

昭和51年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. X 積算心拍数と運動量との関係について

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

昭和51年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. X 積算心拍数と運動量との関係について

報告者 (財)日本体育協会スポーツ科学研究所

黒田 善雄 北嶋 久雄 塚越 克己
雨宮 輝也 伊藤 静夫 松井 美智子

I 緒言

機械文明の進んだ先進工業国では運動不足による弊害を憂慮し、すでにいろいろな対策を構じている国家も存在する¹⁾。運動不足解消対策のためには種々の問題点を解決しなければならないだろうが、そのひとつに運動量の評価がある。

現在スポーツ科学で運動量(運動強度×時間)の評価をする場合、大別すると次の3種が用いられている。(1)力学的尺度 (2)生理学的尺度 (3)心理学的尺度

力学的尺度とは仕事量や仕事率で表現されるもので自転車エルゴメーターを用いた運動もそのひとつである。生理学的尺度は代謝からみたもので、単位時間当りの酸素消費量に時間を乗じたものが総酸素消費量(運動量)となる。しかも力学的尺度、生理学的尺度といえども運動を行なうヒトには運動強度が感知される訳で、これを数量化しようとする運動強度の主観的尺度といったRPE (Rating of perceived exertion) についての研究も行なわれている²⁾³⁾。

これらのうち運動強度や運動量の表示に比較的良好に利用されているのが代謝量である。

しかし代謝量は身体の大きさに直接影響をうけることから、

運動代謝量/基礎代謝量
(Metabolic rates 略して Mets)

運動代謝量/安静代謝量
で表わされたり、殊に日本では

(運動代謝量-安静代謝量)/基礎代謝量
(Relative metabolic rates 略してR.M.R.)

が広く利用されている。

1日のエネルギー消費量を算出するのにこのR.M.R.が利用されているが、R.M.R.は強度判定に熟練を要し、誰にでも出来る訳ではない。国民栄養振興会編 昭和50年改定日本人の栄養所要量と解説⁴⁾によると、従来の方法では1日のエネルギー消費量は活動時のR.M.R.と生活時間調査とから算出され、算出手順として、身長、体重から求める体表面積によって基礎代謝量を算出し、更に安静代謝量を算出しなければならなかったが、今回の改定では、活動時のエネルギー消費量を体重当りで示すとエネルギー消費量の計算が簡単であること、また体重当りの消費エネルギーはR.M.R.と極めて相関が高いことから次の式を提示した。

1日のエネルギー消費量(所要量)
 $= BmTbW + \sum EaTw$

Bm: 基礎代謝基準値 (体重当り1分間Cal)

Tb: 就床中の時間(分)

W: 体重(kg)

Ea: 各種活動時のエネルギー消費量
(体重当り1分間当りCalで、実測による)

Tw: 各種の活動時間(分)

しかし以上の方法にしても、エネルギー消費量

を評価する場合、一般の人が利用するには容易であるとはいえない。そこで著者らはエネルギー消費量を比較的容易に推定するために心拍を利用しようとした。

心臓は交感神経（促進作用）と迷走神経（抑制作用）との拮抗支配をうけ、身体運動などにより酸素需要の増大が必要となれば、これに即応する心拍出量の増加が現われる。この増加は一回拍出量の増加と心拍数の上昇に依存している。

しかし興奮、不安、恐怖などの大脳の機能が心拍数に影響することは日常よく経験するところであり、環境温度の心拍への影響に関する著者ら⁵⁾の研究もある。また局所的な運動では心拍数と酸素摂取量との関係が曲線になり、同一酸素摂取量に対する心拍数は全身的運動に比べて高くなっている。故に局所的運動では心拍数から酸素摂取量を推定すると実測より高く見積ることになるとの報告⁶⁾⁷⁾もある。その他性・年齢による最大心拍数の相違もある。

以上のように心拍数から酸素摂取量を推定しただけでも多くの問題はあがるが、本研究はあえてそれを承知で、心拍をひとつづつ数えて積算した積算心拍数から総酸素消費量（運動量）を評価できないものだろうかとの発想のもとに基礎的研究を行なったものである。

II 研究小史

心拍を記録したヒトの心電図は1903年 Willem Einthoven が絃電流計を作製し記録して⁸⁾以来、循環器系の診断には不可欠のものである。近年では狭心症や発作性の不整脈の診断には発作中並びにその前後の心電図記録が必要なことから、Holter, N. J. たち⁹⁾にはじまる心電図の長時間連続記録方法が開発されている¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾。

ここでは本研究と関連が深いと判断されるものについてのみの概要を記述する。

1966年にGoldsmith, R. たち¹⁹⁾はエネルギー消費量を評価するため、SAMI(Socially Acceptable Monitoring Instruments) 心拍カウンターを用いて、年齢19~22才の12名の学生を被検者として2時間以上にわたって心拍とエネルギー消費量を測定したところ、平均心拍数は54.6~127.9拍/

分、エネルギー消費量は1.17~5.96 Cal/分となり、両者の間に同一個人では有意な相関がみられた($r=0.63\sim 0.87$, $P<0.01\sim 0.001$)。しかし個人間に有意な相関は認められず、ある人の両者の回帰式を他の人に適用させるのは困難であり、両者の関係に個人の特徴があると報告している。

同年にHunt, T.J.²⁰⁾たち並びにHaight, J.S.J.²¹⁾たちも心拍カウンターを用いた報告をしている。Hunt, T. J. たちは業務中のバスの車掌と運転手の心拍を測定したところ、車掌は106.20拍/分(99.05~114.30拍/分)、運転手は91.08拍/分(84.75~94.80拍/分)で、しかも業務中の車掌は座業20%に比べ、運転手は94%が座業であったことから、車掌は運転手に比べ高い水準の身体活動であることを示した。Haight, J. S. J. たちは平地に6年以上住んでいる17~29才の6名の被検者を高地(アンデス山脈)に連れて行ったところ、平地では安静中の心拍数が65.0拍/分であった被検者が、高地に行った最初の4日間は70.9拍/分と高くなった。しかし5日目~8日目の4日間には64.1拍/分になり、急速な安静時心拍数の馴化を長い時間にわたる心拍記録結果から報告した。

