報 文

筋力トレーニングを主とした運動負荷と食事制限の 体構成および血液性状に及ぼす影響

金子 佳代子*, 矢 吹 恵 子**, 小 池 五 郎**

* 横浜国立大学教育学部

** 女子栄養大学

Effects of Strength Training Combined with Energy Restriction on Body Composition and Blood Constituents in Young Women

Kayoko KANEKO*, Keiko YABUKI** and Goro KOIKE**

* Faculty of Education, Yokohama National University,
Yokohama 240

** Kagawa Nutrition College, Sakado 350-02

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 45, 95~99 (1992)

To assess the effects of strength training and body weight loss on body composition, energy expenditure and blood constituents, nine female students were assigned a supervised program of exercise combined with energy restriction for 12 weeks and compared with four other subjects who remained sedentary. The average energy intake of the subjects was 1,650 kcal/day in the exercise group and 1,870 kcal/day in the sedentary group. Decreases in body weight and body fat content were observed in both groups. In the exercise group, lean body mass increased, and decreases in body weight, body fat content and body size were larger than in the sedentary group. The resting metabolic rate declined to a similar extent in both groups towards the summer. The level of plasma HDL-cholesterol was increased significantly in the exercise group.

Key Words exercise, energy restriction, body composition, weight loss, cholesterol.

(Received July 25, 1991)

近年、肥満の治療に食物摂取制限と運動を組み合わせることの有効性が認識されている。すなわち、運動がたんにエネルギー消費を高めるばかりでなく、貯蔵脂肪の消費増加、体タンパク質の保留、体力の向上などの積極的な効果をもつことが明らかにされ^{1)~4)}、肥満の治療に持久的な運動を規則的に行わせることの意味が評価されている^{5)~8)}。さらに、肥満や成人病の予防、体力づくりとしての運動の効用に関する研究もさかになり⁹⁾¹⁰⁾、日本人の栄養所要量¹¹⁾には具体的な運動適量が示されるようになった。

食事・運動の管理は、日常生活の中で継続的に行うことができ、習慣化できるものでなければその効果を維持

することはできない。その具体的な方法について検討し、基礎的データを得ることを目的として本研究を実施した。前報¹²⁾では、香川式4群点数法による食事管理と持久的な運動を組み合わせることによる体構成等に及ぼす影響について報告した。これに続いて本研究では、筋力トレーニングを主とした運動を実施することによる体構成等への影響について観察した。

研 究 方 法

1. 実験計画

運動部に属さない健康な女子学生9名に筋力トレーニングを12週間実施させ、トレーニング開始時(4月)とトレーニング終了時(6月)に体構成、周径、皮下脂肪厚(皮厚)、基礎代謝および活動代謝量を測定した。

* 〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台 156

** 〒350-02 坂戸市千代田 3-9-21

血液性状については前記2回のほかにトレーニング開始後1カ月(5月)にも測定して貧血等の異常の有無を確かめた。対照群として、トレーニングを実施しない女子大学生4名についても同じ時期に、前記諸項目の測定を行った。期間中はトレーニング群、対照群ともに早朝空腹時の体重を毎日測定し、食物摂取量、運動量を各自記録させた。表1に被検者の身体特性を示す。

2. 食 事

食事は香川式4群点数法¹⁹⁾にもとづき、1群3点、2群3点、3群3点を摂取することとし、4群の摂取点数を加減して各自エネルギー摂取量を調節した。体重を減じたい者は4群の食品の摂取量を減らして調節してよいこととし、また分離大豆タンパク質(SPI)の粉末を摂取してタンパク質摂取量を増加してもよいこととした。その他の食品配合等は自由としたが、被験者は食物の選択および摂取量の記録についてあらかじめ十分の訓練を受けており、記録は正確を期した。

3. 運 動

運動は、筋肉に等尺性収縮を荷することを目的に、筋力トレーニングを主とし、有酸素運動(エアロビックス、ジョギング、自転車エルゴメータ等)を組み合わせで行った。筋力トレーニングは以下の10種目について実施した。あらかじめ各々目ごとに測定した各個人の最大実施可能回数の60%に相当する回数を実施することとし、10種目で1コース、週に3コース実施することをめやすとした。各種目ごとに、実施するめやすとした回数を()内に示した。

