

女子学生の安静時代謝と体組成、生活活動について

高橋亜矢子, 宮川豊美

Study on resting metabolic rate, body composition and living activity in female college students

Ayako TAKAHASHI and Toyomi MIYAKAWA

女子学生を対照に、安静時代謝測定、身体計測、生活時間調査を行い、その安静時エネルギー消費量と体組成の関係、1日の消費エネルギー量と体組成の関係について検討を行なった。なお生活時間調査は、平日の時間的ゆとりのある日、多忙な日、休日の3パターンを設定して観察した。

実験Ⅰの空腹時換気量 (VE) は 6.5 ± 1.46 l/min で、実験Ⅱの随時換気量 (VE) は 7.5 ± 1.51 l/min であり有意差が見られた ($p < 0.001$)。実験Ⅱは食後約4時間経過した値であるが、これは特異動的作用の影響を受け、空腹状態の実験Ⅰよりは代謝亢進の状態にあるものと考えた。しかし酸素消費量 (VO_2) は実験Ⅰ、Ⅱともに一致し、 0.23 ± 0.05 l/min、安静時エネルギー消費量 (REE) は実験Ⅰ 1555 ± 367.59 kcal/day、実験Ⅱ 1604 ± 351.31 kcal/day であった。REE実測値に対する基礎代謝量の倍率は、実験Ⅰ 1.29倍、実験Ⅱ 1.33倍を示したが、これは通常REE計算値で使用されている基礎代謝量の1.2倍よりも高倍率であった。

生活時間調査から得られたエネルギー消費量 (kcal/day) は、「平日・ゆとりあり」 1931 ± 304.50 kcal/day、「平日・多忙」 2043 ± 342.27 kcal/day、「休日」 2039 ± 375.97 kcal/dayで、3パターンの平均値は 2004 ± 291.78 kcal/dayであった。生活活動強度指数は「平日・ゆとりあり」が 1.27 ± 0.13 であるのに対し、「平日・多忙」 1.38 ± 0.20 ($p < 0.001$)、「休日」 1.40 ± 0.36 ($p < 0.05$)、3パターンの平均値 1.35 ± 0.17 ($p < 0.001$)と「平日・ゆとりあり」の生活活動強度は、他よりも低いことが明らかになった。各設定日のエネルギー消費量 (kcal/day) と体組成の関係をみると「平日・ゆとりあり」のエネルギー消費量と除脂肪体重は相関係数 0.699 ($p < 0.001$)であり、除脂肪体重が多い人ほど「平日・ゆとりあり」のエネルギー消費量の多い結果を示した。「平日・ゆとりあり」の日に安静状態で過ごすか、多忙な日や休日と変わらない身体活動を行なうかによって体組成に違いが出る。これは除脂肪量の増加がREEの増加につながるものと考ええる。

キーワード：安静時代謝、REE、体組成、生活時間調査、生活活動強度指数

緒 言

人の日常生活においてエネルギーの摂取と消費のバランスを保つことは健康の維持・増進につながる。そのために、それぞれ特徴を持つ個人々々のエネルギー必要量を求めることが重要となる。従来から性別、年齢、身長、体重をもとに算出された基礎代謝量を基準としてエネルギー所要量が策定されてきたが、近年は基礎代謝に代わり、安静時エネルギー消費量（以下REE）を用いる情勢となり、エネルギー代謝の測定法が簡便化した。このことから携帯用簡易熱量計によるREEの測定が多数行われ、測定値が蓄積された。第六次改定日本人の栄養所要量¹⁾には年齢別・性別REEの平均値と標準偏差が記載されているため、エネルギー所要量は、個人の代謝量に見合った適切なエネルギー必要量が求められるものと思われる。したがってその基準となるREEは個人の身体状況を知る上で重要な指標となり得るものとする。従来は基礎代謝量を1.2倍した値を安静時代謝量としていたため個人差を明らかにすることが困難であったが、今回著者らは安静時代謝を実測し、値およびその分布を知ることができた。また生活時間調査による1日の消費エネルギー量と体組成の関係について検討した。生活時間は日によってそのパターンが異なることを考慮し、平日の時間的ゆとりのある日、平日の多忙な日、および休日の3パターンを設定した。

