

トレーニングプログラムが安静時 代謝量に及ぼす影響

久保 佳子 藤井 久雄

キーワード：肥満, 安静時代謝量, エアロビクトレーニング, レジスタンストレーニング

Effect of training program on resting metabolic rate.

Yoshiko Kubo Hisao Fujii

Abstractt

In order to prevent obesity, it is necessary to increase the amount of energy. Metabolic rate at rest, one that accounts for most of total energy expenditure for a day. Training is to make a good body metabolism in the resting state. The purpose of experiment 1 was to examine the effect of aerobic training on resting metabolic rate (RMR). This study was measurement energy metabolism that used human calorimeter in comparison with those exercise. Eight subjects were randomly separated into two groups: aerobic training group (AT, n=5) and no training group (NT, n=3). Body composition, $\dot{V}O_2\max$ and RMR were measured before and after the AT period. The purpose of experiment 2 was to examine the effect of resistance training RMR. Nine subjects were randomly separated into two groups: resistance training group (RT, n=7) and no training group (NT, n=2). Body composition body morphometry and RMR were measured before and after the AT period. After eight weeks, AT in the showed an decrease significant of body fat mass ($p < 0.05$), and significant increase in $\dot{V}O_2\max$. AT showed no change of RMR/LBM were evoked after training eight weeks. RT in the showed an increase a significant decrease in body fat mass and % body fat ($p < 0.05$), and significant increase in body morphometry. RT showed no change of RMR/BW were evoked after training. RMR of AT is increased energy consumption due to exercise. RT is an LBM were considered to have been affected by the increase in the amount of the increase in RMR.

Key words: obesity, resting metabolic rate, aerobic training, resistance training

1. 生活環境と肥満

現代、厚生労働省の「健康づくりの三要素（栄養、運動、休養）」のうち、「栄養」は充実した一方、電化製品の普及や第三次産業への変遷により、家庭や職場での活動量が減少している。さらに、交通機関の発達等により歩く量も減少した。「国民健康・栄養調査」の報告によると¹⁾、日常生活における平均歩数は男性で7,321歩、女性で6,267歩となっており、いずれも厚生労働省が「健康日本21」²⁾で掲げる目標値に達していない。活動量の減少は、エネルギーの出納バランスを不均衡にし、肥満を引き起こす。肥満とは、摂取エネルギーが消費エネルギーを上回ることにより引き起こされる³⁾ことから、エネルギーの出納バランスをコントロールすることが重要となる。先の国民健康・栄養調査¹⁾によると、40～74歳では、「男性の2人に1人、女性の5人に1人がメタボリックシンドロームの該当者又は予備群と考えられる」と報告しており、その起因として高カロリー、高脂肪の食事と運動不足が考えられる⁴⁾。今日、活動量の減少からエネルギー消費量が減少し、肥満や肥満が誘発する疾病が増加している。

2. エネルギー消費量

1日の総エネルギー消費量（total energy expenditure: TEE）は、安静時代謝量（resting metabolic rate: RMR）60～75%、活動に費やすエネルギー量（thermic effect of activity: TEA）15～30%、食事による産熱効果（thermic effect of food: TEF）10%の総和であり⁵⁾、TEEの大半を占めているのはRMRである。また、RMRの大半は基礎代謝量（basal metabolic rate: BMR）である。BMRとは、「生命維持のための覚醒・安静時における最少エネルギー代謝量」と定義されており⁶⁾、24時間持続する代謝量である為、BMRの増大は1日の総エネルギー消費量の増大に繋がる。BMRは、体格・身体組成の影響を大きく受け⁷⁾、特に体内の筋肉量と関連している。スポーツ選手のBMRは、一般人に比べ有意に高いと報告されており^{8,9)}、それらスポーツ選手の身体組成は一般人に比べ、体脂肪率が低く除脂肪量（lean body mass: LBM）が有意に高いと高橋ら⁸⁾は報告している。ヒトの身体組成は、脂肪量（fat mass: FM）とLBMに大別され、LBMに含まれる骨格筋は、安静下において脂肪を積極的にエネルギー源として利用する為、身体

組織より代謝活性が低い為、体内の脂肪が多い人では安静時代謝が低く太りやすい体質になっている。よって、体脂肪率の減少、筋肉量の増加は安静時代謝を増加させ太りづらい身体にする。

