

身体活動における呼吸ガス代謝と 心機能との関係について (一)

川村仁視, 石垣尚男, 山田岳志, 若杉和彦

The Relationship Between Energy Metabolism And
Cardiac Function At The Physical Activities.

(NO. I)

Hitoshi KAWAMURA, Hisao ISHIGAKI
Takeshi YAMADA, Kazuhiko WAKASUGI

The time courses of oxygen intake, and carbon dioxide output in energy metabolism, heart rate and electrocardiographic as cardiac function during recovery processes after the Harvard Step Test were investigated.

The decline of the recovery breath the number of time and oxygen intake was steeper than that of the recovery heart rate or R-R time, Q-T time, T-P time in electrocardiographic.

The first time of recovery processes ranged to 4 minutes and second time ranged to 9 minutes in energy metabolism. But cardiac function first time of recovery ranged to 5 minutes and second time to 10 minutes.

序 文

近年青少年の体格の向上はめざましいものがあるが、体力は必ずしもこれと平行して向上していない。ことに最近では激しい受験準備がこれに拍車をかけているといわれている。こうした時に体育の授業中やスポーツの練習中に循環器系の疾患のため倒れ、あるいは急激な運動負荷に耐えられず倒れ強いてはそのまま死亡するといった例が報ぜられている。我々体育やスポーツを指導するものがこのような現状を放置してよいのであろうか。種々の身体活動を実施するとき、呼吸循環と心臓との働きは密接なる関係を有していることは言をまたない現象である。しかしこれを科学的に具体化した研究は過去に見出すことが困難な状態であって一般通念の様に解されているのではないだろうか。

身体活動時の酸素摂取量の検討は、エネルギー消費と共にその後に来る安静状態への回復過程を見極めるためにも必要なことである。またこの酸素摂取量及び炭酸ガスの排出量に見られる変化は、血液中の血糖の燃焼及び乳酸発生等とも深い関連をもち、当然心臓機能に与える影響は大きいものがあると考えられる。

今世紀初め Hill 一派による生理学的研究の一環にもこの回復過程の生体反応の研究をみることができが上

述の問題にはふれていない。しかしこの Hill 一派の研究は運動生理学研究の発端とみてよいであろう。Lythgee et al, は Standing running 後の酸素摂取量及び脈拍数も測定し、前者の減少経過は後者よりも早いことを認めている。また Margaria et al, はトレッドミル走を用いて酸素摂取量のタイムコースについての研究を行っている。我が国の学会においてもこの酸素摂取量等のガス代謝についての研究は数多くみることができ、これと心臓機能との関連において行われた研究は、その多くが心臓疾患発見のための医学的研究である。体育の立場より身体活動とその回復過程における両者の関連性についての研究は非常に少く、心拍数のみに関するものである。しかし心拍の作用としては、心筋の活動の時間、大きさあるいは休息の時間等が心拍中に血流との関係において繰り返して行われているのである。しかも呼吸中の酸素と結びついて、血液中のグリコーゲンを燃焼させエネルギー源となり、また回復における機能促進をうながしているものである。

そこで我々は体育実技あるいはトレーニングを行う場合、呼吸と心臓機能にいかなる関連性があるのか、指導上問題になるようなことはないだろうか、等を究明しようとして本研究に着手した。今回は一定の身体活動を負荷条件として運動中の酸素摂取量及び炭酸ガス発生量等

が回復に向ってどの様な変化をもたらすのか, これと同時に心臓機能はいかなる回復過程を示すのか, また呼吸は心機能にいかん作用しているのか, その関連性の究明を試みた.

実験方法

実験期日 昭和44年7月~9月
被験者 本学学生, 3年生17名
使用器具 エレクトロメタボラー (福田理研式)
ポリグラフ (三栄測器式)

- 測定内容 1) 安静時における呼吸ガス代謝
2) 安静時における心電図
II, aVF, V2, V5
3) 身体活動中の呼吸ガス代謝

4) 身体活動後の呼吸ガス代謝
逐時的 12分間

5) 身体活動後の心電図 逐時的 30分間
身体活動としての負荷条件.....一般に激しい運動とされている Harvard Step Test を1分間120歩のテンポで5分間実施した. 尚この際メトロノームを使用し, 歩調の乱れが生じない様に注意した.

安静時及び回復時の姿勢は椅子坐位を基本型とした. 心電図は, II, aVF, V2, V5 をLeadしたが, 結果の整理にあたっては第II Lead をもって集計した.

