

昭和52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

—第2報—

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

昭和52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

—第2報—

報告者 (財)日本体育協会スポーツ科学研究所

黒田 善雄 塚越 克己 伊藤 静夫
雨宮 輝也 金子 敬二 松井 美智子

はじめに

近代機械文明の発達を、ヒトのエネルギー消費の面からみれば、刻一刻と低下させる方向に向って進んでいるといえる。そして、その結果として身体活動の不足に起因すると思われる疾病異常が反比例的に増加の傾向をたどり、その予防、安全対策の意味からも、ヒトの日常生活にスポーツ習慣を定着させる必要が叫ばれている。日本体育協会が推進して国民スポーツの振興は、まさに、このスポーツ習慣の定着化をねらいとするものである。

このような状況下において、それでは、具体的に1日にどれだけのエネルギーを消費しているのだろうか、更に具体的に、今日は今までに何カロリーのエネルギーを消費しているのだろうか、あと何カロリー体を動かす必要があるのだろうか。これらのことを知ろうとすると、極めて専門的、かつ煩雑な測定方法によらなければならないのが現状である。従って、専門家でない一般人が、それを自から知ることは、事実上、不可能といえるであろう。

このような現状に着目し心拍数と酸素摂取量(エネルギー所要量)とは、概略ではあるが比例関係にあること、心拍数の測定は比較的容易であること等から、心拍を1拍ずつ任意の時間まで加算した積算心拍数から、その時間までのエネルギー所要量を推定できないものであろうか、との発想を基に本研究に着手した。

本報は、研究に着手した際の報告²⁾につづく第2報であるが、前回は、各種強度の運動と休息をモデル化して3~4時間内にくみこみ、その時間内の積算心拍数とエネルギー所要量とがどのような関係にあるか、どのような精度で推定可能かについての基礎的研究を行なった。本研究は、更に一步具体的、実際的な面に近づき、比較的任意な日常生活を行なわせた際の、積算心拍数とそのエネルギー所要量との関係を検討する目的で行なった。

I 研究の方法

1. 積算心拍数の記録方法

ヒューレッドパッカード社製 Disposable Electrodes 14249 A)の電極を使用し、胸部双極誘導法(胸骨の上端と胸部標準誘導5番の位置に双極をおき、アースは胸骨の下端)による心電図をテレメーター(送信器ホクバン製 FM 76 KHZ)器により携帯用ラジオカセット(オリンパスマイクロカセットレコーダー SD₂)に記録し、その磁気テープを再生する際、ECGのR棘パルスカウンター(ホクバン製)とデジタル・プリンター(BON ELECTRIC CO. Digital printer DP-6)を使用して、心拍数(1分間のR棘数)を1分ごとにデジタルプリントして、積算心拍数を求めた。

なお、R棘パルスカウンターには、アーチファクト等ノイズ成分をカウントしてしまう危険性もあるので、心拍数のデジタル再生と同時に、磁気テープに記録されているECGをペンオシロにも

Subj. K.K.

