

=原 著=

成人中年女性肥満者に対する
 栄養補助食品を用いた食事療法
 —最大下運動時の呼吸循環応答に対する改善効果—

堀田 昇*† 大柿 哲朗* 金谷 庄藏*
 藤野 武彦* 馬渡 志郎** 中島 敏郎**
 筒井 浩一郎** 中島 幸一***

Effects of Caloric Restriction with Dietary Supplement on
 Weight Loss in Middle Aged Obese Women
 —Cardiovascular Responses to Submaximal Exercise—

Noboru HOTTA*, Tetsuro OGAKI*, Shozo KANAYA*,
 Takehiko FUJINO*, Shiro MAWATARI**, Toshiro NAKAJIMA**,
 Koichirou TSUTSUI** and Koichi NAKASHIMA***

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of caloric restriction with dietary supplement on weight loss in middle aged women. Ten were obese women with %Fat over 40% (skinfold method). The dietary regimen consisted of 920~1020 kcal/day with dietary supplement for 4 weeks.

There were significant decreases in body weight and %Fat after 4 weeks. Also, heart rate and oxygen intake to a given intensity exercise were decreased significantly after weight loss.

Thus, in extremely overweight women, a regimen involving caloric restriction with dietary supplement was a useful means of influencing body composition, and cardiovascular responses to submaximal exercise.

減食だけによる減量は、体重減少という点からみると効果的ではあるが⁶⁾、健康および体力の維持という点からは適切でないと言われてきた¹¹⁾。一般に除脂肪体重を維持しながら、体脂肪だけを減量させ

るためには、減食に運動を組み合わせる方法がよいとされている¹⁰⁾。

しかし、高度な肥満者では日常生活において一度に減食と運動を同時に組み合わせることは、

*九州大学健康科学センター †健康・スポーツ科学センター非常勤講師

Institute of Health Science, Kyushu University

**株式会社ヘルスリサーチインターナショナル
 Health and Reserch International Co..

***中島歯科医院

Nakashima Dental Clinic

食事の管理や運動量の規定が難しいだけでなく、過多の体重による整形外科的疾患を誘発する可能性が考えられる。

そこで、本研究では高度肥満者で運動経験の乏しい主婦を対象として、運動プログラムを実施させる以前の栄養補助食品を用いた食事管理のみによる減量を行なわせ、特に最大下運動に対する呼吸循環応答の面から減量の効果について検討した。

研究方法

1) 被験者

被験者は、年齢41～72歳の健康な主婦10名であった。彼女たちの平均年齢、平均身長および実験開始前の平均体重は、それぞれ55±10歳、151.8±3.8cm および63.80±8.74kgであった。

2) 最大下運動に対する呼吸循環応答と最大酸素摂取量

実験前後に自転車エルゴメータを用い、ペダル頻度50rpm、一段階2分間（初めの負荷0.25kp）で5段階（1.25kpまで）の負荷漸増法にて運動を実施させた。

運動負荷中、CM5誘導により得られた心電図のR波の数から心拍数を求めた。また、テスト中既知の濃度の標準ガスで較正された心肺機能測定装置（Oxycon-4型：Mijnhard社製）を用いて、30秒ごとの酸素摂取量を連続的に測定した。さらに安静時、各負荷後半の30秒間ごとに血圧を聴診法で測定した。同時に静脈より血液（5ml）を採取し、血中乳酸濃度を測定した。

これらの測定はいずれも室温23.0±1.8℃、相対湿度65.2±8.6%の環境下で実施した。

最大酸素摂取量は各負荷段階の酸素摂取量と心拍

数を一次回帰し、最高心拍数（220-年齢）まで外挿して推定した。

3) 摂取カロリーの制限

本研究では、特にカロリーを規定した“特別食”を提供したわけではなく、通常の米飯を中心とした食事をとるよう指示した。その内容は、朝食に米飯1膳と海藻などのカロリーの少ないおかずをあわせて約160kcal程度摂取するように指示した。昼食にはカロリー制限による栄養素の不足を補うために栄養補助食品（80kcal）とスキムミルク（80kcal）を与えた。また、夕食には米飯1膳と穀類を中心とした野菜あわせて約600～700kcal程度を目安に摂取するように指示した。

