

半年間の運動が食事量と体組成に及ぼす影響

Effects of 6-month exercise on food intake and on body composition

青木貴子

Takako AOKI

Abstract

The purpose of this study is to investigate the effects of a 6-month exercise program on body composition and food intake. 10 healthy young women were divided into two groups, exercise group ($n=5$) and control group ($n=5$). Exercise group started exercise on a cycle ergometer, combination of high-intensity and low-intensity exercise, 30-45 min/day and 2-3day/week for 6 months. According to 1-week food diary, energy intake did not differ between the exercise group and the control group, nor did the energy source, either. After 6 months the lean body mass of all persons in the control group decreased, and that of 3 of the 5 persons in the exercise group increased. Body fat increased in 4 persons in the control group and 2 persons in the exercise group. From these results I conclude that the exercise in this study does not increase food intake and that this exercise improves body composition.

Keywords :運動、食事量、食欲、熱量比、体組成

序

肥満、つまり体脂肪の過剰な状態は、多くの循環器系疾患、糖尿病、痛風、関節疾患の危険因子として重要な位置を占めている。肥満は過剰なエネルギー摂取をしないこと、エネルギーを積極的に消費することで防止できる。つまり食事調整と運動である。ところが運動はエネルギーを消費するため、空腹感を増し、かえって食事量をふやしてしまうと考えている人たちもいる。もしそうであれば、運動して体脂肪増加を予防するためには、食欲をかなり我慢しなくてはならないことになり、そんなことなら軽い我慢で済む食事制限だけのほうがよい。このことを検証するため、半年間インターバルトレーニングを続けた時の食事量と体組成の変化を若年女性で調べた。

方法

19歳から20歳の栄養価計算のできる女子学生18名を被験者とした。被験者には研究の意図、方法をよく説明し、納得の上で協力願った。運動群8名、対照群10名に分けた。しかし運動と食事記録のどちらかで脱落した者があり、最終的な被験者数は運動群・対照群とも5名ずつだった。

食事調査は秤量法を用いた。被験者に小型の秤を渡し、食べる前に食材または料理の重量を全てはかって記録させた。被験者はその記録を使って4訂日本食品標準成分表に基づく栄養価計算をし、摂取エネルギー、摂取蛋白質、摂取脂肪、摂取糖質を算出した。食事調査は連続した1週間、行なった。春と秋、約6か月の間をあけて2回行なった。

体組成調査は、インピーダンス法による体脂肪計(TBF-102、タニタ製)により行なった。春と秋、食事調査の期間またはその後の1週間以内のいずれかで、特に激しい運動をしていない・体調を崩していない日を選んで、昼食前に測定した。ただし、被験者cとeの秋の測定は食事調査より約1か月早く、Pの春の測定は食事調査より約1か月遅く、Rの春の測定は食事調査より約2週間

表1 実験前の身体計測値

	身長cm	除脂肪量kg	脂肪率%	BMI kg/m ²
対照群				
P	158	38.1	20.4	19.2
Q	154	37.9	24.6	21.2
R	162	42.4	27.3	22.2
S	160	38.0	22.5	19.1
T	155	37.3	26.5	21.1
平均	157.8	38.7	24.3	20.6
SD	3.0	1.9	2.5	1.2
運動群				
a	160	38.7	23.0	19.6
b	154	36.0	26.9	20.7
c	158	40.5	27.2	22.3
d	157	37.5	23.7	20.0
e	163	40.8	22.3	19.8
平均	158.4	38.7	24.6	20.5
SD	3.0	1.8	2.0	1.0

遅かった。春の測定時の身体特性を表1に示す。

春の食事調査が終わった日から6か月間を運動実験期間とした。対照群の被験者は日常的な運動をしていなかったし、実験期間中もしなかった。運動群の被験者のうち、a と e は日常的な運動はしていなかった。b と d はバスケットボール部、c はバドミントン部に所属し、週2、3回、約2時間/回の運動をしており、実験期間中も続けた。それとは別に、運動群の被験者には、運動実験期間中、自転車エルゴメータによるインターバル運動を负荷した。弱い運動2分・強い運動1分の組み合わせ(強度については後述)を1サイクルとし、1週目は8サイクル、2週目は10サイクル、3週目は13サイクル、4週目は15サイクル、5週目以降は15サイクルのまま弱い運動の時間を2分から1分へ徐々に短縮していった。どれも5分～10分のクーリングダウンを行なった。1回30～45分で終了できるように設定したが、体調により調節しながら行なった。運動頻度は週2、3回とした。運動強度は運動負荷試験に基づいて決定した。弱い運動は無酸素性作業閾値より5～10%低い負荷、強い運動は最大負荷の10～15%低い負荷とした。運動負荷試験は約2か月ごとに行ない、そのたびに負荷の見直しを行ない、新たな運動の開始とした。