1970年にGlagov, S. たち¹²⁾は冠状血流量や冠状動脈に与える心拍の影響を考えたとき、これといった運動もしていないのに、長い時間にわたって頻脈傾向にある者は、冠状動脈のアテローム性動脈硬化を助長するのではないかといった側面から、100名を被検者として24時間の心拍を記録し、24時間の心拍が少ない被検者は多い被検者に比べて、同程度の運動をしてもやはり少ないことを報告している。

1977年に荻島浩¹⁷⁾は超小型データレコーダシステムを開発し、年齢 36.5 ± 4.9 才の健康な男子の事務的作業員・鋳物工、各々6名を被検者として、24時間の各種生活活動と心拍の関係を調べたところ、24時間の積算心拍数は事務的作業員たちの平均が104,689拍であり先に示したGlagov, S. たちの報告と一致している。また鋳物工たちの平均は113,790拍で、これらの相違は作業強度の差によるものであるとした。

Ⅲ 方 法

各種の身体活動条件（各種の運動様式と運動強度）における積算心拍数と総酸素消費量との関係を検討するため、日常的仕事、自転車エルゴメータによる運動（脚運動・腕運動）トレッドミル走（全身的運動）をそれぞれ行なわせ、この間継続して心拍と酸素消費量を測定した。心拍は胸部誘導により、呼気ガスの採気はダグラスバック法を用い、分析はショランダー微量ガス分析器によった。本実験を行なった室内の温度は19～21℃、湿度は55～60%であった。

1. 被検者

被検者は表1に示すように26才～40才の健康な成人男子5名で、身長165.0 cm～176.0 cm、体重55.33 kg～82.69 kg、体重当りの $\dot{V}O_2\max$ 32.54 ml/kg·min.～58.40 ml/kg·min、体表面積1.630 m²～2.009 m²の特性を示した。

2. 日常的仕事

日常の事務の仕事に加えてトレッドミル走、その他の運動を行なった時の積算心拍数と総酸素消費量との関係を検討するため、マスクとダグラスバックを装着した状態で、午前8時半から午後5時半ごろまで、その間朝食と昼食の時間を除き7時間以上にわたって心拍と酸素消費量を測定した。

表1 被検者特性（男）

(n=5)	年齢 (才)	身長 (cm)	体重 (kg)	体表面積 (m ²)	$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg·min)
HK	26	169.5	74.69	1.872	39.62
SI	28	167.0	55.33	1.630	58.40
TA	34	165.0	69.44	1.772	41.94
KS	35	165.0	71.16	1.799	50.87
KT	40	176.0	82.69	2.009	32.54

表2 運動様式と運動強度（運動時の% $\dot{V}O_2\max$ ）

(n=5)	脚 運 動			全 身 的 運 動			腕 運 動
HK	30	42	58				
SI	30	42	56	36	51	73	21
TA	31	48	62	30	47	62	27
KS	25	40	52				
KT	32	34	47				

表3 運動時間と安静時間（分）

(n=5)	(運動+安静時間) × セット数 = 合計時間	
HK	(ex. 25' + re. 15') × 5 sets	200'
SI	(ex. 22' + re. 15') × 5 sets	185'
TA	(ex. 23' + re. 15') × 5 sets	190'
KS	(ex. 20' + re. 15') × 5 sets	175'
KT	(ex. 31' + re. 15') × 5 sets	230'

備考……運動強度によってはセットの運動時間、安静時間を分割してセット数を増したが、合計時間は同一被検者では同様である（セット数は表5を参照）。

3. 自転車エルゴメータによる運動（脚運動・腕運動）

運動強度の差により積算心拍数と総酸素消費量との関係がどのように変化するかを検討するため、自転車エルゴメータで、脚のペダリング運動（脚運動）を各被検者に対し3種の負荷強度を用い、5名について行なった（表2）。1セットの運動時間と安静時間並びに5セットを運動するのに要する合計時間を各被検者について表3に示している。なお1セットの運動時間は、一般人の日常的スポーツ活動の運動強度とエネルギー消費量を考慮した上で、脚運動において軽い方から2番目の負荷強度で運動した時に200 Calを消費するのに要する時間とし、各被検者について算出した。すなわち被検者SIは200 Calを消費するのに要する運動時間が42% $\dot{V}O_2\max$ の負荷強度で22分間、安静時間が15分間を1セットとし、5セットを継続して行ない、合計185分であることを意味する。

ただし負荷強度が強すぎると思われる被検者については合計の運動時間と安静時間を変えずに表3に示す条件を2分割、すなわち10セットで運動を行なった。

次に被検者TAとSIの2名について、自転車エルゴメータで、腕のクランキング運動（腕運動）を行ない、1セットの運動時間と安静時間並びに合計時間は表3と同様であった。

