.2				
II			^A 0.702 ^c ±0.017	^B 0.407 ±0.027	^A 0.653 ^a ±0.014	^A 0.669 ^a ±0.018	21.2 ±0.5	21.4 ^a ±0.1	21.5 ±0.2	22.2 ±0.1				
III			^A 0.607 ^{ab} ±0.019	^B 0.402 ±0.040	^A 0.663 ^a ±0.027	^A 0.653 ±0.033	^A 21.8 ±0.2	^A 21.2 ^a ±0.3	^A 21.4 ±0.1	^B 22.5 ±0.2				
IV			^A 0.600 ^a ±0.014	^B 0.396 ±0.034	^A 0.629 ^a ±0.033	^A 0.65 ^a ±0.029	^A 21.3 ±0.1	^A 22.1 ^{ab} ±0.1	^A 21.6 ±0.5	^B 22.6 ±0.1				
V			^A 0.407 ^d ±0.021	^B 0.282 ±0.028	^A 0.413 ^b ±0.021	^A 0.414 ^b ±0.019	21.1 ±0.5	22.4 ^b ±0.2	21.7 ±0.2	22.3 ±0.2				

* 평균 ± 표준오차
S‡ 표 3에서와 같음.

타면 단백질은 단식이나 식이단백량의 차이에 무관하게 21~22%의 일정한 농도를 유지하고 있었다. 수분함량도 단식 5일까지는 영향을 받지 않고 굶어 죽었을때 증가되었다. 그러나 표준 및 고탄수화물식이군은 유의적은 아니었다. 식이군간에서는 대체로 고단백식이군이 높게 나타났고, 고탄수화물식이군이 낮았으며, V군에서는 식이군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

3. Serum

표 10에서 보는 바와 같이 serum 내의 포도당과 단백질 함량은 단식 5일까지는 식이에 관계없이 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 지방량은 IV군의 경우 I군에 비해 적게는 고단백식이군에서 26%, 그 외에는 44~60%의 감소율을 나타내었다. 특히 고지방식이군

표 10. 단식에 따른 혈장구성성분의 변화

성분 식이군 단식군	포도당(mg/100 ml)				지 방(mg/100 ml)				단백질(g/100 ml)			
	표 준	고탄수 화	고단백	고지방	표 준	고탄수 화	고단백	고지방	표 준	고탄수 화	고단백	고지방
I	89.7* ±26.0	167.4 ±20.5	185.9 ±38.8	100.2 ±19.3	287.8 ±100.6	266.38 ^a ±14.5	228.2 ±34.2	344.1 ^a ±49.2	9.6 ±0.4	10.2 ±1.0	10.1 ±1.1	9.3 ±0.1
II	† ^A 99.9 ±33.4	^A 85.2 ±13.5	^B 169.2 ±3.7	^A 82.5 ±11.5	152.9 ±14.8	193.4 ^a ±13.5	190.8 ±15.5	175.5 ^b ±24.1	8.9 ±0.4	8.4 ±0.4	8.6 ±0.1	9.1 ±0.3
III	104.6 ±9.4	107.0 ±24.1	151.5 ±5.0	112.3 ±9.8	115.2 ±7.9	193.4 ^a ±113.8	176.1 ±28.8	165.9 ^b ±17.4	9.1 ±0.3	10.7 ±1.1	8.9 ±0.3	8.6 ±0.5
IV	102.1 ±7.8	85.8 ±18.6	117.8 ±36.3	110.4 ±21.0	116.5 ±5.5	149.6 ^b ±19.9	176.8 ±19.7	148.5 ^b ±14.4	8.2 ±0.3	8.2 ±0.6	9.0 ±0.2	8.3 ±0.2

* 평균 ± 표준오차
S † 표 3에서의 같음.

은 단식 1일부터 유의적으로 감소되었다. Serum 내의 성분변화는 각 식이군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

차이가 있을 것으로 생각되지 않는다.