(1)シットアップス(5~32回)、(2)バックリフト(12~31回)、(3)ショルダーレイズ(8~22回)、(4)ダンベルレイズ(6~19回)、(5)アームカール(10~45回)、(6)リストカール(18~58回)、(7)懸垂(1~24回)、(8)プッシュアップ(4~18回)、(9)ダンベルフライ(9~22回)、(10)スクワット(22~132回)、なお、(4)(9)については2kgの鉄アレイを用いた。

また有酸素運動については前報¹²⁾と同様に、Cooperの点数法¹⁴⁾に準じて運動量を点数化し、週に18点を目標として実施させた。

4. 測定方法

1) 体重 期間中毎朝起床後に排尿、排便をすませ、ヘルスメータを用いて体重を測定させ、その増減については各自に管理させた。2回の測定期間中は大学内のメタボリックユニットに宿泊させ、精度0.01kgの台秤にて測定した。

2) 栄養素摂取量 各自の食事記録をもとに、四訂日本標準食品成分表、無機質・脂肪酸含量表¹⁵⁾より、エネルギー、タンパク質、脂質、P/S比、カルシウム、鉄、ビタミン(以下、Vと略す)A、VB₁、VB₂、ナイアシン

表1. 被験者の身体特性

	筋力トレーニング群	対照群
例数	9	4
年齢(歳)	21±1	20±1
身長(cm)	157.2±6.0	157.0±4.9
初体重(kg)	56.5±6.7	54.2±6.3

ン、VCの摂取量を算出した。

3) 体構成 体脂肪量、Lean Body Mass (LBM)、体水分量を測定した。体脂肪量は、水中体重秤量法により体比重を求め、Brozekの式により算出した。体重と体脂肪の差をLBMとした。体水分量は重水10mlを経口投与し、尿中重水濃度をガスクロマトグラフィーにて分析して求めた。測定方法はいずれも前報¹²⁾と同じである。

4) 身体計測 身体各部の周径、皮下脂肪厚(皮厚)を測定した。測定箇所、測定方法は前報¹²⁾と同じである。

5) 血液検査 早朝空腹時に10ml採血し、ヘマトクリット値(Ht)、ヘモグロビン(Hb)濃度を測定後、血漿を分離し、総コレステロール(TC)、HDL-コレステロール(HDL-C)、中性脂肪(TG)、血漿タンパク質(SP)について分析した。測定方法は前報¹²⁾と同じである。

6) 基礎代謝および活動代謝量 測定期間中の3日間にわたり基礎代謝、踏台昇降時のエネルギー消費量を測定した。踏台昇降時のエネルギー消費量測定方法は前報¹²⁾と同様である。

5. 検定方法

実験結果は平均値±SDで表し、有意差の検定については実験前・中・後の比較には対応のある差の検定、またトレーニング群と対照群の比較にはStudentのt-検定を用いた。

なお、本研究はヘルシンキ宣言に則り施行したものである。

研究結果および考察

実験期間中の運動量および栄養素摂取量を表2にまとめた。筋力トレーニングは平均して週に2.2回実施しており、有酸素運動は11.8点/週であり、いずれも目標とした運動量より少なめであった。有酸素運動の実施量は前報¹²⁾の運動負荷グループに比べて低値であった。

平均摂取エネルギーはトレーニング群1,650kcal/日(30kcal/kg/日)、対照群1,870kcal/日(35kcal/kg/日)であり、いずれも20歳代女子の生活活動強度1におけるエネルギー所要量¹¹⁾より低値であった。これは被