4. トレッドミル走（全身的運動）

腕運動を行なった名の2被検者について、3種の負荷強度でトレッドミル走を行ない、1セットの運動時間と安静時間並びに合計時間は表3と同様であった。

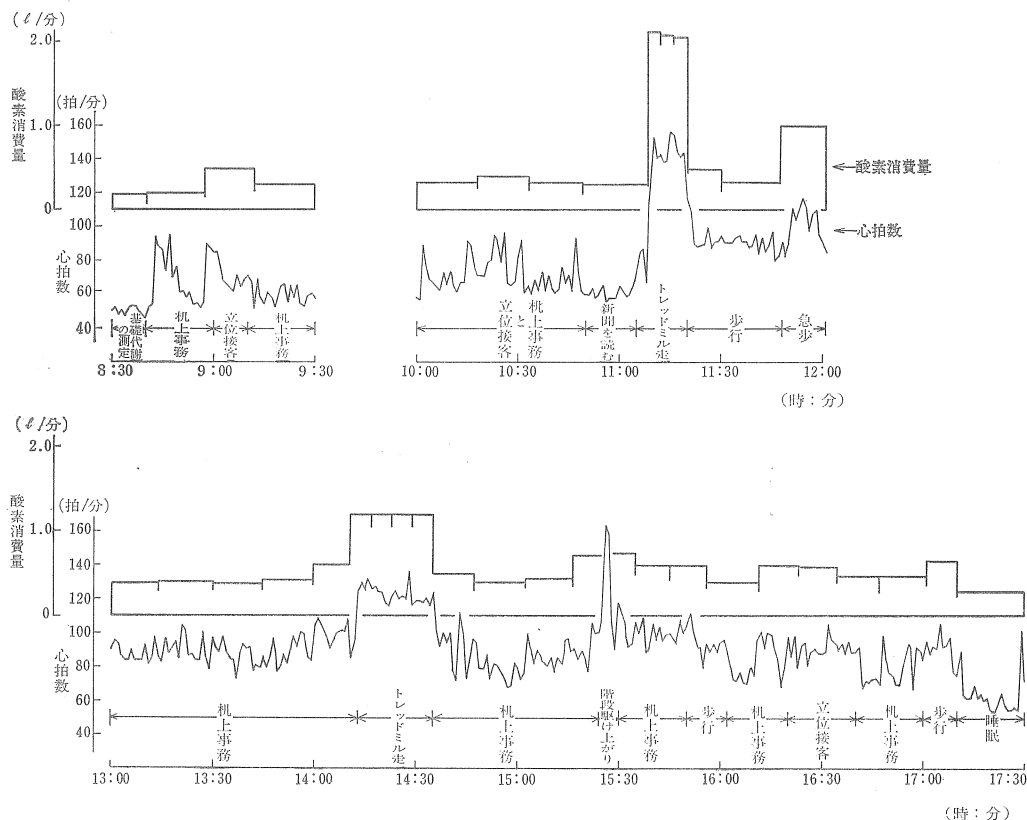


図1 8:30~17:30の心拍数、酸素消費量(被検者KT)

IV 結果と考察

1. 日常の事務的仕事における積算心拍数と総酸素消費量

5名を被検者として8:30~17:30までの勤務時間について、日常の事務的仕事を行なわせるとともに、休み時間に運動をすることもあって思われるので、トレッドミル走その他の運動を加え、継続して心拍数と酸素消費量との関係を検討した。そのうちの被検者KTと被検者HKの2名について図1、図2に示している。

被検者KT、HKの測定時間は食事その他のため、記録できなかった時間を除き、それぞれ451分間、428分間であった。

なお心拍数は各分の前6秒間値を10倍して各分値とし、折れ線で示している。酸素消費量は棒線で囲んだ面積で示されており、ダグラスバックを取り換える毎に区分されている。

両名の被検者において8:30~8:40に心拍数が低いのは、前夜から職場に泊まり基礎代謝を測定したためである。心拍数が100拍以上を示したのは、トレッドミル走・階段駆け上がり・急歩・自転車エルゴメーターのペダリングなどの運動を行なった時であり、比較的に心拍数が低いのは椅座で仕事をしている時である。全般的にみて心拍数と酸素消費量との関係には増減の類似傾向がみられる。

以上の関係を確かめるため総酸素消費量(I)をY軸にとり、その間の積算心拍数(拍)をX軸にとって、ダグラスバックを切り換える毎にプロットを加算して両者の関係を5名の被検者について検討した。それらの結果の回帰式・ $r \cdot S_{yx}$ を表4に示すとともに、被検者SIを1例として図式化したものを図3に示す。