結果と考察

本実験における被験者の身体的特質と安静時における測定項目の状態は (Table 1) の通りである. この表に

被 検 者 一 覧 表

(Table 1)

Table with 18 columns (Subject, Age, A.T, A.S, I.M, I.H, I.K, U.S, K.T, S.K, S.T, T.K, N.S, N.N, N.H, M.K, M.T, T.M, O.T) and multiple rows for physiological measurements and sports history.

も示した様に被験者はスポーツによるトレーニングをかなり長期間受けている. 従って今回は対象をスポーツ選手に限定したものである. 被験者群の一般的傾向を知る為に各々の測定項目について平均値を算出してみた. これによると1分間に16.2回の呼吸により 9.652e/min の換気を行なっている. しかも酸素摂取量 (VO2) は 0.325 e/min となり, 炭酸ガス (VCO2) は 0.257e/min を排出している. しかしこの様なことは17名の被験者については個人差が非常に大きく, 呼吸数は最大26回から最少8回, 酸素摂取量 (VO2) は 0.437e/min から 0.211e/min の差があり安静時における呼吸ガス代謝, 呼吸機能の個人差の範囲を示すものである. 一般に安静時の酸素摂取

量は1分間 200ml~300mlといわれているが, 換気量の多いものはこの安静時酸素摂取量も 300ml を越えている. また炭酸ガス排出量も同じ様な傾向を示している. この安静時のガス代謝が Harvard Step Test 5分間という運動負荷により著しい変化を示した. この結果は (Table 2) に示した通りである.

呼吸数, 換気量は時間経過にともない増大を示している, しかし酸素摂取率 (VO2%) は運動開始より1分間に急激な増大を示し, 以後下降状態を示している. このことは呼吸の効率が換気量の増大にともなわず, 呼吸中の酸素摂取の濃度低下を示すものである. またこれは酸素消費率 (O2%) の下降にもはっきり見ることが出来る.

運動負荷による呼吸ガス代謝

(Table 2)

N=17

	換気量	O ₂ %	CO ₂ %	Vo ₂ ℓ/min	Vco ₂ ℓ/min	Vo ₂ %	R Q	呼吸数	
安静時	9.652	3.288	2.708	0.325	0.257	34.16	0.797	16.2	
運動時	1 min	26.600	5.29	3.81	1.479	1.061	56.72	0.68	28.2
	2 min	44.410	5.13	4.35	2.429	1.995	53.14	0.83	29.9
	3 min	55.070	4.86	4.33	2.688	2.326	50.11	0.88	32.1
	4 min	60.510	4.65	4.20	2.801	2.480	47.50	0.89	34.9
	5 min	64.990	4.50	4.05	2.886	2.562	45.79	0.89	37.1

運動による呼吸ガス代謝負荷率 (%)

(Table 3)

N=17

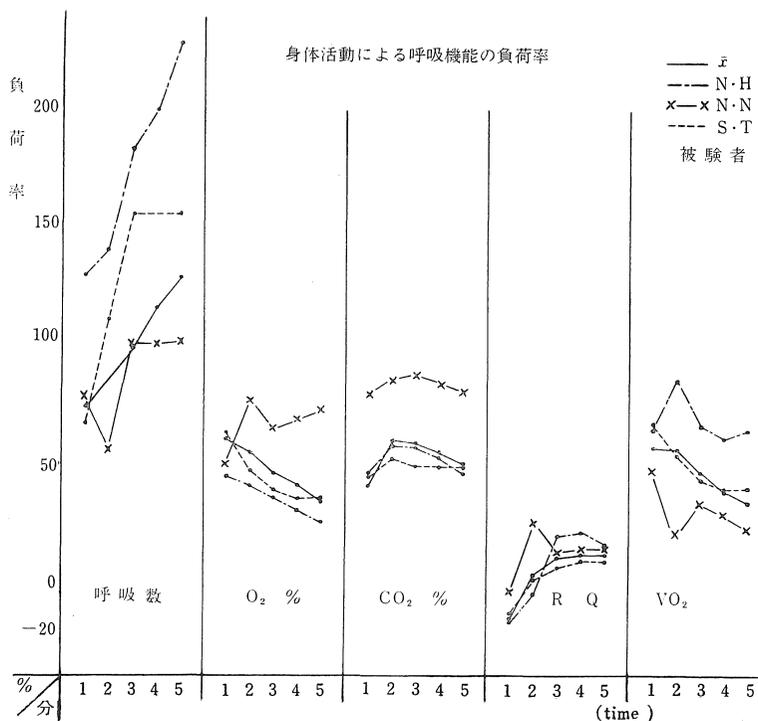
	換気量	O ₂ %	CO ₂ %	Vo ₂ ℓ/min	Vco ₂ ℓ/min	Vo ₂ %	R Q	呼吸数	
安静時	0	0	0	0	0	0	0	0	
運動時	1 min	175.6	60.9	40.7	355.1	312.8	56.9	-14.8	74.1
	2 min	360.2	56.0	60.6	677.4	676.3	55.6	4.1	84.6
	3 min	470.7	47.8	59.8	727.1	805.1	46.7	10.4	98.1
	4 min	527.1	41.4	55.1	761.8	865.0	39.1	11.7	115.4
	5 min	573.5	36.9	49.6	788.0	896.9	34.0	11.7	129.0