表 2. 運動量および栄養素摂取量

	筋力トレーニング群	対照群
運動量		
筋力トレーニング (回/週)	2.2±0.4	0.8±0.2
有酸素運動 (点/週)	11.8±6.7*	5.1±0.4*
栄養素摂取量		
エネルギー (kcal/日)	1654±222	1873±114
摂取エネルギー/基礎代謝	1.5±0.1*	1.8±0.1*
タンパク質 (g/日)	77.5±22.3	84.4±15.1
脂質エネルギー比 (%)	29.4±2.0*	32.7±1.2*
P/S 比	0.84±0.25	0.90±0.26
カルシウム (mg/日)	660±60*	548±23*
鉄 (mg/日)	9.6±1.7	8.1±0.4
ビタミン A (IU/日)	3175±670	2780±376
ビタミン B ₁ (mg/日)	1.0±0.1	0.9±0.1
ビタミン B ₂ (mg/日)	1.3±0.1	1.3±0.1
ナイアシン (mg/日)	12.4±1.4	11.7±0.8
ビタミン C (mg/日)	135±20*	94±18*

* 両群間に有意差あり ($p<0.05$)。

験者に減量しようという意識があり、とくにトレーニング群では運動を実施すると同時にエネルギー摂取量を控えた結果と考えられる。筋力トレーニング群の平均エネルギー摂取量は前報¹²⁾の運動負荷群とほぼ同じ程度であった。タンパク質摂取量は SPI を摂取したため、成人女子の所要量より大となった。脂質エネルギー比は両群とも 30% 前後であり、また鉄については両群ともに、カルシウムについては対照群において所要量を下回る摂取量であった。

実験期間中の体重変動は各被験者によって多少の違いはあったものの、おおむね 12 週間にわたって徐々に減少する傾向がみられた。体重、体構成、周径および皮厚の変化を表 3 にまとめた。体重および体脂肪量の減少は対照群に比べ筋力トレーニング群で大であった。LBM はトレーニング群では有意に増加し、平均増加量は 1.5 ± 1.6 kg であった。体水分量の変化はトレーニング群 -1.4 ± 3.2 kg、対照群 -1.7 ± 2.2 kg であり、いずれの群においても有意な変化ではなかった。

近年、肥満者の減量において、摂取エネルギー制限と運動を組み合わせることにより、LBM を減少させずに体脂肪を減少させたことが報告されている²²⁻²³⁾¹⁶⁷⁻¹⁶⁹⁾。これらの研究では、歩行、ジョギング、自転車エルゴメータ等の有酸素運動を負荷しており、このような運動負荷によって、食事制限だけでは失敗した人の減量に成功

表 3. 体重、体脂肪、LBM、体水分、周径および皮厚の変化

	筋力トレーニング群	対照群
体 重 (kg)	-1.7 ± 1.7 ^a	-0.9 ± 0.8
体脂肪 (kg)	-3.4 ± 1.6 ^{a,*}	-1.2 ± 0.7 ^{a,*}
LBM (kg)	+1.5 ± 1.6 ^a	+0.4 ± 0.4
体水分 (kg)	-1.4 ± 3.2	-1.7 ± 2.2
周 径 (cm)		
胸 囲	-2.0 ± 2.6 ^{a,*}	+1.4 ± 2.3 ^a
腹 囲	-2.2 ± 1.8 ^a	-0.9 ± 1.8
臀 囲	-1.8 ± 2.1 ^a	-0.9 ± 0.4 ^a
大腿囲	-1.8 ± 2.7	-1.5 ± 1.2
下腿囲	0 ± 0.9	-0.3 ± 0.2 ^a
上腕囲 (伸展)	-0.04 ± 0.6	+0.7 ± 0.8
皮厚 (mm)		
上腕背部	-0.2 ± 3.3	-2.8 ± 5.1
肩甲骨下部	-3.3 ± 5.3	-3.5 ± 4.1
側腹部	-1.6 ± 5.7	+2.3 ± 5.2
腹 部	+1.3 ± 4.0	-1.5 ± 2.9

* 実験開始時と終了時との間に有意差あり ($p<0.05$)。* 両群間に有意差あり ($p<0.05$)。

したという報告もみられる²⁰⁾。有酸素運動は貯蔵脂肪からの脂肪酸の放出を増大することが知られているが²¹⁾、食物摂取制限時に有酸素運動を負荷した前報¹²⁾では体脂肪の減少に個人差がみられた。本研究では有酸素運動に筋力トレーニングを組み合わせることで実施し体脂肪の減少をみたが、このような運動負荷の効果については運動量等を含めて今後さらに検討を要すると思われる。

