

# 健常人の日常生活における消費エネルギー量の解析 (第1報)

渡邊 令子・今泉 優子・山田 雅子

## 24 Hours-Energy Expenditure of Usual Activity for Some Normal Women (Part 1)

Reiko Watanabe, Yuko Imaizumi and Masako Yamada

### 緒 言

栄養学におけるエネルギー出納にかんする研究は、古くて新しい課題である。現代の急速な社会構造の変容によって、省力化に伴う労働強度の低下や労働量の減少ならびに交通機関の発達に伴う身体活動量の低下により、日常生活における総活動量は減少傾向にあると云えよう。このことは相対的に食物の過剰摂取を招来する誘因ともなり、健康の保持・増進の立場から、近年、特にエネルギー消費量が注目されるようになった。ところで望ましい食物摂取のあり方という観点から、これまでもエネルギー摂取量にかんする研究は、実態把握のもとに種々検討が試みられてきたが、エネルギー消費量の実測にかんする知見は少ない。個人に適切なエネルギー摂取量つまりエネルギー所要量の算定の基礎となる数値がエネルギー消費量であることは言うまでもない。

先に著者らはこのエネルギー出納の実態について健康な女子学生を対象にして従来から試みられている生活時間調査法 (Time study method) により検索してきたが<sup>1)</sup>、より身体活動に密接した生理的な数値に基づくエネルギー消費量測定の可能性を指摘した。そこで、著者らは近年、橋本ら<sup>2)</sup>により開発された方法すなわち心拍数を連続記録することにより1日の総エネルギー消費量を算出することのできる24 hour heart

rate ratio (24h-HRR) 法に着目した。なお本法によって算出されたエネルギー消費量予測値が、 $\dot{V}O_2/HR$ 法により測定した実測値と非常に相関が大であることは、既に報告されている<sup>3)</sup>。

本研究で採用した24h-HRR法において、その基準となる安静時心拍数の設定に難点が指摘されているが、それらの点をふまえて、今回は従来から広く実施されている生活時間調査法より求めたエネルギー消費量予測値と24h-HRR法による成績とを比較検討しその関連性についての基礎的な解析を試みた。以下それらの結果について報告する。

### 対象と方法

#### 1. 対 象

著者ら3名を被験者とし、その身体的概要を表1に示す。

#### 2. 実験期間

昭和62年10月から昭和63年1月。

#### 3. 実験方法

##### 1) $\dot{V}O_2/HR$ 法による消費エネルギー量の実測

人間が日常もっとも容易に行っている動き (歩行, 走行) の作業尺度として、トレッドミルを用いる運動負荷を行った。Running belt (竹井機器工業KK, 東京) を用いて、ベルトの速度を60 m/min

表1. 被験者の概要

性	年齢 (才)	身長 (cm)	体重 (kg)	肥満度* (%)	皮下脂肪厚 (mm)	エネルギー所要量**(kcal/day)		生活状況	
						生活活動指数	0.35 0.5		
A	女	27.0	154	48	-4.6	31.5	1,670	1,856	両親と同居
B	女	38.9	164	55	-2.3	37.2	1,815	2,017	家事・小学生あり
C	女	54.1	154	49	-2.6	23.5	1,536	1,707	家事

\* 箕輪新法による成人の標準体重表に基づいて算出した値。

\*\* 年齢別基礎代謝基準値<sup>5)</sup>を用い、 $A = B + Bx + \frac{A}{10}$ により算出した値。

から100m/minまで20m/min間隔で3分間ずつ、100m/minから120m/minまでは10m/min間隔で2分間ずつ、合計12分間段階的に負荷を与えるように条件設定した。安静時測定条件は、食後2~3時間後、椅座位状態で15~30分間とした。呼吸分析すなわち酸素摂取量( $\dot{V}O_2$ )の測定はRespiromonitor RM-300, Medical Gas Analyzer MG 360 (ミナト医科学KK, 大阪)を用い、プリンターML192 (沖電気KK)で記録させた。心拍数の同時測定はハートメモリー-2E26 (三栄測器KK)によって行った。各被験者毎に $\dot{V}O_2$ から1分間毎の消費エネルギー量を求め、運動負荷による心拍数の変化と消費エネルギー量の変化をもとに回帰直線を求めた。1日のエネルギー消費量の推定は、この回帰直線ならびに24時間連続記録した心拍数により算出した。