1分間の酸素摂取量や炭酸ガス排出量の増大は換気量の増大と共に当然起きてくる現象である。

身体活動により呼吸機能がいかなる負荷を受けているか、安静時のガス代謝と比較したものが (Table 3) である。

この表は安静時を基点(0)として運動中の負荷状態を比率で示したものである。この表からも換気量の増大にとまなう酸素摂取量及び炭酸ガス排出量は共に増大傾向を示しているが(O₂%) (VO₂%)から酸素の摂取率の低下、いわゆる呼吸効率の低下を見ることが出来る。ま

(Fig. 1)



た呼吸商 (RQ) が1分目においてマイナスの負荷現象を示しているが、これは運動開始1分間において酸素の過大摂取が起り以後時間経過とともに栄養素の燃焼が高まりゆく過程を示しているものと解される。この現象は17名の被験者全員について共通した傾向である。先の (Table 2) の RQ の変化は運動によって上昇し 1.0 に接近するものである。この RQ は普通 0.7~1.0 の間の数値を示すものであって、RQ の数値の変化によりエネルギーの燃焼の度合をガス代謝より検討することができる。

Harvard Step Test 5分間という負荷により、安静時に対して呼吸数は1分間に約74%、5分目には129%と負荷率の増大を示しこれともなう換気量は約176%から574%という非常に高い負荷状態を示している。これは激運動による呼吸量の増大である。しかしながら

運動によって生じてきた呼吸効率の低下は酸素消費率 ($O_2\%$) の下降を示した。一方呼吸数、換気量の増大によって酸素摂取量の上昇をはかり呼吸機能の促進をきたしているとみてよいであろう。(Fig.1) にこの身体活動中の負荷率を示した。

この図から数値の上の個人差にはかなり大きなものがあるが負荷率としての時間経過には似かよった線を推測することができる。S.T の点線は呼吸数において3分以後一定状態を示し $O_2\%$ 、 $CO_2\%$ 、 $VO_2\%$ においてもほぼ定常状態を示してきていると見てよいであろう。これは、中長距離の選手であるという基本的要因からうなずける線である。一方 N.N は野球の選手であるが、呼吸機能の負荷に大きな波がみられるので、特に運動の初期において機能の効率が悪いと見るべきではないだろうか。

呼吸ガス代謝の回復過程

(Table 4)

N=17

	換気量	$O_2\%$	$CO_2\%$	VO_2 ℓ/min	V_{CO_2} ℓ/min	$VO_2\%$	R Q	呼吸数	心拍 の VO_2	
安静時	9.652	3.288	2.708	0.325	0.257	34.16	0.797	16.2	4.924	
回復 時 間	1 min	45.010	3.94	4.00	1.702	1.755	39.22	1.04	27.3	16.365
	2 min	30.410	3.95	3.26	0.825	1.078	28.69	1.17	24.1	7.933
	3 min	23.920	2.93	2.83	0.625	0.639	29.34	1.02	22.2	6.378
	4 min	19.370	2.74	2.38	0.544	0.535	29.12	0.98	21.7	5.726
	5 min	17.010	2.99	2.77	0.430	0.454	30.72	0.92	20.7	4.624
	6 min	16.710	2.95	2.71	0.483	0.438	30.19	0.90	20.1	5.250
	7 min	14.700	2.98	2.64	0.431	0.376	30.51	0.87	19.9	4.789
	8 min	13.410	3.02	2.61	0.334	0.338	30.35	0.85	19.3	3.753
	9 min	12.650	3.09	2.57	0.445	0.316	32.00	0.81	19.5	5.115
	10 min	12.370	3.10	2.50	0.369	0.299	32.66	0.77	19.0	4.341
	11 min	11.860	3.14	2.50	0.381	0.289	33.12	0.76	18.6	4.430
	12 min	11.580	3.15	2.48	0.378	0.280	33.71	0.74	18.6	4.447

