心疾患々者の心機能の客観的評価に関する基礎的研究

水野忠和* 黒田善雄* 小山秀哉*
片岡幸雄* 沢田美智子*

A Basic Study on the Evaluation of Cardiac Function of Cardiac Patients

by

TADAKAZU MIZUNO, YOSHIO KURODA, YUKIO KATAOKA,
SHUYA OYAMA and MICHIKO SAWADA

(Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo)

In order to evaluate cardiac function of the mild cardiac patients who belonged to the Category I of the N.Y.H.A. Classification of Cardiac Function, PFIs of ten minute treadmill walking at the speeds of 50 m/min., 70 m/min., and 90 m/min. on the grade level of 8.7 per cent and PWC_{170} on a bicycle ergometer were measured. Results were as follows:

1 PFI of the mild cardiac patients did not differ from that of the healthy subjects at the walking speeds of 50 m/min, and 70 m/min. There was clear difference at the speed of 90 m/min.

2. PWC_{170} showed clear difference between the mild cardiac patients and the healthy subjects.

3. There was high correlationship between PFI obtained from a ten minutes walking at the speed of 90 m/min, and the PWC_{170} on a bicycle ergometer.

4. The clinical evaluation of the mild cardiac patients based on medical examinations showed a good coincidence with that of cardiac function based on PFI and PWC_{170}. [Proceedings of Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo, No. 7, 89～102, 1972]

はじめに

日常生活において特に制限を必要としない心疾患々者に，適切な運動を行なわせることは，患者の心機能の向上，さらには全身的体力の向上に役立つことが考えられるが，疾患の性質上，運動が過度になることは避けねばならない．したがって個人個人の心機能を適確に評価し，それに合った運動を処方する必要がある．現在心疾患々者の退院あるいは，社会への復帰は臨床医学的判断を中心に決定されているが，その後，より積極的に体力向上をめざすための基礎的条件としての心機能を客観的に評価する方法は少ない．心疾患々者の心機能ないし心予備力の判定には現在，大きく分けて，2通りの方法がある．そのひとつは臨床的な方法によるものであり，他は，運動負荷試験によって，客観的に判定しようとするものである．前者は New York Heart Association[3] の心機能分類がよく知られている．しかし，この臨床的方法の欠点は，患者の自覚症に関する感受性の違いや表現の違いから心機能の判定の不確実になることが多い点である．そこで，より正確に患者の心予備力を客観的に知る必要から運動負荷試験法が試み

* 東京大学教養学部体育研究室

られている．運動の方法としては，treadmill 歩行，自転車エルゴメーターこぎ，あるいは踏台昇降など特別に〝なれ〟を必要としないものが使われている．

いわゆる体力の中でもっとも重要な要素とされている全身持久力に関連した呼吸循環機能をみる方法としては maximal test と submaximal test があるが，maximal test は，被検者のたえうる最大限の作業を負荷するため対象が限定され，心疾患々者では危険性が大きく使用出来ない．その点で submaximal test の方が良い．submaximal test には，大きく分けて2種類ある．ひとつは Harvard step test, schneider test, Matster step test などの踏台昇降テスト，Johnson の tolerance test, Bruce の Physical Fitness Index (PFI) などのがあげられる．これらの内，心疾患々者にしばしば使用されているのは Master step test 及び Bruce の PFI である．他は一定範囲内の心拍数と運動負荷強度が直線関係にあることから，定常状態の心拍数が1分当り150又は170の水準に達するに要する運動負荷量を外挿法又は内挿法によって求める PWC_{150}, PWC_{170} であらわす方法である．これには作業量を出し易い自転車エルゴメーターによる負荷方法が一般に用いられている．

そこで，われわれは，心疾患を有する本学学生の体育指導を行なうために，運動処方を作成する基礎資料をうる目的で，かれらの心機能を評価するために treadmill 歩行テスト，自転車エルゴメーターテストなどを行ない，いくつかの知見を得たので報告する．

I. Treadmill 歩行エストによる心機能の評価について

1. 目的

運動負荷試験による心機能の客観的評価は健康者を対象として体育学の分野で種々研究されている．一方心疾患々者を対象としては医学の分野で心疾患々者の社会復帰迄を中心とした研究がなされている．しかし日常生活で特に制限のない軽度の心疾患々者，にいかなる身体活動を与えるのがよいかという問題になると，まだ客観的基準は確立されていないといえよう．このような患者に対して運動処方を与えるためには，まずかれらの心機能を客観的に評価することが必要となる．そこで本研究は，N. Y. H. A. の機能分類でⅠ度に属する軽度の心疾患々者の心機能の客観的評価を目的として，Bruce の PFI テストにのっとり treadmill により種々のスピードによる歩行負荷を行ない，呼吸循環機能の比較検討を行なった．

Johnson[6] 等は健康者の tolerance test として treadmill を使って傾斜 8.6%，毎時7 mile（約188 m/分）の速さで5分間走行させ，運動持続時間，回復期の心拍数から index of fitness for hard work を算出する方法を提唱した．Bruce[7] 等がこの方法を心疾患々者に応用出来るように，(1) 平坦で毎時 2.6 mile (69.7 m/min)，(2) 平坦で毎時 1.73 mile (46.1 m/min)，(3) 傾斜 10%で，毎 1.73 mile (46.1 m/min) 時という3種の負荷条件で検討を行なった結果 (1) の平坦毎時 2.6 mile の負荷は酸素消費が安静時の2倍であり，老人ないし重症心疾患々者では速くて歩行が困難である，又 (2) の平坦 1.73 mile の負荷は酸素消費が安静時の1.5倍で負荷量としては不充分であるとし傾斜 10% 毎時 1.73 mile の負荷は酸素消費が安静時の3～4倍になり，老人でも重症心疾患々者でも歩行ができ，健康者ではこの負荷の場合呼吸効率，心拍数，酸素消費ともに最も大きいことから，この負荷量が心疾患の程度をみるのに適したものであるとした．

Bruce はこの傾斜 10% 毎時 1.73 mile の負荷で 10 分間歩かせて PFI なる示標を算出した．Bruce の PFI は以下の算式で算出する．

$$\mathrm{PFI} = \frac{\text{運動中平均呼吸効率} \times \text{運動時間(分)}}{\text{運動中止後3分間の心拍数合計}} \times 100$$

* 平均呼吸効率＝(吸気 O_2 濃度－呼気 O_2 濃度)の平均

そして10分間の運動負荷を種々なる原因で中止した場合は，中止までの運動時間で計算する．運動を途中で中止しても示標が算出できるのはこの方法の利点である．

Bruce の PFI は健康者で 13～26 平均で 17 で，心疾患々者については N. Y. H. A. Ⅰ度のものの平均値は 16.6±1.3，Ⅱ度の平均値は 14.9±6.2，Ⅲ度の平均値は 9.1±6.4 であると報告されてい