方 法

被験者

本学健康栄養学科学学生（18～22歳）を被験者とし、実験Ⅰは1999年～2003年に測定した結果を延べ数で集計したものである。実験Ⅱは235名を対照に2000年～2003年に測定を行った。

実験Ⅰ

前日の夕食終了後から測定当日の朝までを絶食とし、被験者は椅座位で30分以上安静を保った後、安静時代謝測定、並びに身体計測を行った。

安静時代謝測定には代謝測定装置PIS-3000（フクダ産業）を用いた。呼気ガス中の酸素および炭酸ガスの濃度を測定し、体内に摂取される酸素量および炭酸ガス量を求め、それを基にエネルギー消費量を計測する方式である。被験者は椅座位で呼気マスクを装着し、1～2分の安静後に15～20分の呼気分析を行った。解析項目は、呼気分時換気量（以下VE）、呼吸数（RR）、酸素摂取量（以下 VO_2 ）、炭酸ガス排出量（ VCO_2 ）、ガス交換比（以下RQ）、エ

エネルギー消費量 (kcal/min) である。

身体計測は、身長 (YG-200、ヤガミ)、体重 (UC-300、エー・アンド・デイ)、体組成 (体内脂肪計 TBF-102、タニタ) を測定した。体内脂肪計からインピーダンス、体脂肪率、体脂肪量、除脂肪量 (以下、除脂肪体重)、体水分量、BMI、標準体重 (身長 m^2 ×22で算出)、肥満度を求めた。

実験Ⅱ

食後 2～3 時間以上経過した状態で行ったが、実験Ⅰの空腹時値に対してこれは随時値といえよう。安静時代謝測定には酸素消費量モニター (アルコシステム) を用いた。VO₂にO₂ 1 ℓ当たりの発生熱量を乗じてエネルギー消費量に換算するという簡便法である。今回はタンパク質の分解は考えず、非タンパク質呼吸商を0.82とみなし、それにより生じるO₂ 1 ℓ当たりの発生熱量4.82kcalとして概算した²⁾。被験者は椅座位で呼気マスクを装着し、1～2分の安静後に3分間の呼気分析を行った。解析項目は、VE、FO₂ (酸素濃度%)、VO₂である。身体計測は実験Ⅰと同様の方法で実施した。

実験Ⅱ被験者のうち2003年測定の59名については生活時間調査を実施した。平日 (授業あり) で時間的ゆとりのある1日、平日 (授業あり) で多忙な1日、休日 (授業なし) の3パターンを設定した。24時間の生活行動を分単位で記録した生活時間記録から1日のエネルギー消費量を算出し、簡易時間調査法により生活活動強度指数を算出した。

統計処理は、有意差の検定にT検定を用いた。

結 果

1. 実験Ⅰと実験Ⅱの比較

表1に実験ⅠとⅡの身体計測および安静時代謝測定結果を示した。実験ⅠとⅡの違いは実験Ⅰが空腹時の値であり、実験Ⅱが随時値であることである。身体計測値はインピーダンスに差が見られたが ($p < 0.05$)、体脂肪率、BMI、肥満度については実験Ⅰ、Ⅱ共に正常範囲内の標準体型であり、特に差異は認められない。

安静時代謝測定に関する事項では、当然のことながら測定時の食後経過時間は実験Ⅰが14時間02分に対し、実験Ⅱは3時間52分である ($p < 0.001$)。VEは実験Ⅰが 6.5 ± 1.46 ℓ/min、実験Ⅱが 7.5 ± 1.51 ℓ/minで差が見られた ($p < 0.001$)。VO₂は実験Ⅰ、Ⅱともに一致し、 0.23 ± 0.05 ℓ/minであった。

REE (kcal/day) は、実験Ⅰ 1555 ± 367.59 kcal/day、実験Ⅱ 1604 ± 351.31 kcal/dayである。被験者の分布を図1-1に示した。実験Ⅰ、Ⅱともに1500～1600kcal/dayを最多とする正規

