

実践報告

食事制限と運動による体重コントロールの検証

The verification of weight control by diet and exercise

玉木啓一

Keiichi Tamaki

Abstract

The purpose of present study was to investigate control of energy income and expenditure cause lead to weight control. Healthy man volunteered reducing his weight by diet and exercise. As a result of control of energy income and expenditure, subject got thinner after energy control. The cause of weight loss was analyzed for success of weight control.

Key words : weight control, exercise, diet

I はじめに

現代人の健康の維持増進に体重コントロールが重要なのは論を待たない¹⁾。今、巷では様々な体重コントロール方法（いわゆるダイエット）が氾濫し、日々新しいダイエット法が生まれている。このことは裏を返せばダイエットを成功させることが難しいことを表していると言って良い。

ヒトは、食物を摂取することにより生命活動に必要なエネルギーを得ている。肥満の原因に、エネルギー摂取と消費のアンバランスをあげる研究は多い^{2) 3) 4)}。これらは、エネルギー出納をしっかりと管理することで、体重コントロールは可能であることを示している。

しかしながら、多くのダイエット法が日々生まれるのは、体重コントロール（＝エネルギー出納のコントロール）がうまくいかない（実行・継続が難しい）からである。

本研究では、エネルギー出納に関するデータについてまとめ、エネルギー出納のコントロールによる体重コントロールの可能性について検討した。

II 方法

被験者

被験者は、健康な成人男子（54歳、身長170cm、BMI 22.7）1名であった。2ヶ月間（2013年6月1日～7月31日）に、標準体重といわれるBMIが22となる体重を目指した。

表1 エネルギー摂取の記録例

日付	時刻	種類	重さ (g)	エネルギー (kcal)
2013/06/01	9:50	ごはん	104	175
2013/06/01	9:50	ほうれん草	65	32
2013/06/01	9:50	ソーセージ	5.5	17
2013/06/01	9:50	ゆで卵	24	36
2013/06/01	9:50	味噌汁	225	50
2013/06/01	9:50	ミルクケーキ	6	25
2013/06/01	13:10	ごはん	449	754
2013/06/01	13:10	納豆	42.5	85
2013/06/01	13:10	バター	5	38
2013/06/01	13:10	カレー	54	92
2013/06/01	13:10	チーズ	17	61
2013/06/01	18:32	ごはん	360.5	606
2013/06/01	18:32	味噌汁	243	60
2013/06/01	18:32	ホワイティぎょうざ	168	325
2013/06/01	18:32	トマト	54	9
2013/06/01	18:32	アスパラ	15.5	3
2013/06/01	18:32	ポテトサラダ	275	448
2013/06/01	19:20	シュークリーム	80	280
2013/06/01		合計	2193	3096

体重計測

体重計測は、起床直後、トイレ後に下着一枚の状態ですべての体重計（HBF-252F：オムロン）にて行った。

エネルギー摂取の記録

摂取した飲食物の重量を計測・記録し、携帯型デジタルデバイス（iPad mini、iPhone4s：アップル）のアプリ（カロリー管理：Soohyun Park）にてエネルギー量を計測した。メニューや食品にエネ

ルギー量が表示されている場合はそちらを優先した。外出先などで飲食物の重量を秤量できない場合は、一般的なメニューのカロリーもとに推定し、記録した(表1)。

体重減量計画

被験者の体重は、実験前の数カ月安定していた。4月と5月の月ごとの平均体重はそれぞれ、65.7kg、65.5kgであった。5月の平均体重を実験前の体重としてBMI22となる体重(63.6kg)を目標体重とした。

被験者の5月の平均エネルギー摂取量は1日あたり、2279kcalであった。

被験者は、月に5~6回の運動(サイクリング)を実施していた。心拍数から推定した5月の運動中のエネルギー消費量は、2072kcalであった。

本研究での減量は、65.5kgから目標体重である63.6kgへと1.9kgの体重減少を目指すこととなる。

目標の減量をエネルギー出納によって以下のように計画した。

1.9kgの体脂肪を減少させたい場合、食品の脂肪1gのエネルギー量は、9kcalであるが、体脂肪のエネルギー量は、7~8kcalとよく言われる^{2) 4) 5)}。インターネットのダイエットを標榜するサイトでは、体脂肪には20%の水分が含まれることから体脂肪のグラムあたりのエネルギー量は7.2kcalと示しているところが多い。本研究ではこれを採用し、1.9kgの減量のために13680kcalのエネルギーを2ヶ月間で減らすこととした。

