

단기간의 운동 및 식이 조절이 비만아동의 질소 평형에 미치는 영향

박소앙 · 이성숙* · 최인선 · 오승호[§]

전남대학교 식품영양학과, 광주교육대학교 실과교육과*

Effect of Exercise and Diet Control Program on Nitrogen Balance in Obese Children

Park, So-Ang · Lee, Sung-Sug* · Choi, In-Seon · Oh Seung-Ho[§]

Department of Food and Nutrition, College of Home Economics, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

Department of Practical Arts Education,* Kwangju National University of Education, Kwangju 500-703, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the effect of exercise and diet control program on nitrogen balance in obese children. The subjects of this study were five obese boys aged from 8 to 12 participating in the control period(C) for 3 days, exercise without energy deficit period(EEN) for one week, and exercise with energy deficit period(EED) for another one week, consecutively. The intensity of the exercise was 60 - 70% of HRmax and the energy was restricted at 493 kcal/day. Daily mean total energy intake was $2,152 \pm 138$ kcal, $1,861 \pm 138$ kcal, and $1,368 \pm 87$ kcal for the period C, EEN and EED, respectively. The body weight for EEN and EED decreased compared with the period C by average 1.2 ± 0.2 kg and 1.8 ± 0.3 kg, respectively. Of the body weight loss, the fat mass decreased by 1.0 ± 0.3 kg and 1.5 ± 0.5 kg and the lean body mass by 0.2 ± 0.4 kg and 0.3 ± 0.4 kg, respectively. Of the daily mean nitrogen consumption was 9.1 ± 0.7 g, 9.1 ± 0.8 g and 7.1 ± 0.5 g, the daily mean nitrogen excretion from feces was 1.3 ± 0.2 g, 0.9 ± 0.1 g and 0.7 ± 0.1 g, and from urine was 6.7 ± 0.6 g, 6.6 ± 0.5 g and 6.7 ± 0.6 g, for the period C, EEN and EED, respectively. Daily mean nitrogen balance excluding nitrogen excretion from feces and urine indicated $+1.1 \pm 1.0$, $+1.6 \pm 0.6$ and -0.3 ± 0.9 for the period C, EEN and EED, respectively. Despite the negative indication during EED, there was no statistical significance. The daily mean creatinine excretion was 0.5 ± 0.0 g, 0.7 ± 0.1 g and 0.6 ± 0.0 g and the creatinine-height index(CHI) was $85.1 \pm 6.7\%$, $83.8 \pm 6.6\%$ and $81.0 \pm 6.5\%$, for the period C, EEN and EED, respectively, indicating little significant difference among the periods. Taking above results into consideration, it seems the exercise program conducted for this study did not substantially affect the nitrogen balance of the obese children, and may be used for the body weight control. However, the adequacy of the energy restriction and amount of exercise applied to this study need to be further investigated as the nitrogen balance indicated negative and increasing tendency of the creatinine excretion showed during the EED compared with period C, despite the statistical insignificance. (*Korean J Nutrition* 34(6) : 637~644, 2001)

KEY WORDS: diet control, exercise, nitrogen balance, obese.

서론

국민 소득 증가와 생활 수준 향상 및 운동량 감소 등 생활 환경의 변화로 점차 과체중 아동과 비만 아동이 증가 추세에 있음이 보고되고 있다.^{1,2)} 아동기 비만은 정서적 또는 육체적 불이익 뿐만 아니라 성인기로 이양되는 경향과 이것이 성인기의 기타 질병과 사망률을 높이는 인자로 작용한다는

데 문제가 있다.^{3,4)}

비만 치료의 성공은 정상적인 건강을 유지하면서 감소된 체중이 오랫동안 지속될 수 있으나에 달려있으므로 성공적인 비만 치료 방안은 에너지 소비 측면의 운동과 섭취 제한 측면의 식이 섭취 조절을 어떻게 조화시키느냐에 있다. 더욱이 성장기 아동의 경우는 가혹한 비만 치료에 의하여 성장 장애⁵⁾를 주기보다는 더 이상의 비만도 상승을 억제시키는 것이 보다 바람직하다는 주장⁶⁾도 있는 바, 이들에게 적당한 운동 및 식이 조절 강도를 밝히는 것은 매우 중요하다고 본다. 그러나 체중 및 지방량의 감소를 최대로 하고 감소된 체중을 장기간 유지할 수 있도록 하는 운동 및 식이 제한 정도에 대

접수일 : 2001년 5월 8일

채택일 : 2001년 8월 27일

[§]To whom correspondence should be addressed.

한 최적 조건에 있어 일치된 견해가 없는 실정이다.

비만 치료에 대한 에너지 섭취 제한 측면에서 Stanko 등⁷⁾은 심한 에너지 제한(2.1MJ/d)이 중등도 에너지 제한(4.2 MJ/d)보다 체중 및 체지방 감소량은 더 많지만 에너지 소비 효율 및 무지방 조직(lean body mass: LBM)의 유지 효과 측면에서 볼 때 중등도 에너지 제한이 더 바람직하다는 것을 주장한 바 있다.