る．

本邦では小林らがやはり treadmill を用いて傾斜 8.7% (5°) 毎分 30 m. 40 m. 50 m. の3段階のスピードで10分間の歩行を行なわせ，PFI 及び酸素負責，酸素脈などを測定し，日本人の場合 50 m/min の歩行は N. Y. H. A. のII，III度群では負荷が強く適用不能な場合が多く，30 m/min の負荷が適当であるとし，30 m/min 法における測定値を Bruce の PFI 算出式に代入して，Bruce の原法のものとほぼ同一の PFI 値が得られたとのべている．

この treadmill 法は treadmill という特別な設備が必要な事から Bruce[9] は 8～9 インチの台を使った簡便法も発表しているが，この方法は呼吸数を用いるため treadmill 法より確かでないとされている．本邦では三宅等[5),10),11)] が Master test 用の踏台を利用した two step 及び one step の運動負荷を実施し，得られた測定値を Bruce の PFI 算出式に導入して PFI を算出し，two step 3 分法，one step 10分法の2種のうち two step 3 分法の結果が，Bruce の原法による成績とよく一致すると報告している．しかし Bruce，小林，三宅らのいずれの方法も，N. Y. H. A. のII，III度群を対象の中心としており，N. Y. H. A. I 度群と健康者との間に有意差の認められた成績はない．そこで我々はI度群に対しては Bruce の傾斜10%毎時 1.73 mile，小林等の傾斜8.7%毎分 30m 等の負荷ではやや軽いのではないかと考え，負荷を増加して健康者及び心疾患々者の呼吸循環系の反応を見た．

2. 対象

対象は昭和 45・46 年度の本学入学者で，心疾患を診断された 18才～20才迄の男子学生 9 名で，疾患の内訳は僧帽弁閉鎖不全症 (M. I)，僧帽弁狭窄症 (M. S)，動脈管開存の (P. D. A) 各1名，大動脈弁閉鎖不全症 (A. I)，心室中隔欠損症 (V. S. D)，心房中隔欠損症 (A. S. D). の各2名であった．対照とした．健康者は同年度入学の男子学生16名である．(表1)

3. 方法

第1表　被検者の体格

健康者					心疾患々者					
	身長	体重	年令	体表面積		疾患	身長	体重	年令	体表面積
K. T.	170·8	49.0	18	1.575	O. A.	MS	173.0	62.0	20	1.756
F. N.	170.0	61.0	19	1.726	K. B.	AI	172.0	67.0	19	1.784
S. Z.	163.3	56.0	19	1.611	N. N.	VSD	163.0	53.0	18	1.613
Y. Z.	162.0	60.0	20	1.651	M. N.	ASD+PS	173.0	62.0	20	1.746
O. G.	168.0	57.0	18	1.659	Y. G.	ASD	172.0	51.0	19	1.609
A. Z.	167.0	59.0	20	1.675	N. M.	PDA	171.0	62.0	18	1.746
N. G.	157.7	55.0	18	1.563	T. I.	VSD	168.0	60.0	20	1.695
N. D.	164.6	56.0	18	1.626	S. K.	MI	174.0	49.0	18	1.596
K. B.	175.0	61.5	19	1.759	K. H.	AI	165.0	53.0	19	1.588
O. D.	175.4	61.5	19	1.783						
T. I.	156.0	50.0	19	1.487						
K. B.	168.5	56.0	19	1.654						
M. N.	167.5	52.0	18	1.601						
F. Y.	160.0	53.8	18	1.565						
F. S.	170.4	62.0	19	1.736						
S. D.	171.2	56.0	18	1.680						
S. T.	168.0	52.0	21	1.601						
Y. K.	176.0	55.5	18	1.698						
平均	167.3	56.1	18.9	1.647	平均		170.1	57.6	19	1.681

treadmill は傾斜 8.7%(5°) とし，歩行スピードは毎分 50 m. 70 m. 90 m の3種である．運動時間は連続10分間を目標として何らかの愁訴があれば直ちに中止することとした．

測定項目は

① 心拍数：胸部双極誘導によりペンオシログラフに記録し，同時に pulse counter によって，安静時から運動中を通じ回復5分までは10秒間隔，5分以後20分までは30秒間隔で連続測定した．

② 呼気ガス：ダグラスバッグ法により採気し，分析は労研式ガス分析器でキャリブレイトした福田レスピライザー BM—10型で行った．呼気ガスの採気は安静時は5分，運動時は2分間隔，回復期は5分間隔で20分まで採取した．

③ 呼吸数：採気マスク内に装着したサーミスターによって連続測定を行った．

以上の測定値より，換気量 (S.T.P.D.) 酵素摂取量，呼吸効率，運動中心拍数，酸素脈，回復期3分間心拍数，R.M.R., PFI 等を算出した．

運動負荷試験の中止時期は，めまい，胸痛呼吸困難，などの愁訴があったり，高度の頻脈・徐脈，期外収縮，跛行が認められた場合直ちに運動を中止することを前提として実施した．

心疾患々者についてはあらかじめ病歴及びそれまでに受けた検査等を調査し，血圧，安静時心電図，ダブルマスター負荷心電図などの検査を行ない，運動負荷テスト実施の可否を決定した．

4．結果と考察

毎分 50 m. 70 m. 90 m. の各スピードにおける歩行時の測定値は表 3—1～3 に示した．

1) 運動中酸素摂取量

各スピードでの歩行中の酸素摂取量の平均値は，50 m 法で健康者が 891 m*l*/min, 心疾患々者が 817 m*l*/mim, 70 m 法で健康者が 1149 m*l*/min, 心疾患々者が 1225 m*l*/min, 90 m 法で健康者が 1399 m*l*/min, 心疾患々者が 1374 m*l*/min であり，3種の歩行スピードでいずれも健康者と心疾患々者との間にほとんど差は認められなかった．

2) 換気量 (S.T.P.D.)

