

平成 21 年 6 月 22 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19500567

研究課題名 (和文) 運動トレーニングによる安静時代謝改善効果に関する研究

研究課題名 (英文) Effect of exercise training on resting metabolic rate

研究代表者

藤井 久雄 (FUJII HISAO)

仙台大学・体育学部・教授

研究者番号：90275587

研究成果の概要：

ヒューマンカロリメーターを用いて、静的活動が継続する夜間から朝にかけての 12 時間の代謝量 (安静時代謝量) が、持久性トレーニングやレジスタンストレーニングの前後でどのように変動するか比較検討した。その結果、持久性トレーニングでは、安静時代謝量は、トレーニング前後で有意な差を示さなかった。一方、レジスタンストレーニングでは、その値は上昇する傾向がみられた。これらの結果を引き起こす要因として、運動トレーニングによる身体組成の改善、生体内のエネルギー代謝能を亢進させる効果が発現しているのではないかと推察された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
19 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
20 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、スポーツ科学

キーワード：運動トレーニング、安静時代謝、ヒューマンカロリメーター

## 1. 研究開始当初の背景

健康の保持増進、そして、スポーツの競技力向上のためにも、適切な体重を維持することは大切である。体重調節を行うときには、除脂肪量 (特に骨格筋量) を維持・向上させながら、体脂肪量を減らすことを目指すべきで、そのためには、栄養 (食事) と運動トレーニングを組み合わせたプログラムを作成することがポイントとなる。特に、栄養 (食事) 面で大切になることは、適切なエネルギー摂取量 (食事量) を見極めることである。一方、運動トレーニングでは、主に、呼吸循環機能、細胞内のエネルギー代謝能の亢進等、骨格筋の「質」の改善が期待できる持久性トレーニング、そして、

骨格筋の「量」の増大が見込めるレジスタンストレーニングをメニューにうまく取り入れることが挙げられる。このようなプログラムがうまくいくと、結果として、目標体重に達成できるばかりでなく、体脂肪量が低下し、除脂肪量の増大した「太りにくい体質」も実現できることになる。しかしながら、様々な現場で体重調節プログラムが実践されているが失敗例も少なくなく、どのような方法がよいか改善の余地を残しているが現状である。

1 日に必要となるエネルギー摂取量 (食事量) は、1 日に使うエネルギー量、すなわちエネルギー消費量に依存する。「太りにくい体質」の者が、太りやすい体質の者に

比べて、同じような生活の中で、エネルギー摂取量（食事量）が増えても体重が増量しにくいのは、エネルギー消費量の亢進が一因していると考えられている。1日のエネルギー消費量とは、安静時代謝、活動代謝および食事誘導性体熱産生の3要素により構成されるが、1日の総エネルギー消費量の中で、最も大きな割合を占めるのが、安静時代謝（睡眠、座位や立位の静的な活動；通常60から70%前後）である。したがって、これらのことを考え合わせると、適切なプログラムによって「太りにくい体質」を獲得した者は、以前と比べて安静時代謝量も改善させるのでないかと推察される。

ところで、これまで安静時代謝量は、ダグラスバック法やbreath by breath法のような酸素摂取量からのエネルギー消費量推定法（間接法）によって測定されてきた。しかしながら、安静時代謝量のように長時間におよぶ測定、マスク装着による心理的ストレス、身体活動の制限など、精度の高い実測値を長時間連続的に得ることは困難であったのが実状であった。その問題点を打開する装置として期待されるのが「ヒューマンカロリメーター」である。「ヒューマンカロリメーター」は、シングルサイズのビジネスホテル程の測定室、呼気ガス濃度（酸素および二酸化炭素）分析機器から構成されており、被験者が測定室内に滞在している間、活動がその室内に限定されるものの、長時間連続的に高精度なエネルギー消費量を測定できることを可能した装置で、現在、エネルギー消費量を測定するためのゴールドスタンダードとして位置づけられている。以上のことより、「ヒューマンカロリメーター」を用いて、運動トレーニングと安静時代謝量を検討することにより、体重調節プログラムに関する新しい見解が得られることが期待できる。

## 2. 研究の目的

本研究では、「ヒューマンカロリメーター」を用い、2007年度は、「持久性トレーニングが安静時代謝量に及ぼす影響」について、さらに、2008年度は、「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」について検討を行い、どのような運動処方によって安静時代謝量を効率よく改善できるかの知見を得ることにより、新たな体重調節プログラムを開発に向けての基礎的情報を得ることを目的とした。