한편 운동은 비만자나 정상 체중자에게 체지방을 감소시키며⁸⁾ 식이 제한을 하지 않더라도 규칙적인 유산소 운동은 체지방을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 무지방 조직의 감소를 막을 수 있다고 하였다.⁹⁻¹¹⁾ 더욱이 식이 제한과 더불어 유산소 운동의 병행은 식이 제한만을 단독으로 실시했을 때에 비하여 더 큰 체중 감소 효과 및 무지방 조직의 보존 효과가 크다는 보고^{7,12-14)}가 있다. 반면에 어떤 연구자들은 운동이 체지방 감소를 촉진시키지 못하며,¹⁵⁾ 또한 무지방 조직의 감소를 억제할 수 없다고 보고하였고,^{16,17)} 일부 연구자들^{16,18,19)}은 에너지 제한과 운동의 병행은 질소 평형이나 무지방 조직의 감소를 개선시키지 못하였다고 하므로서 운동과 식이 제한 요법이 체중 감소에 효과적이기는 하지만 체지방 조직 뿐만 아니라 어느 정도 무지방 조직량까지도 감소시킬 수 있음을 지적하고 있다. 더욱이 극심한 에너지 제한시에는 일시적인 탈수 현상과 더불어 무지방 조직의 감소로 인해서 음의 질소 평형을 보인다는 보고도 있어²⁰⁾ 비만 치료 방안에 대한 일치된 견해를 보여 주지 못하고 있는 실정이다.

본 연구는 비만한 초등학교 아동을 대상으로 체중 조절 방법으로서 운동만을 부하 하였을 때와 운동과 식이섭취제한을 병행하였을 때 체중 및 체조성 변동과 체내 단백질 평형 상태를 관찰함으로써 성장 발육에 장애를 주지 않으면서 비만 치료를 이룰 수 있는 효과적인 운동량과 식이요법 제시를 위한 자료를 얻기 위하여 실시되었다.

연구방법

1. 실험 대상자

실험 대상자는 9~12세 남자 아동 중 체지방 함유율이 25%를 초과하는 비만 아동 5명 이었다. 각 대상자별 신체 상황은 Table 1과 같았다.

모든 대상자는 실험 첫날과 마지막날 소아과 전문의에 의하여 임상 증상, 혈액 및 X선 검사 등으로 실험 기간 중 건강 상태의 이상 유무를 관찰토록 하였다. 이들은 실험 기간 중 식이 섭취 및 운동량 조절에 엄격한 통제를 받도록 하여 에너지 섭취량과 운동량을 정확히 측정할 수 있게 하였다. 대상 아동(n = 5)들은 3일간 평상시와 유사한 자유로운 생

Table 1. Physical characteristics of experimental subject

Subject	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat percent (%)
L, MS	11.2	143.9	56.1	36.7
K, YS	11.3	150.1	61.1	38.7
K, WI	8.2	135.5	53.7	38.9
J, JW	8.4	130.1	39.1	34.1
Y, DC	9.0	133.5	34.7	32.0
Mean ± SE	9.6 ± 0.7	138.6 ± 3.7	49.8 ± 5.1	36.1 ± 1.3

Each values are Mean ± Standard error

활 환경하에서 예비 실험에 참여하였고 이 후 7일간(n = 5)은 에너지 섭취량을 권장량 수준으로 급식하며 운동만을 하였을 때의 효과를 관찰하는데 참여하였으며, 이후 7일간(n = 4)은 에너지량의 제한(권장량의 80%)과 아울러 운동을 병행할 때의 효과를 관찰하는데 참여하였다. 대상 아동 중 1명이 실험 기간 중 건강 상태의 이상으로 일부 실험에서 제외되었다.

2. 실험 식이 및 급식

한국인이 상용하는 식품을 사용하여 실험식이의 총 에너지 구성비가 당질 70%, 단백질(1.21g/kg BW) 15% 및 지방질 15%를 차지하는 식이를 기본으로 하였으며, 에너지 제한시에는 각 대상자별 기본 식이 섭취량에서 1일 약 500 kcal 정도의 에너지를 밥의 양만을 줄여 급여하였다. 실험 식이 조리 및 급식은 영양사의 관리, 감독하에 실시되었으며 음식은 지정된 장소에서, 비교적 일정한 시간(아침 7:00, 점심 12:30, 저녁 6:30)에 급여하였다.

3. 운동 부하

실험 대상자에 대한 운동 부하는 전문 체육 강사의 지도에 따라 오전에는 조깅을 기본으로 하는 육상 운동, 오후에는 수영을 실시하였다. 조깅은 체육관 내에서 4~5분간 준비 운동을 한 후에 20분간씩 2회 반복하여 40분간 실시하였다. 운동 강도는 10초간 경동맥을 촉진으로 60~70% HRmax(최대 심박수)를 유지하도록 하였으며 조깅이 끝난 후 정리운동을 실시하였다. 수영은 수영하기 전 체육 강사의 지도에 따라 신체 각 부위의 스트레칭을 2~3분에 걸쳐 실시하고 윗몸 일으키기 25회, 팔굽혀펴기 10회씩 4회 반복 실시하였다. 이 후 물에 뜨기 및 발차기 10분, 발차기 및 팔 동작 10분, 평형 및 자유형으로 정상 호흡하면서 25m, 왕복에 1분간씩 휴식하며 20분간 실시하였다. 각 운동 유형별, 훈련 시간 및 훈련 강도는 Table 2와 같았다.

4. 시료 채취 및 처리

음식물 및 배설물 시료의 채취는 대조기간(control per-

Table 2. Aerobic exercise program

Exercise	Period (week)	Frequency (day/week)	Time (min/day)	Intensity (% HRmax)
Stretching	2	5	40	Maximum
Jogging	2	5	40	60 - 70
Swimming	2	5	40	Maximum

iod: C) 3일, 에너지는 권장량 수준으로 급식하며 운동을 부하하는 운동기간(exercise without energy deficit period: EEN) 7일중 마지막 3일간 및 에너지 섭취량도 제한하며 운동도 병행하여 부하하는 에너지 제한 운동기간(exercise with energy deficit period: EED) 7일중 마지막 3일간 각 대상자들이 섭취하는 모든 음식물, 배설물로서 대변 및 소변의 전량을 수거한 후 그 일부를 분석용 시료로 사용하였다. 즉 각 실험 기간별 1일 총 식이 섭취량을 실측하고 섭취량 만큼의 식이를 수집하여 분석에 사용하였다. 대변은 1일 1회 기상 직후 미리 칭량된 용기에 수집하여 총량을 측정 후 각각 그 일부를 밀폐된 용기에 담아 각 성분 분석시까지 냉동 보관하였다. 소변은 매일 아침 8시부터 다음날 아침 8시까지 24시간 동안 부패 방지와 질소 안정을 위해 3~4방울의 톨루엔이 들어 있는 용량 2,000ml의 플라스틱 수집통에 수집하여 총량을 측정 후, 그 일부를 밀폐된 용기에 담아 각 성분 분석시까지 냉동 보관하였다.