2) 24h-HRR法によるエネルギー消費量予測値の測定

携帯式心拍記録装置 (Memory Mac®, Vine社, 東京)を用いて被験者の1日の心拍数を1分毎に連続記録して、これを解読装置 (Mac-Reader-232, Vine社, 東京)によってコンピュータ (PC-9800シリーズ, NEC, 東京)に入力させた。この入力データ (図1)を基にエネルギー消

費量予測値を算出した。なお、このプログラムにおいて基準値となる安静時心拍数については前述したごとく、年齢、性、姿勢、環境条件その他種々の要因によって影響を受けるため、その設定は難しい。そこで本実験においては実験学的に安静時心拍数を問題にしなければならないので、著者らが設定した次の値①~③を安静時心拍数と仮定して採用した。

- ① 24時間の心拍数のトレンドグラフ (図1)より、睡眠時を除いて心拍数が最小である時間帯約30分間の平均心拍数。
  - ② 睡眠時の平均心拍数を0.9で除した値。
  - ③ 24時間心拍数の最小心拍数×1.48 (係数1.48は橋本ら<sup>4)</sup>により大阪府下の主婦を対象にした実験から求められた数値)。
- 3) 生活時間調査法に基づくエネルギー消費量の算定

既報<sup>1)</sup>で用いた生活時間調査の行動の種類について、その項目と内容の一部を改変し、各被験者の1日の行動記録をもとに既報<sup>1)</sup>に準じて1日の総エネルギー消費量を推定した。なお、身体的活動によるエネルギー消費量の年齢係数は第三次改訂日本人の栄養所要量<sup>5)</sup>に従って、被験者A:1.0, B:0.95, C:0.9を用いた。

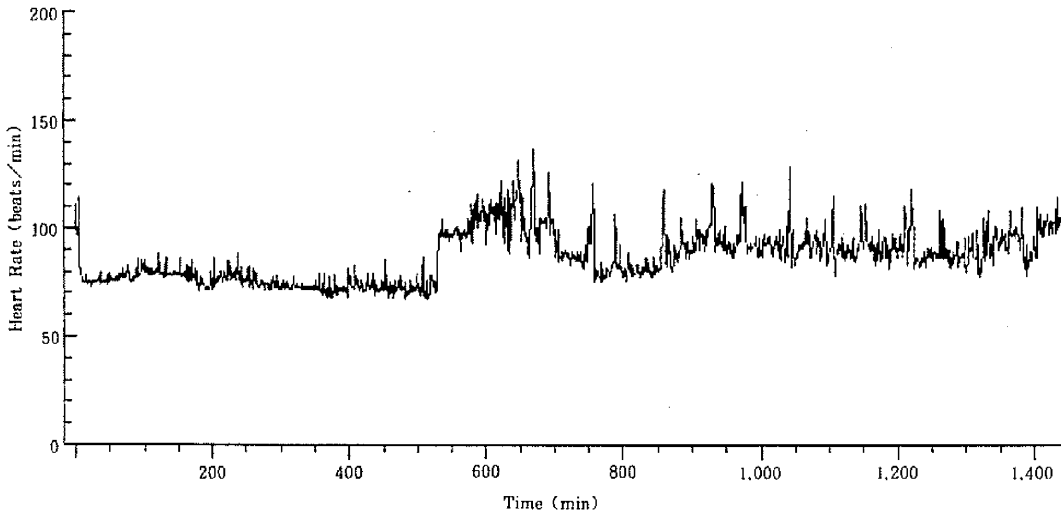


図1. Daily Trend Graph of Heart Rate

結果および考察

1. 心拍数とエネルギー消費量実測値との関係

酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) と心拍数との関係は、人種や鍛練度によって異なるが、両者の間にはほぼ正比例の関係があることは既知の事実<sup>6)</sup>であり、すなわち  $\dot{V}O_2$  は、生体のエネルギー消費量を表すことになる。

そこで、先ず3名の被験者について、1分間当りの  $\dot{V}O_2$  (liter/min) から消費エネルギー量 (kcal/min) を算出して心拍数との相関を確認した。その結果、図2に示すような2本の回帰直線が得られた。aは安静時の心拍数と消費エネルギー量との関係、bは身体活動時のそれを示したものである。身体活動時においてはいずれの被験者とも  $r = 0.993 \sim 0.996$  と非常に高い相関 ( $P < 0.001$ ) を示したが、安静時はバラツキが大