被験者は、すでに一ヶ月あたり約2000kcalの運動を実施している。生活習慣などを考慮し実現可能な運動によるエネルギー消費の増加は月に1000kcal程度が限度であろうと考え、減量期間に2000kcalの運動によるエネルギー消費を目標とした。

13680kcalのうち、2000kcalを運動により消費するとして、11680kcalのエネルギーを食事制限によって減らすこととした。これを一日あたりに換算すると約190kcalの食事制限となる。

エネルギー摂取および消費のコントロールは、毎日のエネルギー摂取量の結果を見ながら食物摂取のコントロールに心がけさせた。また、運動については、積極的に運動実施を励行することとした。

運動中のエネルギー消費の推定

減量期間中に実施した運動中の心拍数を計測(心拍計 Blue HR for iPhone : Wahoo, iPhone4s : ア

ップル)し、アプリ(Cyclemeter : Abvio Inc.)にて記録した。

運動中のエネルギー消費量を推定するため、自転車エルゴメーターを用いて、負荷漸増最大運動中の心拍数と酸素摂取量を測定し、心拍数-酸素摂取量関係式および最大酸素摂取量を求めた。

運動中の平均心拍数を、心拍数-酸素摂取量関係式に代入することにより酸素摂取量を推定し、これに運動時間を乗じ、酸素1リットル当たり5kcalとして消費エネルギーを求めた。

III 結果

エネルギー出納

減量前の一ヶ月を基準とした食事制限によるエネルギーコントロールは、5110kcalであった。同様に、運動によるエネルギー消費の増加分は、3410kcalであった。食事制限によるエネルギー出納のコントロールは、目標の44%程度しか達成できなかったが、運動でのコントロールは目標の約171%であった。

食事制限と運動によるエネルギーコントロールは、8520kcalであり、これは、目標の62%程度に過ぎなかった。

体重

減量期間の体重の変化を図1に示した。減量前の一ヶ月の平均体重が65.5kg、減量後一ヶ月の平均体重が63.7kgでありその差は1.8kgで、目標の95%であった。減量期間中の最後の10日間の平均体重は、63.4kgで目標体重を下回っており、体重コントロールは、ほぼ目標どおりの達成ができた。

本研究では、体重1kgの減量には、7200kcalのエネルギーコントロールが必要である仮定で実験を開始したが、エネルギーコントロールの達成率は6

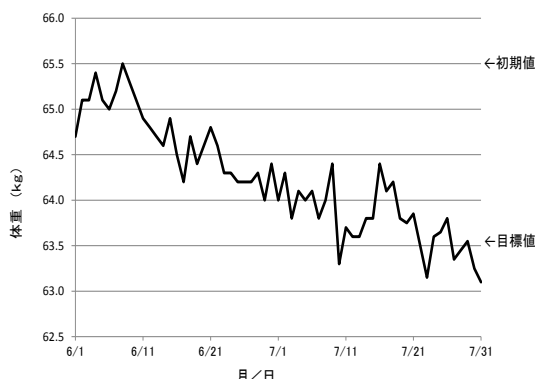


図1 減量期間中の体重変化

割程度だったのに対して、体重コントロールはほぼ達成できた。

IV 考察

今回、標準体重とされる BMI まで減量するという目標は達成できた。しかしながら、目標達成するためのエネルギーコントロールは成功していない。エネルギーコントロールが失敗したにもかかわらず減量目標が達成できたことについて考察・検証を加えていく。

被験者は、日々自分の体重を知ることができ、毎朝の体重の変化を確認することができた。食事制限、運動の実施は、日常生活に支障が出ない範囲での励行努力にて実施した。当初の予定より、食事制限によるエネルギーコントロールは目標を大きく下回るものであったが、体重変化が順調に進んでいるため、無理に食事の制限をしなかったものと思われる。