3. トレーニングの影響

LBMに含まれる骨格筋は、環境に対する高度な適応能を持ち、一般に大きな力学的負荷に対する適応として肥大する。筋の適応能を利用し、筋力の増強や筋量の増大を図るトレーニングが、レジスタンストレーニング（resistance training）である。骨格筋の肥大は主として筋繊維の肥大によって起こる¹⁰⁾。肥大した筋繊維の内部では、筋原繊維の太さは変わらず、筋原繊維の数の増加が起こっている。骨格筋は、すべての運動の動力源として働くばかりではなく、体温生成の為の主要な熱源でもあり、身体のなかで最も多くのエネルギーを消費する。したがって、その量を維持・増強し機能の向上を図ることは、糖や脂質の代謝恒常性を維持する上でも重要である。全身の骨格筋に対する酸素運搬には、呼吸器である肺と循環器系の中心をなす心臓が大きな関与をしている。つまり、肺の喚起能力（最大換気量）とガス交換能力（最大肺拡散容量）、血液中のヘモグロビン濃度、および心臓による血液の輸送力（最大心拍出量）である。血液の輸送力は心臓の容量と収縮力によって決定される。これら諸機能を向上させるのが、エアロビクトレーニング（aerobic training）である。筋肉の細胞内小器官であるミトコンドリアは、酸素を利用してエネルギーを効率的に生産する小器官であり、エアロビクトレーニングによってその機能は向上する¹⁰⁾。トレーニングタイプはそれら、2つに大別され、トレーニングがBMRに及ぼす影響はこれまで数々の研究がなされている。武政ら¹¹⁾の報告によると、レジスタンストレーニングにより筋肉量が増加しBMRを高めるとされているが、エアロビクトレーニングに関しては、松枝ら¹²⁾の運動習慣のない若年女性を対象に8週間の低強度有酸素運動を実施したところBMRが有意に低下したと報告している。またShinkaiら¹³⁾は、中高年女性を対象に、12週間のエアロビク運動の実施前後でRMRが増加したと報告しており、これまでの研究において、トレーニングがエネルギー代謝量に及ぼす影響は必ずしも一致した見解は得られていないのが現状である。表1は、

トレーニングが代謝量に及ぼす影響の研究報告についての概括を表した。これまでの研究では、1日の大半を占めるRMRの測定にマスクを用いた短時間の測定方法を使用しているものが主流であり、測定方法の差異を考慮する必要がある。

4. 代謝量の測定

人体のエネルギー代謝量の測定には、直接熱量測定法 (direct calorimetry) と、間接熱量測定法 (indirect calorimetry) がある¹⁰⁾。間接熱量測定法は、一定時間内に被験者が消費した酸素量と、発生した二酸化炭素量および尿中の窒素量から、体内で燃焼した栄養素の分量比を計算し、さらにこの値から発生した熱量を計算する方法である。摂取した酸

素の量と排出した二酸化炭素の量は分析器により測定する。呼吸の採取には、ダグラス・バッグ (Douglas bag) 法と、ブレスバイブレス (breath by breath) 法等があるが、それらの測定法は個々の活動は正確に測定できるが、マスク等を装着する為、食事中や睡眠中の測定が難しいなど活動に制限がある。近年では、呼吸採取の為にマスク等の特別な器具を装着することなく、普段の生活に近い状態で長時間にわたってエネルギー消費量を測定できる方法としてヒューマンカロリメーターが知られている。二見ら¹⁴⁾によるとヒューマンカロリメーターによるエネルギー消費量測定値と燃焼したアルコールの重量から得た理論値において、測定値の高い確度と精度を確認したことを報告している。

表1 これまでの研究の概括

タイトル	著者年	トレーニングタイプ	代謝の指標	トレーニングの影響	測定法	測定時間	代謝量の変化
トレーニング習慣のある男女の体組成と安静時代謝量	武政ら (1998)	RT	RMR	体重の減少* 体脂肪量の減少*	ダグラスバック法	-	↑
若年女性におけるウエイトトレーニング効果	松本ら (1996)	RT	RMR	-	ダグラスバック法	-	-
若年女性のレジスタンストレーニングが体組成と安静時代謝量におよぼす影響	平川ら (1998)	RT	RMR	体重の増加* LBMの増加**	ダグラスバック法	-	-
クロスカントリー選手のトレーニング期前における12時間安静時代謝量の比較	山田ら (2006)	ATとRTのmix	RMR	最大酸素摂取量 上昇	ヒューマンカロリメーター	720min 連続測定	↑ (睡眠時)
ダンベル運動を取り入れた自主的な身体運動が女性の身体組成、安静時代謝量、体力、日常生活に及ぼす影響	米田ら (2005)	軽RTとATのmix	RMR	体脂肪率の減少*	呼吸代謝測定装置 (マスク装着)	安静後Ave (10min×2)	↑
鍛錬者と非鍛錬者の基礎代謝量	増田ら (1993)	AT	BMR	LBMの増加	呼吸代謝測定装置 (マスク装着)	覚醒後 5min	↑
8週間の低強度有酸素運動が運動習慣のない若年女性の体組成と基礎代謝量に与える影響	松枝ら (2001)	AT	BMR	最大酸素摂取量 上昇	ダグラスバック法	覚醒後 7min×2set	↓
有酸素運動による安静時エネルギー消費量への影響	下岡ら (2007)	AT	RMR	LBMの減少	呼吸代謝測定装置 (マスク装着)	安静後Ave (15~20min)	-