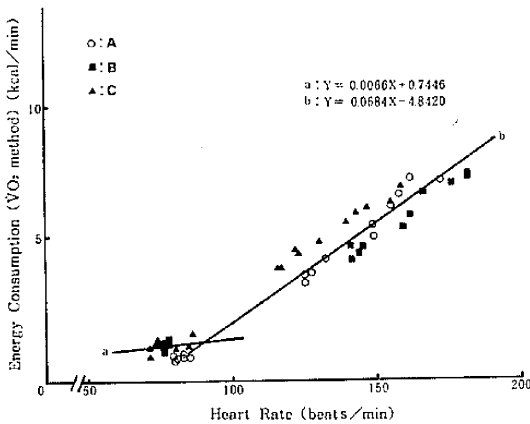


図2. 心拍数とエネルギー消費量実測値との関係

であった。なお、被験者3名の  $\dot{V}O_2$  から求めたエネルギー消費量実測値と心拍数から得られた回帰直線は、安静時  $Y = 0.0066X + 0.7446$ 、身体活動時  $Y = 0.0684X - 4.8420$  ( $r = 0.960$ ) となった。前述したごとく安静時心拍数は種々な因子によって変化する数値で、同一被験者においても幅があること、それと同時に安静時の  $\dot{V}O_2$  も測定時の条件によって変動する数値 (同一心拍数でも約150~300 liter/min) であることが再確認された。そこで、安静時における  $\dot{V}O_2$  と心拍数との関係については今後更に例数を増して、より信頼度の高い成績を得るために検討を重ねてゆく予定である。ちなみに橋本ら<sup>2)</sup>により示された回帰直線は、安静時  $Y = 0.0181X - 0.2029$ 、身体活動時  $Y = 0.1075X - 7.0402$  である。

2.  $\dot{V}O_2$ /HR法によるエネルギー消費量推定値と24h-HRR法によるエネルギー消費量予測値との関係

心拍数とエネルギー消費量実測値との関係から各被験者毎に得られた回帰直線を用いて、24時間連続記録したそれぞれの総心拍数の頻度分布から、1日の総エネルギー消費量 ( $\dot{V}O_2$ /HR法) を推定した。この推定値は酸素量  $1 \ell = 4.8 \text{ kcal}$  として算出した値である。この推定値と著者らが安静時心拍数として設定した値を採用して求めた24h-HRR法によるエネルギー消費量予測値①~③との関係を図3に示した。また24h-HRR法によるエネルギー消費量予測値を表2に総括した。

図3に示した関係より、 $\dot{V}O_2$ /HR法による推定値2,000kcal/dayの場合、24h-HRR法による予測値を試算すると、①1,965kcal/day、②1,882kcal/day、③1,545kcal/dayとなる。両法によって得られた数値