したがって、1日の摂取カロリーは920～1020kcal程度であり、これを4週間実施した。

4) 体脂肪量の測定

体脂肪率は、上腕背部と肩甲骨下角部の2部位の皮下脂肪厚を栄養式キャリパーで測定し、その和より長嶺の式⁷⁾を用いて求めた。

5) 統計処理

得られた結果は、すべて平均値と標準偏差であらわした。実験前後の平均値の有意差検定には、対応のあるStudentのtテストを用い、その有意水準は危険率5%未満（ $p < 0.05$ ）のものを採用した。

研究結果

1) 身体組成の変化

実験前後の身体組成の変化を、表1に示した。実験前後で体重が平均3.29kg、統計的に0.1%水準で有意に低下した。安静時の収縮期血圧が5mmHg

Table 1 Physical characteristics of subjects.

n	Age yr	Stature cm	Weight kg	Blood pressure at rest mmHg	%Fat %	LBM kg
before		151.8 ±3.8	63.80 ±8.74	142/88 ±19/10	35.71 ±9.98	40.15 ±4.71
10 after	55 ±10	151.9 ±3.9	60.51 ±8.16	137/87 ±15/10	32.46 ±8.95	40.32 ±3.94
		ns	$p < 0.001$	ns	$p < 0.01$	ns

ns : no significance

Table 2 Of heart rate and oxygen intake at rest and during exercise to submaximal exercise.

		at rest		Exercise intensity			
				0.25	0.50	0.75	kp
							1.00
							1.25
heart rate bpm	before	73	99	107	117	127	140
		±10	±13	±16	±15	±17	±19
	after	73	84	89	97	106	117
		±10	±8	±8	±12	±13	±18
		ns	p<0.001	p<0.01	p<0.001	p<0.001	p<0.001
oxygen intake ml/kg/min	before	3.3	9.2	10.6	13.2	15.2	17.3
		±0.7	±1.6	±1.4	±2.0	±2.2	±2.4
	after	3.4	7.3	9.0	11.4	13.3	15.3
		±0.8	±1.5	±1.4	±1.7	±1.6	±1.8
		ns	p<0.05	p<0.05	p<0.05	p<0.01	p<0.05

ns : no significance

低下したが、統計的に有意ではなかった。

皮下脂肪厚から求めた体脂肪率は、平均3.25%と統計的に0.1%水準で有意な低下が認められた。しかし、除脂肪体重は実験前後でほぼ一定であり、有意な変化はみられなかった。したがって、本実験の被験者の体重減少の多くは体脂肪量の低下であると思われる。

2) 最大下運動時の呼吸循環応答

安静時および最大下運動時の心拍数および体重1kg当りの酸素摂取量を表2に示した。

安静時の心拍数は、減量前後で有意差はなく、それぞれ73±10拍/分であった。しかし、0.25から1.25kpまで5段階すべての最大下強度の運動に対して、心拍数は毎分当り15~23拍、減量後の方が統計的に有意に低かった(p<0.01~0.001)。

一方、体重当りの酸素摂取量は、減量前後で安静時はそれぞれ、毎分3.3±0.7mlおよび3.4±0.8mlとほとんど等しい値であった。しかし、最大下運動に対しては心拍数の応答と同様に5つの負荷のいずれにおいても減量後の方が統計的に有意に低い値であった(p<0.01~0.05)。

5段階の負荷時の心拍数と酸素摂取量を一回帰し、最大酸素摂取量を推定すると減量前は24.3±4.9ml/kg/分、減量後は29.7±6.8ml/kg/分となり統計的に有意な向上であった(p<0.001)。最大酸素摂取量は通常体重1kg当りで表わすので、絶対値の最大酸素摂取量が一定であっても体重が低下すれば、“見かけ上”向上したように見える。しかし、本研究では最大酸素摂取量を絶対値(1554ml/分対1807

ml/分)で表わしても、除脂肪体重当り(38.8ml/kg/分対44.1ml/kg/分)で表わしてもいずれも統計的に有意に向上した(p<0.01)。

考 察

1) カロリー制限と身体組成の変化

本研究では、摂取カロリーの低下に伴う栄養素の不足を補うために栄養補助食品を用い、さらに中高年者が継続しやすいように米飯を中心とした食事で、1日の摂取カロリーを約920~1020kcalとした。これまで文献的にみられる減量実験における1日の摂取カロリーは、380~1700kcalの範囲である^{8),9)}。Haganら³⁾は、通常の食事で摂取カロリーを低下させ、規則的な運動を行なわせる場合、摂取カロリーが1日1200kcal(体重1kg当り13~17kcal)程度とすれば、栄養学的に十分なレベルが保持されると述べている。