表1 実験I・II 身体計測、安静時代謝結果

		実験I (n=184)	実験II (n=235)	検定結果
身 体 計 測	身長 (cm)	158.3±4.98	158.0±5.47	p < 0.05
	体重 (kg)	51.6±6.44	51.6±6.97	
	インピーダンス (Ω)	515±67.52	530±59.70	
	体脂肪率 (%)	24.8±4.64	25.1±5.02	
	体脂肪量 (kg)	13.0±3.91	13.2±4.35	
	除脂肪体重 (kg)	38.6±3.38	38.2±3.40	
	体水分量 (kg)	28.2±2.47	28.0±2.49	
	BMI	20.6±2.19	20.6±2.41	
	標準体重 (kg)	55.1±3.52	55.0±3.84	
	肥満度 (%)	-6.5±9.95	-6.6±10.98	
安 静 時 代 謝	測定時 食後経過時間	14:02±0.05	3:52±0.13	p < 0.001
	VE (換気量) (ℓ/min)	6.5±1.46	7.5±1.51	p < 0.001
	VO ₂ (酸素消費量) (ℓ/min)	0.23±0.05	0.23±0.05	
	RQ (ガス交換比)	0.80±0.07	—	
	REE (kcal/min)	1.08±0.26	1.11±0.24	
	(安静時エネルギー消費量)* ¹ (kcal/day)	1555±367.59	1604±351.31	
	(kcal/kg)	30.4±7.32	31.5±7.41	
	基礎代謝量* ² (kcal/day)	1219±151.98	1218±164.38	
REE計算値* ³ (kcal/day)	1462±182.37	1461±197.26		
実測REEに対する基礎代謝倍率	1.29±0.31	1.33±0.31		

M±SD

- * 1 REE (実測値) について：実験IはPIS-3000による測定で「E」として表示された数値、実験IIは酸素消費量モニターによる測定で得たVO₂に4.82を乗じた数値をREEとした。
- * 2 基礎代謝量 = 体重 (kg) × 23.6 (kcal/kg/day) …18~29歳女, 第六次改定日本人の栄養所要量より
- * 3 REE計算値 = 基礎代謝量 × 1.2

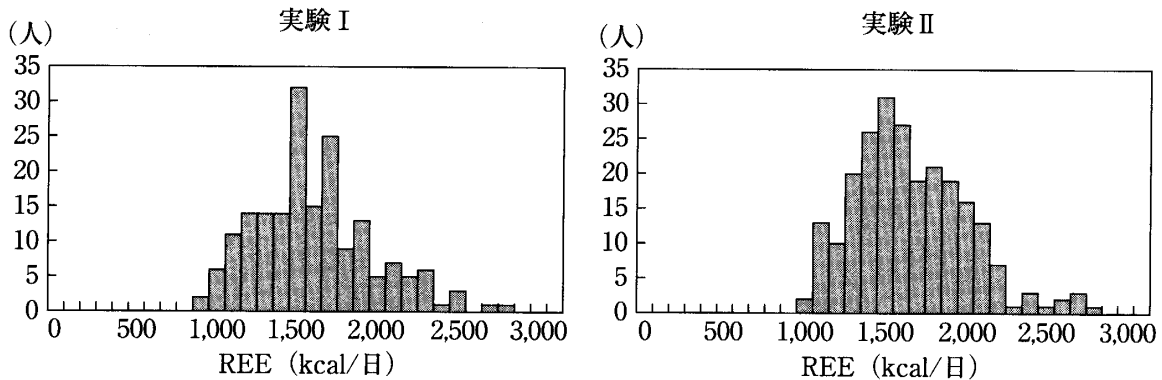


図1-1 REE (安静時エネルギー消費量) 分布図 (kcal/day)