運動によるエネルギーコントロールは、運動を実施しやすい仕事の進行状況などが重なり、当初の目標よりも多くのエネルギーを消費することができた。

検証 1：仮定の検討

本研究では、体脂肪 1kg あたりのエネルギー量を 7200kcal とした。体脂肪の組成に個人差が皆無であることは考えにくい。本研究は被験者数 1 名の実践研究であり、この差が結果の影響した可能性は否定でき無い。また、純粋な脂肪に対して水分が 20% 含まれることから、体脂肪は、純粋な脂肪の 80% のエ

ネルギー量であるとする前提も検討の余地がある。しかしながら、この前提を覆す有力な情報も無く本研究では、他の原因の検討を試みる。

検証 2：体重の把握

生体の体重は刻一刻と変化する。飲食物を摂取しない場合、発汗や呼吸による水蒸気の排洩などにより時間の経過とともに体重は減少していく。一方、食事はもとより単なる水を飲んででも体重は増加する。

本研究では、日々の変化が比較的安定する起床直後の体重を計測した。図 2 に、本研究での体重コントロール期間および、前後一ヶ月の体重変化を示した。図示したように体重は、日々 1kg くらい変動する。減量をする場合、初期値の体重をどう決定するかによって、減量の成否に影響してくる。

本研究では、4 月、5 月のそれぞれ一ヶ月の平均体重がほぼ同一であったことから、この時期の体重変動は無いと考え、5 月の平均体重を初期値として体重コントロールを計画した。しかし、6 月 1 日から 5 日の平均体重は、同日のエネルギー摂取が 5 月の平均よりも多いにもかかわらず、すでに約 0.4kg 低いものであった。つまり、開始時点の体重が低いことにより、約 3000kcal のエネルギーコントロールは不要だったのかも知れない。

検証 3：基礎代謝の変化

減量期間に、以前より運動量を増加させている。このことで基礎代謝の増加がおこり、消費エネルギーを増加させていた可能性が考えられる。



図 2 減量期間中およびその前後の体重変化

本研究で、基礎代謝の測定は行っていなかったが、減量期間前の最大酸素摂取量は、2.41ℓ/分、減量期間終了時の最大酸素摂取量は、2.40ℓ/分であり変化はなかった。この被験者は、11ヶ月前までは、運動習慣を有していなかったが、それ以降に習慣的に運動（サイクリング）を実施している。この間に、最大酸素摂取量が20%ほど増加した。その後2ヶ月間の実験期間中に運動量も増加していたが、体力レベルが上がった分トレーナビリティが小さくなり、この期間の最大酸素摂取量に変化は観察されなかった。このことから、今回の実験で基礎代謝が変化したことは考えにくい。

検証4：運動によるエネルギー消費量の検討

本研究の運動はサイクリングであった。サイクリング中のエネルギー消費量は、自転車走行中の平均心拍数から推定し、信号待ちや、水分補給などの停止中のエネルギー消費量は含まれていない。また、終了後の回復期の超過代謝についてもエネルギー出納に加味してはいなかった。

このことを確かめるために、減量期間中によく実施していたサイクリングと同様のサイクリング中の心拍数の変化を図3に示した。スタートからゴールまでの時間は52分で、信号待ちの停止の他に、2回の水分補給を目的とした休憩を挟んでいた。

心拍数からエネルギー消費量を推定し、自転車走行中のみのエネルギー消費量と、スタートからゴールまでのトータルのエネルギー消費量を比較してみた。

結果は、走行中のみのエネルギー消費量が471kcal、スタートからゴールまでのエネルギー消費量は515kcalであり、約9%多くエネルギーを消

費していたと考えられる。今回、体重コントロール期間に3410kcal運動によるエネルギー消費が増加しているため、この9%、およそ307kcalのエネルギーを過小評価していた可能性がある。

実施した運動が低強度の有酸素運動であれば、これらの影響はわずかであると考えられる。しかしながら、今回実施した各運動の平均運動強度（最大酸素摂取量の割合）は、73%であり、相当高い運動強度である。