5. 체성분 변화량 측정

체중은 매일 아침 기상과 동시에 공복 상태에서 측정하였으며 체지방 함유율은 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간의 마지막날 각각 생체 전기저항 지방분석기(Bio-Electrical Fatness Analyzer, GIF-891, Gil Woo Training Co., Korea)를 이용하여 각 대상자들의 지방 조직량(fat mass: FM)을 측정하였다. 무지방 조직량(lean body mass: LBM)은 lean body mass(kg) = body weight(kg)-fat mass(kg)의 식으로 산출하였다.

6. 혈액 성분 측정

실험 대상 아동들은 실험 첫날과 마지막날에 채혈하였는데 채혈 전날 저녁 9시 이후 부터 다음날 아침 9시까지 금식한 공복의 안정 상태에서 혈압을 측정하고 이 후 곧 혈액을 채취하였다.

헤모글로빈함량은 cyanmethemoglobin법, 헤마토크릿치는 microhematocrit법, 혈당치는 효소법을 이용한 kit시약(한국 시약), glutamic oxaloacetic transferase(sGOT) 및 glutamic pyruvic transaminase(sGPT)활성은 Reitman-Frankel법으로 측정하였다. Alkaline phosphatase는 Kind-King변법을 이용한 kit시약(한국 시약)으로 측정하

였고, 총 단백질 농도는 Biuret법,²¹⁾ 알부민 농도는 BCG법²¹⁾으로 비색 정량하였다.

7. 질소 평형

냉동고에 보관한 시료를 상온에 방치하여 해동시킨 후 잘 혼합하여 그 중 일정량을 취해 동결 건조기에서 건조시켜 일부를 습식 분해로 분해시킨 후 micro-kjeldahl법²²⁾으로 식이중 질소 함량을 측정하였고 여기에 6.25배 하여 단백질 함량으로 환산하였다. 대변과 소변으로 배설되는 질소 함량은 식이와 동일한 방법으로 측정하였다. 질소 평형 상태는 아래식과 같이 식이로 섭취하는 총 질소 섭취량에서 대변 및 소변으로 배설되는 질소 함량을 감하여 평가하였다.

$$\text{질소 평형} = \text{식이중 질소} - (\text{대변중 질소} + \text{소변중 질소})$$

에너지 섭취량은 시료의 일정량을 건조후 열량계(Yosida Seisakusho, Nenken type, Japan)로 측정하였다.²³⁾

8. 소변중의 크레아티닌 함량 및 Creatinine-height index (CHI)

소변에서 크레아티닌 함량은 Jaffe법에 의한 kit(한국 시약)으로 측정하였다. Creatinine-height index(CHI)는 이상적인 24시간 크레아티닌 배설량을 구하고^{24,25)} 이에 대한 각 대상자들의 24시간 배설된 크레아티닌 함량의 백분율로 나타냈다. 즉,

$$\text{Creatinine-height index} =$$

$$\frac{\text{mg of creatinine/24hrs excreted by subject}}{\text{mg of creatinine/24hrs excreted by normal subject of same height}} \times 100(\%)$$

9. 측정 자료의 통계처리

본 연구의 모든 실험결과는 SAS(Statistical Analysis System) 통계모델을 이용하여 각 실험군별로 평균치와 표준오차를 구하였으며, 실험 조건별 평균치간의 유의성 검정은 ANOVA를 이용하여 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 실험 대상자의 일반 상황

모든 대상자들은 전 실험 기간 동안 운동 부하 및 주어진 식단에 잘 적응하였으며 임상학적 증상에 이상이 없었다. 또한 실험 첫날과 마지막날의 혈압, 헤모글로빈함량, 헤마토크릿치, 혈청내 sGOT 및 sGPT활성 등을 측정한 결과(Table 3)도 모두 정상 범위에 속하여 혈액학적 증상에도 이상이 없었으며 alkaline phosphatase 활성은 유의있게

감소하였다. 단 대상 아동 중 1명은 실험 기간 중 독감으로 일부 실험(운동기간)에서 제외되었다.

본 실험 기간동안 대상자들의 연령, 신장, 체중 및 체지방량은(Table 1) 각각 9.6 ± 0.7 세, 138.6 ± 3.7 cm, 48.9 ± 5.1 kg 및 $36.1 \pm 1.3\%$ 이었다. 이는 동일 연령에 대한 체위 기준치²⁶⁾(체중: 38kg, 신장: 144cm)와 비교시 체중은 높았고, 신장은 낮았다.

2. 총 에너지 섭취량 및 공급원

본 실험대상자의 1일 총 에너지 섭취량과, 총 에너지 섭취량에 대한 당질, 단백질 및 지방질 공급원의 구성비는 Table 4와 같았다.

1일 평균 총 에너지 섭취량은 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 $2,152 \pm 138$ kcal, $1,861 \pm 138$ kcal 및 $1,368 \pm 87$ kcal 이었으며 체중 kg당 각각 42.6kcal, 36.8kcal 및 29.7kcal 이었다. 이는 동일한 연령에 대한 한국인 영양권장량²⁶⁾ 2,200kcal/day와 비교시 대조기간에는 큰 차이가 없으나 운동기간과 에너지 제한 운동기간에서 각각 12.4%, 35.8% 더 낮은 수준이었다.