運動群に対する運動負荷試験は、呼吸分析(Oxycon、Jaeger、オランダ製)、心拍数計測(Accurex Plus、Polar、フィンランド製)を伴う自転車エルゴメータ(Bodyguard Ergometer 990、Jonas Oglund、ノルウェー製)で行なった。被験者が女性であるため、筋力は弱い傾向にある。そこで回転数を70回転/分と高めに設定し、筋力負荷の弱い状態で運動強度が上げられるようにした。安静時代謝を測定後、210kpm/分の強度の2分間ウォームアップを経て、以後1分ごとに105kpm/分ずつ強度を上げていった。強度を上げる間隔は一定ではなく、心拍数が約140を越したあたりからは1分半で、心拍数が約170を越したあたりからは2分で、次の負荷強度に上げた。エルゴメータ回転数70回転/分を保てなくなったところを最大運動強度とみなした。呼吸分析は各呼吸の測定値の30秒平均値を用いた。無酸素性作業閾値の決定については、換気量/心拍数、換気量/負荷強度、換気量/酸素消費量、二酸化炭素産生量/酸素消費量の各グラフの折れ曲がり点と呼吸交換比が1になった点とを調べ、一致しているものが多い点を無酸素性作業閾値とした。

2群間の差の検定には Mann-Whitney の U-検定法を、実験前後の比較には対応2試料無作為化検定法を用い、危険率5%未満のものを有意とみなした。

結果

1週間の食事調査による1日平均値を表2に示す。実験前に比べて6か月の運動実験後には、運動群5人のうち4人(b-e)で、蛋白質・脂肪・糖質の全ての測定項目が減少した。その結果、平均エネルギー摂取量は149kcal/日減少した。一方対照群では、被

験者Qの全ての栄養素摂取量が減少したが、被験者Tは逆に全て増加した。他の3人の脂肪摂取は増えたが、蛋白質・糖質はまちなちの結果だった。5人の平均エネルギー摂取量は20kcal/日増加した。しかしどの項目でも運動群・対照群の群間差は有意ではなかった。エネルギー摂取量の実験前・後の変化を群別に図1に示した。

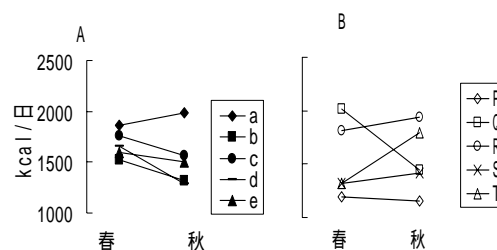


図1 エネルギー摂取量の変化
A:運動群 B:対照群

摂取したエネルギーに占める蛋白質:脂肪:糖質の比率については、運動群の4人(a, b, c, e)で脂肪比率が減少したほかは特に目立った特長はなかった。実験後の平均値は対照群では14.3:28.4:55.9%、運動群では12.8:28.3:57.7%だった。実験前に対する実験後の測定値の増減は、対照群で+0.5:+1.2:-1.8%、運動群で-0.4:-0.4:+0.6%だった。どの項目にも2群間の有意差はなかった。

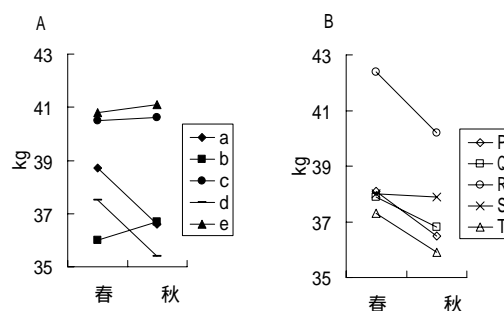


図2 除脂肪体重の変化
A:運動群 B:対照群

表1に示したように、実験開始時の体脂肪率とBody Mass Index (BMI)は両群で目立った差はなかった。体組成を実験前と6か月の運動実験後とで比較すると(表3)、対照群では除脂肪体重が全員減少していた($p < 0.05$)のに対し、運動群で除脂肪体重が減少していたのは2人(a, d)だった(図2)。脂肪量・脂肪率は、対照群では被験者Pのみ減少(脂肪率-2.6%)し、運動群では3人(a, b, d)が減少(脂肪率-3.0、-2.1、-0.6%)した。脂肪率の変化とBMIの変化とは一致しなかった。