※AT: エアロビックトレーニング, RT: レジスタンストレーニング
 ※変化は、有意な差がみられたもののみ採用 (*p<0.05 **p<0.001)
 ※↑: 有意に増加, ↓: 有意に減少

5. ヒューマンカロリメーター

S大学のヒューマンカロリメーター (FCH-15S: 富士医科産業) は測定室、質量分析計 (VG Prima δ B, Thermo社製)、流量計、温度計、湿度計、気圧計、パーソナルコンピューター等から構成される¹⁵⁾。測定室内にはベッド、トイレ、机、椅子、テレビ等が設置され、被験者が快適に滞在できるよう室内の温度、湿度が設定されている。測定室内の空気は、流量計を通り毎分70Lでポンプにより排気され、それに代わり新鮮な空気が測定室内に供給される。エネルギー消費量は、ヒューマンカロリメーターの内気および外気について15秒毎に測定

した酸素濃度、二酸化炭素濃度、換気量、相対湿度、気圧から算出する。内気及び外気は、15秒毎に測定した酸素濃度、二酸化炭素濃度をHenningの式¹⁶⁾から求め、1分毎の酸素摂取量と二酸化炭素排出量をWeir¹⁷⁾の式を用いてエネルギー消費量を算出する (図1)。

$$EE(\text{Kcal}/\text{min}) = 3.9 \times \text{VO}_2(\text{L}/\text{min}) + 1.1 \times \text{VCO}_2(\text{L}/\text{min})$$

図1 WeirによるEE算出式

6. 研究の目的

RMRがTEEの大半を占めていることから、本研究では食事や睡眠中も含めて長時間のエネ

ルギー消費量の測定が可能なヒューマンカロリーメーターを用いて、実験1エアロビクトレーニングが安静時代謝量に及ぼす影響、実験2レジスタンストレーニングが安静時代謝量に及ぼす影響を各トレーニングの実施前後で安静時代謝量を測定し比較・検討することを目的とした。

II. 研究方法

実験1 エアロビクトレーニングが安静時量に及ぼす影響

1) 被験者

被験者は、実験に同意の得られた運動習慣のない健常成人男性8名である。8名のうち5名を、エアロビクトレーニング群 (aerobic training: 以下AT群)、3名を非トレーニング群 (non training: 以下NT群) の2群に分けた。被験者の身体的特徴は、表2に示した。

表2 被験者の身体的特徴

		AT群 (n=5)	NT群 (n=3)	t-test
年齢	(age)	20.8 ± 0.8	22.7 ± 1.2	n. s.
身長	(cm)	169.7 ± 4.5	166.3 ± 4.2	n. s.
体重	(kg)	68.5 ± 11.4	65.1 ± 10.6	n. s.
BMI	(kg/m ²)	23.7 ± 3.6	23.4 ± 2.7	n. s.
体脂肪率	(%)	17.9 ± 6.4	19.2 ± 2.2	n. s.
体脂肪量	(kg)	12.8 ± 6.9	12.6 ± 2.8	n. s.
LBM	(kg)	55.7 ± 5.4	52.6 ± 8.2	n. s.

BMI: body mass index, LBM: lean body mass mean±SD

2) トレーニング

AT群は、実験に先立ち自転車エルゴメーター (AEROBIKE75XL, COMBI WELLNESS社製) による個々の体力テストを行い、45%HRmaxの強度で1日60分、週に5日、8週間継続した。また、週に1度の体力テストの結果に基づき運動強度を漸増させた (図2)。尚、トレーニ