또한 총 1일 에너지 섭취량에 대한 당질, 단백질 및 지방질의 평균 구성비는 대조기간에는 73.8% : 10.4% : 15.7% 이었으며, 운동기간에는 73.0% : 13.3% : 13.6%이었고, 에너지 제한 운동기간에는 67.4% : 14.6% : 17.9%로서 에너지 제한 운동기간에는 운동기간에 비하여 당질은 감소하고 지방질 섭취량은 증가하였다. 8~12세 남자 초등학생을 대상으로 한 오²⁷⁾의 연구 결과에서 에너지 구성비가 당질, 단백질 및 지방질이 각각 70.0% : 10.2% : 19.3%이었다는 보고와 비교할 때 대조기간동안 본 실험 대상자들의 에너지 구성비를 보면 단백질은 비슷하나 지방질은 낮고 당질은 높은 편으로서 이는 대조기간 중 가급적 대상 아동들이 평상시에 섭취하던 식이를 급식시킨 점을 참고로 하면 정상 아동에 비하여 비만 아동들이 당질 식품을 더 선호하기 때문이 아닌가 사료된다. 이에 따라 운동기간에도 식이의 구성비가 당질 70%, 단백질 15% 및 지방질 15%인 식이를 급식하였음에도 당질 섭취량이 높고 지방질 섭취량이 낮은 경향은 평상시 식습관이 영향을 미친 것으로 본다.

단백질 섭취량은 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간에 각각 $10.4 \pm 0.4\%$, $13.7 \pm 0.4\%$ 및 $14.6 \pm 0.4\%$ 이며 다시 공급원별로 구분해 보면 동물성 단백질은 각각 35.4%, 39.3% 및 36.5%이었고 식물성 단백질은 각각 65.6%, 60.6% 및 63.4%이었다. 이러한 단백질 섭취량은 동일한 연령에 대한 한국인 영양 권장량²⁶⁾인 55g과 비교시 대조기간 및 에너지 제한 운동기간에는 약간 낮은 수준이었고 동물성 단백질과 식물성 단백질의 비율은 적당한 수준이었다.

3. 체조성 변화

본 실험 대상자들의 체중 및 체성분의 변화는 Table 5와 같았다.

대상 아동의 체중은 대조기간에 48.9 ± 5.1 kg이었는데 운동기간동안 1.2 ± 0.2 kg이 감소되었고 에너지 제한 운동기간 동안 운동기간에 비하여 1.8 ± 0.3 kg 더 감소되었으나 유의한 차이는 없었다. 운동으로 인한 체중감소가 1.2 ± 0.2 kg이므로 에너지 제한으로 인한 체중 감소량은 0.6kg에 해당된다고 볼 수 있다. 무지방 조직량은 대조기간에 31.0

Table 3. Blood pressure and clinical results of obese subject

	Initial	Final
Blood pressure(mmHg)		
Systolic	90.0 ± 4.5	96.0 ± 2.5
Diastolic	64.0 ± 2.5	66.0 ± 2.5
Hemoglobin(g/dl)	15.6 ± 0.4	15.5 ± 0.3
Hematocrit(%)	48.2 ± 1.2	45.8 ± 0.9
Blood sugar(mg/dl)	95.4 ± 8.5	89.6 ± 3.7
sGOT(unit) ¹⁾	18.8 ± 1.0	16.3 ± 1.5
sGPT(unit) ²⁾	13.8 ± 0.6	12.0 ± 1.6
Alk. Pase(unit) ³⁾	25.4 ± 1.9	19.0 ± 1.0*
A/G ratio ⁴⁾	1.5 ± 0.3	1.6 ± 0.1

Each values are Mean ± Standard error
 * : Significantly different at < 0.05 compared with the initial in the same column as determined by student's t-test
 1) sGOT: glutamic oxaloacetic transaminase(Reitman-Frankel Units)
 2) sGPT: glutamic pyruvic transaminase(Reitman-Frankel Units)
 3) Alk. Pase: alkaline phosphatase
 4) A/G ratio: Albumin/Globulin

Table 4. Daily energy intake and diet composition during experimental period

Diet groups ¹⁾	Daily energy intake		% of total calorie			Source of protein(%)	
	kcal/capita	kcal/kg BW	Carbohydrate	Protein	Fat	Animal	Vegetable
C	2,152 ± 138 ^a	42.6	73.8 ± 0.8 ^a	10.4 ± 0.4 ^b	15.7 ± 0.5 ^{ab}	34.5 ± 13.1	64.5 ± 13.6
EEN	1,861 ± 138 ^a	36.8	73.0 ± 1.2 ^a	13.3 ± 0.4 ^a	13.6 ± 1.1 ^b	39.3 ± 10.6	60.6 ± 10.6
EED	1,368 ± 87 ^b	29.7	67.4 ± 1.2 ^b	14.6 ± 0.4 ^a	17.9 ± 1.0 ^a	36.5 ± 14.1	63.4 ± 14.1

Each values are Mean ± Standard error
 Values in the same column bearing different superscripts are significantly different among experimental groups(p < 0.05)
 1) Diet groups are C: control period, EEN: exercise without energy deficit period, EED: exercise with energy deficit period

Table 5. Changes in body weight and composition during experimental period

Diet groups ¹⁾	Weight (kg)	Fat mass (kg)	LBM ²⁾ (kg)	BMI ³⁾ (kg/m ²)
C	48.9 ± 5.1	17.9 ± 0.6 ^a	31.0 ± 2.7	25.2 ± 1.7
EEN	47.7 ± 5.1	16.9 ± 1.0 ^b	30.8 ± 2.6	24.6 ± 1.7
EED	45.9 ± 4.7	15.4 ± 0.8 ^b	30.5 ± 2.6	23.7 ± 1.6