最近、Ballor ら²²⁾は食事制限と筋力トレーニングを組み合わせることにより、LBM を増大させながら体重を減少させること、エネルギー摂取制限時においても筋肉の肥大が起こっていることを明らかにしている。前報¹²⁾の有酸素運動負荷においては必ずしも LBM の増大はみられなかったが、本研究で得られた結果をこれと比較して考察すれば、筋力トレーニングを行うことによりエネルギー摂取制限時においても LBM を増加させることが確認できたといえよう。

周径、皮厚の変化をみると、筋力トレーニング群では胸囲、腹囲、臀囲の体幹部の周径が有意に減少していた。周径の減少量は前報¹²⁾の運動負荷群と比較して大であった。筋力トレーニング群では肩甲骨下部および側腹部の皮厚が減少したが、腹部は増加しており、また対照群と比較して必ずしも皮厚の減少は大きくなかった。さらに、前報の運動負荷群と比較しても肩甲骨下部および側腹部での減少は同じ程度であったが、上腕背部、腹部の増減のようすは異なっていた。また体脂肪の減少量と皮

厚の変化の間には相関が認められなかった。最近, James と Susan²³⁾ はエネルギー制限に筋力トレーニングを組み合わせた場合 muscle area が増大, fat area が減少し, 両者を合わせた arm area は増加していたことを上腕のX線撮影により明らかにしている。また, Johnston²⁴⁾ は肥満者の減量前後の体脂肪と周径, 肥厚の変化を調べ, 体脂肪の減少は肥厚より周径の変化とよく相関したことを報告している。本研究においても同様の結果であり, 皮厚の変化についてはその測定方法も含めて今後検討する必要があると思われる。

表4に基礎代謝, 活動代謝量の結果を示した。基礎代謝はトレーニング群, 対照群ともに, 夏期に向かって低下する傾向が認められた。トレーニング群ではLBMの増加が認められたにもかかわらず基礎代謝は対照群と同じように低下していたことから, LBMの多少の増減やこの程度の運動負荷が基礎代謝に大きく影響するものではないと思われる。踏台昇降時の消費エネルギーは, トレーニング群, 対照群ともに低下したが, これは基礎代謝低下の影響とも考えられる。最近, ある程度以上の強い運動を行うことにより, その後長時間にわたり安静時のエネルギー消費量を間接的に高めること, あるいはその後の食事によるSDAを高める作用のあることが報告されている²⁵⁾²⁶⁾。しかし, このような効果には運動の強度, 継続時間, 頻度等が関連することも指摘されている²⁷⁾²⁸⁾。今後このようなエネルギー代謝に及ぼす食事制限や運動の影響について詳しく検討する必要がある。

表5に血液検査の結果をまとめた。HDL-コレステロールは筋力トレーニング群で上昇し, TG, TCについては両群とも変化はみられなかった。前報¹²⁾においても食事制限群および運動負荷併用群でHDL-コレステロールの上昇がみられている。TG, TCは食事や体重の変化による影響を大きく受けることが報告されており²⁾²⁰⁾²⁹⁾, HDL-コレステロールは運動により増加するとの報告もみられる⁶⁾²⁹⁾。食事管理に運動を組み合わせることにより脂質代謝をさらに改善し, 心疾患の予防に有効であるかどうかについては今後さらに検討が必要であろう。

Ht, Hb, TPはいずれのグループも正常範囲内の数値であった。太田¹¹⁾ は, 中年肥満者にエネルギー制限と運動負荷を組み合わせて減量を実施したところ, 窒素出納が負を示し, 貧血傾向がみられたことを報告している。本研究では筋力トレーニングを負荷することを考慮してタンパク質摂取量をやや増大させ, 鉄摂取量についても注意を促したところ, Hb, TPの低下など貧血と判定される者は認められなかった。本研究における鉄摂取量の平均は9mg/日であったが, 運動時における貧血予防を含め, 鉄の必要量についてはさらに検討を要するであろう。