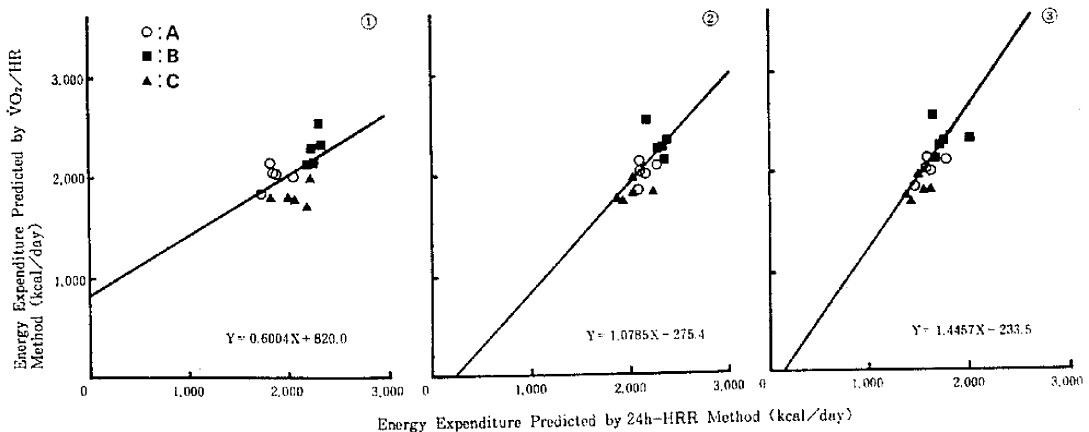


図3.  $\dot{V}O_2$ /HR法によるエネルギー消費量推定値と24h-HRR法によるエネルギー消費量予測値との関係

表 2. 24 時間心拍数と24h-HRR法および生活時間調査法によるエネルギー消費量予測値

被験者	回数	総心拍数 (beats/day)	心 拍 数 (beats/min)					24h-HRR法によるエネルギー消費量予測値 (kcal/day)*			生活時間調査法によるエネルギー消費量予測値 (kcal/day)			
			最大値	最小値	中央値	平均値	標準偏差	①	②	③				
A	1	131,095	151	66	94	91.0	15.9	(89.8)**	1,805	(81.1)	2,128	(97.7)	1,562	1,855
	2	119,658	162	63	84	83.1	14.4	(85.1)	1,697	(74.2)	2,122	(93.2)	1,445	1,718
	3	124,833	159	62	87	86.7	17.3	(79.3)	2,043	(75.9)	2,188	(91.8)	1,602	1,781
	4	128,833	141	65	91	89.5	14.6	(87.2)	1,843	(80.2)	2,109	(96.2)	1,559	1,726
	5	126,448	158	60	88	87.8	18.7	(85.4)	1,848	(75.1)	2,266	(88.8)	1,731	1,926
	Mean ± SD	126,173 ± 4,348	154 ± 8	63 ± 2.3	89 ± 3.8	87.5 ± 3.0	16.2 ± 1.8	(85.4 ± 3.9)	1,847 ± 125	(77.3 ± 3.1)	2,163 ± 65	(93.5 ± 3.5)	1,580 ± 103	1,801 ± 89
B	1	115,659	120	62	80	83.0	10.4	(78.2)	2,152	(74.3)	2,339	(91.8)	1,626	2,259
	2	119,517	120	62	84	82.9	12.1	(78.7)	2,207	(76.8)	2,296	(91.8)	1,696	1,978
	3	124,938	137	67	86	86.7	11.8	(80.6)	2,281	(83.6)	2,150	(99.2)	1,596	2,020
	4	118,136	129	62	82	82.0	10.3	(78.9)	2,157	(77.4)	2,225	(91.8)	1,660	1,988
	5	119,598	147	60	83	83.1	13.8	(76.5)	2,315	(75.6)	2,359	(88.8)	1,804	2,133
	Mean ± SD	119,570 ± 3,397	131 ± 12	63 ± 2.6	83 ± 2.0	83.0 ± 2.3	11.7 ± 1.4	(78.6 ± 1.5)	2,222 ± 73	(77.5 ± 3.6)	2,274 ± 86	(92.7 ± 3.9)	1,676 ± 81	2,075 ± 119
C	1	104,946	135	54	72	72.8	12.9	(73.1)	1,794	(67.4)	2,049	(79.9)	1,537	1,624
	2	112,238	135	59	76	77.9	11.8	(68.9)	2,201	(72.1)	2,049	(87.3)	1,479	1,796
	3	106,343	124	54	74	73.8	12.6	(69.6)	1,986	(64.9)	2,218	(79.9)	1,572	1,846
	4	107,020	120	59	72	74.3	9.0	(68.4)	2,063	(73.7)	1,827	(87.3)	1,351	1,676
	5	101,999	119	55	68	70.8	10.9	(62.9)	2,183	(67.9)	1,932	(81.4)	1,408	1,855
	Mean ± SD	106,509 ± 3,738	127 ± 8	56 ± 3.0	72 ± 3.0	73.9 ± 3.0	11.4 ± 1.6	(68.6 ± 3.7)	2,045 ± 166	(69.2 ± 3.6)	2,015 ± 146	(83.2 ± 3.8)	1,469 ± 91	1,759 ± 104

\* ① 安静時約30分間の平均心拍数。  
 ② 睡眠時の平均心拍数を0.9で除した値。  
 ③ 最小心拍数 × 1.48。  
 \*\* ( ) 内の数値は心拍数 (beats/min)。