Each values are Mean ± Standard error
 Values in the same column bearing different superscripts are significantly different among experimental groups(p < 0.05)
 1) See the legend of Table 4
 2) LBM: lean body mass 3) BMI: body mass index

± 2.7kg이었는데 운동기간에 0.2 ± 0.4kg이 감소되었으며 에너지 제한 운동기간에는 운동기간에 비하여 0.3 ± 0.4kg 더 감소하였으나 통계적 유의성은 없었다. 체지방 조직은 대조기간에 17.9 ± 0.6kg이었는데 운동기간에는 1.0 ± 0.3kg이 감소되었으며 에너지 제한 운동기간에는 운동기간에 비하여 1.5 ± 0.5kg이 더 감소되어 무지방 조직량보다 그 감소량이 현저하게 많았다(p < 0.05). 신체질량지수(body mass index : BMI : 체중kg/키m²)는 대조기간, 운동기간, 에너지 제한 운동기간에 각각 25.2 ± 1.7kg/m², 24.6 ± 1.7kg/m², 23.7 ± 1.6kg/m²으로 다소 감소되었으나 유의한 차이는 없었다.

비만 치료는 운동과 식이요법을 병행하여 실시할 때 더 효과적이라는 것이 알려져 있으나, 부하하는 운동의 강도 및 이와 병행하는 에너지 정도에 따라 달라진다고 한다. Konstantin 등²⁶⁾은 비만 치료에 대한 운동과 식이 요법 병행실시의 효과를 관찰한 보고에서 에너지만 제한하였을 때는 체지방 뿐만 아니라 무지방량도 감소하였으나, 적당한 유산소 운동을 병행했을 때는 무지방 조직의 감소가 없었다고 하였다. 그러나 Kein 등²⁹⁾은 에너지 권장량의 50%를 감소시키고 중등도 유산소 운동을 하였을 때 전체 체중 감소에서 체지방 및 무지방조직이 차지하는 비율이 각각 67% 및 33%였으며, 운동만을 부하하였을 때는 각각 86% 및 14%였다. 다른 연구자들^{16, 18, 19)}도 운동과 에너지 제한 요법을 병행 실시해도 질소 평형이나 무지방 조직의 감소를 개선시키지 못한다고 하므로써 운동과 식이 제한 요법이 체중 감소에 효과적이기는 하지만 체지방 조직 뿐 만아니라 어느 정도 무지방 조직까지도 감소시킴을 지적하고 있다.

4. 질소 평형

1일 질소 섭취량, 대변과 소변으로의 질소 배설량 및 질소 평형은 Table 6과 같았다.

질소 섭취량은 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 9.1 ± 0.7g/day, 9.1 ± 0.8g/day 및 7.1 ±

Table 6. Daily dietary intake, fecal loss, urinary loss and balance of nitrogen during experimental period (g/day)

Diet groups ¹⁾	Intake	Fecal loss	Urinary loss	Balance
C	9.1 ± 0.7 ^a	1.3 ± 0.2 ^c	6.7 ± 0.6	+1.1 ± 1.0
EEN	9.1 ± 0.8 ^a	0.9 ± 0.1 ^{ab}	6.6 ± 0.5	+1.6 ± 0.6
EED	7.1 ± 0.5 ^b	0.7 ± 0.1 ^b	6.7 ± 0.6	-0.3 ± 0.9

Each values are Mean ± Standard error
 Values in the same column bearing different superscripts are significantly different among experimental groups(p < 0.05)
 1) See the legend of Table 4

0.5g/day로 대조기간에 비하여 운동기간에는 비슷하였으나 에너지 제한 운동기간에는 유의하게 낮았다(p < 0.05). 이상의 대조기간 중 1일 질소 섭취량은 본 실험 대상자들(평균 연령: 9.6세)의 단백질 권장량²⁶⁾에 해당되는 질소의 환산치(8.8g/day)에 비하여 다소 많았으며, 오 등³⁰⁾이 8~12세 정상 체중의 남녀 아동을 대상으로 한 실험에서 남자 아동의 1일 질소 섭취량 8.4 ± 0.2g/day 이었다는 보고에 비하여도 다소 높았다. 이는 본 실험대상자들이 동일한 연령의 정상 체중 아동에 비하여 평소 식품 섭취량이 많았기 때문이라 사료된다. 그러나 운동기간에 식품 섭취를 제한하지 않아도 대조기간에 비하여 질소 섭취량이 다소 감소한 것은 심한 운동 부하로 인한 식욕 감퇴³¹⁾가 요인으로 작용한 것이 아닌가 추측된다. 에너지 제한 운동기간에 질소 섭취량이 낮아진 것은 에너지 제한을 밥의 양으로 조절하였으므로 밥에 함유된 단백질 섭취량의 감소에 기인된 현상이라 생각된다.

대변으로의 질소 배설량은 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 1.3 ± 0.2g/day, 0.9 ± 0.1g/day 및 0.7 ± 0.1g/day로서 대조기간에 비하여 운동기간에는 다소 낮았으나, 에너지 제한 운동기간에는 유의하게 낮아 섭취량과 같은 경향이였다. 그러나 소변으로의 질소 배설량은 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 6.7 ± 0.6g/day, 6.6 ± 0.5g/day 및 6.7 ± 0.6g/day로서 대조기간에 비하여 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 차이가 없었다. 식이를 통한 질소 섭취량에서 소변과 대변으로의 질소 배설량을 감한 질소 평형 상태는 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간 별로 각각 +1.1 ± 1.0, +1.6 ± 0.6 및 -0.3 ± 0.9로 통계적 유의성은 없으나 대조기간의 양의 질소 평형에 비하여 에너지 제한 운동기간에 음의 질소 평형을 보였다.