この様な身体活動によって生じた呼吸ガス代謝の負荷現象が、以後回復の時間経過とともにどの様に負荷の減少過程を示すのであろうか、この過程は (Table 4) に示した通りである。運動終了後の1分~2分の間にはまだかなり大きな負荷現象がみうけられるが、以後は大きな残り負荷は見られない。前述の運動中5分目の各項目と回復時1分目の状態を比較してみると運動終了後の1分間に急激な負荷の下降現象をみることが出来る。特に回復時3分以後にみられる酸素消費率 ($O_2\%$)、及び2分以後にみられる酸素摂取率 ($VO_2\%$) の安静時よりも減少している過程から、呼吸効率がこの時期において、安静時よりも悪い状態を示していると解される。しかしこれも時間経過とともに安静時に近づく傾向を示している。呼吸商 (R.Q) においては1分~3分間の間に1.0を

こえているが、これは運動終了と共に酸素消費率 ($O_2\%$) は著しく減少をめているが、炭酸ガス発生率 ($CO_2\%$) はこれと平行せず、炭酸ガス排出の量が多い現象である。またこの時間に回復に向う筋肉のエネルギー代謝の亢進が行われ、より炭酸ガス排出の増大傾向を起しているとも考えられる。一方心拍の酸素摂取量は、回復1分目において 16.37ml と安静時の3倍強であるが5分~6分で安静時に近ずき以後多少の動揺はあるが大きな差はみられない。この回復の過程を安静時を基点 (0) とし、安静時に向う残負荷を回復率として示したものが (Table 5) である。

この表でも先の呼吸効率の低下がマイナスの残負荷率として現われている。特に4分目以降にマイナスの残負荷が多く増してきていることから酸素の欠乏状態が起き

呼吸ガス代謝回復率 (%)

(Table 5)

N=17

		換気量	O ₂ %	CO ₂ %	Vo ₂ ℓ/min	Vco ₂ ℓ/min	Vo ₂ %	R Q	呼吸数	心拍のVo ₂
安静時		0	0	0	0	0	0	0	0	0
回復時間	1 min	366.4	19.8	47.7	423.7	582.9	14.8	30.5	68.5	232.4
	2 min	215.1	10.3	20.3	153.8	319.5	-16.0	46.8	48.8	61.1
	3 min	147.9	-10.9	4.5	92.3	148.6	-14.1	28.0	37.0	29.5
	4 min	100.7	-16.7	-12.1	67.4	108.2	-14.8	23.0	34.0	16.3
	5 min	76.3	-9.1	2.3	32.3	76.7	-10.1	15.4	27.8	-6.1
	6 min	73.1	-10.3	0.1	34.8	70.4	-11.6	19.9	24.1	6.6
	7 min	52.3	-9.4	-2.5	32.6	46.3	-10.7	9.2	22.8	-2.7
	8 min	39.0	-8.2	-3.6	2.8	31.5	-8.2	6.6	19.1	-23.8
	9 min	31.1	-6.0	-5.1	36.9	23.0	-6.3	1.6	20.4	3.9
	10 min	28.2	-5.7	-7.7	13.5	16.3	-4.4	-3.4	17.3	-12.5
	11 min	22.9	-4.5	-7.7	17.2	12.5	-3.0	-4.6	14.8	-10.0
	12 min	20.0	-4.2	-8.4	16.3	8.9	-1.3	-7.2	14.8	-9.7

ているのではないだろうか。しかし差の検定より換気量、呼吸数では各々8分、9分以後にはその有意差が認められないので、呼吸ガス代謝としては9分で一応安静時に服しているといつてよいであろう。

平常の呼吸数からこのガス代謝の傾向を推測することができないであろうかと云う考えから、安静時の呼吸数と運動中及び回復時のガス代謝の各項目との相関係数を算出した。(Table 6)に示した通り、安静時においては、換気量、O₂%, CO₂%に1%水準で、酸素摂取量は5%水準でその有意性を認めることができた。運動時においては、1分目に、換気量と酸素消費率(O₂%)に1%水準、炭酸ガス発生率(CO₂%)に5%水準の有意性があり、5分目に至っては酸素摂取量と炭酸ガスの排出量に1%水準で各々有意性が認められた。このことは運動の強弱にもよるが、Harvard Step Testの様な激運動においては運動に必要な酸素摂取量及び炭酸ガスの排出量は運動初期において、呼吸数と直接関係はないが5分経過することにより安静時の呼吸数と強い結びつきを示してくるものと見てよい。従って本被験者群のようにトレーニングされた者にとっては運動の初期においては、呼吸と酸素摂取のバランスを失うがある時間の経過をともなつてそのバランスを保つようになるといつてよいであろう。また回復の過程においては、酸素消費率(O₂%)と炭酸ガス発生率(CO₂%)に逆相関がみられる。これは先述してきた呼吸効率の低下がこの相関の立場からも明瞭になったと見てよいであろう。