本研究では規則的な運動を行なわず、食事のみによる減量を行なったが、本研究の被験者の1日の摂取カロリーは体重当りに換算するとHaganら³⁾および先行研究^{8),9)}の値とほぼ等しい摂取カロリーであった。

本実験の被験者は、主婦であり厚生省の生活強度で分類⁴⁾するとIに相当し、彼女たちの年齢(平均55歳)と身長(平均約150cm)から、1日の栄養所要量は1450~1600kcalである。したがって、カロリー制限としては、1日当り330~620kcalとなる。減食を行なう場合の1日のカロリー制限は、それまで摂取していたカロリーより1日当り、500~1000kcal程度の制限にすべきであり、それ以上の極端なカロ

リー制限は危険であるといわれている¹⁾。本研究では被験者の実験前の1日の摂取カロリー量について調査していないが、1日の栄養所要量から判断して、最大で1日当り620kcalであり、カロリー制限としては安全なものであったと思われる。事実、減量前後で血液性状には臨床的に問題の生じた被験者はいなかった²⁾。

本研究における体重の減少は、4週間で平均3.29kgであり、これは1週間当り約0.82kgに相当し、減量は1週間に1kg程度にすべきであるとするアメリカスポーツ医学会の勧告¹⁾に従うものである。

減食のみによる減量で本研究の被験者の体脂肪率は、4週間で3.25%低下した。山本ら¹⁰⁾による減食と運動とを併用した5週間のトレーニング実験のトレーニング群は体脂肪率が4.7%低下した。本研究の被験者の体脂肪率の低下は彼等¹⁰⁾のトレーニング群には及ばないが、減食のみで減量させた対照群の低下の程度(2.0%)をはるかにうわまわる低下であった。これは本実験で用いた減食法が、比較的継続しやすく無理なくできたことを示すものと思われる。

2) 最大下運動に対する呼吸循環応答

5段階の最大下運動中の各負荷時の心拍数(x: /分)と酸素摂取量(y: ml/kg/分)との関係を図1に示した。減量前の両者の関係は $y=0.241x-12.465$ であり、減量後は $y=0.203x-10.860$ であった。いずれの直線も相関係数が0.99以上、両者の決定係数も0.98以上の有意な直線関係にあった。減量によって同一酸素摂取量を得るために心拍数が10拍程度少なくて済むことになった。

一般に、酸素摂取量は

$$\text{酸素摂取量} = 1 \text{ 回拍出量} \times \text{心拍数} \times$$

動静脈酸素較差

で表わされる。ここで、酸素摂取量/心拍数(酸素脈)は、1回拍出量の指標として用いられている。この酸素脈の安静時および最大下運動負荷時の変化を表3に示した。安静時から、運動の強さが増すにつれて酸素脈は大きくなる傾向にあるが、減量前後でいずれの負荷においても統計的に有意な差は認められなかった。

したがって、同一酸素を摂取するために心拍数が低下した原因は、主として動静脈酸素較差が大きくなったためであると思われる。すなわち、静脈血の酸素濃度の低下、言い換えると末梢の筋組織での酸素利用能の向上がうかがえる。

さらに10分間の運動の最後の30秒で採取した血中の乳酸値は、減量前が $28.0 \pm 10.8 \text{ mg/dl}$ (安静時の約3倍)であり、減量後が $16.3 \pm 6.2 \text{ mg/dl}$ (安静時の約2倍)となり、統計的に5%水準で有意な差であった。乳酸値は、 20 mg/dl 以下が安静時のレベルであると考えられているので、減量によって筋での酸素利用能が高まったため、有酸素系エネルギー発生機構のみにより運動を遂行できるようになり、運動中の乳酸が低下したと思われる。

一方、2回の実験の“慣れ”のために運動中の心拍数や酸素摂取量が低下したとも考えられるが、実験開始前の心拍数や酸素摂取量および血圧は2試行間で等しく、また運動終了直前の乳酸値が上述したように有意に異なっていることから“慣れ”の可能性はないものと考えられる。

また、自転車運動時の機械的効率⁵⁾は、次式⁵⁾

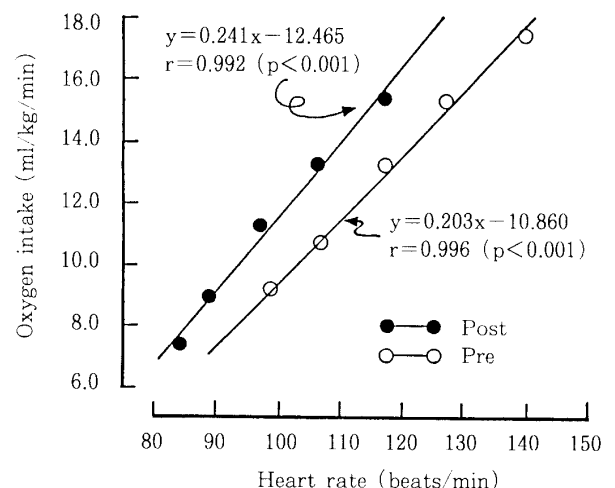


Fig. 1 Relationship between heart rate and oxygen intake before and after weight reduction.