질소 평형은 단백질의 섭취량 뿐만 아니라 에너지의 섭취량에 의해서도 영향을 받아 에너지 섭취가 부족하면 질소 배설이 증가하여 평형을 감소시킨다. Wayler 등³²⁾과 Pan-nemaus 등³³⁾은 대학생들에게 단백질을 1일 체중 kg당 0.

Table 7. Urinary creatinine excretion during experimental period

Diet groups ¹⁾	Creatinine		CHI ²⁾ (%)
	g/day	mg/kg BW	
C	0.5 ± 0.0	11.5 ± 0.7	85.1 ± 6.7
EEN	0.7 ± 0.1	12.8 ± 0.6	83.8 ± 6.6
EED	0.6 ± 0.0	12.7 ± 0.8	81.0 ± 6.5

Each values are Mean ± Standard error

Values in the same column bearing different superscripts are significantly different among experimental groups(p < 0.05)

1) See the legend of Table 4

2) CHI = Creatinine Height Index =

$$\frac{\text{mg of creatinine/24hrs excreted by subject}}{\text{mg of creatinine/24hrs excreted by normal subject of same height}} \times 100(\%)$$

3g에서 0.6g으로 증가시켰을 때 질소 평형이 증가하여 양의 평형을 보였다고 하였다. Calloway³⁴⁾의 보고에서도 20대 남자 8명에게 에너지 섭취량을 일정하게 하고 단백질 섭취량을 에너지의 5%에서 7%로 증가시켰을 때 양성 평형을 보인다고 하였다. 한편 Davies 등²⁰⁾의 비만 여성을 대상으로 한 8주 동안의 질소 평형을 관찰한 보고에서 단백질 섭취량은 일정하게 하고 중등도 에너지 제한(1,220kcal/day) 및 심한 에너지 제한(1,670kcal/day)을 한 경우, 중등도 에너지를 제한하였을 때는 1.39로 양의 질소 평형을 보이거나 심한 에너지 제한 때는 1.46으로 음의 질소 평형을 나타낸다고 하였으며 Phinney 등¹⁸⁾도 이와 유사한 보고를 한 바 있다. 이상 선행 연구를 참고로 할 때, 본 실험에서 에너지 제한 운동기간의 음의 질소 평형은 에너지 제한 때문이라기 보다는 질소의 섭취량 감소로 인한 일시적 질소 평형의 불균형 현상이라고 사료된다. 이는 소변 중 질소 배설량이 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 대조기간과 비슷한 것도 이를 뒷받침하는 결과라 하겠다.

5. Creatinine-height index(CHI)

소변으로의 크레아티닌 배설량 및 CHI는 Table 7과 같았다.

소변으로의 크레아티닌 배설량은 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 평균 0.5 ± 0.0g/day, 0.7 ± 0.1g/day 및 0.6 ± 0.0g/day이었고 1일 체중 kg당 각각 11.5 ± 0.7mg, 12.8 ± 0.6mg 및 12.8 ± 0.6mg 이었다. 크레아티닌은 거의 모두 근육조직에 있으며 일정한 속도로 크레아티닌으로 전환되어 소변으로 배설된다. 24시간 뇨중으로 배설되는 크레아티닌은 식이 성분에 거의 영향을 받지 않으며³⁵⁾ 근육의 양에 비례³⁶⁾하고 개인에 따라서 일정한 것으로 알려져 있다. 식이 단백질은 크레아티닌을 합성하는 아미노산의 근원이 되므로 뇨중의 크레아티닌 배설량은 식이중의 단백질, 크레아틴, 크레아티닌에 의하여 어느 정도

영향^{37,38)}을 받는다고도 하며 그 외에도 심한 근육운동, 연령의 증가, 신장장애, 갑상선기능저하 등이 크레아티닌 배설에 영향^{36,39)}을 끼친다. 본 실험에서 소변으로의 크레아티닌 배설량은 운동기간 및 에너지 제한 운동기간에 유의한 차이는 없었으나 각각 대조기간에 비하여 다소 감소된 것은 본 실험에서 부하한 운동량 및 에너지 제한 조건이 체내 무지방 조직을 분해할 정도로 그렇게 과격하지 않다는 것을 나타내는 점이라 하겠다. 이는 소변 중 배설되는 질소 배설량상과도 잘 일치하는 현상이다.

체내 비교적 장기간의 단백질 영양상태를 평가하는 방법으로 생화학적 측정법과 신체계측법을 함께 고려한 CHI를 사용하는데, 이 비율이 90% 이하이면 비정상적으로 판정한다.⁴⁰⁻⁴¹⁾ 장기간 단백질 결핍시에는 근육의 단백질이 감소하는 반면, 신장은 거의 일정하게 유지되므로 근육량의 감소에 따라 크레아티닌 배설은 감소하여 CHI 역시 감소하게 된다. 본 실험에서 CHI는 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 85.1 ± 6.7%, 83.8 ± 6.6% 및 81.0 ± 6.5%로 정상치에 비하여 다소 낮으나 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 대조기간과 큰 차이를 보이지 않는 점으로 보아 비록 단기간이지만 각 실험 조건별 대상 아동의 단백질 영양상태는 큰 변동이 없었던 것으로 생각된다.