ここに示す S_{yx} とは標準偏差と異なり誤差に重点が置かれていることから推定の標準誤差とい

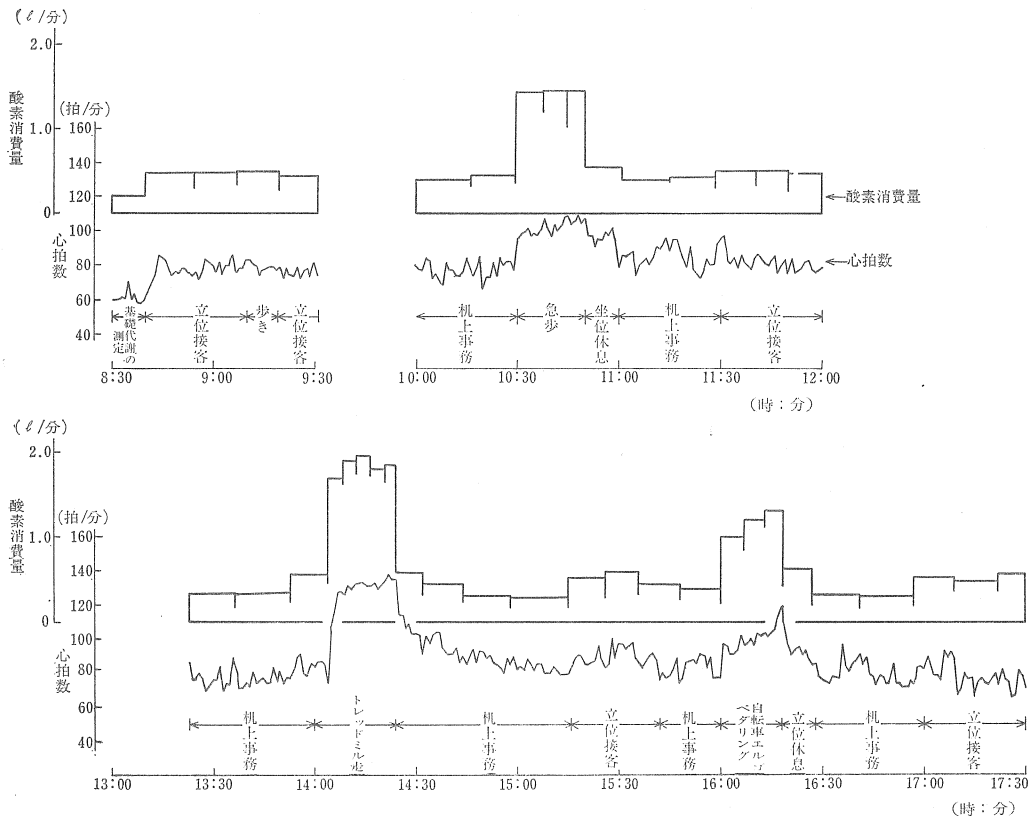


図2 8:30~17:30の心拍数, 酸素消費量(被検者HK)

表4 日常の事務的仕事における積算心拍数と総酸素消費量との回帰式, r並びにSyx

	回 帰 式	r	Syr (1)
HK	$Y=0.00629X - 8.27$	0.999	2.88
SI	$Y=0.00628X - 6.06$	0.999	2.22
TA	$Y=0.00585X - 4.29$	0.999	2.55
KS	$Y=0.00746X - 12.98$	0.996	6.24
KT	$Y=0.00675X - 2.93$	0.998	4.44

い, 積算心拍数から総酸素消費量を推定することを意味している。

5名の被検者のそれぞれの相関係数は, 0.996 ($P < 0.001$) 以上の高い相関が認められ, 推定の標準誤差Syxは2.22l~6.24lの範囲内にあった。

すなわち7時間以上にわたる日常の事務的仕事のような活動での積算心拍数から総酸素消費量を推定する場合の誤差は, 時間を考慮すると, 小さいように思われる。

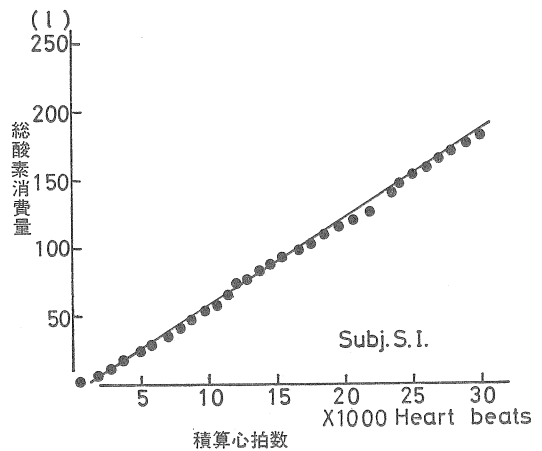


図3 日常の事務的仕事における積算心拍数と総酸素消費量との関係

2. 各種の運動における積算心拍数と総酸素消費量

自転エルゴメーターによる運動(脚運動・腕運

表5 各種の運動様式と運動強度における積算心拍数 (X) と総酸素消費量 (Y) との回帰式並びに S_{yx}

被検者	1) 運動種類の	2) 運動強度の	回 帰 式	S_{yx} (1)	セ ッ ト 数			
					1	2	3	4
H K	脚 運 動	30	$Y = 0.008095X - 2.45$	0.41	X ³⁾ 3436 Y ⁴⁾ 26.46	6839 52.23	10201 78.87	13532 106.82
		42	$Y = 0.009032X + 2.26$	1.47	X 3825 Y 35.40	7704 72.50	11595 108.20	15700 144.90
		58	$Y = 0.008959X + 2.12$	0.30	X 2640 24.82	5385 50.33	8290 76.81	11205 102.94
S	脚 運 動	30	$Y = 0.008945X - 3.29$	1.45	X 3139 Y 26.09	6042 49.85	8919 75.44	11813 101.47
		42	$Y = 0.009548X + 1.13$	0.71	X 3400 Y 32.90	6879 67.00	10502 102.20	14280 137.60
		56	$Y = 0.011215X - 0.42$	0.60	X 1985 Y 21.81	4028 44.25	6138 68.07	8233 91.69
I	全 身 的 運 動	36	$Y = 0.009125X - 0.19$	0.25	X 3254 Y 29.36	6500 58.82	9775 89.30	13088 119.32
		51	$Y = 0.009970X + 3.18$	1.09	X 4000 Y 42.20	8130 84.36	12259 126.52	16441 167.66
		73	$Y = 0.012453X + 6.77$	2.57	X 2438 Y 33.61	4915 67.04	7374 98.84	9852 131.09
	腕 運	21	$Y = 0.007376X - 2.44$	1.49	X 1412 Y 9.52	2765 18.61	4094 28.03	5403 36.96
T	脚 運 動	31	$Y = 0.008398X - 2.03$	0.58	X 3214 Y 25.37	6286 50.36	9331 75.86	12297 100.71
		48	$Y = 0.009324X + 3.67$	1.56	X 3645 Y 36.10	7372 73.30	11301 109.90	15612 150.30
		62	$Y = 0.010489X + 1.82$	1.80	X 2262 Y 24.59	4644 50.12	6981 74.96	9249 98.99
A	全 身 的 運 動	30	$Y = 0.007836X + 0.58$	0.45	X 3036 Y 24.25	6102 48.68	9042 71.62	12028 94.22
		47	$Y = 0.009663X - 1.93$	2.64	X 3786 Y 35.81	7556 69.85	11354 107.24	15127 144.29
		62	$Y = 0.010099X + 4.32$	1.72	X 2138 Y 23.41	4367 47.34	6685 72.36	9074 97.12
	腕 運	27	$Y = 0.007718X - 0.36$	0.51	X 1525 Y 11.79	3075 23.80	4620 35.31	6101 46.29
K S	脚 運 動	25	$Y = 0.008775X - 2.78$	0.74	X 2806 Y 22.55	5465 44.21	8227 69.11	10947 93.59
		40	$Y = 0.010559X - 2.61$	0.29	X 3264 Y 32.00	6543 66.40	9876 101.30	13210 136.60
		52	$Y = 0.011623X + 2.71$	0.73	X 1645 Y 21.00	3546 43.78	5532 67.46	7453 88.53
K T	脚 運 動	32	$Y = 0.008533X - 3.59$	0.84	X 3675 Y 28.61	7031 56.00	10368 83.95	13686 113.10
		34	$Y = 0.008887X + 0.17$	0.67	X 4157 Y 36.80	8178 72.60	12344 110.80	16384 145.90
		47	$Y = 0.01078X + 0.10$	1.30	X 1767 Y 19.02	3472 36.93	5141 56.18	7034 76.79