50 m. 70 m. 90 m. 法，いずれも健康者と心疾患々者との間に有意差は認められなかったが，90 m 法において心疾患の方が平均値で毎分 3 *l* 程度多かった．

呼吸数は心疾患々者，健康者共に差が認められない．

3) 呼吸効率

健康者では 50 m 法で 4.66, 70 m 法で 4.55,

第2表　被検者の体格

	健康者					心疾患				
	身長	体重	年令	体表面積		疾患	身長	体重	年令	体表面積
K. T.	170.8	49.0	18	1.575	O. A.	MS	173.0	62.0	20	1.756
Y. T.	160.0	48.0	19	1.488	K. B.	AI	172.0	67.0	19	1.784
S. Z.	163.3	56.0	19	1.611	A. M.	VSD	177.0	60.0	18	1.760
A. Y.	168.0	57.0	18	1.659	K. M.	VSD	161.0	48.0	19	1.494
A. Z.	167.0	59.0	20	1.675	N. E.	PS	171.0	57.0	21	1.680
N. G.	157.7	55.0	18	1.563	O. D.	MS	167.5	50.0	19	1.574
O. D.	175.4	61.5	19	1.783	N. N.	VSD	163.0	53.0	18	1.613
T. I.	156.0	50.0	19	1.487	M. N.	ASD+PS	173.0	62.0	20	1.746
M. N.	167.7	52.0	18	1.601	Y. G.	ASD	172.0	51.0	19	1.609
O. G.	172.0	54.0	21	1.648	N. H.	VSD	164.0	57.0	18	1.631
A. K.	179.0	72.0	20	1.903	S. K.	VSD	170.6	57.0	20	1.680
K. B.	156.0	56.0	19	1.565	O. K.	MI	162.0	51.0	18	1.541
H. M.	165.0	58.0	19	1.649	K. A.	VSD	169.0	52.0	18	1.602
M. I.	169.0	58.0	22	1.679	H. S.	VSD	173.0	72.0	18	1.870
平均	166.1	56.1	19.2	1.634	平均		169.1	57.0	19	1.667

90 m 法で 4.72 とほとんど変化を示していないが，心疾患々者では 50 m 法で 4.29, 70 m 法で 4.33, 90 m 法で 3.96 となり，全体として健康者よりやや低めであり，しかも 90 m 法では健康者が 70 m 法よりやや増加したのに対し心疾患々者では逆にあきらかに低下を示した．

第 3-1 表 50 m/min, 70 m/min, 90 m/min の各負荷テストにおける測定値の平均

	O_2 intake		H. R. exercise	O_2 pulse	$\dot{V}E$ STPD	R. E. mean	H.R. Recovery	PFI	O_2 debt	呼吸数	R.M.R.
	ml/min	ml/kg/min	beats/min	ml/beats	l/min	Vol. %	beats/3 min		l	/min	
50 m/min											
健康者	891	15.8	109	8.2	20.2	4.46	251	17.9	511	23.5	3.4
心疾患	817	14.7	114	7.2	19.1	4.29	275	16.1	579	23.6	3.2
70 m/min											
健	1149	20.2	119	9.2	26.2	4.45	265**	17.0*	731	26.6	4.8
心	1225	20.5	122	10.0	26.6	4.33	291	14.9	1465	24.6	5.4
90 m/min											
健	1399	25.4	134**	10.4	30.1	4.72	301**	15.6***	1013	27.6	6.2
心	1347	23.1	147	9.1	33.0	3.96	356	10.9	1598	27.7	5.9

第 3-2 表 心 疾 患

	O_2 消費	/体重	H. R.	O_2 脈	換気量	呼吸効率	3分 H.R.	PFI	O_2 dept	RMR	呼吸数
90 m/min											
Y. G.	1013	19.1	137.5	7.4	29.3	3.45	288	11.8	1218	4.2	28.7
N. M.	1169	19.0	135.8	8.6	37.9	3.10	354	8.8	594	4.5	30.0
M. N.	1503	25.9	157.8	9.5	32.9	4.57	394	11.0	2503	6.9	26.8
T. I.	1706	28.4	155.4	11.0	31.9	4.73	388	12.0	2080	7,9	25.3
平 均	1347	23.1	146.6	9.1	33.0	3.96	356	10.9	1598	5.9	27.7
70 m/min											
Y. G.	1310	24.7	126.4	10.4	29.6	4.43	286	15.5	2585	6.5	26.8
N. M.	1302	21.0	112.1	11.6	30.0	4.36	277	15.7	985	5.6	26.6
M. N.	1049	18.1	127.3	8.2	24.0	4.37	311	14.1	858	4.5	25.7
T. I.	1140	19.0	109.6	10.4	23.2	3.42	276	12.4	1433	5.1	21.0
S. T.	1327	19.8	136.8	9.7	26.2	5.10	304	16.8	—	—	23.2
平 均	1225	20.5	122.4	10.0	26.6	4.33	291	14.9	1465	5.4	24.6
50 m/min											
Y. G.	720	13.6	109.1	6.6	15.9	4.53	245	18.5	727	2.9	24.6
N. M.	943	15.3	109.1	8.6	21.7	4.36	285	15.3	758	3.7	22.3
M. N.	828	14.3	126.3	6.6	20.3	4.08	320	12.8	810	3.4	24.2
S. K.	826	16.9	131.6	6.3	17.8	4.65	359	13.0	610	3.4	22.4
K. H.	790	14.9	101.2	7.8	18.9	4.21	198	21.3	287	3.0	—
T. I.	800	13.3	104.6	7.7	20.2	3.91	244	16.0	283	2.9	24.7
平 均	817	14.7	113.6	7.2	19.1	4.29	275	16.1	579	3.2	23.6