## 3. 研究の方法

2007年度：「持久性トレーニング」

### (1) 試験手順

1) 被験者：運動習慣のない健康な男子大学

生6名とした。

2) 説明会：実験計画を説明およびインフォームド・コンセント（同意取得）

3) 事前調査：被験者のスクリーニングのため、身長・体重・体脂肪率（電気抵抗法）の測定、および質問表に既往歴と症状の調査を行った。

4) 体力測定：エルゴメーターによるトレーニングの強度を決定するために、自転車エルゴメーター(AEROBIKE-75XL II, COMBI WELLNESS社)の体力テストプログラムを行った。

5) 12時間安静時代謝測定（トレーニング前）：ヒューマンカロリメーター（以下HC）(HC-15S, 富士医科産業)を用いて、椅座位、睡眠時および早朝仰臥位の3条件の代謝量を測定した。

18時30分 HC室集合、

18時30分～ 体重測定 規定食摂取  
測定方法の説明

19時30分～ HCへ入室後、測定開始

4時間の椅座位

7時間の睡眠時

1時間の早朝仰臥位

計12時間

～7時30分 HC退室

6) 持久性トレーニング：エルゴメーターを用いた下記に示すトレーニングを実施した。

期間：8週間

強度：45%HRmax

時間：1日60分間

頻度：週5回

7) 12時間安静時代謝測定（トレーニング後）：HCを用いて、椅座位、睡眠時および早朝仰臥位の3条件の代謝量を測定した。

\*測定方法はトレーニング前に準じた。

8) 事後調査：身長・体重・体脂肪率（電気抵抗法）の測定を行った。

9) 体力測定：トレーニング効果を知るために、自転車エルゴメーター(AEROBIKE - 75XL II, COMBI WELLNESS社)の体力テストプログラムを行った。

### (2) 検討項目

下記の項目をトレーニング前後で比較検討した。

①身体的特性の変化、②安静時代謝量（椅座位、睡眠時および早朝仰臥位）、③体力測定の結果、④最大酸素摂取量

2008年度：「レジスタンストレーニング」

### (1) 試験手順

1) 被験者：運動習慣のない健康な男子大学生7名とした。

2) 説明会：2007年度の試験手順に準じた。

3) 事前調査：2007年度の試験手順に準じた。

4) 形態測定：胸囲、ウエスト囲、臀囲、大腿囲、下腿囲、上腕囲・伸展、上腕囲・屈曲、

前腕囲の形態測定を行った。

5) 12 時間安静時代謝測定 (トレーニング前): 2007 年度の試験手順に準じた。

6) 2 週間ごとにとトレーニング負荷を漸増させる 4 段階から成る全身の筋肉量増量を目的としたマシントレーニングを下記に示す要領で実施した。

期間: 8 週間

時間: 1 日 60 分間程度

頻度: 週 4 回

7) 12 時間安静時代謝測定 (トレーニング後): 2007 年度の試験手順に準じた。

8) 事後調査: 2007 年度の試験手順に準じた。

9) 形態測定: トレーニング効果を知るために、トレーニング前に準じた胸囲、ウエスト囲、臀囲、大腿囲、下腿囲、上腕囲・伸展、上腕囲・屈曲、前腕囲の形態測定を行った。

(2) 検討項目

下記の項目をトレーニング前後で比較検討した。

①身体的特性の変化、②安静時代謝量 (椅座位、睡眠時および早朝仰臥位)、③形態変化

#### 4. 研究成果

(1) 結果および考察

2007 年度: 「持久性トレーニング」

1) 持久性トレーニング前後の被験者の身体的特性の比較

表 1 に持久性トレーニング前後の被験者の身体的特性を示した。トレーニング実施前と実施後では身体組成に有意な差はなかった。しかしながら、体脂肪率と体脂肪量はやや減少傾向であったため、本試験の持久性トレーニングプログラムは、ある程度の体脂肪減少には貢献したと考えられた。

表 1 持久性トレーニング前後の被験者の身体組成 (n=6)

	Pre	Post
年齢 (age)	20.7±0.8	-
身長 (cm)	170.6±4.5	-
体重 (kg)	68.7±10.2	67.1±10.7
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.6±3.3	23.0±3.4
体脂肪率 (%)	17.3±6.0	16.6±6.5
体脂肪量 (kg)	12.3±6.3	11.6±6.6
LBM (kg)	56.4±5.1	55.4±5.0

Values are ± SD. BMI: Body mass index, LBM: Lean body mass

2) 持久性トレーニング前後の体力測定の結果

持久性トレーニング前後で、自転車エルゴメーター (AEROBIKE - 75XL II, COMBI WELLNESS 社) の体力テストプログラムを行った。

表 2 に持久性トレーニング前後の体力測定の結果を示した。試験の持久性トレーニングプログラムによって、いずれの値においても有意な増加がみられた。

表 2 持久性トレーニング前後の被験者の体力テストの結果 (n=6)