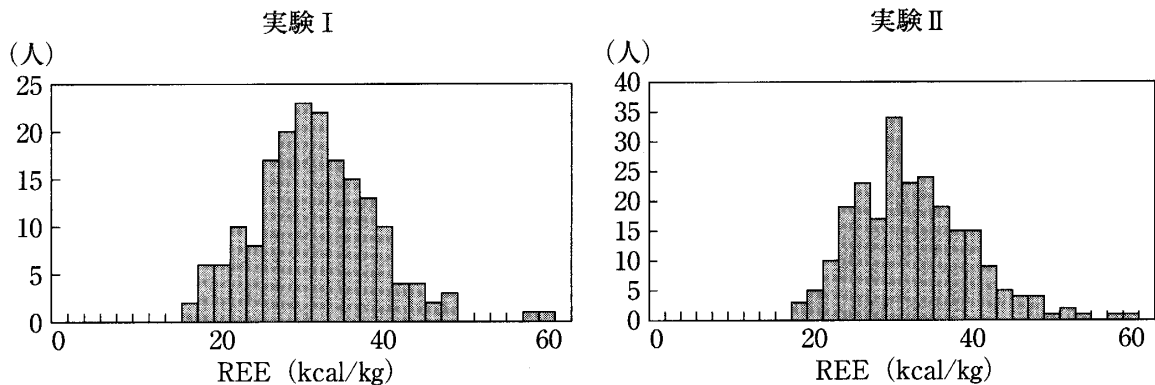


図 1-2 REE (安静時エネルギー消費量) 分布図 (kcal/kg)

分布であった。同様に体重 1 kg 当たりの REE (kcal/kg) の分布を図 1-2 に示した。実験 I 30.4 ± 7.32 kcal/kg、実験 II 31.5 ± 7.41 kcal/kg であり、REE (kcal/kg) 分布は実験 I、II ともに 30~32 kcal/kg を最多とする正規分布であった。

2. 生活時間調査結果と体組成について

実験 II の被験者のうち生活時間調査を行った 2003 年の被験者 59 名の身体計測、安静時代謝、生活時間調査結果を表 2 に示した。生活時間調査から得られたエネルギー消費量 (kcal/day) を見ると、「平日・ゆとりあり」は 1931 ± 304.50 kcal/day、「平日・多忙」は 2043 ± 342.27 kcal/day、「休日」は 2039 ± 375.97 kcal/day、3 パターンの平均値は 2004 ± 291.78 kcal/day であり、「平日・ゆとりあり」は他よりも約 100 kcal/day 下回る結果となったが、有意な差ではなかった。また簡易時間調査により算出される生活活動強度指数は「平日・ゆとりあり」が 1.27 ± 0.13 であるのに対し、「平日・多忙」 1.38 ± 0.20 ($p < 0.001$)、「休日」 1.40 ± 0.36 ($p < 0.05$)、3 パターンの平均値 1.35 ± 0.17 ($p < 0.001$) と「平日・ゆとりあり」の生活活動強度は他よりも低いことが明らかになった。

表 3 には代謝量、エネルギー消費量 (生活時間調査) と体組成の相関係数を示した。基礎代謝量 (kcal/day) と体脂肪率 ($r = 0.782$)、体脂肪量 ($r = 0.923$)、除脂肪体重 ($r = 0.904$) には強い相関が見られた。REE (kcal/day) は、除脂肪体重との間に弱い相関 ($r = 0.328$) が見られた。エネルギー消費量 (kcal/day) と体組成にも相関があり、「平日・ゆとりあり」と除脂肪体重の組み合わせにおいて最も強い相関 ($r = 0.699$) を示した。その結果を図 2 に示した。

表2 身体計測、安静時代謝、生活時間調査結果

※実験Ⅱ (n=235) より抜粋 n=59

身 体 計 測		
身長	(cm)	158.5 ± 5.19
体重	(kg)	51.1 ± 6.41
インピーダンス	(Ω)	530 ± 67.28
体脂肪率	(%)	24.4 ± 4.36
体脂肪量	(kg)	12.6 ± 3.69
除脂肪体重	(kg)	38.3 ± 3.33
体水分量	(kg)	28.0 ± 2.44
BMI		20.2 ± 2.21
標準体重	(kg)	55.3 ± 3.64
肥満度	(%)	-8.0 ± 10.05
安 静 時 代 謝		
測定時 食後経過時間		3:11 ± 0.11
VE (換気量)	(ℓ/min)	6.97 ± 1.15
VO ₂ (酸素消費量)	(ℓ/min)	0.22 ± 0.04
REE* ¹	(kcal/min)	1.08 ± 0.20
(安静時エネルギー消費量)	(kcal/day)	1550 ± 292.41
	(kcal/kg)	30.6 ± 6.07
基礎代謝量* ²	(kcal/day)	1206 ± 151.30
REE計算値* ³	(kcal/day)	1448 ± 181.56
実測REEに対する基礎代謝倍率		1.30 ± 0.26
生 活 時 間 調 査		
エネルギー消費量 (kcal/day)	有意差検定	
平日・ゆとりあり	N.S.	1931 ± 304.50
平日・多忙		2043 ± 342.27
休日		2039 ± 375.97
3パターンの平均値		2004 ± 291.78
生活活動強度指数	有意差検定	
平日・ゆとりあり	—	1.27 ± 0.13
平日・多忙	P < 0.001	1.38 ± 0.20
休日	P < 0.05	1.40 ± 0.36
3パターンの平均値	P < 0.001	1.35 ± 0.17