半年間の運動が食事量と体組成に及ぼす影響

表2 1日摂取量

	エネルギー(kcal)			蛋白質(g)			脂質(g)			糖質(g)		
	前	後	増減	前	後	増減	前	後	増減	前	後	増減
対照群												
P	1192	1157	-35	39.9	39.2	-0.7	38.3	39.3	1.0	168.2	159.0	-9.2
Q	2015	1441	-574	68.4	64.1	-4.3	67.9	34.5	-33.4	276.5	212.1	-64.4
R	1810	1943	133	70.0	59.7	-10.3	63.7	66.4	2.7	239.2	276.6	37.4
S	1316	1414	98	43.9	56.9	13.0	32.8	46.3	13.5	202.5	183.6	-18.9
T	1319	1798	479	44.3	51.0	6.7	35.0	59.4	24.4	200.0	256.5	56.5
平均	1530	1551	20	53.3	54.2	0.9	47.5	49.2	1.6	217.3	217.6	0.3
SD	322	283	342	13.1	8.6	8.2	15.1	12.0	19.4	37.2	43.9	42.8
運動群												
a	1860	1987	127	66.3	68.0	1.7	70.9	71.2	0.3	231.3	261.1	29.8
b	1527	1319	-208	55.6	39.2	-16.4	45.0	38.7	-6.3	219.4	193.7	-25.7
c	1758	1561	-197	54.8	51.5	-3.3	59.8	52.7	-7.1	253.7	226.8	-26.9
d	1654	1285	-369	51.9	40.0	-11.9	48.9	39.6	-9.3	239.2	188.1	-51.1
e	1601	1505	-96	49.7	44.0	-5.7	50.4	44.7	-5.7	237.2	224.6	-12.6
平均	1680	1531	-149	55.7	48.5	-7.1	55.0	49.4	-5.6	236.2	218.9	-17.3
SD	117	251	163	5.7	10.7	6.4	9.3	12.0	3.2	11.2	26.3	26.6

表3

	脂肪率%			脂肪量 kg			除脂肪量 kg			BMI kg/m ²		
	前	後	増減	前	後	増減	前	後	増減	前	後	増減
対照群												
P	20.4	17.8	-2.6	9.8	7.9	-1.9	38.1	36.5	-1.6	19.2	17.8	-1.4
Q	24.6	25.6	1.0	12.3	12.6	0.3	37.9	36.8	-1.1	21.2	20.5	-0.7
R	27.3	31.9	4.6	15.9	18.9	3.0	42.4	40.2	-2.2	22.2	22.5	0.3
S	22.5	23.6	1.1	11.0	11.7	0.7	38.0	37.9	-0.1	19.1	19.4	0.3
T	26.5	28.7	2.2	13.5	14.4	0.9	37.3	35.9	-1.4	21.1	20.9	-0.2
平均	24.3	25.5	1.26	12.5	13.1	0.6	38.7	37.5	-1.3*	20.6	20.2	-0.3
SD	2.54	4.78	2.33	2.1	3.59	1.56	1.85	1.52	0.69	1.21	1.57	0.65
運動群												
a	23.0	20.0	-3.0	11.5	9.2	-2.3	38.7	36.6	-2.1	19.6	17.9	-1.7
b	26.9	24.8	-2.1	13.2	12.1	-1.1	36.0	36.7	0.7	20.7	20.6	-0.1
c	27.2	29.1	1.9	15.1	16.7	1.6	40.5	40.6	0.1	22.3	23.0	0.7
d	23.7	23.1	-0.6	11.7	10.6	-1.1	37.5	35.4	-2.1	20.0	18.7	-1.3
e	22.3	23.7	1.4	11.7	12.8	1.1	40.8	41.1	0.3	19.8	20.3	0.5
平均	24.6	24.1	-0.5	12.6	12.3	-0.4	38.7	38.1	-0.6	20.5	20.1	-0.4
SD	2.04	2.95	1.91	1.37	2.54	1.47	1.81	2.31	1.22	0.98	1.75	0.95

*: p<0.05

実験期間中の指定運動の実施は、はじめに指示したとおりにはならず、被験者 b~e では中だるみの傾向があった。被験者 a だけはずっと 2.5 回/週の指定運動を実行できた。5 人の平均運