ング期間中はエアロビクトレーニングのみを行うよう指示した。

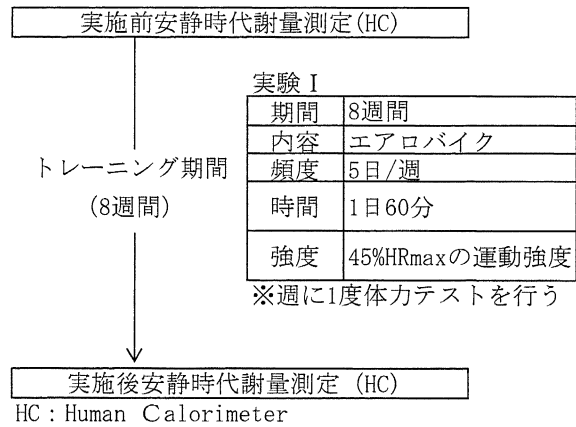


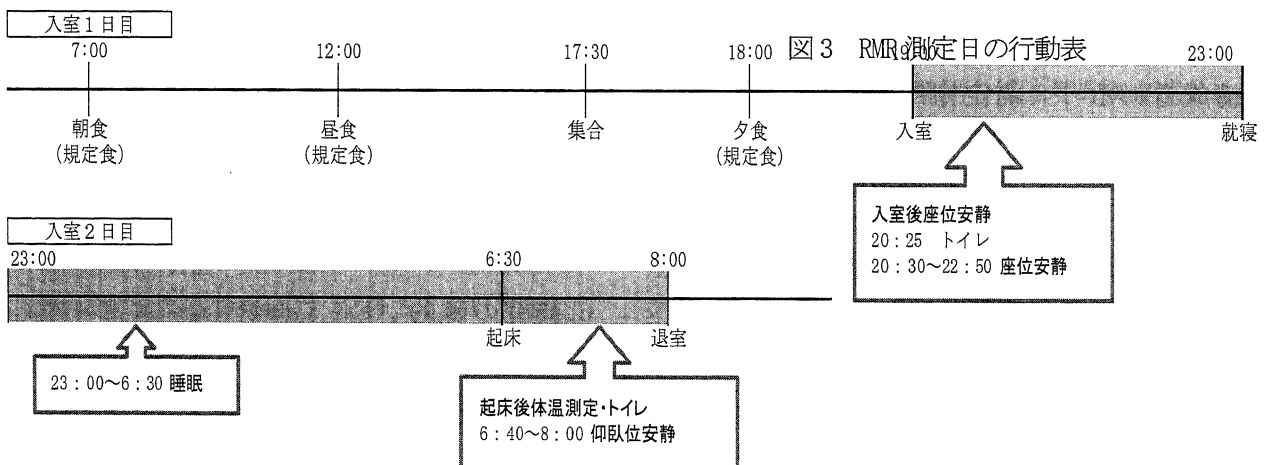
図2 AT群試験の手順

3) 食事管理

TEFによるRMRへの影響を抑えるため、ヒューマンカロリーメーターによるRMR測定当日の朝食から3食は規定食を提供し、規定食以外は水のみ摂取を許可した。

4) 実験手順および環境条件

AT群は、8週間のトレーニングプログラム実施前 (以下実施前) とトレーニングプログラム実施後 (以下実施後) ヒューマンカロリーメーターを用いてRMR測定を行った。測定当日は、図3の行動表に準じて行動した。夕方17:30にヒューマンカロリーメーター室に来所、血圧、脈拍、体重、体温を測定した。その後、18:00に夕食を摂取し19:00に入室した。入室後は、テレビやDVD鑑賞等座位安静を保たせ23:00に就寝した。翌朝6:30に起床、退室の8:00まで仰臥位安静状態とした。



を用いて体重, BMI, 体脂肪率, 体脂肪量, LBM を測定した。測定時は, 毎回同じ測定条件で測定するよう指示した。RMR は, 入室から質量分析器において連続測定した測定室内の酸素濃度, 二酸化炭素濃度, 窒素濃度, 排気量, 湿度, 温度及び気圧から 1 分間当たりの酸素摂取量と二酸化炭素排出量を算出した。

6) 安静時エネルギー代謝量の区分

安静時エネルギー代謝量は, 入室から退室まで連続測定した。その内, 入室後心拍数が安定した 19:30 分から 750 分間を Total とし, 身体活動別は 20:40 から 120 分間を座位安静時, 24:00 から 300 分間を睡眠時, 6:45 から 15 分間を早朝時とした。

7) 統計処理

得られた測定データについては平均±標準偏差で示した。また, トレーニング効果の検討においては, トレーニング実施前後の変化率〔(8 週間後-開始時) / 開始時×100〕を求めた。統計処理には, 統計解析ソフト SPSS Version17.0 for Windows を用い, 群間差の比較には一元配置分散分析を行った。尚, 危険率 5%未満を有意とした。

実験 2 レジスタンストレーニングが安静時代謝量に及ぼす影響

1) 被験者

被験者は, 実験に同意の得られた運動習慣のない健康成人男性 9 名である。9 名のうち 7 名をレジスタンストレーニング群 (resistance training: 以下 RT 群), 2 名を NT 群の 2 群に分けた。被験者の身体的特徴は, 表 3 に表した。

表 3 被験者の身体的特徴

	RT群 (n=7)	NT群 (n=2)	t-test
年齢 (age)	21.3 ± 1.4	21.0 ± 1.4	n. s.
身長 (cm)	169.3 ± 7.0	171.5 ± 2.1	n. s.
体重 (kg)	67.4 ± 13.0	66.7 ± 3.5	n. s.
BMI (kg/m ²)	23.4 ± 2.8	22.7 ± 0.6	n. s.
体脂肪率 (%)	15.9 ± 5.3	13.1 ± 1.1	n. s.
体脂肪量 (kg)	11.1 ± 5.2	8.8 ± 1.2	n. s.
LBM (kg)	56.3 ± 8.7	57.9 ± 2.3	n. s.