また酸素摂取率(VO₂)を基準としてその相関をみたが、(Table 7)に示した通り換気量、酸素消費率(O₂%)及び炭酸ガス発生量(VCO₂)に5%の有意

水準で相関を見ることが出来る。しかしこれが身体活動を行うことにより1%水準で有意な相関が換気量に認められ、炭酸ガス発生量(VCO₂)はいづれも5%水準で相関係数の上昇がみられる。また呼吸商(RQ)については有意性を認めることはできないが逆相関で係数の上昇がみられる。回復時においては10分以後に炭酸ガス発生量(VCO₂)にのみ有意な相関をみることが出来るが呼吸商(RQ)は係数の下降を示している。しかも有意性はない。以上のことから安静時の呼吸数を以てある程度の呼吸効率、回復の過程を予測することは出来るが現段階でそれを決定づけることは困難である。

先述した呼吸ガス代謝と平行した心機能の活動状態を見るために心電図の測定を行なった。(Table 1)に被験者の安静時における心機能の活動状態を示した。本文中の心電図はII-Leadを検討したものである。心拍数は平均66回であるが最大93回から最少50回と個人差は、非常に大きい。特に一般的な傾向としては運動歴の新しい者は心拍数の多い現象がみられる。また心筋の活動時間としてのR-Rも同様である。また心筋活動の休息時間と考えられるT-P、あるいは心筋の興奮伝導時間としてのQ-Tにおいても同じ様な傾向を示している。しかし心筋活動の大きさを示すS-R高及びS-T高は個人差があり様々な傾向を示している。以上の如きスポーツマンの心電図は洞性徐脈によりR-R間隔は延長すると云われているが、本実験に際しても8名、47%が1秒以上の徐脈の出現をみた。これらはいづれも徐脈傾向にあるといつてよい。またQ-T間隔についてもやや延長の傾向がみられる。T-P間隔については先述した如く心筋活動の休息時間とするならば(I·H)(S·K)(N·S)

呼吸数とガス代謝との相関

(Table 6)

		換気量	O ₂ %	CO ₂ %	Vo ₂	Vco ₂	R Q
安静時		※ 0.810	※ -0.761	※ -0.718	* 0.514	0.434	0.134
運動時	1 min	※ 0.745	※ -0.600	* -0.452	0.249	0.356	0.099
	3 min	* 0.497	-0.393	-0.391	0.139	0.334	0.330
	5 min	0.415	-0.250	-0.163	* 0.445	* 0.451	0.283
回復時	1 min	* 0.517	-0.314	-0.017	0.181	* 0.467	0.415
	3 min	※ 0.648	※ -0.586	※ -0.614	0.284	0.373	0.326
	5 min	* 0.529	* -0.530	※ -0.549	0.146	※ 0.609	0.289
	10 min	※ 0.726	* -0.487	※ -0.584	0.229	0.310	0.172
	12 min	※ 0.641	-0.386	※ -0.585	0.372	0.123	0.124

有意水準 ※ = 1% * = 5%

最大酸素摂取量と他の項目との相関

(Table 7)

		換気量	O ₂ %	CO ₂ %	Vco ₂	R Q
安静時		※ 0.612	※ 0.689	0.066	※ 0.565	-0.192
運動時	1 min	0.381	0.414	0.095	※ 0.680	-0.239
	3 min	* 0.492	0.323	-0.215	※ 0.827	-0.357
	5 min	0.292	0.230	0.075	※ 0.869	-0.441
回復数	1 min	0.274	0.086	0.104	0.389	-0.308
	3 min	0.241	0.162	0.046	0.160	-0.211
	5 min	0.240	0.319	0.253	0.345	-0.158
	10 min	0.229	0.287	0.176	* 0.508	-0.003
	12 min	0.265	0.310	0.161	* 0.512	-0.042

有意水準 ※ = 1% * = 5%

(N・H) 等には同じ延長の傾向がみられるのである。

こうした事柄は心臓の大きさあるいは血液量を究明することによりより明らかになると思う。今後の研究課題の一つである。

安静時の状態が Harvard Step Test 5分間の負荷後どのような回復過程を示すのであろうか、運動後30分間の時間経過による変化(心電図)の状態は (Table 8) に示した通りである。心拍数は負荷により激増し運動直後1分においてかなり大きい数値を示し以後徐々に減少しているが30分経過しても安静時に服していないと見られる。R-Rの時間経過も同じ状態である。T-P時間は1分後においてわずかの数値しかみられず、心筋の休息時間はほとんどみられないといえる。S-Tの高さは、4分以後、安静時より下降を示し19分まで続いている。これは心臓の仕事量増加に対する冠循環の相対的な血流不足の結果生じてきた心筋の酸素不足と考えられる。(Table 8) の右側の回復率をみると6分、7分にこのS-T高の約10%のマイナス現象がみられる。また心拍数においては2分迄、T-Pにおいては8分迄の間50%