の一致という観点からみると、①が最良であるが、相関係数は① 0.481, ② 0.641, ③ 0.715であった。すなわち①安静時15～30分間の平均心拍数の場合が最小であった。一方③最小心拍数に1.48を乗じた数値を採用した場合は、相関は大であるが24h-HRR法による値が25%程低値となる。安静時心拍数は同一被験者においても変動が大であるうえ、24時間のトレンドグラフ（図1）上より約30分間という一定の安静時心拍数とみなす時間帯を選択するところにも問題があろう。それに比べてトレンドグラフ上より睡眠時を選択することは容易であり、②は15例でも正相関（ $P < 0.05$ ）で、その有意性が認められた。設定値②、すなわち睡眠時心拍数 $\div 0.9$ は、睡眠時のエネルギー代謝が基礎代謝の90%であることを根拠にして採用した数値である。

以上の結果から、24h-HRR法の演算プログラムにおいて基準値として一応設定することのできる数値②の有用性が示唆され、今後更に検討を進める意義を、本実験によって見出すことができた。

### 3. 24h-HRR法および生活時間調査法によるエネルギー消費量予測値の関係

24h-HRR法の基礎的データとなる24時間の心拍数のプロフィールは、表2に示すごとくである。総心拍数は年齢に応じて減少し、平均心拍数もA： $87.6 \pm 3.0$  beats/min, B： $83.0 \pm 2.3$  beats/minおよびC： $73.9 \pm 3.0$  beats/minと徐々に低値になる傾向が見られた。被験者の1日の総心拍数の頻度分布を図4に示した。測定日によって各被験者ともパターンにかなり相違が認められるが、平均心拍数の差は非常に小さい。日常活動における心拍数の変動範囲は、その大部分が70～100 beats/minに包括され、120 beats/min以上はスポーツ等の運動負荷がかかった場合といえよう。この結果は一級建築士(女性)のオフィス・ワークにおける心拍数の変動範囲が70～100 beats/minで、その大部分が80～100 beats/minであったという報告と一致する<sup>7)</sup>。

この心拍数に基づいて、24h-HRR法により求めたエネルギー消費量予測値は、①と②は個人差があるとはいえ平均値をみても、特に被験者Bは①  $2,222 \pm 73$ , ②  $2,274 \pm 86$ , Cは①  $2,045 \pm 166$ , ②  $2,015 \pm 146$ と近似値を示し、それに比べ③はいずれの被験者においても約20～25%低値となった。

先の実験結果から②を設定値として用いることの意義が示唆されたので、次に②によって得られた24h-HRR法によるエネルギー消費量予測値と生活時間調査法によるそれとの関係を検討した。両者の関係は図

5に示すとおりである。

回帰直線  $Y = 0.8732X + 0.7919$  ( $r = 0.735$ ) が得られ、 $P < 0.01$  で有意な正相関が認められた。この生活時間調査法においてエネルギー消費量算定の基礎となる生活時間調査成績は表3に示すとおりである。図5に示した回帰式によって試算してみると、24h-HRR法によるエネルギー消費量予測値が2,000kcal/dayの場合、生活時間調査法の値は1,747 kcal/dayとなり約13%低値であった。このことは当然予測できる事実である。つまり心拍数の記録においてはある身体活動が終了後、徐々に安静状態に回復してゆく過程を把握することができるが、生活時間調査法で得られる値はその活動時間のみを限定してR.M.R.を用いて算出されることに起因するからであろう。

更に生活時間調査法によるエネルギー消費量予測値と $\dot{V}O_2/HR$ 法によるエネルギー消費量推定値との関係を検討した結果、有意な正相関（ $r = 0.682$ ,  $P < 0.01$ ）が認められた。

これらの結果より、従来から広く適用されている生活時間調査法は、生理的数値から得られたエネルギー消費量よりも約10%程度低値となることが確認され、この事実をふまえて採用すれば、充分信頼に足る方法であることが裏付けられた。