BMI: body mass index, LBM: lean body mass mean ± SD

2) トレーニング

RT 群には, 週に 4 日レジスタンストレーニングを 8 週間にわたって行わせた¹⁸⁾。マシントレーニング

(=トレーニング量 (kg)J) は, 2 週間毎に漸増するように設定した。

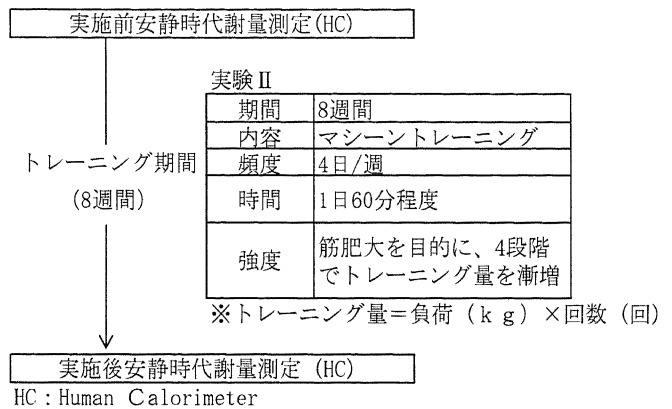


図 4 RT 群試験の手順

3) 食事管理

食事管理は, 実験 1 同様に RMR 測定日の朝食から夕食の 3 食は規定食とし, 水以外の摂取は制限した。

4) 実験手順および環境条件

実験手順および環境条件は, 実験 1 に準じて実施した。トレーニングプログラム実施前 (以下実施前) とトレーニングプログラム実施後 (以下実施後) ヒューマンカロリメーターを用いて RMR 測定を行った。

5) 測定項目

測定項目は, 実験 1 に準じて身体組成を体成分分析装置 (In Body3.2 バイオスペース社製) を用いて測定した。実験 II の RMR も実験 I 同様に算出した。

6) 形態の測定

レジスタンストレーニングの効果について検討する為に, トレーニング期間の前後に形体測定を実施した。形態測定の項目は胸囲, ウエスト囲, 臀囲, 大腿囲, 下腿囲, 上腕囲 (進展・屈曲), 前腕囲の 8 項目とした。

7) 安静時エネルギー代謝量の区分

安静時エネルギー代謝量の区分は, 実験 1 に準じて, 入室から退室まで連続測定し, その内 Total と身体活動別に区分した。

8) 統計処理

統計方法は, 実験 1 に準じ, 比較・検討した。

III. 結果

実験1 エアロビクトレーニングが安静時代謝量に及ぼす影響

1) トレーニングが身体組成に及ぼす影響

表4はトレーニング実施前と実施後の、被験者の身体組成の変化を平均±標準偏差で表した。AT群の体重

は、実施前68.5±11.4kgから実施後66.6±11.9kgへと減少傾向であった。体脂肪率も、実施前17.9±6.4%から実施後16.8±7.3%へ減少傾向であった。体脂肪量は、実施前12.8±6.9kgから実施後11.8±7.4kgへ有意に減少した(p<0.05)。一方、NT群の身体組成はいずれも有意な変化はみられなかった。

表4 身体組成の変化とその変化率

	AT群 (n=5)			NT群 (n=3)		
	実施前	実施後	変化率 (%)	実施前	実施後	変化率 (%)
体重 (kg)	68.5 ± 11.4	66.6 ± 11.9	-3.0 ± 2.8	65.1 ± 10.6	65.9 ± 9.4	1.4 ± 2.0
BMI (kg/m ²)	23.7 ± 3.6	23.1 ± 3.8	-2.6 ± 3.0	23.4 ± 2.7	23.6 ± 2.3	0.7 ± 1.6
体脂肪率 (%)	17.9 ± 6.4	16.8 ± 7.3	-7.8 ± 7.6	19.2 ± 2.2	19.1 ± 2.3	-0.9 ± 2.1
体脂肪量 (kg)	12.8 ± 6.9	11.8 ± 7.4*	-10.8 ± 7.3	12.6 ± 2.8	12.6 ± 2.8	0.5 ± 0.4
LBM (kg)	55.7 ± 5.4	54.7 ± 5.3	-1.7 ± 3.0	52.6 ± 8.2	53.3 ± 7.0	1.6 ± 2.5