表4. 基礎代謝および踏台昇降時の消費エネルギー

	筋力トレーニング群	対照群
基礎代謝 (kcal/kg/日)		
実験開始時(4月)	20.12 ± 1.83 ^a	20.31 ± 1.94
実験終了時(6月)	18.58 ± 1.47 ^a	18.78 ± 2.00
踏台昇降時の消費エネルギー (kcal/kg/分)		
実験開始時(4月)	0.108 ± 0.010 ^a	0.107 ± 0.014
実験終了時(6月)	0.101 ± 0.008 ^a	0.100 ± 0.009

^a 実験開始時と終了時との間に有意差あり ($p < 0.05$)。

表5. 血液性状の変化

	筋力トレーニング群	対照群
Hb (g/dl)		
4月	13.4 ± 1.0 ^a	13.0 ± 0.4
5月	13.9 ± 0.9 ^a	13.7 ± 0.8
6月	13.8 ± 1.1	13.5 ± 0.8
Ht (%)		
4月	42.0 ± 2.8	39.5 ± 1.2
5月	41.4 ± 2.8	39.7 ± 1.2
6月	40.6 ± 2.8	39.2 ± 1.7
総タンパク質 (g/dl plasma)		
4月	8.8 ± 0.5	8.5 ± 0.5
5月	8.8 ± 0.4	8.6 ± 0.3
6月	8.9 ± 0.5	8.4 ± 0.5
中性脂肪 (μg/dl plasma)		
4月	82 ± 37	62 ± 6
5月	70 ± 18	83 ± 21
6月	64 ± 12	70 ± 15
総コレステロール (μg/dl plasma)		
4月	175 ± 28	178 ± 13
5月	175 ± 34	171 ± 27
6月	187 ± 27	175 ± 18
HDL-コレステロール (μg/dl plasma)		
4月	56 ± 11 ^{a, b}	59 ± 2
5月	67 ± 9 ^a	64 ± 14
6月	69 ± 11 ^b	72 ± 13

^a 4月と5月の間に有意差あり ($p < 0.05$). ^b 4月と6月の間に有意差あり ($p < 0.05$).

以上の結果から, 本研究で実施した程度の筋力トレーニングを含む運動およびエネルギー制限によって体脂肪量の減少, LBMの増加, HDL-コレステロールの上昇など, 肥満, 成人病の予防や健康増進に好ましい効果の

得られることが明らかになった。また、摂取エネルギーを制限してもバランスのとれた食事内容であれば貧血などの異常を起こすこともなく、健康的に減量できることが明らかになった。Gorsky ら³⁰⁾は健康な青年に食事制限をしたところ日常生活活動における立位、歩行時間が減少し、座位の時間が増大したことを報告している。また、Pacy ら³¹⁾は肥満者の減量において運動負荷の影響が脂質代謝等にもみられるが、これは運動そのものの影響のほかに、生活に運動を取り入れることによって生活スタイルが変化したために起こる影響を見逃せないといっている。今後、このような観点からの研究も必要と思われる。

要 約

女子大学生9名に筋力トレーニングを主とした運動を負荷し、その効果について検討した。

1) 筋力トレーニングと食事制限により、体重が減少し、体脂肪量が減少、LBM は増加した。またこれに伴い体幹部の周径に減少がみられた。

2) 基礎代謝、踏台昇降時の消費エネルギーには筋力トレーニング群と対照群との間に差がみられなかった。

3) 血漿中の HDL-コレステロールは筋力トレーニング群で上昇したが、中性脂肪、総コレステロールには変化がみられなかった。

4) 週 2~3 回の筋力トレーニングを含む運動と軽いエネルギー制限を組み合わせることにより、LBM の減少、貧血などを防ぎながら、効果的に減量し、かつ健康を増進させることができると考えられる。