- 1) ……脚 運 動 自転車エルゴメーターでの脚のペダリング運動
 ……全身的運動 ……トレッドミル走
 ……腕 運 動 自転車エルゴメーターでの腕のクランキング運動
- 2) ……運動時の $\% \dot{V}O_2 \max$
- 3) ……セット数毎の積算心拍数加算値 (拍)
- 4) ……セット数毎の酸素消費量加算値 (ℓ / 分)

セ ッ ト 数

5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17020 136.20										
20085 182.30										
14084 128.74	16983 154.91	19869 180.32	22709 205.21	25636 231.38	28701 259.00					
14705 129.62										
18163 173.90										
10355 115.89	12487 139.77	14694 164.69	16884 189.80	19047 213.20	21115 235.09					
16369 148.90										
20834 209.81										
12342 162.11	14862 194.07	17378 225.38	19828 255.25	22219 283.21	24385 305.59					
6760 45.28	8073 55.33	9379 65.96	10732 76.94	12050 87.56	13347 97.28					
15263 126.68										
19995 188.60										
11550 123.26	13854 147.81	16206 172.61	18528 196.57	20910 221.13	23387 245.46					
15140 119.52										
18993 182.03										
11520 121.94	14028 147.49	16614 173.20	19265 199.82	22032 226.03	24836 252.43					
7642 58.12	9164 69.85	10689 81.72	12220 93.67	13706 105.42	15232 118.01					
13371 114.61										
16484 171.70										
9291 111.00	11119 132.84	13105 156.25	15160 179.78	17285 203.23	19451 227.27					
17080 142.81										
20485 181.70										
8763 95.48	10538 115.07	12435 136.00	14175 155.61	15905 174.54	17764 193.52	19522 212.16	21420 232.69	23521 254.65	25474 274.68	27429 294.24

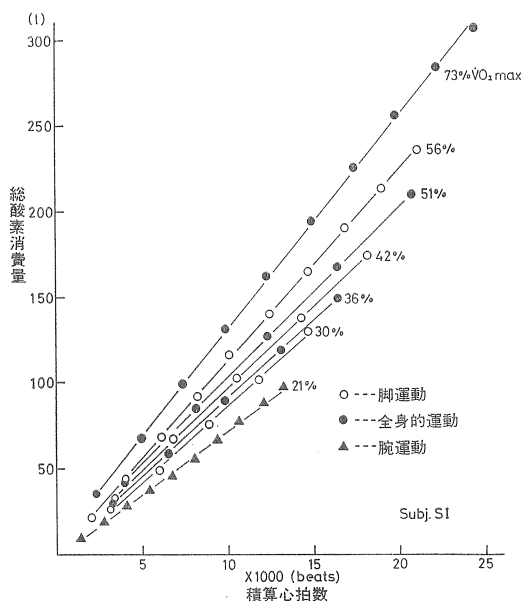


図4 各種の運動様式と運動強度における積算心拍数と総酸素消費量との関係

動)並びにトレッドミル走(全身的運動)を各種の運動強度にて行ない、積算心拍数と総酸素消費量の各セット毎の加算値とそれらの回帰式並びに Sy_x を表5に示すとともに、被検者S I(合計時間185分)を1例として図式化したものを図4に示す。なお白丸印は脚運動、黒丸印は全身的運動、黒三角印は腕運動を示しており、各々の運動でのセット毎にプロットしているため、プロット数はその運動のセット数を表わしている。

表5より各被検者における同一の運動様式と運動強度での Sy_x をみると、脚運動(5名)で0.29 l ~1.80 l 、全身的運動(2名)で0.25 l ~2.64 l 、腕運動(2名)で0.51 l ~1.49 l の範囲内にあった。すなわち安静時間を含めた3時間から4時間の運動での同一の運動様式と運動強度では、 Sy_x が2.64 l 以下である。

しかし同一被検者について図4に示されているように、運動強度の小さい21% $\dot{V}O_2max$ の腕運動から運動強度の大きい73% $\dot{V}O_2max$ の全身的運動に至るまで、運動様式に関係なく運動強度が増加するとともに、両者の回帰式の傾きが大きくなった。他の被検者についても、一部の例外を除いて同様の傾向がみられた。

すなわち同一の積算心拍数から総酸素消費量をみると、運動強度が大きい場合ほど運動強度が小さい場合より総酸素消費量が多い。総酸素消費量の決定因子は1回拍出量、積算心拍数並びに動静脈酸素較差である。この場合積算心拍は同一であるので、以上の差は1回拍出量と動静脈酸素較差の相異によるものである。Åstrand, P.—O. たち²²⁾によれば、安静時と最大運動時を比較した場合、1回拍出量は1.5倍、動静脈酸素較差は3.3倍という値を報告している。

3. 各種の運動強度における差の検討

これらの差を検討するため、表5に示した各種の運動での積算心拍数並びに総酸素消費量の最終セットの値を各被検者毎についてプロットし、それらの回帰式、 r 、 Sy_x を示したものが、図5—(1)(2)(3)(4)(5)である。