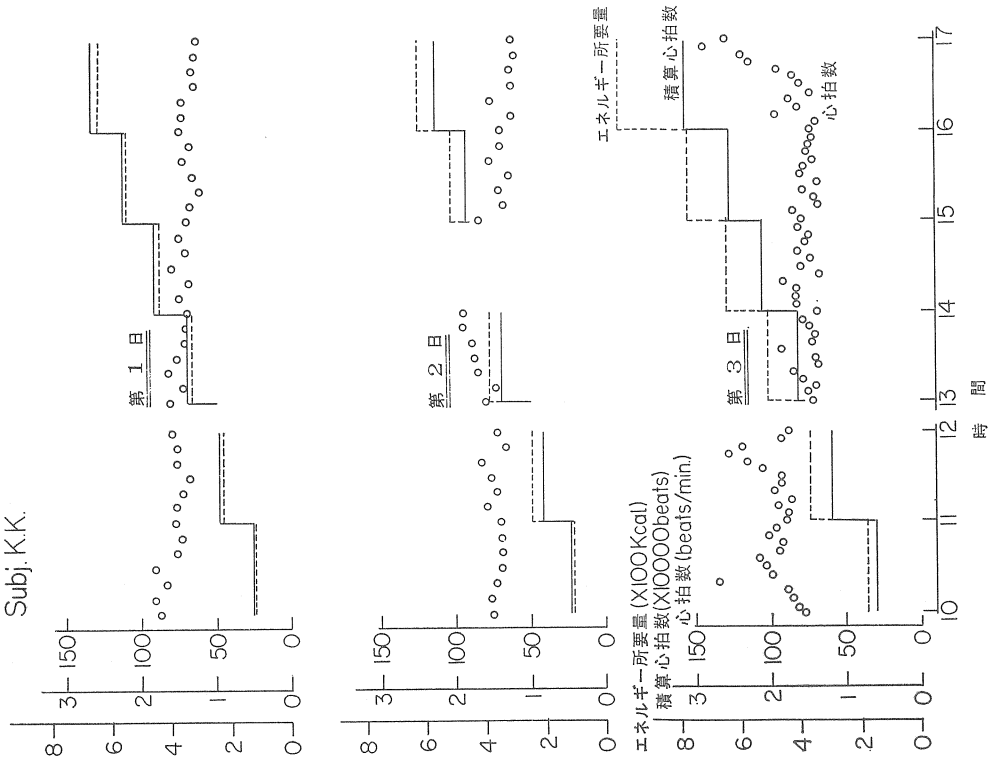


図2 3日の積算心拍数とエネルギー所要量—K.K.—

Subj. M.M.

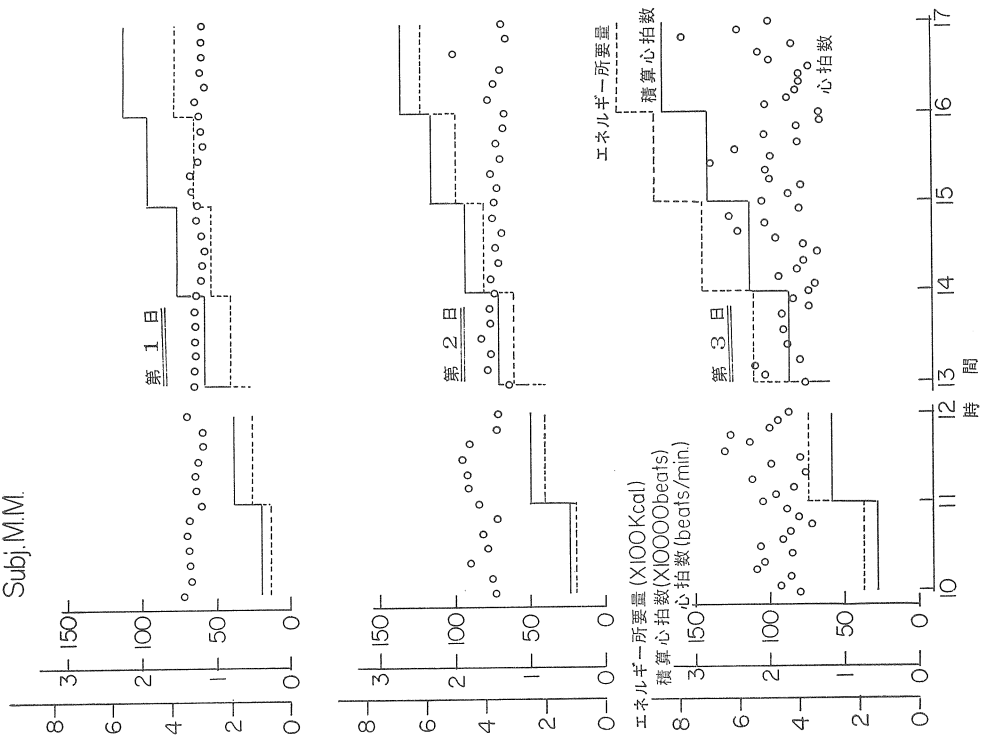


図1 3日の積算心拍数とエネルギー所要量—M.M.—

表1 被検者の特性

被検者	性	年齢 歳	身長 cm	体重 kg	VO ₂ MAX.	
					l/min.	ml/kgmin.
M. M.	♀	24	160.0	53.0	2.101	39.65
K. K.	♂	25	173.0	73.0	3.654	50.06
T. A.	♂	36	165.0	67.8	3.398	50.11
S. I.	♂	29	167.0	55.8	3.445	61.73