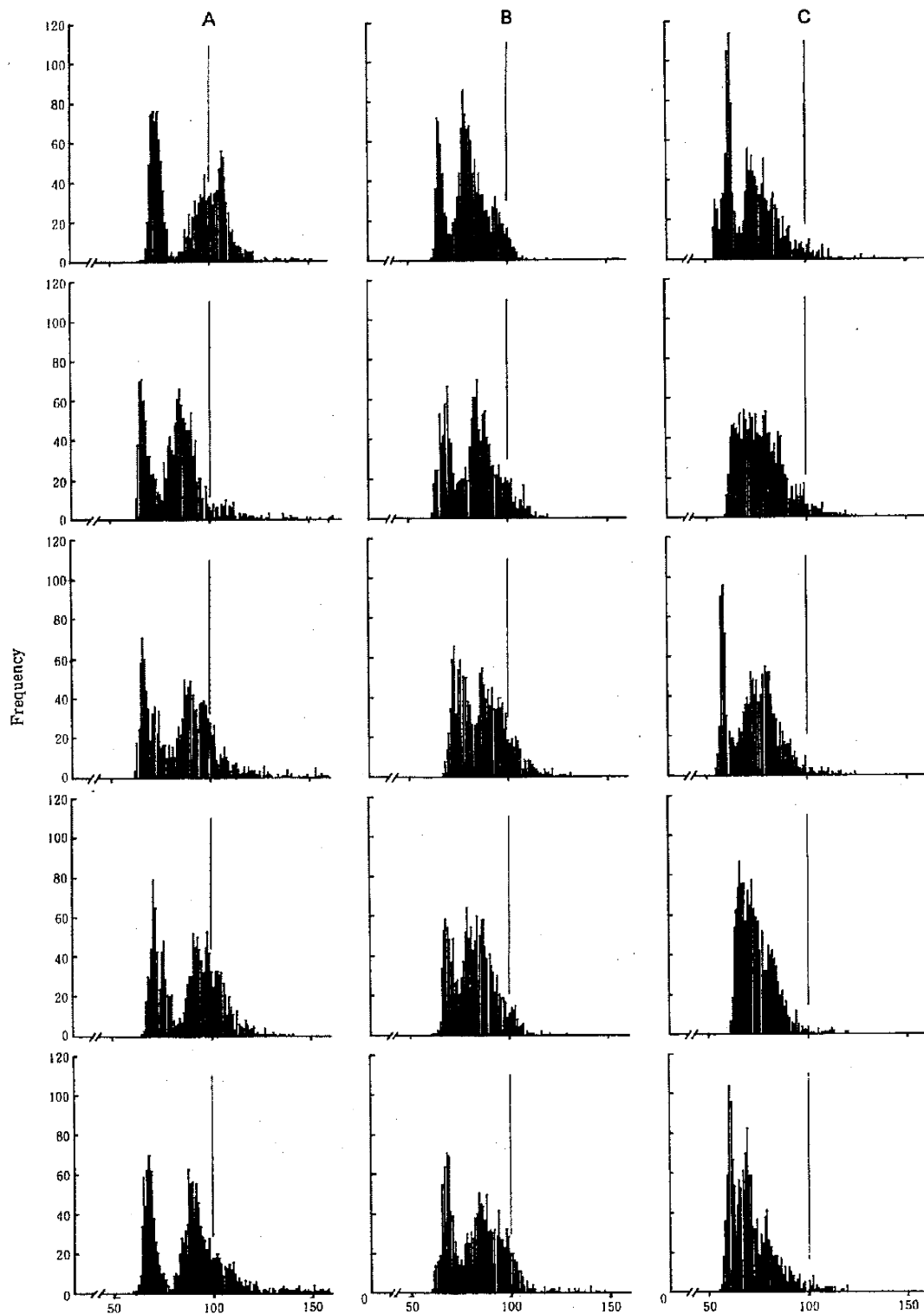
本実験では被験者が実験目的をよく把握していたため、わずか15例という実験回数であったが、上記のような結果が得られたものと推察される。

今後、対象を拡げて検討を重ね、24h-HRR法における設定値として、睡眠時心拍数 $\div 0.9$ という数値が有用であるか否かの再確認と一般的に適用しやすい消費エネルギー量の検索方法である生活時間調査法の信頼性をより確かなものとするため、本研究を発展させてゆきたいと考えている。

## 要 約

24h-HRR法を用いて測定した生理的な数値によりエネルギー消費量予測値を求め、この予測値と生活時間調査法によるエネルギー消費量予測値との関連について、その基礎的データをを得ることを目的として本実験を行った。昭和62年10月から昭和63年1月にかけて、著者ら3名を被験者として検討し、以下の結果を得た。

- 1)  $\dot{V}O_2$ と心拍数との関係は、身体活動時にはほぼ正比例の関係（ $r = 0.996$ ,  $P < 0.001$ ）が得られたが、安静時では測定時の種々な条件によって値が容易に変動することが再確認された。
- 2) 24h-HRR法において、基準となる安静時心拍