BMI : body mass index, LBM : lean body mass *有意差あり p<0.05 (実施前vs実施後) mean±SD

2) 体力テスト

8週間のトレーニング期間中に週に1回実施した体力テストでは、47.3±7.6ml/min/kg(実施前)から53.6±10.2ml/min/kg(実施後)へ最大酸素摂取量の値が有意に上昇した(p<0.05)。

3) 安静時エネルギー消費量

表5は、除脂肪量当たりの安静時エネルギー消費量とその変化率を表した。ヒューマンカロリーメーター入室後、Totalと活動別で表した。AT群の安静時エネルギー消費量は、いずれの値も有意な差はみられなかった。

表5 除脂肪量当たりのエネルギー消費量

	AT群 (n=5)		
	実施前	実施後	変化率 (%)
Total (kcal/kgBW/750min)	14.0 ± 0.7	13.7 ± 1.1	-2.4 ± 5.0
座位安静 (kcal/kgBW/120min)	2.9 ± 0.1	2.9 ± 0.2	-0.5 ± 5.1
睡眠 (kcal/kgBW/300min)	5.4 ± 0.4	5.2 ± 0.4	-3.5 ± 6.1
早朝 (kcal/kgBW/15min)	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.02	-3.8 ± 5.3

mean±SD

実験2 レジスタンストレーニングが安静時代謝量に及ぼす影響

1) トレーニングが身体組成に及ぼす影響

RT群の体脂肪率と体脂肪量は実施前15.9±5.3%か

ら実施後13.6±5.4%へ、11.1±5.2kgから9.2±4.6kgへ有意に減少した(p<0.05)。LBMにおいては不変であった。一方、NT群の身体組成はいずれも有意な差はみられなかった。

表6 身体組成の変化とその変化率

	RT群 (n=7)			NT群 (n=2)		
	実施前	実施後	変化率 (%)	実施前	実施後	変化率 (%)
体重 (kg)	67.4 ± 13.0	65.8 ± 11.5	-2.2 ± 2.3	66.7 ± 3.5	67.3 ± 3.7	0.8 ± 0.3
BMI (kg/m ²)	23.4 ± 2.8	22.8 ± 2.4	-2.1 ± 2.4	22.7 ± 0.6	23.0 ± 0.6	1.6 ± 0.4
体脂肪率 (%)	15.9 ± 5.3	13.6 ± 5.4*	-15.9 ± 10.0	13.1 ± 1.1	15.1 ± 0.8	15.6 ± 15.9
体脂肪量 (kg)	11.1 ± 5.2	9.2 ± 4.6*	-18.1 ± 10.2	8.8 ± 1.2	10.1	16.5 ± 16.0
LBM (kg)	56.3 ± 8.7	56.5 ± 8.2	0.4 ± 1.5	57.9 ± 2.3	57.2 ± 3.7	-1.3 ± 2.6

BMI : body mass index, LBM : lean body mass *有意差あり p<0.05 (実施前vs実施後) mean±SD

2) 形態測定 (データは示さず)

被験者のトレーニング実施前後の形態計測の結果, 胸囲の変化率は, $3.7 \pm 3.9\%$ で有意な差であった ($p < 0.05$). ウエスト囲, 臀囲, 上腕囲伸展, 前腕囲も同様に増加傾向であった.

3) 安静時エネルギー消費量

表 7 は, 実施前と実施後の体重当たり安静

時エネルギー消費量をその変化率と平均±標準偏差で表した. 値はヒューマンカロリメーター入室後, Total と座位安静, 睡眠, 早朝の 4 区分で表した. 実施前と実施後を比較すると, Total 及び座位安静, 睡眠, 早朝の 4 区分において有意な差はみられなかった. 変化率では RT 群の 4 区分ともに増加傾向がみられた.

表 7 体重当たりのエネルギー消費量とその変化率

		RT群 (n=7)		
		実施前	実施後	変化率 (%)
Total	(kcal/kgBW/750min)	11.9 ± 0.8	12.5 ± 0.8	5.5 ± 7.7
座位安静	(kcal/kgBW/120min)	2.5 ± 0.2	2.7 ± 0.2	7.9 ± 9.9
睡眠	(kcal/kgBW/300min)	4.5 ± 0.3	4.7 ± 0.3	5.0 ± 7.5
早朝	(kcal/kgBW/15min)	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.02	7.0 ± 9.5
mean ± SD				