	Pre	Post
VO <sub>2</sub> 75%HRmax (L/min)	2.1±0.2	2.3±0.2*
VO <sub>2</sub> 75%HRmax (ml/min/kg)	30.9±4.8	34.5±4.9*
VO <sub>2</sub> max (ml/min/kg)	48.4±7.3	54.0±9.2*
PWC75%HRmax (W)	187.3±24.3	207.3±20.1*
一般トレーニング値 (W)	149.8±19.3	166.0±15.4*
減量トレーニング値 (W)	112.3±14.3	124.2±12.5*

AEROBIKE-75XL II (COMBI WELLNESS社) の体力テストプログラムによる

Values are ± SD, \*p<0.05

3) 持久性トレーニング前後の安静時代謝量の比較

トレーニング実施前及び実施後の安静時代謝量を、HC を用いて測定した。19:00 に入室後、翌日 8:00 まで長時間連続測定した。その内、19:30~7:30 を Total、20:40~22:40 を座位安静時、0:00~5:00 を睡眠時、6:45~7:30 を早朝仰臥位時とした。

表 3 に持久性トレーニング前後の体重当たりのエネルギー量、一方、表 4 に持久性トレーニング前後の除脂肪体重当たりのエネルギー量の結果を示した。その結果、トレーニング実施前後の安静時代謝量を比較したところ、体重当たり、除脂肪量当たりいずれにおいても、12 時間 (トータル)、さらに椅座位、睡眠時および早朝仰臥位の 3 条件で有意な差はなかった。

本試験のプログラムデザインでは、安静時代謝量に影響を及ぼすほどの効果は得られなかった。この理由については今後の検討課題となる。

表 3 持久性トレーニング前後における体重当たりのエネルギー消費量 (n=6)

	Pre	Post
	(kcal/kg BW/min)	(kcal/kg BW/min)
Total (19:30~7:30)	0.017±0.001	0.017±0.001
座位安静 (20:40~22:40)	0.020±0.002	0.020±0.002
睡眠 (0:00~5:00)	0.015±0.001	0.014±0.001
早朝 (6:45~7:30)	0.018±0.002	0.017±0.001

Values are ± SD

表 4 持久性トレーニング前後におけるLBM当たりのエネルギー消費量 (n=6)

	Pre	Post
	(kcal/kg LBW/min)	(kcal/kg LBW/min)
Total (19:30~7:30)	0.020±0.001	0.020±0.001
座位安静 (20:40~22:40)	0.024±0.001	0.024±0.002
睡眠 (0:00~5:00)	0.018±0.001	0.017±0.001
早朝 (6:45~7:30)	0.021±0.002	0.020±0.001

Values are ± SD, LBM: Lean body mass

2008 年度: 「レジスタンストレーニング」

4) レジスタンストレーニング前後の被験者の身体的特性の比較

表 5 にレジスタンストレーニング前後の被験者の身体的特性を示した。トレーニング実施後、体脂肪率と体脂肪量は有意な減少を示した。除脂肪量は変化せず、体重が減少傾向

であることを考慮すると、本試験のトレーニングプログラムにより筋肉量の増加には繋がったと考えられた。

表5 レジスタンストレーニング前後の被験者の身体組成 (n=7)

	Pre	Post
年齢 (age)	21.3±1.4	-
身長 (cm)	169.3±7.0	-
体重 (kg)	67.4±12.0	65.8±10.6
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.4±2.6	22.8±2.2
体脂肪率 (%)	15.9±4.9	13.6±5.0*
体脂肪量 (kg)	11.1±4.9	9.2±4.3*
LBM (kg)	56.3±8.0	56.5±7.6

Values are ± SD, \*p<0.05

BMI: Body mass index, LBM: Lean body mass

### 5) レジスタンストレーニング前後の形態的变化

表6にレジスタンストレーニング前後の被験者の形態的变化を示した。被験者のトレーニング実施前後の形態測定の結果、特に胸囲において有意に増加した。

表6 レジスタンストレーニング前後の被験者の形態変化 (n=7)

	Pre	Post
胸囲 (cm)	87.2±4.2	90.5±5.8*
ウエスト囲 (cm)	76.1±7.2	76.5±8.7
臀囲 (cm)	93.9±6.5	94.9±7.0
大腿囲 (cm)	53.6±3.9	53.3±3.6
下腿囲 (cm)	36.8±3.4	36.6±2.8
上腕囲・伸展 (cm)	27.1±1.7	28.2±1.7
上腕囲・屈曲 (cm)	30.7±1.5	30.4±1.7
前腕囲 (cm)	25.7±1.3	27.2±3.6