再生し、ノイズ成分の有無をチェックした。

2. エネルギー所要量の測定方法

採気はダグラスバック法、分析はショランダー微量ガス分析器により酸素摂取量を求め、その酸素摂取量よりエネルギー所要量を求めた。

3. 被検者

被検者の特徴を表1に示した。被検者は、年齢25～36歳の男子3名と24歳の女子1名で、いずれも同一の研究室に勤務する研究員であった。

4. 実験スケジュール

本研究は、昭和53年11月22日～12月9日の間、室温20～23℃に調節された研究室内で行なわれた。各被検者に、任意に「軽い労作の日」、「普通労作の日」、「重い労作の日」の3日を設定させ、それぞれの日について積算心拍数とエネルギー所要量を測定した。但し、1日の測定は、午前10時より12時までと、午後1時より5時までの計6時間についてであった。

II 結果と考察

1. 6時間の積算心拍数とエネルギー所要量

4人の被検者について測定した1日6時間、軽い労作、普通労作、重い労作の3日の心拍数変動、及び1時間ごとの積算心拍数と積算のエネルギー所要量を図1～4に示した。図中第1日と表示してある日は、軽い労作を意図した日で、いずれの被検者とも、測定の6時間をほとんどデスク・ワークで過した。また、図中の第2日は軽い労作を意図した日で、立位による軽作業、実験の手伝などを行ない、第3日の重い労作を意図した日は、各被検とも踏台昇降や自転車エルゴ等の活発な身体活動を実施した。そして、それらの結果は、図1～4の心拍数変動にあきらかに観察され、第1日の軽い労作の日は、各被検者とも心拍

数100以下で大きな変動を示さないのに比し、第3日の重い労作の日は、大きな変動を示し、被検者にもよるが、高い方では150を超える心拍数を示す時もあった。

表2は、1時間ごとの積算心拍数とエネルギー所要量、それに測定開始の午前10時よりの積算心拍数とエネルギー所要量を測定日ごとにまとめたもので、いわば、図1～4の実数を一表にまとめたものである。

表2に示す通り、1時間の積算心拍数は、少なくとも3500拍、多くて6100拍、エネルギー所要量は、少なくても57Cal、多くて258Calであった。また、6時時の積算心拍数とそのエネルギー所要量は、おおよそ、軽い労作の第1日では22000～26000拍と370～650Cal、立位軽作業の第2日では23000～27000拍と600～930Cal、重い労作の第3日では30000～34000拍と1000～1300Calであった。そして、この両者の間には、概略正の相関関係が観察されるものの、被検者個々に、あるいは時間ごとに実測値を追ってみれば、当然のことながら、被検者の1回拍出量あるいは運動強度（心拍数レベル）による1回拍出量の違いに起因すると思われるバラツキが少なからず観察された。

2. 時間条件を無視した積算心拍数とそのエネルギー所要量との関係

表2に示す各種積算心拍数とエネルギー所要量の中から、被検者別に、3日間それぞれの1時間値、2時間値、3時間値を取り出し、横軸に積算心拍数、縦軸にエネルギー所要量を取って、両者の相関関係を図示したのが図5である。すなわち、図5は、1時間以上、6時間以内という条件はあるが、その範囲内での時間条件を無視して両者の関係をみた図といえる。もちろん、その外に本実験で実施した運動強度以内という前提条件もあるが、各被検者ともそれぞれ0.9を越える高い相関を示し、積算心拍数からのエネルギー所要量推定の標準誤差は、62～129Calであった。なお、これは前報²⁾においても観察された傾向であるが、最も推定の標準誤差が大きかったのは被検者S. I.で、最も小さかったのは被検者K. K.であるが、その差は、図1～4にみる3日間の運動強度のはば（強弱の差）が関係しているものと思われる。

Subj. T. A.