IV. 考察

一般的に肥満の予防・改善には, $\dot{V}O_{2max}$ 50% 程度の軽い運動が効果的とされている. それは, 運動強度が高くなると体内に蓄積された脂肪より糖質の利用率が高くなるためである. AT 群の身体組成は, トレーニング実施前後で体脂肪率が減少傾向を示し, 体脂肪量は有意に減少した ($p < 0.05$). 一方, NT 群では, いずれの値においても有意な変化はみられなかった. エアロビクトレーニングは, 身体組成及び $\dot{V}O_{2max}$ に変化を及ぼしたことから, LBM 当たりの酸素運搬能の向上が考えられるが, トレーニング実施前後に測定した LBM 当たりの RMR の比較では, Total と活動別のいずれにおいても有意な差はみられなかった. しかしながら早朝の RMR は, 減少傾向を示した. 山村ら²⁰⁾は, 早朝空腹時の RMR の変動要因は, 体重のみによってその 40% 以上が説明できると述べている. AT 群の体重変化は, 実施前 68.5 ± 11.4 kg から実施後 66.6 ± 11.9 kg へ減少傾向がみられた. 一方, NT 群では, 体重変化はみられなかった. よって, AT 群の早朝時 RMR が減少傾向を示した要因に体重変動が寄与していると考えられる. トレーニングが代謝を

亢進させるのは, トレーニングの実施により骨格筋でのエネルギー消費量が大きくなるためである. 緑川ら²¹⁾によるとエアロビクトレーニングによるエネルギー代謝の向上は一過性のもので, トレーニング後 24 時間以内で消失してしまうことが報告されている. よって, エアロビクトレーニングは運動時のエネルギー代謝を亢進しても, RMR への継続的な上昇の可能性は低いと考えられる. エアロビクトレーニングは, 主としてトレーニング中のエネルギー代謝を活発にし, 身体組成の変化を及ぼすものと考えられる. Shinkai ら¹³⁾は, 食事制限を行いながら有酸素運動を週に 3~4 日, $\dot{V}O_{2max}$ の 50~60% の運動強度で 1 日 45~60 分, 12 週間実施した結果, RMR の増加を報告している. トレーニングの効果には, その運動の頻度, 期間, 対象者の運動前の体脂肪率, 消費エネルギーの多少によって現れ方が異なる²²⁾が, 併せて食事内容の影響も考慮する必要があると考えられる.

RT 群の身体組成は, トレーニング実施前後で体脂肪率及び体脂肪量が有意に減少した ($p < 0.05$). NT 群では有意な変化はみられなかった. 形態測定では胸囲の値において有意

な増加がみられた。RT群の体重当たりRMRは、有意な差はみられなかった。松本ら²³⁾は非運動群と運動群のRMRに生じる差は、単位LBM当たりの代謝活性の差ではなく、LBMの絶対量の差によるものであると述べており、LBMの増大がRMRを増大させる要因といえる。本試験ではLBMの増加がみられなかった為、RMRに影響を及ぼさなかったと考えられる。米田ら²⁴⁾は一般女子学生に1日15分、週3~6日のダンベルによる筋力トレーニングを2カ月間自主的に実施しながら、有酸素トレーニングを併用した場合体脂肪率が有意に減少し、安静時代謝量がトレーニング実施前からトレーニング実施後有意に増加したと報告している。Dolezalら²⁵⁾によると持久性トレーニングとレジスタンストレーニングを個別で実施するより、併用した場合により大きな効果がみられたと報告している。持久性トレーニングおよびレジスタンストレーニングの特徴を理解した上で、それぞれの長所を生かしたトレーニングプログラムの組み合わせからRMRに影響を及ぼす可能性が考えられる。今後、この点についても比較・検討していく価値がある。

V. 結論

本研究では、長時間測定可能なヒューマンカロリメーターを用いて、トレーニングプログラムが1日のエネルギー消費量の大半を占める安静時代謝量に及ぼす影響をトレーニング実施前後で比較・検討することを目的とした。結果、以下のことが明らかになった。

実験1

トレーニング実施によりエアロビクトトレーニングの影響が得られた為、ヒューマンカロリメーターを用いて安静時代謝量の測定を実施した。本研究では、エアロビクトトレーニング実施前後で有意な差はみられず、マスクを用いたこれまでの一部の研究報告を後押しする結果となった。