Values are ± SD, \*p<0.05

### 6) レジスタンストレーニング前後の安静時代謝量の比較

トレーニング実施前及び実施後の安静時代謝量を、HCを用いて測定した。19:00に入室後、翌日8:00まで長時間連続測定した。その内、19:30~7:30をTotal、20:40~22:40を座位安静時、0:00~5:00を睡眠時、6:45~7:30を早朝仰臥位時とした。

表7にレジスタンストレーニング前後の体重当たりのエネルギー量、一方、表8にレジスタンストレーニング前後の除脂肪体重当たりのエネルギー量の結果を示した。その結果、トレーニング実施前後の安静時代謝量を比較したところ、体重当たりでは、早朝時で代謝量が有意に増加した。また、12時間(トータル)、椅座位および睡眠時の3条件でも増加傾向を示した。除脂肪量当たりでは12時間(トータル)、さらに椅座位、睡眠時および早朝仰臥位の3条件で有意な差はないものの増加傾向を示した。

これらの安静時代謝量を引き上げる要因としては、レジスタンストレーニングによる生体内における特に筋肉量の増大が関与し

ているのではないかと考えられた。

表7 レジスタンストレーニング前後における体重当たりのエネルギー消費量 (n=7)

	Pre (kcal/kg BW/min)	Post (kcal/kg BW/min)
Total (19:30~7:30)	0.0172±0.0011	0.0182±0.0012
座位安静 (20:40~22:40)	0.0209±0.0029	0.0225±0.0017
睡眠 (0:00~5:00)	0.0149±0.0010	0.0156±0.0010
早朝 (6:45~7:30)	0.0165±0.0008	0.0179±0.0013*

Values are ± SD, \*p<0.05

表8 レジスタンストレーニング前後におけるLBM当たりのエネルギー消費量 (n=7)

	Pre (kcal/kg LBW/min)	Post (kcal/kg LBW/min)
Total (19:30~7:30)	0.0205±0.0013	0.0211±0.0016
座位安静 (20:40~22:40)	0.0249±0.0015	0.0261±0.0018
睡眠 (0:00~5:00)	0.0177±0.0013	0.0181±0.0016
早朝 (6:45~7:30)	0.0197±0.0017	0.0208±0.0020

Values are ± SD, LBM: Lean body mass

### (2)2007 および 2008 年度のまとめ

1日の総エネルギー消費量の中、最も大きな割合を占める安静時代謝量を規定する内的因子として、身体組成、特に除脂肪量が重要であることが知られている。一方、持久性トレーニングやレジスタンストレーニングには身体組成の改善、生体内のエネルギー代謝能を亢進させる効果などがある。安静時代謝量が身体組成に影響を受けることを考慮すると、2つの運動トレーニングにより、その量は影響を受ける可能性が高い。そこで本研究では、長時間にわたりエネルギー消費量を連続測定が可能なヒューマンカロリメーターを用いて、静的活動が継続する夜間から朝にかけての12時間の代謝量が、運動トレーニングの前後でどのように変動するかを比較検討した。その結果、持久性トレーニングにおいて、トレーニング前後で体重、体脂肪量および除脂肪量に変動はみられなかったが、持久力の指標である最大酸素摂取量は有意に高まった。また、安静時代謝量は、トレーニング前後で12時間(トータル)、さらに椅座位、睡眠時および早朝仰臥位の3条件で有意な差はなかった。これらの結果より、本試験のプログラムデザインでは、安静時代謝量に影響を及ぼすほどの効果はなかった。一方、レジスタンストレーニングでは、トレーニング前後で体脂肪量は有意に減少した。除脂肪量は変化せず、体重が減少傾向であることを考慮すると筋肉量の増加には繋がったと考えられた。また、安静時代謝量は、トレーニング前と比較してトレーニング後で、椅座位、睡眠時および早朝仰臥位の3条件ともに上昇する傾向がみられ、特に睡眠時では有意に増加した。これらの結果を引き起こす要因として、レジスタンストレーニングにより獲得した筋肉量の増量等が関与しているのではないかと推察された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計0件)

〔学会発表〕 (計0件)

〔図書〕 (計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤井 久雄 仙台大学・体育学部・教授  
90275587

(2) 研究分担者

丹野 久美子 仙台大学・体育学部・講師  
30364392 (2007年度)

佐藤 真樹 仙台大学・体育学部・助手  
80405886 (2007年度)

退職により 2008年は削除

(3) 連携研究者

丹野 久美子 仙台大学・体育学部・講師  
30364392 (2008年度) 本人承諾済