被検者K SとT Aは Sy_x が比較的小さく、それぞれ3.384 l 、4.942 l であるが、被検者K T, H K, S Iは Sy_x が、それぞれ10.227 l 、11.174 l 、13.004 l を示している。

このように被検者によって Sy_x が小さい者がいるが、いずれも安静時間を含めた3時間から4時間の運動で3.384 l ~13.004 l の誤差がみられた。また Sy_x が最も小さい値を示した被検者K Sは日常的仕事を各種の運動と同一時間に換算(合計時間175分)した値を加えても Sy_x は7 l であったが、他の4名では Sy_x が20 l 以上を示す者もいた。

すなわち運動強度の小さい場合から大きい場合に至る広範囲の運動強度で、積算心拍数から総酸素消費量を推定すると危険を生じることがわかる。

つぎに個人差の有無を検討するために図5—(1)(2)(3)(4)(5)に示した被検者5名の全てのプロットをひとつにまとめたものが図6である。また図7では横軸の積算心拍数はそのまま、縦軸に、安静代謝を除去して運動に要した総酸素消費量をとったものである。

同一個人内の積算心拍数と総酸素消費量との関係に比べ Sy_x が大きくなり21.100 l を示した(図6)。また積算心拍数と運動に要した総酸素消費量との関係ではさらに Sy_x が大きくなり24.966 l

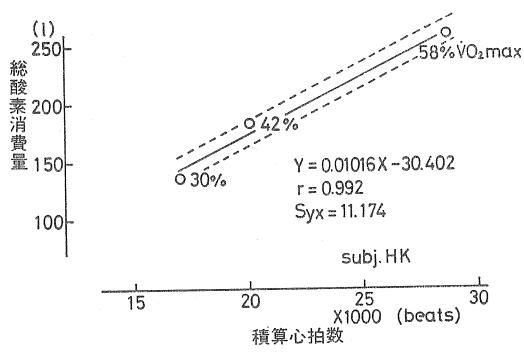


図 5—(1)

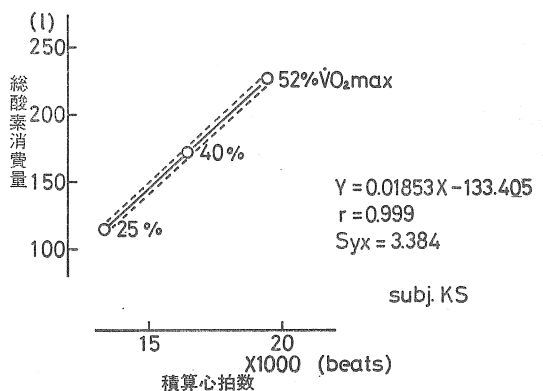


図 5—(4)

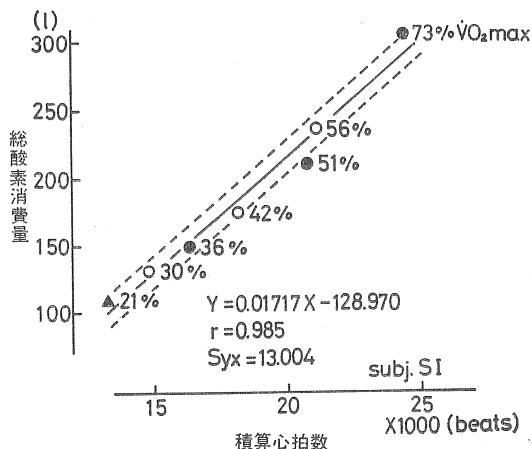


図 5—(2)

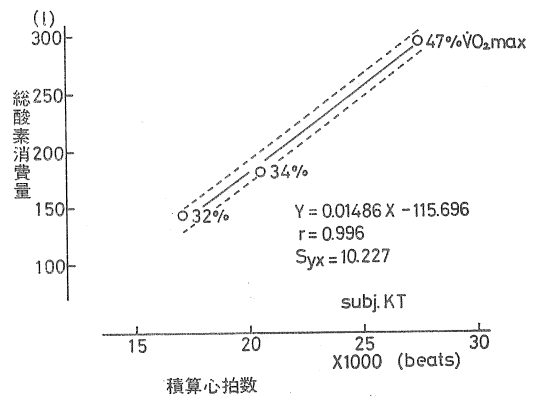


図 5—(5)

図 5—(1)(2)(3)(4)(5) 各種の運動終了時に得られた積算心拍数と総酸素消費量との関係 (各被検者について)

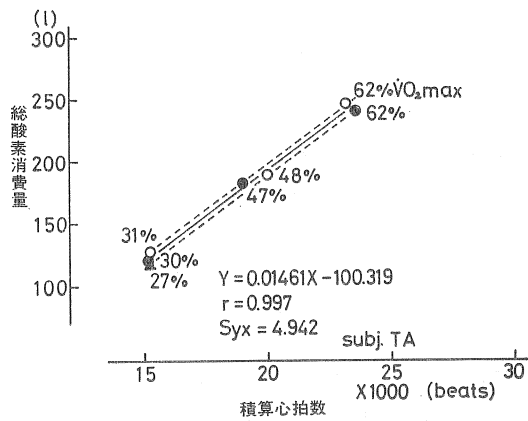


図 5—(3)

を示した。

そこで個人差を小さくすることを意図して総酸素消費量を各被検者の体表面積で除したものが図 8 であり、各被検者の体重で除したものが図 9 で

ある。

これら図 8, 図 9 は縦軸の単位が違うので Sy_x は示していないが、総酸素消費量の絶対値を用いた場合の Sy_x に比べ、個人差がさらに大きくなっていることが r の減少によってわかる (それぞれ r は 0.857, 0.744)。