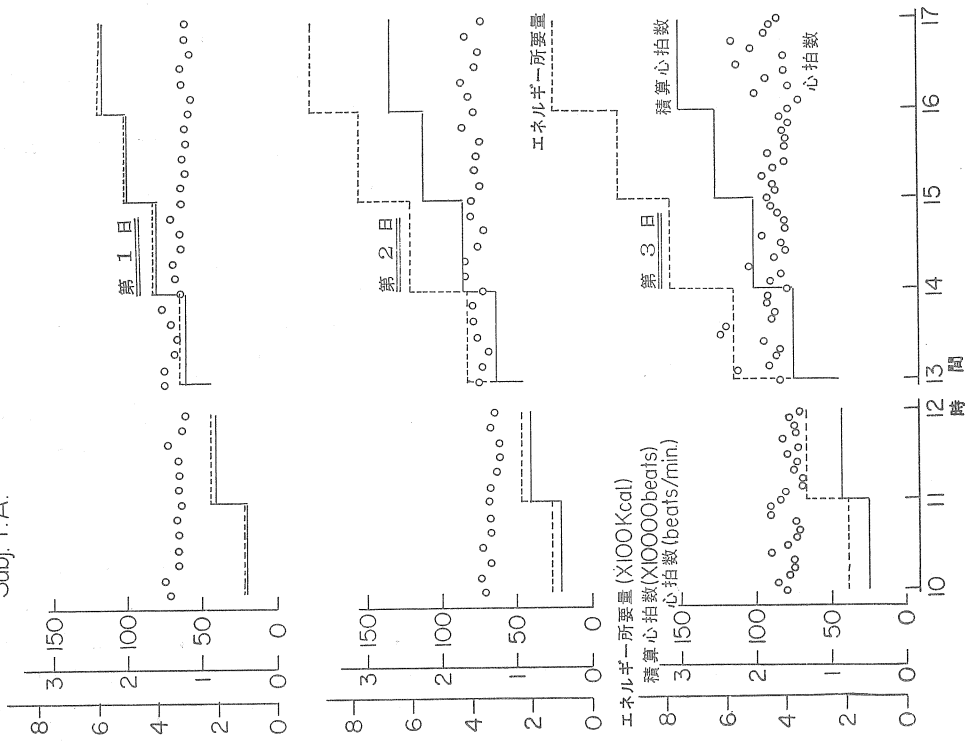


図3 3日の積算心拍数とエネルギー所要量—T.A—

Subj. S. I.