動回数を月別になると、1 か月目 2.5 回/週、4 か月目 1.4 回/週、6 か月目 1.9 回/週となった。ただし、指定運動以外の運動も含めた運動量は必ずしも中だるみになったわけではない。という

のは、クラブ活動をしている3人(b, c, d)は夏に大きな試合があり、それに向けてクラブ活動での運動量が増えたため、実験での指定運動があまりできなかったのである。指定運動だけの実施回数の6か月平均(回/週)は、a:2.5、b:2.1、c:1.6、d:1.8、e:1.6だった。

運動群の5人は6か月間に4回の運動負荷テストを実施した。最大運動強度は、全員、運動後のほうが運動前より高かった(平均837-966kpm/分、図3)。最大酸素摂取量(表4)はcを除く4人で初回測定時(平均38.4 ml/分/kg)より2回目の測定時(平均42.6 ml/分/kg)のほうが高かった。測定機の不調により、cの初回測定ができなかったが、cの最大酸素摂取量は2回目より4回目の測定時のほうが高かった。ほかの4人は2回目以降の測定値が上がるとは限らなかったが、4回目、つまり最終の測定時の最大酸素摂取量(平均39.8ml/分/kg)は初回の値より多いものがほとんどだった。ただ1人、aだけは最終値が初期値より低かった。彼女の最大酸素摂取量が最も多かったのは2回目の測定時であった。

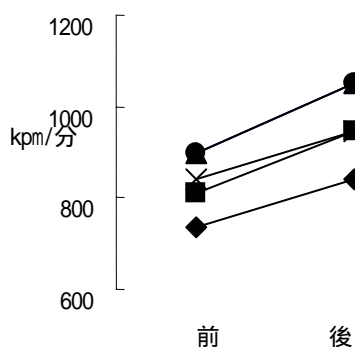


図3 実験前後の最大運動強度

表4 最大酸素摂取量 ml/分/kg

	a	b	c	d	e
1回目	38.9	39.0		40.6	34.9
2回目	41.1	46.7	38.3	44.7	38.0
3回目	36.2	49.6	39.9		33.0
4回目	33.4	45.8	39.0	44.8	36.2

考察

この実験では、6か月の比較的高い運動負荷をしても統計上食事の量は増えるとはいえなかった、食事のエネルギー源が変わるとはいえなかった、体組成が変わるとはいえなかった。ここから考えると、運動しても食欲が亢進して困る心配はないのと同時に、運動しても体脂肪は減らせないことになる。

しかし個々の観察値を見てみると、運動には体を調整することにより効果があることがわかる。非運動群は半年間で5名全員が除脂肪体重を減らしてしまった。運動しないと20歳前後の女性には筋肉、血液、内臓重量(もしかしたら骨も)が減ってしまうことを意味する。非運動群では除脂肪量が減少したのが5名全員だったにもかかわらず、脂肪量が減ったのは1名のみだった。除脂肪量に対して脂肪量は減りにくい、ということを表わしている。一方の運動群では、半年間で除脂肪体重が減らなかったのが5名中3名いた。運動で除脂肪体重の減少をくい止められたと見なせる。そのうち除脂肪体重が0.7kg増えた被験者は、脂肪量が1.1kg減少し、理想的な体組成変化を見せた。この被験者の指定運動量は、2番目に多く、その他に運動部に所属していたため、全体運動量は多かった。除脂肪体重が減少した2名の運動群被験者は、脂肪量も減少した。その結果2名とも体脂肪率は減少した。つまり、運動すれば、食事に注意を払わなくても、体脂肪率は減りやすいという傾向を示す。

運動すると体力も向上する。運動負荷テストの結果は、4名で最大酸素摂取量(持久力の指標)が上がり、5名全員で最大負荷(筋力の指標)が上がった。

ただしこの体力向上には、十分な栄養摂取が必要だと判断した。最大酸素摂取量が上がらなかった1名は、除脂肪体重、脂肪量、ともに最も減少した被験者だった。この被験者はこの実験をはじめるまでは体育の授業以外の運動経験がなかったが、実験には誠実に取り組み、指定運動量は一番多かったし、実験期間中ほぼ一定して2.5回/週の運動頻度を保ちつづけた。実験前・後の食事調査によると、半年後のほうが、糖質・蛋白質・脂質全て摂取量が多かったのが当然摂取エネルギー量も多かった。エネルギーに占める栄養素組成では、糖質のみが増加していた。彼女の場、体の要求に合わせようと食事量が増えてはいたものの、それが体タンパク合成のためには不十分だったのではないかと。体力を上げるためには、体重・体組成の測定をもっと頻繁に行なって、除脂肪体重が減ったことをつかんだ時点で蛋白質摂取を増やす栄養指導が必要だったと考える。