以上の残り負荷がある。T-Pに大きな負荷が残っていることは心機能全般をみた場合にも高度な負荷現象があると見るべきであろう。運動後1分から5分間の回復率が最大で、心拍数R-Rで約17%、T-Pで19%の下降を示し、10分から15分においては、心拍数は11%、R-R 8%、T-Pは11%、10分から15分の間では心拍数4%、R-R 2%、T-Pにおいては11%の下降を示している。このことから1分から5分の間を初期回復期とし以後10分までを第2次回復期、20分までを第3次回復期と区分してみることができよう。

以上の様な心電図からの回復過程と呼吸ガス代謝との関係を見るために安静時呼吸数を基準に相関係数を見ると (Table 9) に示した如くである。安静時R-Rとは5%水準で有意性があり、あとQ-Tにおいて12分、23分に5%、20分、25分に、1%水準の有意性が認められる。またT-Pにおいては30分目に5%水準で有意な相関があらわれた。

安静時酸素摂取量との相関をみると同じ (Table 9) に示した通りS-T高に有意性のある逆相関がみられ

心電図の回復過程

(Table 8)

N=17

回復過程							回復率 (%)						
項目	心拍	R-R (sec)	Q-T (sec)	T-P (sec)	R-S高 mm	S-T高 mm	心拍	R-R	Q-T	T-P	S-R高	S-T高	
安静時	66	0.942	0.401	0.345	15.31	5.247	0	0	0	0	0	0	
回復時間	1 min.	104	0.511	0.280	0.076	17.02	7.171	57.5	45.8	30.2	78.0	11.2	30.7
	2 min.	104	0.593	0.301	0.113	17.33	6.547	57.5	37.1	24.9	67.2	13.2	24.8
	3 min.	98	0.624	0.322	0.115	17.01	5.753	48.4	33.8	19.7	66.6	11.1	9.6
	4 min.	95	0.655	0.326	0.139	16.88	5.188	43.9	30.5	18.7	59.7	10.2	- 1.1
	5 min.	93	0.665	0.335	0.143	16.59	5.024	40.9	29.0	16.5	58.6	8.4	- 4.3
	6 min.	92	0.655	0.338	0.152	16.30	4.735	39.4	30.5	15.7	55.9	6.5	- 9.8
	7 min.	90	0.703	0.340	0.161	16.13	4.700	36.4	25.2	15.2	53.3	5.4	- 10.4
	8 min.	89	0.693	0.356	0.163	16.08	4.765	34.8	26.2	11.2	52.8	5.1	- 9.2
	9 min.	87	0.708	0.349	0.173	15.39	5.112	31.8	24.8	13.0	49.9	0.5	- 2.6
	10 min.	85	0.726	0.350	0.189	15.99	5.047	28.8	22.9	12.7	45.2	4.5	- 3.8
	11 min.	86	0.712	0.351	0.176	15.35	4.976	30.3	24.4	12.5	49.0	0.3	- 5.2
	12 min.	85	0.728	0.351	0.188	15.94	5.153	28.3	22.7	12.5	45.5	4.1	- 1.6
	13 min.	84	0.741	0.356	0.186	15.72	5.071	27.3	21.3	11.2	46.1	2.7	- 3.4
	14 min.	83	0.742	0.376	0.200	15.98	5.218	25.8	21.2	7.2	42.0	4.4	- 0.6
	15 min.	82	0.757	0.372	0.215	15.82	5.112	24.2	19.6	7.2	37.7	3.3	- 2.6
	16 min.	82	0.760	0.384	0.207	15.75	5.119	24.2	19.3	4.2	40.0	2.9	- 2.4
	17 min.	81	0.777	0.384	0.216	15.87	5.244	22.7	17.5	4.2	37.4	3.7	- 0.1
	18 min.	80	0.779	0.385	0.225	15.79	5.163	21.2	17.3	4.0	34.8	3.2	- 1.6
	19 min.	81	0.780	0.383	0.210	15.73	5.144	22.7	17.2	4.5	39.1	2.8	- 2.0
	20 min.	79	0.786	0.384	0.230	15.73	5.294	19.7	16.6	4.2	31.6	2.8	0.9
	21 min.	79	0.789	0.387	0.237	15.67	5.338	19.7	16.2	3.5	31.3	2.4	1.7
	22 min.	77	0.804	0.385	0.247	15.70	5.250	16.7	14.6	4.0	28.4	2.6	0.1
	23 min.	77	0.813	0.383	0.256	15.89	5.194	16.7	13.7	4.3	25.8	3.8	- 1.0
	24 min.	76	0.814	0.386	0.260	15.73	5.219	15.2	13.6	3.7	24.6	2.7	0.5
	25 min.	77	0.801	0.388	0.253	15.82	5.280	16.7	15.0	3.2	26.7	3.4	0.4
	30 min.	71	0.861	0.400	0.296	15.72	5.300	7.6	8.6	0.2	14.2	2.7	1.0