各図中央部にある線は 100 beats/min の位置を示す。 Heart Rate (beats/min)

図 4. 1日の総心拍数の頻度分布

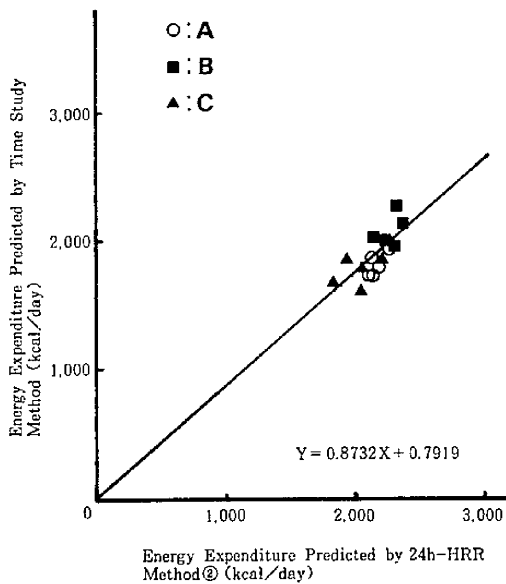


図5. 24h-HRR法と生活時間調査法によるエネルギー消費量予測値との関係

表3. 生活時間調査成績

行動の種類*	被 験 者		
	A	B	C
1. 睡眠	502 ± 58	442 ± 53	456 ± 49(分)
2. 身のまわりの用事 (身仕度, 洗面・他)	47 ± 13	48 ± 5	43 ± 11
3. 食事	71 ± 23	78 ± 16	91 ± 4
4. 移動 (歩行, 階段昇降, 乗車, 車運転・他)	188 ± 65	82 ± 41	105 ± 31
5. 作業 (椅子居での仕事, 実 験, 実習, 講義・他)	275 ± 65	387 ± 40	418 ± 65
6. 家事 (炊事, 掃除, 洗濯, 買物・他)	43 ± 16	242 ± 17	112 ± 35
7. スポーツ	14 ± 15	7 ± 13	0
8. 趣味, 娯楽	43 ± 39	0	0
9. テレビ, 読書	123 ± 64	54 ± 35	82 ± 47
10. 休養(談話・他)	132 ± 40	101 ± 14	131 ± 7

\*RMRは沼尻ら<sup>8)</sup>の値を用いた。

数の設定に難点が指摘されているが、 $\dot{V}O_2/HR$ 法によるエネルギー消費量推定値との関係から、設定値として睡眠時心拍数 ÷ 0.9 という数値の有用性が示唆された。

3) 生活時間調査法によるエネルギー消費量予測値は、睡眠時心拍数 ÷ 0.9 という数値を採用した24h-HRR法による予測値および $\dot{V}O_2/HR$ 法による推定値との間にいずれも正相関 ( $P < 0.01$ ) が認められた。生活時間調査法によるエネルギー消費量予測値は、生理的数値から得られたエネルギー消費量予測値よりも約10%程度低値となるが、充分信頼できることが裏付けられた。

終りに臨み、24h-HRR法、エネルギー代謝に関して、種々御教示を賜りました国立栄養研究所 橋本勲先生に厚く御礼申し上げます。また、 $\dot{V}O_2$ 測定のお手助けをいただきました新潟大学教育学部 杉本英夫先生、ならびに御協力いただきましたミナト医科学KKの梨本忠行氏に深謝いたします。

### 文 献

- 1) 渡邊令子・他：県立新潟女子短期紀要，24，45 (1987)。
- 2) I. Hashimoto et al., Prevention of cardiovascular diseases: an approach to active long life, edited by Y. Yamori and C. Lenfant, Elsevier, Stockholm, 151 (1987)。
- 3) 坂本孝作・他：日本外科学会雑誌，88，4 (1987)。
- 4) 橋本勲・他：第80回日本体力医学会関東地方会 (1987)。
- 5) 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，第一出版，東京 (1984)。
- 6) 山地啓司：運動処方のための心拍数の科学，大修館書店，東京 (1981)。
- 7) 加賀谷淳子：体育の科学，30，112 (1980)。
- 8) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝，労働科学研究所，東京 (1981)。