M ± SD

* 1 REE (実測値) について:

酸素消費量モニターによる測定で得たVO₂に4.82を乗じた数値

* 2 基礎代謝量 = 体重 (kg) × 23.6 (kcal/kg/day)

…18~29歳女, 第六次改定日本人の栄養所要量より

* 3 REE計算値 = 基礎代謝量 × 1.2

表3 代謝量、エネルギー消費量 (生活時間調査) と体組成の相関係数 (n=59)

	体脂肪率 (%)	体脂肪量 (kg)	除脂肪体重 (kg)
基礎代謝量 (kcal/day)	0.782***	0.923***	0.904***
REE (kcal/day)	0.082	0.163	0.328*
エネルギー消費量 (kcal/day)			
平日・ゆとりあり	0.580***	0.695***	0.699***
平日・多忙	0.490***	0.584***	0.648***
休日	0.466***	0.523***	0.467***
3パターンの平均値	0.594***	0.695***	0.697***

* p < 0.05 *** p < 0.001 相関係数: r

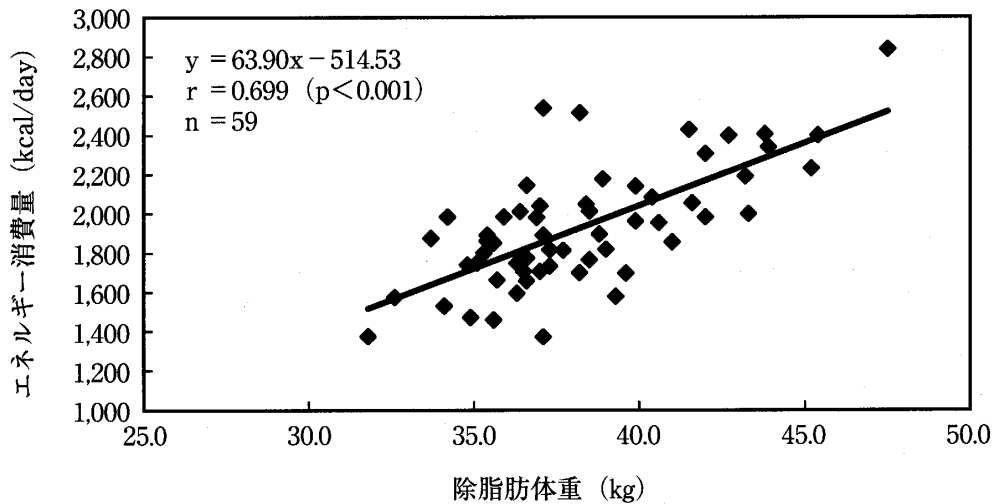


図2 エネルギー消費量 (平日ゆとりあり) と除脂肪体重の相関

考 察

実験Ⅰ、Ⅱには空腹時と随時という違いの他にREE測定に用いる機器の違いがある。実験ⅠのPIS-3000はVO₂、VCO₂値からRQ、エネルギー消費量 (kcal/min) が算出される。一方、実験Ⅱの酸素消費量モニターは、実測したVO₂値に妥当と思われるRQのO₂ 1 ℓ当たりの発生熱量を乗じることでエネルギー消費量 (kcal/min) を算出する。今回は一般にREE測定の方法で用いられるRQ0.82と仮定し、VO₂に4.82kcal乗じる方法²⁾を取った。実測VO₂値は実験Ⅰ、Ⅱともに0.23±0.05 ℓ/minと一致しているが、実験ⅠのRQは0.80±0.07を示し、実験Ⅱで設定した0.82よりも0.02低い。実験Ⅰの被験者は、食後経過時間が14時間02分経っており、空腹状態の続く場合、生体はその熱源を体脂肪に依存していることはRQ