본 실험에서 운동기간 및 에너지 제한 운동기간에 나타난 무지방 조직량의 감소는 소변으로의 질소 배설량 및 크레아티닌 함량이 대조기간과 비슷한 것을 참고로 한다면 근육조직의 이화작용이라기 보다는 운동으로 인한 단기간의 탈수로 인한 현상이 아닌가 추측된다. 그러나 에너지 제한 운동기간에 비록 유의한 차이는 없었으나 대조기간에 비하여 다소의 음의 질소 평형과 크레아티닌 배설량이 증가하는 경향으로 보아 본 실험에 적용한 에너지 제한 및 운동량의 적정성에 대하여 추후 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

요 약

본 연구는 운동 및 식이 조절이 비만 아동의 질소 평형에 미치는 영향을 조사하기 위하여 8~12세의 비만한 초등학교 남자 아동을 대상으로 3일간은 대조기간, 1주일간은 운동을 부하하되 에너지는 제한하지 않는 운동기간 및 그 후 1주일간은 운동부하와 동시에 에너지를 제한하는 에너지 제한 운동기간으로 나누어 대상자의 체중 및 체성분을 측정하고, 또한 에너지 섭취량, 질소 평형 및 CHI를 측정하여 상호 비교하였다. 1일 평균 총 에너지 섭취량은 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 평균 2,152 ± 138kcal, 1,851 ± 138kcal 및 1,368 ± 87kcal이었다. 체

중은 대조기간에 비하여 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 평균 $1.2 \pm 0.2\text{kg}$ 및 $1.8 \pm 0.3\text{kg}$ 감소되었는데, 이 중 지방 조직은 각각 평균 $1.0 \pm 0.3\text{kg}$ 및 $1.5 \pm 0.5\text{kg}$ 감소되었고 무지방 조직은 각각 평균 $0.2 \pm 0.4\text{kg}$ 및 $0.3 \pm 0.4\text{kg}$ 감소되었다. 1일 질소 섭취량은 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 평균 $9.1 \pm 0.7\text{g}$, $9.1 \pm 0.8\text{g}$ 및 $7.1 \pm 0.5\text{g}$ 이었는데 대변으로의 질소 배설량은 기간별로 각각 평균 $1.3 \pm 0.2\text{g}$, $0.9 \pm 0.1\text{g}$ 및 $0.7 \pm 0.1\text{g}$ 이었으며 소변으로의 질소 배설량은 기간별로 각각 평균 $6.7 \pm 0.6\text{g}$, $6.6 \pm 0.5\text{g}$ 및 $6.7 \pm 0.6\text{g}$ 이었다. 식이를 통한 질소 섭취량에서 소변과 대변으로의 질소 배설량을 감한 질소 평형 상태는 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 평균 $+1.1 \pm 1.0$, $+1.6 \pm 0.6$ 및 -0.3 ± 0.9 로 에너지 제한 운동기간에 다소 음의 질소 평형을 보이거나 통계적 유의성은 없었다. 크레아티닌 배설량은 대조기간, 운동기간 및 에너지 제한 운동기간별로 각각 $0.5 \pm 0.0\text{g}$, $0.7 \pm 0.1\text{g}$ 및 $0.6 \pm 0.0\text{g}$ 이었고, CHI는 기간별로 각각 평균 $85.1 \pm 6.7\%$, $83.8 \pm 6.6\%$ 및 $81.0 \pm 6.5\%$ 로서 각 기간동안 차이가 없었다. 이상의 성적으로 보아 본 실험에 적용한 운동 프로그램은 비만 아동의 체내 질소 평형에 크게 영향을 미치지 않는 것 같으며 체중 조절 요법으로 크게 무리가 없을 것으로 사료된다. 그러나 에너지 제한 운동기간에 비록 통계적 유의성은 없으나 대조기간에 비하여 음의 질소 평형과 크레아티닌 배설량이 증가하는 경향으로 보아 본 실험에 적용한 에너지 제한 및 운동량의 적정성에 대하여 추후 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

Literature cited

- 1) Moon HN, Hong SJ, Suh SJ. The prevalence of obesity in children and adolescents. *Korean J Nutrition* 25(5): 413-418, 1992
- 2) Smoak CG, Burke GL, Webber LS, Harsha DW, Srinivasan SR, Berenson GS. Relation of obesity to clustering of cardiovascular disease risk factors in children and young adults. The Bogalusa Heart Study. *Am J Epidemiol* 125(3): 364-372, 1987
- 3) Dietz WH. Critical period in childhood for the development of obesity. *Am J Clin Nutr* 59(5): 955-959, 1994
- 4) Yoo HS, Ra CS. Obesity in school-age children. *Korean J Pediatrics* 28(7): 631-636, 1985
- 5) Wardlaw GM, Insel PM, Seyler MF. Contemporary nutrition. Mosby, second edition, pp.458, 1992
- 6) Alford BB, Bogle ML. Nutrition during the life cycle, pp.236-237, 1982
- 7) Stanko RT, Tietze DL, Arch JE. Body composition, nitrogen metabolism, and energy utilization with feeding of mildly restricted(4.2MJ/d) and severely restricted(2.1MJ/d) isonitrogenous diets. *Am J Clin Nutr* 56(4): 636-40, 1992
- 8) Pacy PJ, Webster J, Garrow JS. Exercise and obesity. *Sports Medicine* 3(2): 89-113, 1986