図3の回復中の心拍数からエネルギー消費量を推定し、運動終了後の超過代謝についても検討した。このサイクリングでは、ゴール後に安楽な椅子にて60分間の回復を行った。運動中の大部分は、心拍数160拍/分を超えており、運動後半では、170拍/分を超えるかなり過酷な運動であった。被験者の年齢が54歳であったことを考慮すると最大運動といっても良い高強度の運動であった。

この様な強度の運動は、有酸素系のエネルギー供給系ではまかないきれず、解糖系のエネルギー供給系が働き、産生された乳酸の消去などのため、運動後超過代謝（EPOC：excess post exercise oxygen consumption）が起こっていたと考えられる。実際に、運動後20分経過しても、心拍数は120拍/分前後に停滞していた。

図3で示した回復中の平均心拍数は110拍/分であった。この被験者の普段の日常生活の心拍数を3時間測定したところ、平均心拍数は75拍/分であった。この心拍数から推定した回復中のエネルギー消費量と日常生活でのエネルギー消費量との差は、202kcalであった。実験期間中の増加した運動分を図3に示したような運動およそ7回分と考えると、

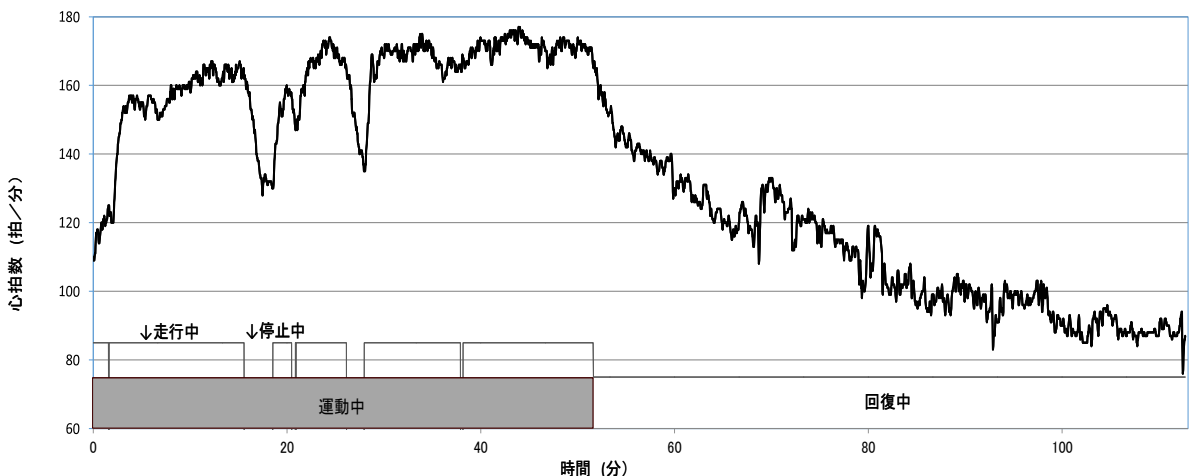


図3 典型的なサイクリング中および回復期の心拍数の変化

運動により、1414kcal のエネルギー消費があったと考えてよい。

図3の回復終盤の心拍数が90拍/分程度であることを考えると安静のみでの回復では60分で完全な回復がなされたとは考えにくく、この分の消費エネルギーは実際にはもっと大きかったことも考えられる。

図4に、エネルギー出納についてまとめた。目標値に対して達成値は、62%であったが、検証後のエネルギー出納は、目標値に近づき、実際の減量の達成度と同等であった。

体重コントロールと摂取エネルギー

本研究では、摂取エネルギーと消費エネルギーのコントロールによって、減量した。このことは、食事による摂取エネルギーをコントロールすることによって、減量を実現できることを意味するが、「食べることを我慢しても痩せない」との声をよく聞く。このことが、いわゆるダイエットの挫折の原因となる気がする。