—印は安静時を下まわる負荷率を示す

心電図と呼吸数, VO₂ との相関

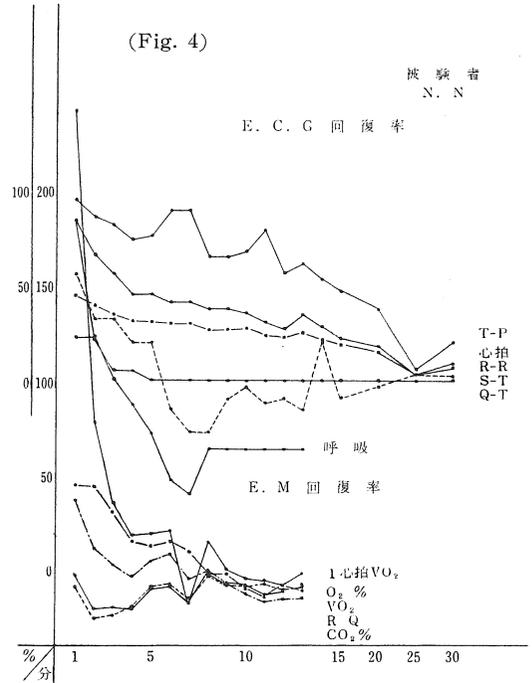
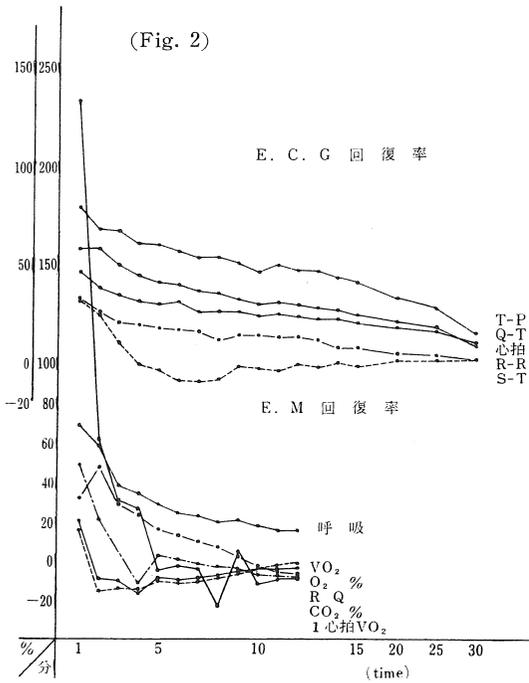
(Table 9)

N=17

呼吸数との相関					Vo ₂ との相関						
項目	心拍	R-R	Q-T	T-P	心拍	R-R	Q-T	T-P	S-R高	S-T高	
安静時	-0.312	* 0.533	0.364	0.197	0.107	-0.070	0.067	* -0.457	-0.265	** -0.770	
回復時間	1 min	-0.117	0.080	0.064	0.021	0.073	-0.096	-0.278	-0.374	0.415	-0.426
	3 min	-0.396	0.304	0.405	0.173	0.026	-0.047	0.105	0.144	0.274	** -0.539
	5 min	-0.319	0.024	0.348	0.050	* 0.465	-0.009	0.013	0.243	0.161	* -0.464
	10 min	-0.196	0.244	0.400	0.160	0.103	-0.014	0.059	-0.235	-0.266	** -0.565
	12 min	-0.231	0.282	* 0.516	0.124	-0.092	-0.020	0.209	0.020	0.183	* -0.494
	15 min	-0.395	0.321	0.227	0.291						
	20 min	-0.269	0.032	** 0.601	-0.011						
	23 min	-0.040	0.239	* 0.540	-0.029						
25 min	-0.235	0.267	** 0.697	0.071							
30 min	0.126	-0.043	0.337	* 0.568							