- 9) Bouchard C, Tremblay A, Nadeau A, Dussault J, Despres JP, Theriault G, Lupien PJ, Serresse O, Boulay MR, Fournier G. Long-term exercise training with constant energy intake. 1: Effect on body composition and selected metabolic variables. *International Journal of Obesity* 14(1): 57-73, 1990
- 10) Ballor DL, Katch VL, Becque MD, Marks CR. Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. *Am J Clin Nutr* 47(1): 19-25, 1988
- 11) Ross R, Pedwell H, Rissanen J. Effects of energy restriction and exercise on skeletal muscle and adipose tissue in women as measured by magnetic resonance imaging. *Am J Clin Nutr* 61(6): 1179-1185, 1995
- 12) Pavlou KN, Whatley JE, Jannace PW, DiBartolomeo JJ, Burrows BA, Duthie EA, Lerman RH. Physical activity as a supplement to a weight-loss dietary regimen. *Am J Clin Nutr* 49(5 Suppl): 1110-1114, 1989
- 13) Hill JO, Sparling PB, Shields TW, Heller PA. Effects of exercise and food restriction on body composition and metabolic rate in obese women. *Am J Clin Nutr* 46(4): 622-630, 1987
- 14) Ballor DL, Katch VL, Becque MD, Marks CR. Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. *Am J Clin Nutr* 47(1): 19-25, 1988
- 15) Donnelly JE, Pronk NP, Jacobsen DJ, Pronk SJ, Jakicic JM. Effects of a very-low-calorie diet and physical-training regimens on body composition and resting metabolic rate in obese females. *Am J Clin Nutr* 54(1): 56-61, 1991
- 16) Heymsfield SB, Casper K, Hearn J, Guy D. Rate of weight loss during underfeeding: relation to level of physical activity. *Metabolism: Clinical & Experimental* 38(3): 215-23, 1989
- 17) Warwick PM, Garrow JS. The effect of addition of exercise to a regime of dietary restriction on weight loss, nitrogen balance, resting metabolic rate and spontaneous physical activity in three obese women in a metabolic ward. *Int J Obesity* 5(1): 25-32, 1981
- 18) Phinney SD, LaGrange BM, O'Connell M, Danforth E Jr. Effects of aerobic exercise on energy expenditure and nitrogen balance during very low calorie dieting. *Metabolism: Clinical & Experimental* 37(8): 758-765, 1988
- 19) Henson LC, Poole DC, Donahoe CP, Heber D. Effects of exercise training on resting energy expenditure during caloric restriction. *Am J Clin Nutr* 46(6): 893-899, 1987
- 20) Davies HJ, Baird IM, Fowler J, Mills IH, Baillie JE, Rattan S, Howard AN. Metabolic response to low- and very-low-calorie diets. *Am J Clin Nutr* 49(5): 745-751, 1989
- 21) Lee SY, Chong YS. Laboratory methods in clinical pathology. Yonsei University Press, Seoul, Korea, 1987
- 22) Pike L, Brown ML. An integrated approach. 3rd., In 'Nutrition': John W. and Sons(eds), New York, pp.771, 1984
- 23) Miller DS, Payne PR. A Ballistic bomb calorimeter. *Br J Nutr* 37: 758-762, 1989
- 24) Simko MD, Gilbride JA, Cowell C. Nutrition Assessment. A Comprehension Guide for planning Intervention. An Aspen Publication, pp. 154-155, 1984
- 25) Pressman AH, Adams AH. Clinical assessment of nutritional status. A working manual, second edition. Williams & Wilkins, pp.159, 1990
- 26) Recommended dietary allowances for Koreans, 7th revision. The Korean Nutrition Society, Seoul, 2000
- 27) Oh SH. A study on energy expenditure in Korean children. *J Korean Soc Nutr* 22(5): 531-538, 1993
- 28) Konstantin NP, Pavlou William PS, Robert HL, Belton AB. Effects of dieting and exercise on lean body mass, oxygen uptake and strength. *Med Sci Sports* 17: 466, 1985
- 29) Keim NL, Barbieri TF, Van Loan MD, Anderson BL. Energy expenditure and physical performance in overweight women: response to training with and without caloric restriction. *Metabolism: Clinical &*

- Experimental* 39(6): 651-658, 1990
- 30) Oh SH, Lee SS, Lee KW. Protein digestibility and nitrogen balance in Korean children. *J Korean Soc Nutr* 25(2): 225-231, 1996
 - 31) Oscai LB. The role exercise in weight control. In "exercise and sports science review 1": Wilmore JH, ed. pp.103, Academic Press, New York, 1973
 - 32) Wayler A, Queiroz E, Scrimshaw NS, Steinke FH, Rand WM, Young VR. Nitrogen balance studies in young men to assess the protein quality of an isolated soy protein in relation to meat proteins. *Journal of Nutrition* 113(12): 2485-2491, 1983
 - 33) Pannemans DL, Halliday D, Westerterp KR, Kester AD. Effect of variable protein intake on whole-body protein turnover in young men and women. *Am J Clin Nutr* 61(1): 69-74, 1995
 - 34) Calloway DH. Nitrogen balance of men with marginal intakes of protein and energy. *Journal of Nutrition* 105(7): 914-923, 1975
 - 35) Koo JO, Choi HM. The Effect of Dietary Protein Levels on Nitrogen Metabolism in Young Korean Women. *Korean Journal Nutrition* 21(1): 47-60, 1988
 - 36) Van Niekerk BDH, Reid JT, Bensadoun A, Paladines OL. Urinary creatinine as an index of body composition. *J Nutr* 79: 463-473, 1963
 - 37) Blellor RE, Schedl HP. Creatinine excretion variability and relationships to diet and body size. *J Lab Clin Med* 59: 945-955, 1962
 - 38) Ritchey SJ, Derise NL, Abernathy RP, Korslund MK. Variability of creatinine excretion in preadolescent girls consuming a wide range of dietary nitrogen. *Am J Clin Nutr* 26(7): 690-695, 1973
 - 39) Heymsfield SB, Arteaga C, McManus C, Smith J, Moffitt S. Measurement of muscle mass in humans: validity of the 24-hour urinary creatinine method. *Am J Clin Nutr* 37(3): 478-494, 1983
 - 40) Kim JY, Paik YH. A Study on Nitrogen Intake and Excretion in Young Korean Adult Women on Normal Diet. *The Korean Journal of Nutrition* 20(2): 90-103, 1987
 - 41) Simmons WK. Urinary urea nitrogen-creatinine ratio as indicator of recent protein intake in field studies. *Am J Clin Nutr* 25(5): 539-542, 1972