第 3-3 表 健 康 者

	O_2 intake		H. R. exencise	O_2 pulse	$\dot{V}E$ STPD	R. E. mean	H. R. recovery	PTI	O_2 debt	R.M.R.	呼吸数
	ml/min	ml/kg/min	beats/min	ml/beats	l/min	Vol. %	beats/3 min		ml		/min
90 m/min											
O. D.	1462	23.8	129	11.3	32.1	4.58	271	16.9	560	5.8	—
T. I.	1277	25.5	132	9.7	22.8	5.64	329	17.1	1501	6.5	19.7
N. G.	1455	26.5	144	10.1	29.0	5.02	318	15.8	1095	6.7	31.7
S. Z.	1411	25.2	138	10.2	30.7	4.60	317	14.5	1167	6.6	27.6
N. D.	1297	23.2	130	9.9	32.9	3.95	273	14.5	491	5.4	29.6
K. B.	1513	27.0	143	10.6	31.2	4.85	322	15.1	819	6.4	29.1
S. D.	1634	29.2	130	12.6	40.3	4.06	298	13.6	932	7.1	30.9
F. Y.	1259	23.4	137	9.2	27.9	4.53	286	15.8	765	5.7	32.9
M. N.	1287	24.8	126	10.2	24.3	5.32	303	17.6	1788	6.2	19.4
平 均	1399	25.4	134	10.4	30.1	4.72	301	15.6	1013	6.2	27.6
70 m/min											
K. B.	1444	23.5	135	10.7	33.2	4.36	267	16.3	926	5.8	32.5
O. D.	1111	18.1	122	9.1	26.6	4.18	292	15.7	733	4.4	27.2
T. I.	852	17.0	110	7.8	17.5	4.89	266	18.4	482	3.7	21.2
K. B.	1389	24.8	122	11.4	29.2	5.11	251	20.4	750	5.8	30.2
F. N.	1163	19.1	111	10.5	27.4	4.24	234	18.1	361	4.8	24.0
Y. Z.	1269	21.2	123	10.3	29.0	4.36	280	15.6	1158	5.5	31.6
M. N.	1053	20.3	107	9.8	21.4	4.94	262	18.9	1030	4.7	20.2
F. Y.	1010	18.8	111	9.1	23.0	4.41	219	20.1	662	4.6	28.3
F. S.	1133	18.3	127	8.9	23.9	4.74	286	16.6	915	4.5	23.8
S. D.	1385	24.7	116	11.9	35.8	3.88	276	14.1	620	5.9	27.8
S. T.	919	17.7	122	7.5	21.4	4.30	270	15.9	585	3.9	26.1
Y. K.	1064	19.2	125	8.5	26.6	4.01	281	14.3	550	4.0	26.5
平 均	1149	20.2	119	9.6	26.2	4.45	265	17.0	731	4.8	26.6
50 m/min											
K. T.	770	15.7	110	7.0	18.4	4.20	246	17.1	433	3.0	25.6
F. N.	1042	17.1	101	10.3	25.0	4.18	209	20.0	632	4.0	23.9
S. Z.	844	15.1	108	7.8	19.8	4.26	242	17.6	624	3.3	28.2
O. G.	806	14.1	99	8.2	15.3	5.29	241	22.0	248	2.8	16.3
A. Z.	989	16.8	122	8.1	21.6	4.58	305	15.0	862	4.0	—
N. G.	896	16.3	115	7.8	21.1	4.25	268	15.9	268	3.4	—
平 均	891	15.8	109	8.2	20.2	4.46	251	17.9	511	3.4	23.5

4) 運動中心拍数

50 m 法では健康者 109 beats/min (99～122), 心疾患患者 113 beats/min (101～131), 70 m 法で健康者 119 beats/min (107～135), 心疾患々者 122 beats/min (109～136) で両者の間に有意差は認められなかったが, 90 m 法では健康者 134 beats/min (125～143) であったのに対し心疾患々者では 147 beats/min (135～157) となり $p<0.05$ で有意差が認められた.

5) 回復期3分間の心拍数

50 m 法では健康者 251 beats/3 min, 心疾患々者 275 beats/3 min で両者の間に有意差は認められなかった. 70 m 法では健康者 265 beats/3 min 219～292), 心疾患々者 291 beats/min 276～311) で, $p<0.05$ で有意差が認められた. さらに 90 m 法でも健康者 301 beats/3 min (271～325), 心疾患々者 350 beats/3 min (288～394) で $p<0.05$ で有意差が認められた.

6) 酸素脈

健康者と心疾患々者との間で有意差は認められないが 50 m 法では 8.2 ml/beat, 7.2 ml/beat, 90 m 法では 10.4 ml/beat, 9.1 ml/beat とやや心疾患々者の方が低い傾向がみられた.

7) 酸素負債

運動終了後20分迄酸素負債量は運動負荷の増加につれて, 増加しているが, 50 m/min 法では心疾患々者と健康者とに差が認められない. 70 m/min, 90 m/min 法では健康者で 731 ml, 1013 ml であるのに対して心疾患々者で 1465 ml, 1598 ml となり, 健康者より大きかった.

8) Physical Fitness Index (PFI)

50 m 法で健康者 17.9, 心疾患々者 16.1 と有意差は認められなかったが, 70 m 法で健康者の値が 17.0 と変っていないのに対して心疾患々者では 14.9 と低くなり $p<0.1$ で有意差が認められた. 90 m 法では健康者の 15.6 (13.6～17.6) に対して心疾患々者では 10.9 (8.8～12.0) と差が大きくなり $p<0.01$ の水準で有意差が認められた. なお, この treadmill 歩行テストで負荷を途中で中止した例は1例もなかった.

傾斜 8.7% 歩行スピード毎分 50 m, 70 m, 90 m, の各負荷テストの結果, 健康者は Bruce の原法[7] による健康者の PFI の平均 17.0 とほぼ一致する値を示した. 一方 N. Y. H. A. I 度群に属する心疾患々者では 50 m/min 法で Bruce の原法による I 度群の平均値 16.6±1.3 及び池田等の 50 m/min 法による虚血性・高血圧性心疾患での I 度群の測定値 16.8±3 とほぼ同じ値を示したが, 池田等の先天性・弁膜性心疾患 I 度群の 13.8±1.5 よりは高かった.

50 m 法では N. Y. H. A. I 度の心疾患々者と健康者との間にはほとんどすべての測定値において有意な差を認めなかった. しかし 70 m 法では, 回復期3分間の心拍数 ($p<0.05$) と PFI ($p<0.1$) 差が認められ, 90 m 法では運動中心拍数 ($p<0.05$), 回復期心拍数 ($p<0.05$), PFI ($p<0.01$) に明らかな差が認められ, 酸素脈, 換気量, 呼吸効率等も健康者に比べて低い値を示した. この 90 m 法の R. M. R. は 6.0 程度であった.

Bauce 等[7] は正常者と心疾患々者を鑑別するのに充分で危険性がないと考えられる負荷量は, 酸素消費量が安静時に比し運動時で 3～4 倍の中等度負荷量であるといっている. 我々の行なった傾斜 8.7% 毎分 50 m. 70 m. 90 m. 法では, 酸素消費量がそれぞれ安静時の 3.5, 4.8, 5.6 倍であった. そして今回対象とした N. Y. H. A. I 度に属する心疾患患者と健康者との間に明らかな差が認められたのは 90 m 法であった. すなはち, 心疾患々者であっても心機能がある程度以上良好な場合には運動負荷があまり軽くては, 健康者との機能上の差が現われないので, 負荷強度を強める必要があるわけである. 負荷強度を強めた場合, 健康者と最も差があらわれるのは, 回復期心拍数と運動中心拍数である. 今回の諸測定値の中でも, 90 m 法による健康者と心疾患々者との間で, 酸素脈, 酸素摂取量は心疾患々者の方が少なく, 換気量, 運動後20分迄の酸素負債では心疾患々者の方が大きかった. いうまでもなく, 脈拍数は, 呼吸循環機能の総合的結果と考えられ, 健康者と心疾患々者の 90 m 法による脈拍数の差を説明するにはもっと詳細な検索も必要と思われる, 又全身的トレーニングによって, それらの諸要因がどの様に変化し, その結果として, 呼吸循環機能にどのような効果がもたらされるかという点も今後の大きな課題である.