個人差を小さくするため総酸素消費量の安静代謝を除去したり、総酸素消費量を体表面積並びに体重で除した値で検討したが、個人間の較差は是正されなかった。

以上の結果のみから多くを語ることはできないが、少なくとも強度のある範囲内に限定することで、個人別に積算心拍数から総酸素消費量 (運動量) を推定することは可能と思われる。

Goldsmith, R たち¹⁹⁾はエネルギー消費量を評

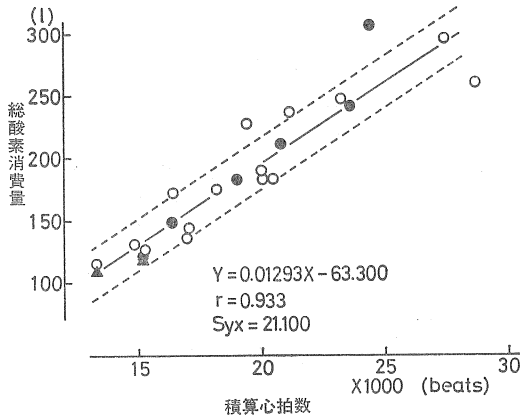


図6 各種の運動終了時に得られた積算心拍数と総酸素消費量との関係（5名の被検者について）

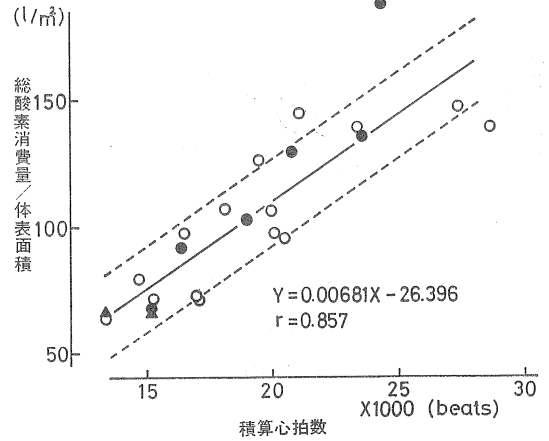


図8 積算心拍数と体表面積で除した総酸素消費量との関係

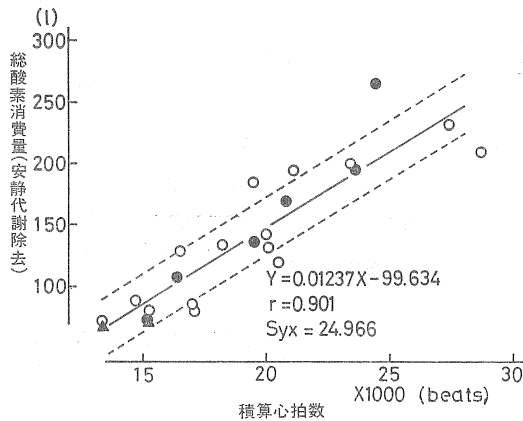


図7 積算心拍数と安静代謝を除去した総酸素消費量との関係

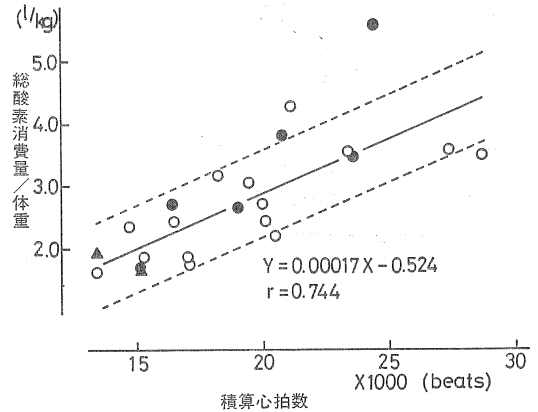


図9 積算心拍数と体重で除した総酸素消費量との関係

価するため、個人別に心拍を用いた関係式をつくり、実測値と高い相関を得ているとの報告もあり、今後は各種の運動強度を組み合わせた複合運動での積算心拍数と総酸素消費量との関係の問題を含めて、検討を重ねる必要がある。

V まとめ

1. 心拍を1拍づつ数えて積算した積算心拍数から総酸素消費量(運動量)を評価できないものだろうかとの発想のもとに日常の事務的仕事、自転車エルゴメーターによる運動(脚運動・腕運動)、トレッドミル走(全身的運動)をそれぞれ行なわせ、この間継続して心拍と酸素消費量を測定し

た。被検者は26才～40才の健康な成人男子5名($\dot{V}O_2 \max$ 32.54ml/kg・min～58.40ml/kg・min)であった。

2. 7時間以上にわたって日常の事務的仕事での積算心拍数(X)と総酸素消費量(Y)との関係を検討したところ(5名)、 S_{yx} は2.22l～6.24lの範囲にあった(表4、図3参照)。

3. 各種の運動で積算心拍数(X)と総酸素消費量(Y)との関係を検討したところ、 S_{yx} は脚運動(5名)で0.29l～1.80l、全身的運動(2名)で0.25l～2.64l、0.51l～1.49l腕運動(2名)での範囲にあった。しかも運動様式に関係なく、運動強度の増加とともに、回帰式の傾きが大きく

なった(表5, 図4参照)。

4. これらの差を検討するため, 各種の運動での積算心拍数並びに総酸素消費量の最終セットの値を各被検者毎についてまとめたところ, Sy_x は $3.384l \sim 13.004l$ の範囲であった(図5—(1)(2)(3)(4)(5)参照)。

5. つぎに個人差の有無を検討するため被検者5名をひとつの図にまとめたところ, Sy_x は $21,100l$ を示し誤差が大きくなった(図6)。

6. そこで個人差を小さくすることを意図して, 総酸素消費量を体表面積並びに体重で除した値で検討したが, 個人差は是正されなかった(図8, 図9)。

7. 以上の結果のみから多くを語ることはできないが, 少なくとも運動強度をある範囲内に限定することで, 個人別に積算心拍数から運動量を推定することは可能と思われる。