実験2

トレーニング実施によりレジスタンストレーニングの影響が得られたため、ヒューマン

カロリメーターを用いて安静時代謝量の測定を実施したが有意な差はみられなかった。トレーニング実施前後のLBMの絶対量の変化がRMRに影響を及ぼすものと推測された。

謝辞

本研究を進めるにあたり、トレーニング実験に快く協力して下さいました被験者の皆様に心から感謝致します。

参考文献

- 1) 厚生労働省健康局：平成19年国民健康・栄養調査結果の概要（2007）
- 2) 厚生労働省：「21世紀における国民健康づくり運動（健康日本21）」
- 3) 日本肥満学会肥満症治療ガイドライン作成委員会：肥満症治療ガイドライン2006，肥満研究，12（臨時増刊号）（2006）
- 4) 藤原さと子：メタボリックシンドロームの概論，メヂカルフレンド社（2008）
- 5) Poehlman, E. T. : Exercise and its influence on resting energy metabolism in man, *Med, Sci. Sports Exerc.*, 21, 515-525 (1989)
- 6) 島田美恵子, 西牟田守, 児玉直子, 吉武裕：早朝空腹時に仰臥位安静で測定した消費エネルギーとその再現性について，*体力科学*, 53, 83-92（2004）
- 7) Paolisso G, et al: Body composition, body fat distribution, and resting metabolic rate in healthy centenarians, *Am J Clin Nutr*, 62, 746-750（1995）
- 8) 高橋恵理, 薄井澄誉子, 田畑泉, 樋口満：若年女性の基礎代謝量は除脂肪量から簡便に高い精度で推定できる—スポーツ選手と運動習慣のない女性を対象とした研究—，*トレーニング科学*, Vol. 20, No. 1, 25-31（2008）
- 9) 田口素子, 樋口満, 岡純, 吉賀千恵, 石田良恵, 松下雅雄：女性持久性競技者の基礎代謝量，*栄養学雑誌*, Vol. 59, No. 3, 127-134（2001）
- 10) 杉晴夫：やさしい運動生理学，南光堂（2006）
- 11) 武政陸子, 松枝秀二, 松本義信, 小野章文, 平川文江, 守田哲朗, 長尾憲樹, 長尾光城：ト

- レーニング習慣のある男女の体組成と安静時代謝量, 川崎医療福祉学会誌, Vol. 8, 187-191 (1998)
- 12) 松枝秀二, 小野章史, 松本義信, 平川文江, 平田圭, 守田哲朗, 長尾憲樹, 長尾光城: 8週間の低強度有酸素運動が運動習慣のない若年女性の体組成と基礎代謝量に与える影響, 栄養学雑誌, Vol. 59, No. 5, 233-239 (2001)
- 13) S. Shinkai, S. Watanabe, Y. kurokawa, J. Torii, H. Asai, R. J. Shephard: Effects of 12 weeks of aerobic exercise plus dietary restriction on body composition, resting energy expenditure and aerobic fitness in mildly obese middleaged women, Eur J Appl Physiol, 68, 258-265 (1994)
- 14) 二見順, 田中茂穂, 山村千晶, 岡純, 高田和子, 柏崎浩: ヒューマンカロリメーターによるエネルギー消費量測定-制度評価と精度向上のための問題点の検討-, 日本栄養・食糧学会誌, Vol. 56, 229-236 (2003)
- 15) 佐藤真樹, 藤井久雄; 仙台大学におけるヒューマンカロリメーターを用いたエネルギー消費量測定の実際: その研究背景と測定の実験, ならびに精度試験について, 仙台大学紀要, Vol. 37, No. 1, 49-54 (2005)
- 16) Henning B, Lofgren R, Sjostrom L: Chamber for indirect calorimetry with improved transient response. Med Biol Eng Comput. 34:207-212 (1996)
- 17) Weir V: New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. J Physiol. 109:1-9, (1949)
- 18) 有賀誠司: 基礎から学ぶ! 筋力トレーニング, ベースボールマガジン社, 第1版第1刷 (2008)
- 19) 有賀誠司: 競技スポーツのためのウエイトトレーニング, 体育とスポーツ出版社 (2004)
- 20) 山村千晶, 柏崎浩: 早朝空腹時安静時代謝量の変動要因: 公表された個人別測定値の再検討より, 栄養学雑誌, 60, (2), 75-83 (2002)
- 21) 緑川泰史, 安部孝: 中高齢者のエネルギー・バランスと体重コントロール, 体育の科学, Vol. 53, No. 3 (2003)
- 22) Ballor, D.L. and Keeseey, R.E. : A metaanalysis of the factors affecting exerciseinduced changes in bodymass, fat-free mass in male and females, Inter. J. Obesi., 15, 717-726 (1991)
- 23) 松本義信, 平川文江, 小野章史, 松枝秀二, 守田哲朗, 長尾光城, 長尾憲樹: 身体活動に差がある女子大学生間の体組成および安静時代謝量, 体力科学, 49, 603-608 (2000)
- 24) 米田裕子, 石田由美子, 小椋真理, 荒金真美, 九里有美, 井上友美: ダンベル運動を取り入れた自主的な身体運動が女性の身体組成, 安静時代謝量, 体力, 日常生活に及ぼす影響, 同志社女子大学生活科学, Vol. 39, 18-25 (2005)
- 25) Dolezal, Brett A., and Jeffrey A. Potteiger: Con current resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals, J Appl. Physiol. 85 (2) , 695-700 (1998)