の低下からも明らかである³⁾との報告があるように、脂質の呼吸商0.70側に傾いたものと考ええる。実験Ⅰと実験Ⅱは VO_2 が一致しているため、そこから得られる消費エネルギー量はほぼ一致する。実験Ⅰの $REE 1.08 \pm 0.26 \text{ kcal/min}$ と表示されるが、実験Ⅱの REE は仮定した RQ により変動する。そこで実験Ⅱに 4.82 kcal を乗じた結果、 $REE 1.11 \pm 0.24 \text{ kcal/min}$ を示した。実験Ⅱは完全な空腹状態ではないため、 RQ が実験Ⅰ<実験Ⅱであることは十分考えられる。よって安静時 RQ を 0.82 と仮定し、 REE の算出をすることは妥当であると言える。ところが従来からの説では、通常の混合された栄養分を取っている個体の RQ は 0.85 あたりだが、絶食時の個体では約 0.82 となる⁴⁾。今回の結果は実験Ⅰの空腹時 RQ (実測値) 0.80 、実験Ⅱの随時 RQ (推定値) 0.82 と全体的に低値である。このような RQ 低下の要因として被験者の食生活の現状、特に脂質摂取量増加が考えられる。

VE は実験Ⅰ $6.5 \pm 1.46 \text{ l/min}$ と実験Ⅱ $7.5 \pm 1.51 \text{ l/min}$ で 1.0 l/min 実験Ⅱが高値であった ($p < 0.001$)。どちらも安静時の値としては正常範囲内であるが、この差は食後経過時間によるものと考えられる。実験Ⅱは食後3時間52分経過しているが、特異動的作用の影響を若干受けており、空腹状態の実験Ⅰよりは代謝亢進の状態であるためと考える。

REE は実験Ⅰ $1555 \pm 367.59 \text{ kcal/day}$ 、実験Ⅱ $1604 \pm 351.31 \text{ kcal/day}$ である。第六次改定日本人の栄養所要量¹⁾に記載されている18~29歳女の REE は $1468 \pm 344 \text{ kcal/day}$ である。他の若年女子を対象とする研究の REE は、堀ら⁵⁾の報告で $1408.6 \pm 257.0 \text{ kcal/day}$ 、和泉ら⁶⁾は $1363 \pm 23 \text{ kcal/day}$ であった。今回の REE 測定値は他の研究結果よりも高値であった。

REE の計算値は基礎代謝量の1.2倍とされており、第六次改定日本人の栄養所要量の18~29歳女の基礎代謝量 1210 kcal/day から REE 計算値を算出すると 1452 kcal/day である。実測値 1468 kcal/day に対する基礎代謝倍率を算出すると1.21倍であった。同様に今回の測定結果について検討すると、 REE 計算値は実験Ⅰ 1462 kcal/day 、実験Ⅱ 1461 kcal/day であった。 REE 実測値に対する基礎代謝倍率は、実験Ⅰ1.29倍、実験Ⅱ1.33倍であり、 REE 計算値で使用されている基礎代謝量の1.2倍よりも高倍率であった。

実験Ⅱの生活時間調査結果は、「平日・ゆとりあり」の消費エネルギー量が他の設定日と比べて低く $1931 \pm 304.50 \text{ kcal/day}$ 、生活活動強度 1.27 ± 0.13 であった。生活活動強度の区分¹⁾によると生活活動強度Ⅰ(1.3)に属する。今回の実測 $REE 1550 \pm 292.41 \text{ kcal/day}$ に対する基礎代謝倍率は1.30倍であったことから、「平日・ゆとりあり」は1日中安静状態であるものと思われる。「平日・多忙」 1.38 ± 0.20 ($p < 0.001$)、「休日」 1.40 ± 0.36 ($p < 0.05$)は生活活動強度Ⅱ(1.5)であった。表3に示した生活時間調査から得られた各設定日のエネルギー消費量 (kcal/day) と体組成の関係を見ると「平日・ゆとりあり」の過ごし方が体組