引用文献

- 1) 加藤橋夫編: 体力科学からみた健康問題. PP. 1~9, 杏林書院, 1975.
- 2) Borg, G: Perceived exertion: a note on "history" and methods. *Medicine and Science in Sports*, 5 (2): 90—93, 1973.
- 3) 小野寺孝一, 宮下充正: 全身持久性における主観的強度と客観的強度の対応性. *体育学研究*, 21 (4): 191—203, 1976.
- 4) 国民栄養振興会編: 昭和50年改定 日本人の栄養所要量と解説. PP. 26—29, 第一出版, 1975.
- 5) 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 鈴木洋児, 伊藤静夫: 環境温・湿度が持久性運動に及ぼす影響—3温度条件下(10°, 20°, 30°)における運動中の心拍数と $\% \dot{V}O_2 \max$ との関係—. 昭和48年度日本体育協会スポーツ科学研究報告No.VII, 1973.
- 6) Vokac, Z., H. Bell, E. Bautz—Holter and K. Rodahl: Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. *J. Appl. Physiol.* 39(1): 54—59, 1975.
- 7) 湯浅景元, 矢田秀昭, 藤松博, 朝比奈一男, 福永哲夫: 最大下の腕, 脚, および腕と脚の同時作業が酸素摂取量と心拍数に及ぼす影響. *中京体育学研究*, 18 (1): 65—71, 1977.
- 8) 松田幸次郎編: 生理学大系Ⅲ 循環の生理学.

P. 25, 医学書院, 1969.

- 9) Holter, N. J.: New method for heart studies. Continuous electrocardiography of active subjects over long periods is now practical. *Science*, 134: 1214—1220, 1961.
- 10) Rowley, D. A., S. Glagov and P. Stoner: Fluid electrodes for monitoring the electrocardiogram during activity and for prolonged periods of time. *Am. Heart J.*, 62(2): 263—269, 1961.
- 11) Friedman, M., R. H. Rosenman and A. E. Brown: The continuous heart rate in men exhibiting an over behavior pattern associated with increased incidence of clinical coronary artery disease. *Circulation*, 28: 861—866, 1963.
- 12) Glagov, S., D. A. Rowley, D. B. Cramer and R. G. Page: Heart rates during 24 hours of usual activity for 100 normal men. *J. Appl. Physiol.*, 29(6): 799—805, 1970.
- 13) 福井洗, 宮原英夫訳: 医用生体工学 新しい医学の世界. PP. 103—126, 平凡社, 1973(Wolff, H. S.: Biomedical engineering, George Weidenfeld and Nicolson Ltd., London, 1970.)
- 14) Cashman, P. M., M. and F. D. Stott: A semi-automatic system for the analysis of 24 hour ECG recordings from ambulant subjects. *Biomedical Engineering*, 9 (2): 54—57, 1974.
- 15) 内藤政人, 茅野真男, 堀川宗之, 名越秀樹, 中村芳郎, 小野泰志, 宇田川宏之: 携帯用発作前後心電図記録再生装置. *心臓*, 7 (10): 1159—1164, 1975.
- 16) 高木誠, 一瀬進, 鶴羽義明, 塩津宏晃, 池上正子: Brady—Memo (徐拍性不整脈自動記憶装置). *心臓*, 8 (10): 1074—1076, 1976.
- 17) 荻島浩: 超小型データレコーダシステムによる心拍数の24時間記録とその解析. *日大医学雑誌*, 36 (7・8): 691—712, 1977.
- 18) 高橋正人, 内藤政人, 中村芳郎: 心電図連続監視, 呼と循, 25(2): 135—140, 1977.
- 19) Goldsmith, R., Miller, D. S., P. Mumford and M. J. Stock: The use of long—term measurements of heart rate to assess energy expenditure. *J. Physiol.*, 189: 35—36, 1966.
- 20) Hunt, T. J. and P. Marcus: The investigation of habitual activity in bus crews using the

- SAMI heart rate integrator: J. Physiol., 189 : P. 36, 1966.
- 21) Haight, J. S. J. and D. B. Rimmer : The use of a SAMI heart rate integrator in a primitive community. J. Physiol., 189 : P. 37, 1966.
- 22) Astrand, P.—O. and K. Rodahl : Textbook of work physiology, PP. 157—160, McGraw-Hill book Co. 1970.

昭和51年度 財団法人日本体育協会 スポーツ科学委員会

委員長	黒田 善雄 (東京大学教養学部)	委員	長嶺 晋吉 (大妻女子大学)
委員	朝比奈一男 (中京大学体育学部)	〃	名取 礼二 (慈恵会医科大学)
〃	東 俊郎 (順天堂大学附属病院)	〃	松井 秀治 (名古屋大学)
〃	石河 利寛 (順天堂大学体育学部)	〃	松田 岩男 (筑波大学体育科学系)
〃	小野 三嗣 (東京学芸大学保健体育科)	〃	飯塚 鉄雄 (東京都立大学)
〃	岡野俊一郎 (岡野米泉)	〃	宮下 充正 (東京大学教育学部)
〃	高沢 晴夫 (横浜市立港湾病院整形)	〃	村山 正博 (東大附属病院第2内科医局)
〃	中島 寛之 (関東労災病院整形)	〃	笹原 正三 (ユニバーサルトレーディング)

日本体育協会 スポーツ科学研究所

研究員 塚越 克己 伊藤 静夫
雨宮 輝也 北嶋 久雄

昭和51年度 財団法人日本体育協会 スポーツ科学研究報告

編集代表者 黒田 善雄
発行者 千葉 久三

発行所 財団法人 日本体育協会
〒150 東京都渋谷区神南1-1-1 岸記念体育館
TEL (03) 467-3111