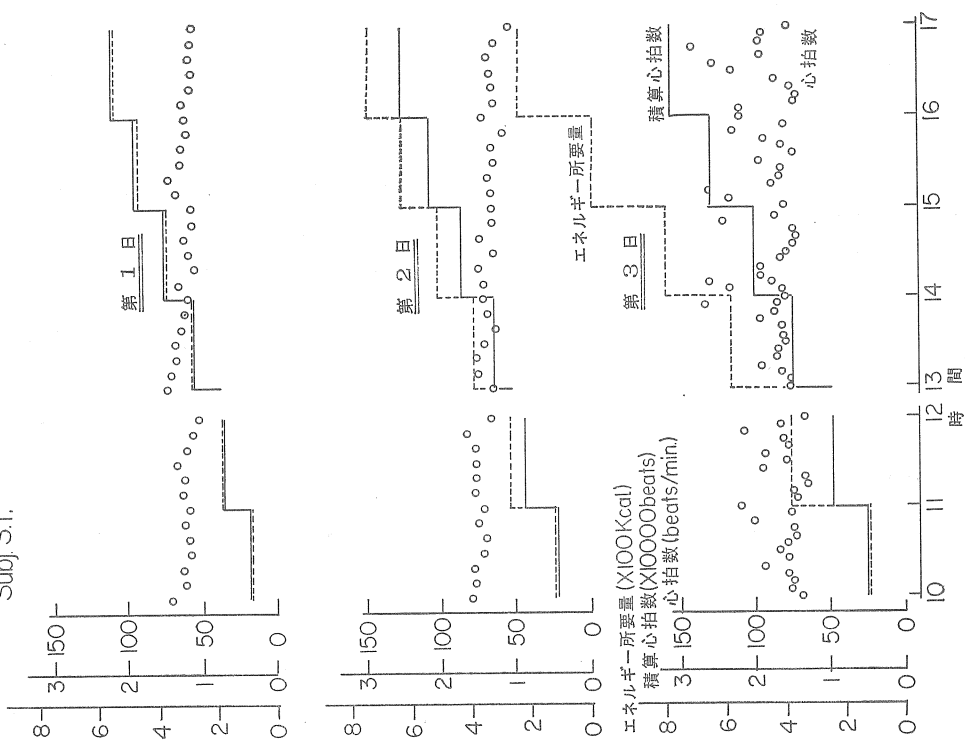


図4 3日の積算心拍数とエネルギー所要量—S.T—

た。

3. 時間的条件を考慮した積算心拍数とエネルギー所要量との関係

単位時間当りの積算心拍数とエネルギー所要量との関係をみるために、表2に示す各種積算心拍数とエネルギー所要量の中から、被検者別に、1時間値、2時間の累計値、4時間の累計値、6時間の累計値を抜き出し、それぞれ1, 2, 4, 6の単位時ごとにまとめて相関係数、回帰方程式等を求めた。

結果は、表3に示す通りであった。すなわち、各被検者、各单位時間いずれについても0.9を超える高い相関を得た。但し、積算心拍数からのエネルギー所要量推定の標準誤差(Syx)は、単位時間が長くなるに従って大きくなる傾向があり、1時間の場合は16.2 Cal、6時間の場合は46.4 Calであった。推定の標準誤差の大小だけからみれば、長時間になればなるほど、積算心拍数からの

エネルギー所要量の推定は、精度が悪くなるといえるが、実際には、得られたエネルギー所要量に何%の誤差が含まれているか、すなわち、得られた絶対値と推定の標準誤差との割合が問題になるので、表3に示す通り Syx を \bar{Y} で割ってみた。結果は、1時間単位が平均11.5%、2時間単位7.9%、4時間単位6.6%、6時間単位6.1%で、長時間になるに従い、含まれる誤差の割合は少なくなる傾向であった。すなわち、積算心拍数からのエネルギー所要量の推定は、より長時間むきであると考えられる。

4. 個人的特性からみた積算心拍数とエネルギー所要量との関係

いうまでもなく、心拍数は被検者個々のものであり、1回拍出量が酸素摂取能力によってことなることも良く知られている事実である。そして、それらが基礎になって得られる積算心拍数とエネルギー所要量との関係も、図1～4、及び表3に