有意水準 * = 1% ** = 5%

る、この傾向はガス代謝における炭酸ガスの発生率と呼吸数との相関にもみられる。また心拍数においては5分目に5%の有意な相関がみられる。



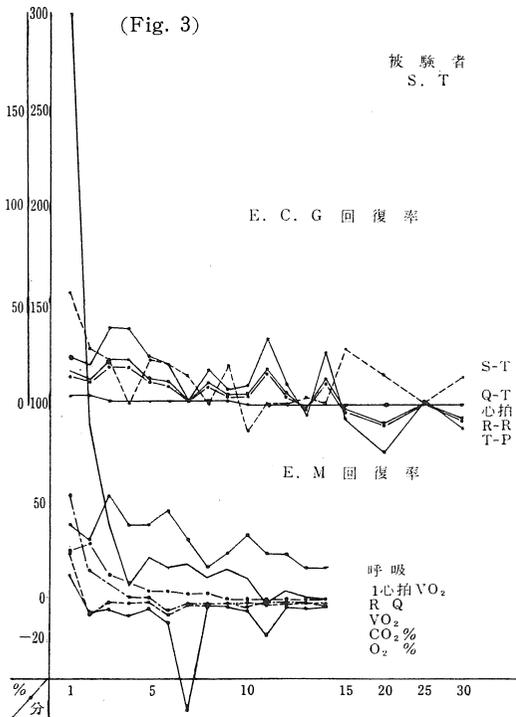
この回復過程の両者の相関をより明瞭にするために (Fig. 2) をみると、各項目の回復過程をみることができ、この図からみてわかる様に回復過程はまず呼吸ガス代謝が先行しこれを追う様に心機能の回復がみられる。また先の (Table 5) の回復率においてその差から、1分から4分を初期回復期とし、以後9分までを第2次回復とみることができ、従って前述した心電図の回復期の区分と比較した場合それぞれ1分のずれが生ずる。呼吸ガス代謝の回復は心電図の回復期より1分づつ先行しているといつてよいであろう。以上の様な関係を保って呼吸ガス代謝と心機能は各々回復をはかってきているが、被験者個人個人の差は (Fig. 3) (Fig. 4) 例を示した通り非常に大きくまた複雑である。

この個人差の問題は今後の研究により、より明らかにしてゆきたいと思う。

結 論

今回の実験研究により下記の点がまず明かになったと云つてよいであろう。

- 1 身体活動後の回復過程は、呼吸ガス代謝では運動後4分を初期回復期とし、以後9分までを第2次回復期とし時間経過にもない段階づけられること。
- 2 心機能の回復は、呼吸ガス代謝に一分づつおくれで回復の時間的経過を示していること。
- 3 心電図のS-T波の高さは、酸素摂取率及び炭酸ガス排出率ときわめて高い関係があること。



- 4 安静時の呼吸数により酸素摂取率及び炭酸ガスの排出率をある程度見きわめることができる。
- 5 心機能の回復は、呼吸回復よりも時間的遅れが大きいこと。
- 6 **Harvard Step Test** の様にかなり激しい身体活動後は、ガス代謝、心機能ともに第2次回復期に心筋の酸素欠乏が認められる。両者の機能が回復するまでの時間は、10分とみることができる。以上結論として主な点をあげたが、この中にもまだまだ多くの問題が残されている。例えば個人差の問題や回復過程の複雑な要因等今後の問題として重相関や負荷条件に変化をもたせることにより究明しなくてはならない。また幾多の課題が生じてきたので今後の問題として本論文をとじる。

参 考 文 献

- 猪飼道夫他 「スポーツの生理学」 同文書院
 猪飼道夫他 “筋力の生理的限界と心理的限界の筋電図学的研究” 体育学研究 第5巻
- 猪飼道夫 「運動生理学入門」 体育の科学社
 中西光雄 「体育生理学実験」 技術書院
 竹中哲夫 「スポーツ医学」 道遥書院
 梅田博道 「肺機能検査」 中外医学社
 時実利彦他 「筋電図の臨床」 協同医学出版
 木村・和田 「心電図とその推理」 南山堂
 E. Grey, Dimond 「図解運動負荷心電図」 永井書店
 朝倉哲彦 「脳波・心電図・筋電図」 南江堂
 スポーツ科学講座「全巻」 大修館書房
- 久松栄一郎他 「スポーツ医学」 体育の科学社
 福田邦三 「人体生理学」 南山堂
 問田直幹他 「新生理学 下巻」 医学書院
- Hill, A.V. “The maximum work and mechanical efficiency of human muscles, and their most economical speed” J. Physiol.
- Hill, A.V. “The heat of shortening and the dynamic constants of muscle” Proc. Roy Soc. Lond.
- Karpovich “Physiology of muscular Activity” W.B.Sanders Co.