참 고 문 헌

IV. 요약 및 결론

본 연구는 표준, 고탄수화물, 고단백, 고지방의 4가지 식이로 각각 10주간 사육한 흰쥐를 단식시켜 비교한 것이다. I. 단식으로 인한 각 부위의 무게 변화율은 다르게 나타났으며, 특히 간이 몸조직보다도 많이 소모되었다. 또한 epididymal fat pad가 100% 이용되고 몸무게가 40%이상 감소되면 생명을 지탱할 수 없었다. II. 단식으로 죽었을 때 체구성 성분 변화에 있어서 무엇보다도 지방량이 현저한 감소를 보여, 몸무게의 감소는 주로 체지방의 감소에 의함을 알 수 있고, 또한 단식시에는 체지방이 우선적인 열원으로 쓰임을 알 수 있다. 그러나 골격근육에 있어서는 다른부위에서만큼 변화가 심하지 않았다.

각 부위의 단백질량은 무게감소와 거의 평행하게 나타나므로써 농도는 일정하게 유지되었으며, 회분량도 감소되기는 하나 농도로 보면 증가하였다. 그 밖에 수분함량은 모든 조직에서 증가되었는 데 이것은 지방량의 감소에 대치적인 현상으로 보인다. III. 단식의 영향은 단식 5일까지는 심하게 나타나지 않았고, 단식으로 죽었을 때 현저했으며, 단식전 식이구성비에는 커다란 차이가 없었다. 즉, 고단백이나 고지방의 섭취시에 정상 단백질이나 지방의 섭취시보다 높은 보유량을 나타내지 않았다. 또한 단식전 식이구성비는 단식에 대응하는 생존능력에도 차이를 나타내지 않았다. IV. 이상의 결과에서 보면 영양상태가 다른 인류 집단이나 종족간에 있어서 단식에 의한 영향의 심각한 정도는 큰

- 1) 이기열, 김숙희 : 한국인의 식생활 향상을 위한 종합연구, 서울 : 이화여자대학교 출판부, p. 42. 1974.
- 2) Hawk, P.E., B.L. Oser, and W.H. Summerson: *Pract. Physiol. Chem., New York: McGraw-Hill Book Co., pp. 1219-20. 1965.*
- 3) 金井泉 : 臨床検査法揚要, 金泉出版株式會社 1955.
- 4) Hawk, P.E., B.L. Oser, and W.H. Summerson: *Pract. Physiol. Chem., New York: McGraw-Hill Book Co., pp. 1054-55, 1965.*
- 5) Kingsley, G.R.: *J. Lab. Clin. Med., 27:840, 1942.*
- 6) Frings, C.S., R.T. Dunn: *Am. J. Clin. Patho., 53:89-91, 1970.*
- 7) Marshall, M.W., H.E. Hilderbrand, J.L. Dupont, and M. Womack: *J. Nutr., 69:371-82, 1959.*
- 8) Halac, E. Jr.: *Am. J. Clin. Nutr., 9:557-64, 1961,*
- 9) Joel, C.D., C.A. Ellis, J.K. Lace, P.B. Joel, M.R. Swanson, and J.R. Stroemer: *J. Neurochem. 23:23-28, 1975.*
- 10) Scholz, R.W.: *Comp. Biochem. Physiol. 36: 503-12, 1970.*
- 11) Cahill, G.F., M.G. Herrera, A.P. Morgan, J.S. Soeldner, J. Steinke, P.L. Levy, G.A. Reichard, Jr., and D.M. Kipnis: *J. Clin. Invest. 45. No. 11. pp. 1751-67, 1966.*
- 12) Young, V.R. and Nevin, S.S.: *Sci, Amer. 225, No. 4, pp. 14-21, 1971.*
- 13) Snedecor, G.W. and W.G. Cochran.: *Statistical methods, Ames: The IOWA State University Press. 1972.*