II. treadmill 歩行テスト (90 m/min 法) 及び PWC_{170} による心機能の評価と, 臨床的評価との関連について

1. 目的

treadmill による歩行速度を 50 m/min, 70 m/min, 90 m/min の3段階で運動負荷テストを行なった結果, 90 m 法において PFI その他に, 健

康者と心疾患々者との間に明らかな差が認められた．そこでもうひとつの submaximal test 法である PWC_{170} の測定を行ない，treadmill 歩行による PFI と比較検討した．さらにこれらの客観的評価と専門医による臨床的評価との一致性についても検討を行った．

PWC_{150}, PWC_{170} という作業能力評価法は，T. Sjöstrand[12] によって開発され，G. Wohlund[13] によって作業能力テストとして修正され，それ以後多くの研究者によって種々の研究がなされている．PWC_{170} は submaximal test であるので広い範囲の被検者を対象にして同じ測度で測定出来，また，PWC_{170} と VO_2 max との相関も高い[19] とされている．PWC_{170} の測定は，G. R. Cumming,[14] F. H. Adams[15] 及び E. Bengtsson[16] は6分間3段階負荷，R. B. Alderman[17] は4分間3段階負荷による3点法，F. H. Adams[18] は6分間2段階負荷の2点法で，それぞれ内挿法又は外挿法によって PWC_{170} の仕事量を求めている．本邦では猪飼[19] は4分間3段階負荷法で，吉沢ら[20] は6分間2段階負荷法で，石河ら[21] は6分間3段階負荷法で行っている．しかしいずれの場合も健康者が対象であり心疾患について行った研究は少なく，池田らの行った PWC は Robinson の年令別最大心拍数を基準にして，4分ないし8分以内にその80%の心拍数に達するときの作業強度を R. M. R. で表わしており PWC_{170} とは別のものである．

2．対象

対象は昭和 46・47 年度の本学入学生で心疾患と診断された 18 才～21 才の男子学生 14 名で，心疾患の内訳は，心室中隔欠損症 (V. S. D.) 7 名，心房中隔欠損症 (A. S. D.)，僧帽弁狭窄症 (M. S.) 各2名，僧帽弁閉鎖不全症 (M. I.)，大動脈弁閉鎖不全症 (A. I.)，肺動脈狭窄症 (P. S.) 各1名であった．対照とした健康者は同年度入学の18才～22才の男子学生14名であった．(表2)

3．方法

前述の実験結果から，treadmill 歩行テストは，90 m/min 法を主体として，プレテストの意味も含めて 50 m/min 法を加えた2種とした．測定項目，方法は前述の実験と全く同じである．さらに PWC_{170} の測定を，日をかえて行った．また心疾患々者については，専門医による臨床的評価を行い，それと PFI 及び PWC_{170} の関連をみた．

PWC_{170} の測定は Elema schönander EM 370 型自転車エルゴメーターを使用し，4分間3段階負荷法で行った．各運動負荷の最終30秒間の心拍数から内挿法，外挿法によって PWC_{170} を求めた．負荷強度の選定はウォーミングアップ時の心拍数から推定して，第3段階負荷で心拍数が 150～160 beats/min になるように表の No. 1～No. 6 の組み合せの中から決定した．PWC_{170} の測定は心拍数の測定のみで可能であるが，treadmill 法と同じ方法で，酸素摂取量，換気量，呼吸数，呼吸効率等についても測定した．

表　負荷強度の組合せ

	watts	watts	watts
No. 1	25	50	75
〃 2	50	70	100
〃 3	75	100	125
〃 4	100	125	150
〃 5	125	150	175
〃 6	150	175	200

運動負荷試験の中止時期も treadmill 法と同様である．テスト前の血圧，心電図検査等も前回の実験と同様に行った．

4．結果

1) treadmill 歩行テストの結果は前述の実験における毎分 50 m. 70 m. 90 m. 法とほぼ同じ傾向を示したが，健康者の 90 m 法における PFI が前実験の測定値よりやや高い値を示した．すなわち，50 m 法の平均値が 17.1，90 m 法の平均値が 17.3 となり，Bruce の原法における健康者の平均 17.0 とほぼ同じ結果を示した．(図—1，表 4—1～3)，一方心疾患々者の PFI は 50 m 法で 16.6，90 m 法で 14.2 であった．

2) PWC_{170} は健康者では 149～210 watts，平均 175 watts であった．心疾患々者では 77～173 watts，平均 138 watts で $p<0.05$ で有意差が認められた．我々の健康者の PWC_{170} 値は，猪飼等が平均年令 27才 (24～31才) の成人男子で得た平均 157 watts (142～177 watts) よりはややよ

第 4-1 表 Performance

	50 m/min		90 m/min	
	normal	patient	normal	Patient
O_2 intake ml/kg/min	15.1	14.6	21.4	24.6
H. R. EXERCISE beats/min	112	110	120	136*
O_2 pulse ml/beat	7.5	7.5	10.7	10.7
$\dot{V}E$ (STPD) l/min	19.1	19.3	29.8	30.8
R. E. vol. %	4.43	4.26	4.30	4.40
H.R. RECOVERY beats/3 min	261	261	250	312*
P. F. I.	17.1	16.6	17.0	14.2*
O_2 debt ml	461	504	1021	1012
R. M. R.	3.2	3.0	5.6	6.1

$$P.F.I. = \frac{E \times R \times 100}{C}$$

E = duration of exercise in minutes
R = average respiratory efficiency during exertion
C = cumulative heart rate for the first 3 min. of recovery

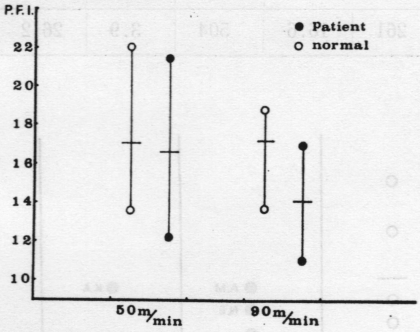

Fig. 1 Comparison of P. F. I. between 50 m/min and 90 m/min

い値を示した.