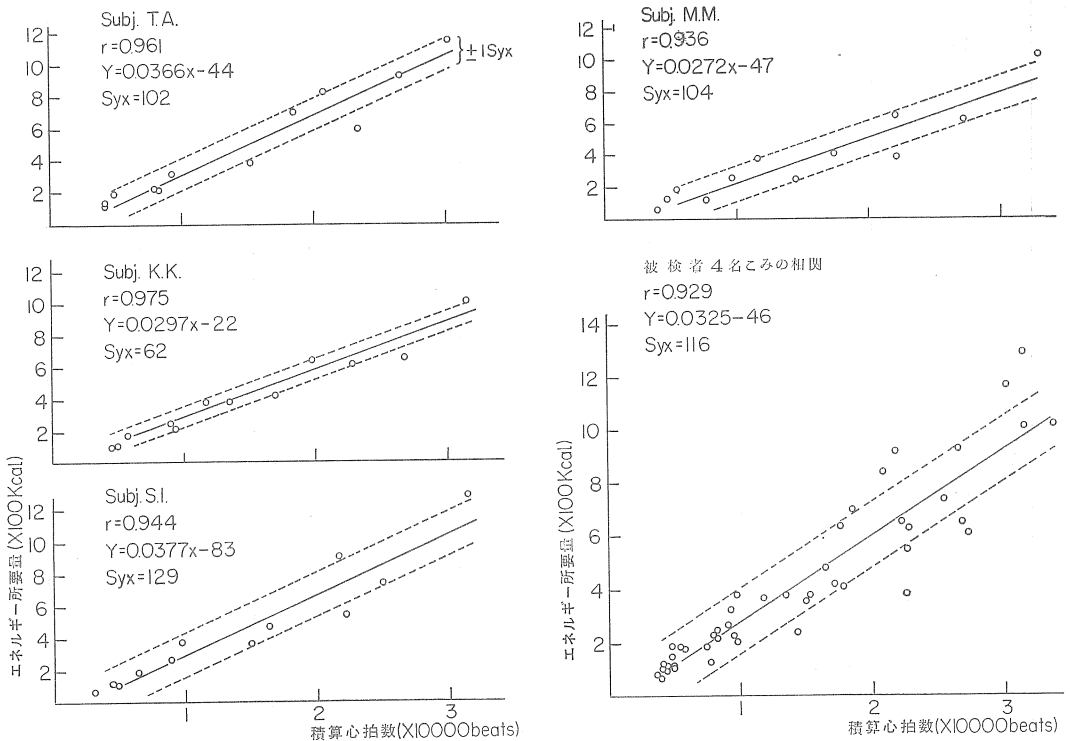


図5 時間を考慮しない積算心拍数とエネルギー所要量との関係

表2 積算心拍数とエネルギー所要量

被 検 者	測 定 時 間 h	第1日(軽い労作の日)				第2日(普通労作の日)				第3日(重い労作の日)			
		1時間ごとの		10時からの累計		1時間ごとの		10時からの累計		1時間ごとの		10時からの累計	
		Σ H.R. 拍/h	Σ Cal Cal/h	Σ H.R. 拍	Σ Cal Cal	Σ H.R. 拍/h	Σ Cal Cal/h	Σ H.R. 拍	Σ Cal Cal	Σ H.R. 拍/h	Σ Cal Cal/h	Σ H.R. 拍	Σ Cal Cal
M • M	10~11	4,018	66.62	4,018	66.62	4,812	104.58	4,812	104.58	5,582	185.94	5,582	185.49
	11~12	3,714	66.92	7,732	133.54	4,892	101.26	9,704	205.84	6,115	184.54	11,697	370.03
	13~14	3,831	65.37	11,563	198.91	4,539	99.01	14,243	304.85	5,609	182.68	17,306	552.71
	14~15	3,566	58.89	15,129	257.79	4,356	93.77	18,599	398.62	5,233	163.32	22,539	716.03
	15~16	3,612	60.17	18,741	317.97	4,267	94.38	22,866	493.00	5,705	161.24	28,244	877.27
	16~17	3,615	57.25	22,356	375.22	4,490	114.55	27,356	607.55	5,564	147.53	33,808	1,024.81
	10~11	5,019	123.29	5,019	123.29	4,466	114.68	4,466	114.68	5,809	177.97	5,809	177.97
K • K	11~12	4,498	105.61	9,517	228.91	4,751	135.79	9,217	250.47	6,067	191.83	11,876	369.80
	13~14	4,427	105.84	13,944	334.75	4,980	137.61	14,197	388.08	4,619	135.88	16,495	505.67
	14~15	4,440	106.68	18,384	441.42	4,520	130.84	18,717	518.92	4,448	130.18	25,726	783.74
	15~16	4,233	111.83	22,617	553.26	4,085	109.56	22,802	628.48	5,819	228.35	31,545	1,012.09
	16~17	4,137	94.85	26,754	648.10	4,187	131.73	4,187	131.73	4,842	191.58	4,842	191.58
	11~12	3,986	100.44	8,189	217.02	3,850	103.08	8,037	234.81	4,518	136.15	9,360	327.73
	13~14	4,168	103.97	12,357	321.00	4,532	173.59	12,569	408.39	5,480	241.44	14,840	569.17
T • A	14~15	3,861	90.47	16,218	411.46	4,537	196.89	17,106	605.28	5,221	207.55	20,061	776.73
	15~16	3,676	90.05	19,894	501.51	4,806	161.81	21,912	767.09	4,877	172.37	24,938	949.10
	16~17	3,504	93.04	23,454	594.56	4,649	164.00	26,561	931.10	5,263	219.72	30,201	1,168.82
	10~11	3,721	86.70	3,721	86.70	4,553	121.36	4,553	121.36	5,015	119.13	5,015	119.13
	11~12	3,640	100.99	7,361	187.69	4,524	144.46	9,077	26,582	4,725	175.88	9,740	375.02
	13~14	4,062	95.94	11,423	283.63	4,307	122.74	13,384	388.55	5,120	200.75	14,860	575.76
	14~15	3,603	89.92	15,026	373.56	4,077	119.24	17,461	507.80	5,386	223.52	20,246	799.28
I	15~16	3,866	87.94	18,892	461.50	4,112	120.31	21,573	628.10	5,584	236.39	25,830	1,035.67
	16~17	3,520	85.36	22,412	546.86	3,918	115.35	25,491	743.46	5,644	258.26	31,474	1,293.93