文 献

- 1) 太田富貴雄, 大島寿美子, 平山昌子, 鈴木慎次郎: 栄養誌, 31, 230 (1973)
- 2) 鈴木慎次郎, 太田富貴雄, 大島寿美子: 体育科学, 4, 31 (1976)
- 3) Zuti, W.B. and Golding, L.A.: *Physician Sports-med.*, 4, 49 (1976)
- 4) Buskirk, E.R., Thompson, R.H., Lutwak, L. and Whedon, G.D.: *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 110, 918 (1963)
- 5) Xavier, F., Pi-Sunyer and Woo, R.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 42, 983 (1985)
- 6) Ravussin, E., Burnand, B., Schutz, Y. and Jequier, E.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 41, 753 (1985)
- 7) Hagan, R.D.: *Sports Med.*, 5, 144 (1988)

- 8) Hammer, R.L., Barrier, C.A., Roundy, E.S., Bradford, J.M. and Fisher, A.G.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 49, 77 (1989)
- 9) 池上晴夫, 佐竹昌之, 黒川隆志, 丹 信介, 杉浦崇夫, 山崎由久: 体力科学, 32, 302 (1983)
- 10) Nishimuta, M., Tsuji, E., Higuchi, M., Hashimoto, I., Yamakawa, K. and Suzuki, S.: 体力科学, 30, 127 (1981)
- 11) 厚生省保健医療局健康増進栄養課: 第三次改訂日本人の栄養所要量, (1984), 第一出版(東京)
- 12) 石川和子, 鈴木則子, 小林桂子, 鬼 和美, 神尾典子, 大内雅恵, 金子佳代子, 小池五郎: 女子栄養大学紀要, 21, 71 (1990)
- 13) 香川芳子: なにをどれだけ食べたらよいか, (1983), 女子栄養大学出版部(東京)
- 14) Cooper, K.H.: *The New Aerobics*, (1970); (加藤橋夫(監修), 広田公一, 石川 但(訳): エロビクス, (1982), ベースボールマガジン社(東京))
- 15) 食品成分研究会(編): 食品の食物繊維・無機質・コレステロール・脂肪酸含量表, (1986), 医歯薬出版(東京)
- 16) Weltman, A., Matter, S. and Stanford, B.A.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 33, 1002 (1980)
- 17) Hill, J.O., Sparling, P.B., Shields, T.W. and Heller, P.A.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 46, 622 (1987)
- 18) Hill, J.O., Schlundt, D.G., Sbrocco, T., Sharp, T., Pope-Cordle, J., Stetson, B., Kaler, M. and Heim, C.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 50, 248 (1989)
- 19) Dale, D. and Saris, W.H.M.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 49, 409 (1989)
- 20) Lewis, S., Haskell, W.L., Wood, P.D., Manoogian, N., Bailey, J.E. and Pereira, M.B.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 29, 151 (1976)
- 21) 斉藤 茂, 池田義雄: 保健の科学, 23, 33 (1981)
- 22) Ballor, D.L., Katch, V.L., Becque, M.D. and Marks, C.R.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 47, 19 (1988)
- 23) James, W.A. and Susan, R.B.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 47, 440 (1988)
- 24) Johnston, F.E., Wadden, T.A., Stunkard, A.J., Pena, M., Wang, J., Pierson, R.N. and Van Itallie, T.B.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 47, 225 (1988)
- 25) Bahr, R. and Maehlum, S.: *Acta Physiol. Scand.*, 128 (Suppl. 556), 99 (1986)
- 26) Schutz, Y., Bessard, T. and Jequier, E.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 45, 1424 (1987)
- 27) Mole, P.A.: *Sports Med.*, 10, 72 (1990)
- 28) Brehm, B.A.: *Sports Med.*, 6, 72 (1988)
- 29) Goldberg, L. and Elliot, D.L.: *Sports Med.*, 4, 307 (1987)
- 30) Gorsky, R.D. and Calloway, D.H.: *Hum. Biol.*, 55, 577 (1983)
- 31) Pacy, P.J., Webster, J. and Garrow, J.S.: *Sports Med.*, 3, 89 (1986)

(1991年7月25日受理)