3) PFI と PWC_{170} の関係については 50 m/min 法の PFI と PWC_{170} との相関は危険率 5 % 水準で有意であった. 90 m/min 法の PFI と PWC_{170} の相関は危険率 1 % 水準で, 有意となりさらに高い相関が認められた. (図—3)

4) 酸素脈と PWC_{170} の相関について, PWC_{170}

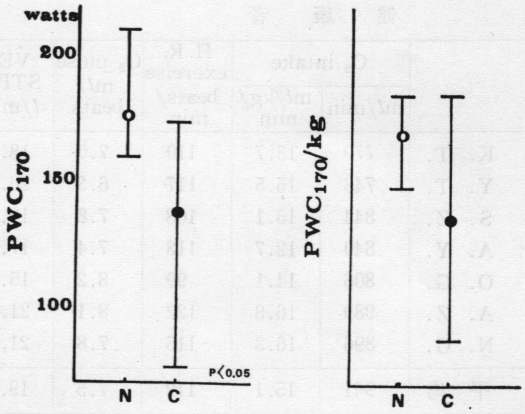

Fig. 2 Comparison of PWC_{170} between normals and patients
N=normals C=cordiac patients

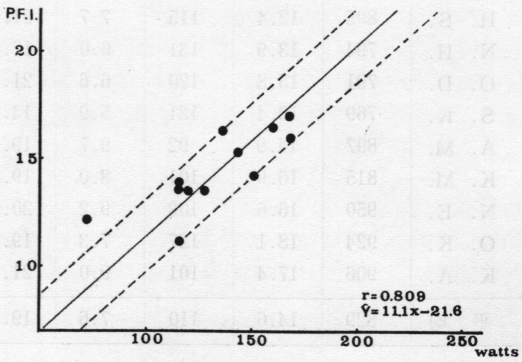

Fig. 3 Correlation of P. F. I. and PWC_{170} (valvular and congenital heartdiseases)

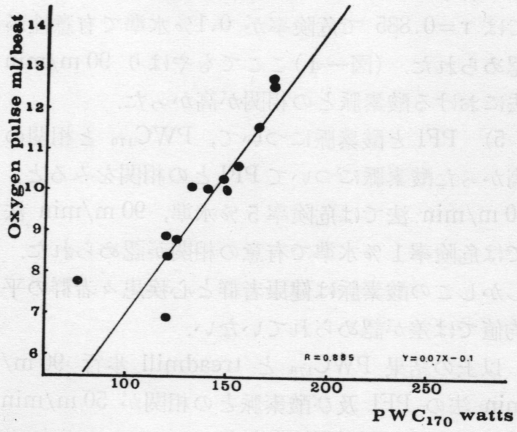

Fig. 4 Correlation between O_2 pulse and PWC_{170}

第 4-2 表 Treadmill test 50 m/min における測定値

	O_2 intake		H. R. exereise	O_2 pulse	$\dot{V}E$ STPD	R. E. mean	H. R. Recovery	PFI	O_2 debt	R. M. R.	呼吸数
	ml/min	ml/kg/min	beats/min	ml/beats	l/min	Vol. %	beats/3 min		ml		
健康者											
K. T.	770	15.7	110	7.0	18.4	4.20	246	17.1	433	3.0	25.6
Y. T.	743	15.5	117	6.3	20.1	3.69	271	13.6	334	3.0	—
S. Z.	844	15.1	108	7.8	19.8	4.26	242	17.6	624	3.3	28.2
A. Y.	840	12.7	113	7.4	17.6	4.76	252	18.8	—	—	26.8
O. G.	806	14.1	99	8.2	15.3	5.29	241	22.0	248	2.8	16.3
A. Z.	989	16.8	122	8.1	21.6	4.58	305	15.0	862	4.0	—
N. G.	896	16.3	115	7.8	21.1	4.25	268	15.9	268	3.4	—
平均	941	15.1	112	7.5	19.1	4.43	260	17.1	461	3.2	24.2
心疾患											
O. A.	705	11.3	100	7.1	17.1	4.12	229	18.0	—	2.3	27.3
K. B.	863	12.9	109	7.9	21.3	3.91	296	—	680	2.7	27.7
N. N.	643	12.0	88	7.2	19.0	3.39	202	16.8	—	2.2	33.4
H. S.	895	12.4	115	7.7	21.5	4.17	294	14.2	510	2.4	23.7
N. H.	794	13.9	131	6.0	17.9	4.41	287	15.4	—	2.7	26.4
O. D.	791	15.8	120	6.6	21.7	3.64	297	12.2	464	3.3	30.5
S. K.	769	13.4	131	5.9	14.7	5.20	309	16.8	370	2.7	24.1
A. M.	897	14.9	92	9.7	19.7	4.37	234	18.6	440	2.8	23.8
K. M.	815	16.9	101	8.0	19.5	4.11	225	18.2	305	3.4	30.8
N. E.	950	16.6	103	9.2	20.0	4.73	219	21.5	655	3.7	21.9
O. K.	924	18.1	127	7.3	19.1	4.84	334	14.4	382	3.9	18.2
K. A.	906	17.4	101	9.0	21.1	4.28	206	20.7	738	3.9	27.3
平均	829	14.6	110	7.6	19.3	4.26	261	16.6	504	3.9	26.2

と 50 m/min 法の酸素脈との相関は危険率1％水準で有意であり，90 m/min 法の酸素脈との相関では r=0.885 で危険率が 0.1％水準で有意性が認められた．(図—4)ここでもやはり 90 m/min 法における酸素脈との相関が高かった．

5) PFI と酸素脈について，PWC_{170} と相関の高かった酸素脈について PFI との相関をみると，50 m/min 法では危険率5％水準，90 m/min 法では危険率1％水準で有意の相関が認められた．しかしこの酸素脈は健康者群と心疾患々者群の平均値では差が認められていない．

以上の結果 PWC_{170} と treadmill 歩行 90 m/min 法の PFI 及び酸素脈との相関が 50 m/min 法より高いことが認められた．