Σ H.R.=積算心拍数, Σ Cal=エネルギー所要量

示す通り、両者の回帰方程式は、被検者によってことなる。図6は、4被検者の回帰直線を1図にかさねたものであるが、被検者間の差は、回帰式の勾配、 $Y=ax+b$ のaが大きく関係していることがわかる。

本研究は、表1に示す通り、被検者の特性として有酸素的作業能の指標・ $\dot{V}O_2\max$ を測定しているが、この $\dot{V}O_2\max$ が各被検者の回帰方程式の勾配に関係するのではないかと、との発想から両者の相関関係をみたのが図7である。結果は、図中に示す通り相関係数は0.8を越えるものの、4例

のみなので有意でないが、両者に関係はありそうである。

心拍数は実測するからともかくとして、推定するエネルギー所要量については、性、年齢、体重等に関係することが知られ、それ等を配慮する定数も報告されている。われわれが模索する積算心拍数からのエネルギー所要量の推定についても、それ等の個人的な特性、あるいは1回拍出量、有酸素的作業能等を考慮すれば、比較的長時間の推定については、かなり精度の良い推定が可能であるように思える。

表3 各時間ごとの積算心拍数に対するエネルギー所要量の回帰方程式

	被検者	n	\bar{X} 拍	\bar{Y} Cal	r	回 帰 方 程 式	Syx	Syx/ \bar{Y} %
1 時 間	MM	18	4,640	111.5	0.962	$Y=0.054 X-140.0$	12.7	8.8
	KK	17	4,770	134.6	0.906	$Y=0.053 X-120.5$	14.8	11.0
	TA	18	4,453	149.7	0.945	$Y=0.082 X-213.6$	16.2	10.8
	SI	18	4,409	139.1	0.924	$Y=0.074 X-185.5$	21.1	15.2
	平均						16.2	11.5
2 時 間	MM	12	9,188	219.9	0.977	$Y=0.055 X-285.5$	20.6	9.4
	KK	10	9,402	264.7	0.887	$Y=0.051 X-210.4$	28.0	7.8
	TA	12	8,928	301.1	0.963	$Y=0.081 X-420.8$	26.3	8.7
	SI	12	8,833	288.5	0.991	$Y=0.081 X-426.9$	16.5	5.7
	平均						22.9	7.9
4 時 間	MM	9	18,454	444.7	0.990	$Y=0.058 X-619.2$	29.0	6.5
	KK	8	18,892	528.1	0.931	$Y=0.067 X-738.3$	36.4	6.9
	TA	9	17,947	609.6	0.974	$X=0.085 X-908.4$	42.9	7.0
	SI	9	17,659	581.6	0.990	$Y=0.088 X-963.8$	34.8	6.0
	平均						35.8	6.6
6 時 間	MM	3	27,840	669.2	0.996	$Y=0.057 X-920.4$	42.8	6.4
	*KK	3	23,715	618.6	0.985	$Y=0.081 X-1,310.5$	34.6	5.6
	TA	3	26,738	898.2	0.990	$Y=0.085 X-1,362.6$	57.7	6.4
	SI	3	26,459	861.4	0.996	$Y=0.084 X-1,354.4$	50.3	5.8
	平均						46.4	6.1