Table 3 Response of oxygen pulse (ml/beat) to submaximal exercise.

	at rest	exercise intensity kp				
		0.25	0.50	0.75	1.00	1.25
before	2.9	5.9	6.4	7.2	7.6	8.0
	±0.4	±1.3	±1.3	±1.0	±1.1	±1.3
after	2.8	5.3	6.1	7.1	7.6	8.0
	±0.6	±1.0	±0.6	±0.9	±1.0	±1.5
	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : no significance

Table 4 Response to ventilatory volume (ml/min) to submaximal exercise.

	at rest	exercise intensity				
		0.25	0.50	0.75	kp	kp
					1.00	1.25
before	7.2	15.0	18.3	23.2	28.4	34.3
	±0.1	±2.4	±3.5	±3.9	±3.4	±4.0
after	7.3	12.9	15.4	18.9	22.3	26.0
	±1.1	±2.4	±1.7	±2.6	±2.9	±3.5
	ns	ns	p<0.05	p<0.05	p<0.01	p<0.001

ns : no significance

$$\text{Mechanical efficiency} = \frac{\text{Work output}}{\text{Work input}} \times 100$$

ただし、Work output : 仕事量

Work input : 酸素摂取量

で表わされる。

したがって、仮に最大下の最後の負荷時 (1.25 kp) の仕事量を求め、その時の酸素摂取量がわかれば、両者を同一物理的単位に換算して1.25kp 時の負荷での自転車運動の機械的効率が算出できる。このようにして1.25kp 時の機械的効率を求めると、減量前は16.3±1.7%であったのに対して、減量後は19.3±1.8%となり、統計的に有意な向上となった (p<0.01)。したがって、4週間での約3.2kg の減量により本研究の被験者は、運動の効率が向上したことになる。

その結果、最大下運動時の換気量 (表4) は、減量後、運動の強さが強くなればなるほど、統計的に有意に少なくて済むようになったと考えられる。

以上の結果から、本研究の減量方法は除脂肪体重を一定に保ち、最大下運動時の呼吸循環応答が改善された。それは、主として末梢での酸素利用能の改善と自転車運動の機械的効率の向上が原因であると思われる。

参 考 文 献

- 1) American College of Sports Medicine (1976) : Position statement on proper and improper weight loss program. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 8 : 11-14.
- 2) 藤野武彦 (1991) : 肥満に対する新しい食事療法の試み. *健康科学*, 13 : 185-188
- 3) Hagan, R. D., S. J. Upton, and J. Whittan (1986) : The effects of aerobic conditioning and/or caloric restriction in over-weight men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18 : 87-94.
- 4) 厚生省保護医療局健康増進栄養課 (1984) : 日本人の栄養所要量. 第一出版 : 東京
- 5) Mathews, D. K. and E. L. Fox (1976) : The physiological basis of physical education and athletics. Saunders: Philadelphia.
- 6) McArdle, W. D. (1985) : Exercise physiology. Lea and Febiger: Philadelphia.
- 7) 長嶺普吉 (1976) : 肥満の判定法. *クリニカ*, 2 : 550-555.
- 8) Nicholas, E., C. S. Philip, and T. F. Mitchell (1986) : Metabolic rate after massive weight loss in human obesity. *Clin. Sci.*, 70 : 395-398.
- 9) Thomas, D. P. A. Z., G. L. Belko, J. D. H. Multy, and D. A. Roe (1986) : Combined effects of exercise and restriction of energy intake on moderately obese women. *Br. J. Sports Med.*, 20 : 84-88.
- 10) 山本久徳, 堀田 昇, 青木純一郎 (1988) : 食事提供方式による肥満成人の減量に及ぼす運動の効果. *体育学研究*, 33 : 193-199.
- 11) Zuti, W. B., and L. A. Golding (1976) : Comparing diet and exercise as weight reduction tools. *Phys. Sports Med.*, 1 : 49-53.