6) 心疾患々者の臨床的評価と運動負荷テスト

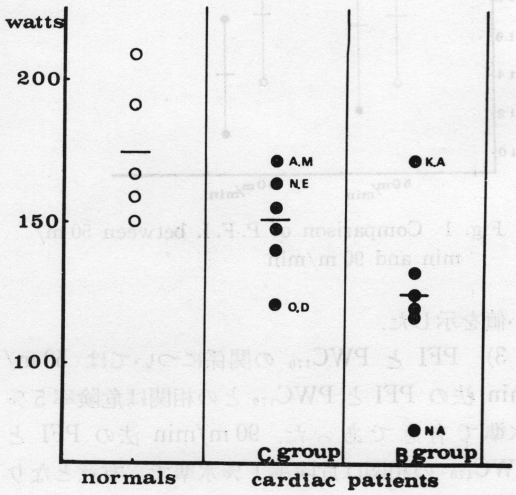

Fig. 5 Comparison of PWC_{170} between normals and patients

第 4-3 表　Treadmill test 90 m/min における測定値

	O_2 intake		H. R. exercise	O_2 pulse	$\dot{V}E$ STPD	R. E. mean	H. R. Recovery	P F I	O_2 debt	R. M. R.	呼吸数	PWC_{170}
	ml/min	ml/kg/min	beats/min	ml/beats	l/min	Vol. %	beats/3 min		ml		/min	
健　康　者												
O. G.	1274	23.5	141	9.0	31.9	3.99	289	13.8	860	5.7	35.4	159
A. K.	1411	19.5	105	13.4	34.6	4.09	218	18.8	500	5.1	30.2	210
K. B.	1196	21.4	116	10.3	28.3	4.27	245	17.4	1060	5.7	31.2	167
H. M.	1258	21.8	116	10.8	29.6	4.25	231	18.4	765	5.9	—	192
M. I.	1201	20.8	119	10.1	24.4	4.92	267	18.4	1665	6.1	—	149
O. D.	1462	23.8	129	11.3	32.1	4.58	271	16.9	560	5.8	—	—
T. I.	1277	25.5	132	9.7	22.8	5.64	329	17.1	1501	6.5	19.7	—
M. N.	1287	24.8	126	10.2	24.3	5.32	303	17.6	1788	6.2	19.4	—
平　均	1296	22.6	123	10.6	28.5	4.63	269	17.3	1087	5.8	27.1	175
心　疾　患												
O. A.	1317	21.2	128	10.3	30.4	4.34	283	15.3	950	5.5	35.4	149
K. B.	1610	24.2	125	12.9	36.6	4.40	318	13.8	885	5.9	29.2	—
N. N.	1316	24.5	119	10.6	33.4	3.86	271	14.2	775	6.3	38.7	156
N. H.	1298	22.7	167	7.8	27.7	4.74	393	12.1	940	5.6	27.1	77
O. D.	1187	23.7	140	8.4	31.0	3.82	344	11.1	985	5.5	35.2	121
S. K.	1072	18.8	154	6.9	22.5	4.76	348	13.6	120	4.0	28.5	121
A. M.	1592	26.5	126	12.6	33.3	4.88	282	17.0	1440	6.8	31.2	173
K. M.	1286	26.7	127	10.1	27.4	4.67	285	16.3	1015	6.3	26.9	241
N. E.	1542	27.0	132	11.6	33.6	4.60	278	16.5	1265	6.8	26.7	165
O. K.	1556	30.5	153	10.1	31.8	4.95	366	13.5	1780	7.8	24.9	133
K. A.	1602	30.8	126	12.8	36.2	4.44	277	16.0	1781	7.9	33.3	173
M. N.	1251	20.1	142	8.0	27.8	4.50	334	13.5	620	—	26.5	125
Y. G.	1180	23.1	133	8.9	29.8	3.82	276	13.8	600	5.2	28.0	120
平　均	1369	24.6	136	10.1	30.8	4.44	312	14.2	1012	6.1	30.1	138

結果との関連性について.

今回の心疾患の被検者を心臓病専門医による，医学的諸検査成績に基づく総合判定により，A. B. C. の3グループに分けた．Cは運動制限の必要のないとみなす者，Bは運動制限の必要があるとみなす者，Aはこれよりさらに疾病度の重いもので，今回の研究対象には含まれていない．

表—5の臨床的クラス分けの項でB→Cとなっているのは，入学時の診断でBグループとされていたのが，その後の心カテーテル等の精密検査の結果，Cグループと評価の変更された例である．(例 K. B., N. N.)．これらの被験者のうちCグループの O, D. 例，とBグループの K. A. 例が心カテーテル等の検査が未了で診断が確定していない者である．

a)　臨床的評価と PWC_{170} の関係(図—5)，まず運動制限をほとんど必要としないと診断されたCグループの心疾患々者の PWC_{170} は健康者のの低位者と，ほとんど差が認められなかった．PWC_{170} が健康者の平均に近い A. M. 例は，大学入学時に心疾患が判明し，心カテーテル検査等の結果，心室中隔欠損症の診断が確定したが，発見されるまでは全く自覚症もなく，したがって運動等も健康者と同じに行なっていた者である．N. E. 例は高校二年の時，軽度の肺動脈狭窄を発見された者であるが，それまで自覚症もなく水泳なども行っていた．このCグループでは一番低い値を示した，O. D, 例は小学生の時，内科医によって心

疾患と診断されたが，小学，中学，高校時代体育は普通に行ってきた例である．しかし，心カテーテル等の検査が未了で診断が確定していない．

つぎに，運動制限を必要とされたBグループでの PWC_{170} は K.A. 例を除いて他はすべて明らかに健康者の値より低かった．このグループは僧帽弁閉鎖不全症である O.K. 例を除いて6名が生下時に疾患が判明しており，心室中隔欠損症が4名，心房中隔欠損症が2名であった．この内，健康者と同じ程度の PWC_{170} (173 watts) を示した K.A. 例は入学時の診断でBグループとされているが，小，中，高校ではマラソン，水泳以外はかなり積極的に運動を行ってきている者である．しかしこの例はまだ，心カテーテル等の精密検査が終了していない．また，このグループの中で一番低い PWC_{170} 値を示した N.H. 例は生下時に心疾患が判明して以来，ほとんど運動経験を持っていない例である．以上の結果臨床診断が確定していないCグループの O.D. 例，及びBグループの K.A. 例，を除いては，精密検査の結果による臨床的評価と PWC_{170} の成績がよく一致する傾向を認めた．