X=積算心拍数 Y=エネルギー所要量

*: 5時間の値

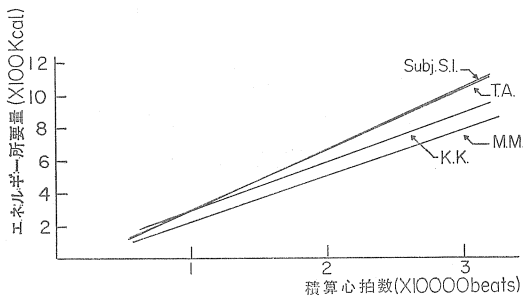


図6 4被検者の積算心拍数からのエネルギー所要量の回帰

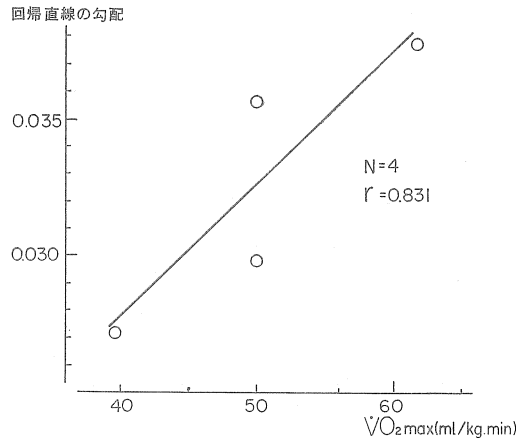


図7 $\dot{V}O_2\max$ と回帰直線の勾配との関係

III まとめ

- 1) 同一の研究室に勤務する年齢25~36歳の男子3名, 24歳の女1名の計4名を対象として積算心拍数と所要エネルギーの関係について検討した。
- 2) 各被検者任意に「軽い労作の日」, 「普通労作の日」, 「重い労作の日」の3日間を設定させ, 各3日間, 午前10時より12時まで, 午後1時より5時までの計6時間につき積算心拍数とエネルギー所要量を測定した。
- 3) 4被検者の各3日(1日6時間)の積算心拍数とエネルギー所要量は, 軽い労作の日で22000~26000拍の370~650 Cal, 普通労作の日で23000~27000拍の600~930 Cal, 重い労作の日で30000~34000拍の1000~1300 Calであった。
- 4) 積算心拍数とエネルギー所要量との間には, おおむね正の相関関係が観察されたものの, 被検者の1回拍出量, あるいは任意に実施した運動強度(心拍数レベル)の違いに起因すると思われるバラツキも少なからず観察された。
- 5) 被検者別に1時間値, 2時間の累計値, 4時間の累計値, 6時間の累計値それぞれの積算心拍数とエネルギー所要量を抽出し, それぞれに

つき積算心拍数からのエネルギー所要量推定の標準誤差を検討した。その結果, 1時間単位の推定誤差は平均11.5%, 2時間単位では平均7.9%, 4時間単位では平均6.6%, 6時間単位では6.1%で, 積算心拍数からのエネルギー所要量の推定は, 長時間の方が誤差が少なくなると考えられた。

- 6) 積算心拍数からのエネルギー所要量推定の回帰方程式(1次式)の勾配と, 有酸素的作業能の指標 $\dot{V}O_2\max/w$ とに, 有意ではなかったが0.8(N=4)を越える相関係数を得た。

具体的に積算心拍数からエネルギー所要量を推定する際には, 被検者の特性として, 性, 年齢, 体重等を配慮しなければならぬと思うが, そのひとつとして, 有酸素的作業能に関する要素も加える必要があると考えられた。

参考文献

- 1) 昭和50年改定日本人の栄養所要量と解説。厚生省公衆衛生局栄養課監修。国民栄養振興会編。第1出版。
- 2) 積算心拍数と運動量との関係について。黒田善雄, 北嶋久雄, 他。昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告No.X。