成に影響すると思われる。図2に示したエネルギー消費量と除脂肪体重は相関係数0.699 ($p < 0.001$)であり、除脂肪体重が多い人ほど「平日・ゆとりあり」の日のエネルギー消費量が多い結果を示した。また除脂肪体重と基礎代謝量とは関連性が強く、REEとも相関が見られる。体の大きさ、性、年齢によって変化するREEの大部分は除脂肪体重を考慮することによって補正することができるといった報告⁵⁷⁾がされている。今回の結果においても除脂肪体重と基礎代謝量は相関係数0.904 ($p < 0.001$)の強い相関を示し、REEとの相関係数は0.328 ($p < 0.05$)であった。体組成のうち、体脂肪率、体脂肪量と比べて代謝量との関連性が強いものとする。「平日・多忙」「休日」は生活活動強度Ⅱに属し、ある程度の身体活動が行なわれているが、「平日・ゆとりあり」の日に安静状態で過ごすか、多忙な日や休日と変わらない身体活動を行なうかによって体組成に違いが出る。そして除脂肪体重の増加がREEの増加につながるものとする。

要 約

女子学生を対照に安静時代謝測定、身体計測、生活時間調査を行なった。

1. 実験Ⅰの空腹時VE (換気量)は 6.5 ± 1.46 l/min、実験Ⅱの随時VEは 7.5 ± 1.51 l/minで差が見られた ($p < 0.001$)。VO₂ (酸素消費量)は実験Ⅰ、Ⅱともに一致し、 0.23 ± 0.05 l/min、REE (安静時エネルギー消費量)は実験Ⅰ 1555 ± 367.59 kcal/day、実験Ⅱ 1604 ± 351.31 kcal/dayであった。REE実測値に対する基礎代謝量倍率は、実験Ⅰ1.29倍、実験Ⅱ1.33倍であり、通常言われている基礎代謝量の1.2倍よりも高倍率であった。
2. VO₂にO₂1 l当たりの発生熱量を乗じてエネルギー消費量に換算する方式の実験Ⅱに対し、安静時RQ (ガス交換比) 0.82を仮定し、4.82kcal/lを乗じた換算値をREEとすることが妥当であると確認された。
3. 生活時間調査から得られたエネルギー消費量 (kcal/day) は、「平日・ゆとりあり」 1931 ± 304.50 kcal/day、「平日・多忙」 2043 ± 342.27 kcal/day、「休日」 2039 ± 375.97 kcal/day、3パターンの平均値は 2004 ± 291.78 kcal/dayであった。
4. 生活活動強度指数は「平日・ゆとりあり」が 1.27 ± 0.13 であるのに対し、「平日・多忙」 1.38 ± 0.20 ($p < 0.001$)、「休日」 1.40 ± 0.36 ($p < 0.05$)、3パターンの平均値 1.35 ± 0.17 ($p < 0.001$)と「平日・ゆとりあり」の生活活動強度は他よりも低いことが明らかになった。
5. エネルギー消費量 (平日・ゆとりあり)と除脂肪体重は相関係数0.699 ($p < 0.001$)であり、除脂肪体重が多い人ほど「平日・ゆとりあり」の日のエネルギー消費量が多い結果

を示した。

謝 辞

本研究を報告するにあたり、ご指導・ご助言下さいました本学名誉教授川村一男先生に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 健康・栄養情報研究会編、第六次改定日本人の栄養所要量 食事摂取基準、31-51、(1999)、第一出版
- 2) 喜多弘、医療系学生のための生理学概説、177-179、(2002)、大学教育出版
- 3) 大中政治、成人女子における空腹時と摂食時の安静代謝の差異について、栄養と食糧、29、369-376、(1976)
- 4) 植村慶一、オックスフォード・生理学、469-485、(2001)、丸善株式会社
- 5) 堀光代、野々村千恵、青木貴子、女子学生における安静時エネルギー消費量と体格との関連—細谷式携帯用簡易熱量計を用いて—、岐阜市立女子短期大学研究紀要、49、93-99、(2000)
- 6) 和泉公美子、下岡里英、青山君子、若年女性の安静時エネルギー代謝とエネルギー所要量に関する検討、広島女学院大学論集、48、191-198、(1998)
- 7) 武政睦子、松枝秀二、松本義信、その他、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、8、187-191、(1998)

高 橋 亜矢子 (本学助手)

宮 川 豊 美 (本学教授)