検証2の考察でも述べたが、実験期間開始直後の5日間の体重は、5月の平均体重を下回っていた(図2)。摂取エネルギーを調べてみると、6月の最初の5日間の摂取エネルギーは、5月の平均を上回っていた。さらに、5月最後の5日間は、6月の当初よりもエネルギーを摂取していたにもかかわらず、6月の当初は体重の減少が観察されている。この10日間の運動は、一回のみであり他の時期に比べて運動が集中していたわけではない。つまり、エネルギ

ー消費が特に大きかったとは考えられない。

今後詳細な分析が必要であるが、エネルギーコントロールの影響が体重の変化に反映されるには、時間的な要因と、体水分量の制御など、複雑な要因が関係していると思われる。このことがダイエット挫折の大きな要因の一つになっていると考えられる。

V まとめ

本研究では、標準体重(BMI=22)に体重を減量するために、体脂肪1kgのエネルギーを7200kcalと仮定して、体重減少は体脂肪の減少により起こるとして目標減量(1.9kg)分のエネルギーを食事制限と運動によるエネルギー消費によって達成できるかを検証した。

実験期間(2ヶ月間)で、消費する目標エネルギー量は、13680kcalであり、これを一日200kcalの食事制限と月1000kcalの運動を実験前より増加することで目標エネルギーを消費することを計画した。

食事制限による目標(11680kcal)に対するエネルギー消費量は、5110kcalであり、達成率は44%程度であった。

運動による目標(2000kcal)に対するエネルギー消費量は3410kcalであり、達成率は約171%であった。

食事制限と運動の全体の目標(13680kcal)に対するエネルギー消費量は8520kcalであり、その達成率はおよそ62%であった。

体重の減少は、実験前1ヶ月の平均体重(65.5kg)から、実験後1ヶ月の平均体重(63.7kg)になり、1.8kgの減少となり、目標(1.9kg)の95%の達成率となった。

以上の結果は、減量のコントロール(消費エネルギーのコントロール：食事制限や運動)をしっかりと実行しなくても、目標を達成できることとなる。しかしながら、体重の初期値が低かった可能性や、運動中のエネルギー消費量の検証(休憩時間のエネルギー消費、運動後の運動後超過代謝の検討)の結果、コントロールしたエネルギー消費の分体重が減少していた。

エネルギー出納をしっかりコントロールすると、それにほぼ見合った体重コントロールが可能であることがわかった。

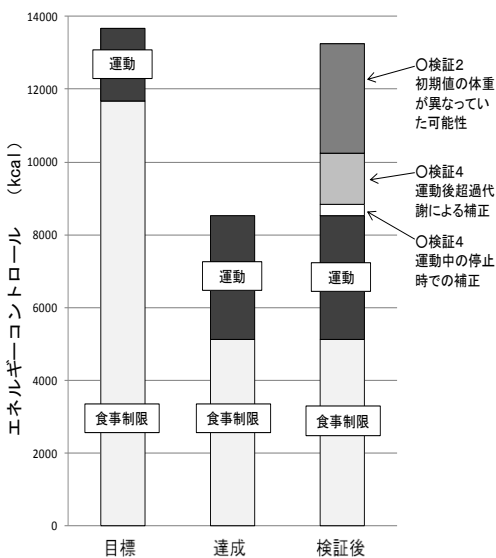


図4 エネルギー出納の検討

【参考文献】

- 1) 大野誠, 池田義男: 肥満症につながるライフスタイル. からだの科学, 188 : 58-63 (1995)
- 2) David P.Swain and Brian C.Leutholtz : 第5章 減量のための運動処方 (坂本静男 監訳), 運動処方 —ケーススタディでみる ACSM ガイドライン— pp.69-80 ナップ, 東京 (2009)
- 3) 荒川浩久, 木本一成, 川村和章, 戸田真司, 黒羽加寿美, 宋文群: 運動と肥満の関係, 日健医誌 : 14 (1) : 3-8 (2005)
- 4) 中野昭一編: 運動・生理・生化学・栄養 図説・運動の仕組みと応用— 普及版 V運動の測定とその評価 5.健康づくりと体重コントロール pp. 257-259 医歯薬出版, 東京 (2001)
- 5) 吉田俊秀: 食べたいけど痩せたい人のために, 京都市立看護短期大学紀要, 34:17-22 (2009)