以上から、本実験で行なった運動は、食欲に悪影響を及ぼさず、体組成の改善・充実に役立つこと、体重・体組成測定と食事指導もあわせるべきであることが確からしいと判断した。

運動による食事の変化については、欧米人を対象とした調査が報告されている(総説1、2)。それらの大半は、この研究同様、運動しても食事組成・食事量に変化がないことを示しているが、一部の報告では運動により食事量が減ったとされ(3)、別の報告では増えたとされている(4)。若年女性が調査対象に含まれる報告を表5に示す。報告の傾向がばらついてしまう原因には、運動の種類・強度・頻度・期間にさまざまな設定がありうることと、運動量・食事量とも測定方法の標準とされるものがないこと、さら

半年間の運動が食事量と体組成に及ぼす影響

表5 女性の長期トレーニング後の摂取熱量の報告

国	人数	年齢	トレーニング	期間	熱量	文献
アメリカ	20	(学生)	自転車エルゴメータ	10 週	-10%	3
アメリカ	5	21-51	トレッドミル歩行(+14%、+29%)	19 日と 19 日	+17%と+22%	4
イギリス	10	22-34	歩行、走行	10 週	減 6 人、増 3 人、平均-7%	5
オランダ	9	m34.6	フルマラソンを目指す	18 ヶ月	+4%	6
スウェーデン	22	m36	混合	3 ヶ月	不変	7
オランダ	16	28-41	ハーフマラソンを目指す	44 週	+4%	8

m 年齢は年齢平均値

には、もともと食欲を決めるものが体内の代謝状態だけでなく、文化・知識・意欲など多くの因子であること(9)が挙げられる。

一方、運動による食事変化を日本人で調べたものが見当たらない。日本人の代謝は欧米人と異なる点が多い。例えば、インスリン抵抗性が低い代わりにインスリン分泌量が減りやすいし、内臓脂肪がつきやすい(10)、またアルコール脱水素酵素は非定型的の活性を持つ人が多いし、アルデヒド脱水素酵素は不活性型を持つ人が多い(11)。つまり日本人と欧米人とでは遺伝的素因が異なるのである。遺伝的な要素で食欲や体組成変化も影響を受けることが、双子の調査で報告されている(12)。それによると、運動による体組成変化が双子でないものとは似ないのに、双子同士では似ている。だから日本人の健康に反映させるためには日本人での調査が必要になる。私の報告がこの一部となるが、運動の種類や被験者条件を変えた調査が今後必要である。

文献

1. Tremblay A, Drapeau V. Physical activity and preference for selected macronutrients. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31 Suppl: S584-S589.
2. Blundell JE, King NA. Physical activity and regulation of food intake: current evidence. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31 Suppl: S573-S583.
3. Johnson RE, et al. Exercise, dietary intake, and body composition. *J Am Diet Assoc* 1972; 61: 399-403.
4. Woo R, Pi-Sunyer FX. Effect of increased physical activity on voluntary intake in lean women. *Metabolism* 1985; 34: 836-841.
5. Tagliaferro AR, et al. Effects of exercise-training on the thermic effect of food and body fatness of adult women. *Physiol Behav* 1986;38: 703-710.
6. Janssen GM, et al. Food intake and body composition in novice athletes during a training period to run a marathon. *Int J Sports Med* 1989;

Suppl 1: S17-S21.

7. Andersson B, et al. The effects of exercise, training on body composition and metabolism in men and women. *Int J Obes* 1991; 15: 75-81.
8. Westerterp KR, et al. Long-term effect of physical activity on energy balance and body composition. *Br J Nutr* 1992; 68: 21-30.
9. King NA, et al. Effects of exercise on appetite control: implications for energy balance. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 1076-1089.
10. 清野裕、鍵本伸二. 糖尿病の本当のはなし. 東京: 裳華房, 2000: 48, 49, 59-62.
11. 長田敦夫. アルコールの健康学. 東京: 紀伊國屋書店, 1999: 34, 39-41.
12. Wilmore JH. Increasing physical activity: alterations in body mass and composition. *Am J Clin Nutr* 1996; 63 Suppl: 456S-460S.

(提出期日 平成 17 年 11 月 28 日)