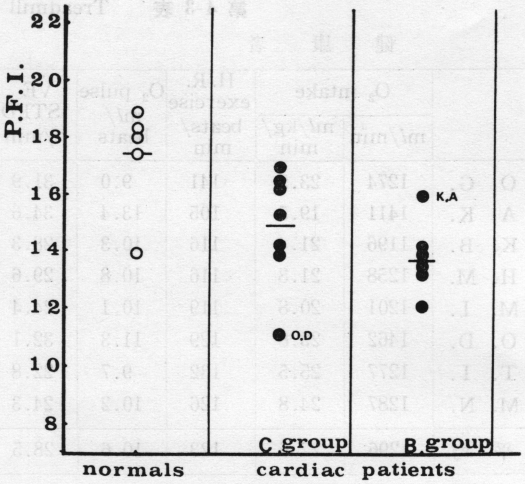

Fig. 6　Comparison of P. F. I. between normals and patients

b)　臨床的評価と 90 m/min 歩行法による PFI との関係．（図―6）

90 m/min 歩行による法と臨床的評価の関係は，PWC_{170} との関係と同じ傾向を示した．Cグルー

第5表　臨床的評価及び疾患判明時と運動歴

被検者	年令	血圧	疾患判明時	検査	診断名	臨床的クラス分け	備考
O. A.	20	118/80	小学2年	心カテーテル	M. S.	C	7才リューマチ熱 中学→テニス
K. B.	19	140/76	大学入学時	〃	A. I.	B→C	大学入学時まで全く自覚症はなかった
A. M.	18	132/82	〃	〃	V. S. D.	C	大学入学時まで全く自覚症なし
K. M.	19	104/48	小学1年	〃	V. S. D.	C	中3まで定期検査した 水泳・マラソンを行なっていた
N. E.	21	144/90	高校2年	心カテーテル	P. S.	C	水泳も行なっていた
O. D.	18	142/72	小学		M. S.	C	小学の時風邪で内科医によって判明 小―中―高　全く普通の体育
N. N.	18	134/76	〃	心カテーテル	V. S. D.	B→C	小4の時K大で心カテーテル
M. N.	20	134/82	生下時	心カテーテル	ASD+PS	B	中→剣道　高→ハンドボール部
Y. G.	19	110/66	〃	〃	A. S. D.	B	ほとんど運動せず
N. H.	18	134/80	〃	〃	V. S. D.	B	全く運動経験は無い
S. K.	20	134/86	〃	〃	V. S. D.	B	S42　心カテーテル
O. K.	18	130/60	大学入学時	心カテーテル	M. I.	B	入学時に判明するけで全く自覚症なし
K. A.	18	120/70	生下時	要心カテ	V. S. D.	B	小中高　マラソン水泳以外は全て行っていた
H. S.	18	120/80	生下時	心カテーテル	V. S. D.	B	運動経験極少

プでは，ほとんど全例が，健康者の弱い者と同じ程度であったが，O.D. 例のみがかなり低い値を示し，これはBグループの心疾患々者例に比べても一番低い値であった．又Bグループでは全例が，健康者よりさらに低い値を示したが，K.A. 例はCグループの平均値より高い値を示した．以上の結果，診断の確定した者については，臨床的評価と我々の行った運動負荷テストの関係は，PWC_{170}, 90 m/min 法における PFI ともによく一致することがわかった．

5. 考察

池田等[8] は PFI と O_2 debt との相関，あるいは PFI と肺動脈中間圧との相関が高いことから PFI が客観的に心機能を表現する示標として信頼性があるとし，又僧帽弁狭窄症の重症度を示す示標としてもある程度信頼性があるとしている．又 Bruce 等[7] は PFI と肺胞気—動脈血酸素分圧較差とよく逆相関すると述べている．これらのことから，PFI がよく心機能を表現するものと思われるが，我々が対象とした心疾患はそのほとんどが N.Y.H.A. I 度群に属し，50 m/min 法での PFI では全く健康者と同じであったが，負荷が強くなるにつれて，健康者との差が明らかになる傾向が認められた．この 90 m/min 法の PFI の信頼性をみるために PWC_{170} との相関及び臨床的評価との関連をみたところ，PWC_{170} と PFI は高い相関を示した．したがって PFI 及び PWC_{170} 共に我々の対象とした Y.N.H.A. I 度群の心疾患々者の心機能を表わす示標となるもの思われる．しかし同じく N.Y.H.A. の I 度に属するものでも医学的検査にもとづいてクラス分けしたB群（運動制限を必要と認められた心疾患々者）と，C群（運動制限を必要と認められなかった心疾患々者）では，PFI, PWC_{170} ともに両群間に差を認めた．これは N.Y.H.A. が普通の日常生活の範囲内における自覚症状をもとにした疾病度分類であるために，より積極的に運動を行う際のクラス分けには適さないものと思われる．

木村ら[2] は虚血性心疾患・高血圧性心疾患のリハビリテーションのために，患者の体力の改善を目的とする運動療法を，心電図による判定を基にした，Master の踏台昇降による，トレーニングプログラムを作成して実施し良い結果を得ている．又赤池ら[1] は自転車エルゴメーターを使って，インターバルトレーニングの形式を用いたトレーニングを実施して，神経循環性無力症の患者において運動能力の増大があったと報告している．我々の対象とした患者の病歴を見ると，大学入学時まで比較的，積極的に運動を行なって来た症例が，PFI, PWC_{170}, などによる心機能の評価が高い傾向を示したという事は大いに注目すべき点であろう．

ま と め

軽度の心疾患々者の心機能を客観的に評価し working capacity を決定するのに必要な資料を得ることを目的として，心疾患々者及び健康者を対象として，treadmill 及び自転車エルゴメーターによる運動負荷テストを行ない，呼吸循環機能の比較検討をし，つぎのような結果を得た．

1) 傾斜 8.7% の treadmill 歩行法で求めた PFI は健康者では歩行速度，毎分 50 m, 70 m, 90 m. の各運動負荷で Bruce の原法の値とよく一致した，N.Y.H.A. I 度に属する心疾患々者では 50/min, 及び 70 m/min では健康者とのあきらかな差がみられなかったが，90 m/min 法で有意差が認められた ($p<0.01$)．さらに運動中心拍数 ($p<0.05$)，回復期心拍数 ($p<0.05$)，に有意差が認められた．又酸素脈，換気量，呼吸効率，等でも心疾患々者の方が低い値を示した．

2) 自転車エルゴメーター法による PWC_{170} は，心疾患々者と健康者との間で有意差があった．($p<0.05$).

3) 90 m 法の PFI と酸素脈との相間は $r=0.780$ 危険率1％水準で，PFI と PWC_{170} との相関は $r=0.809$ 危険率1％水準で有意であった．さらに酸素脈と PWC_{170} の相関は $r=0.885$, 危険 0.1％率水準で有意であった．

50 m 法で求めた PFI と PWC_{170} の相関は $r=0.605$ 危険率5％水準で，PWC_{170} と酸素脈の相関は $r=0.839$, 危険率1％水準で有意であった．したがっていずれの場合も 90m/min 法の方が相関が高かった．

4) 専門医による臨床的評価と PWC_{170} 及び 90

m/min 法における PFI とは，診断の確定したものについてはよく一致した．

5) 心疾患々者の医学的検査による疾病度と心機能との関係を明らかにすることは，積極的な身体活動によってリハビリテーションを進める際にはきわめて重要なことと思われる．

参考文献

1) 赤池・伊藤 心疾患者の運動能力の客観的評価 臨床科学 6巻12号
2) 片山・木村 心疾患のリハビリテーション 内科 26巻5号 (1971)
3) The oriteria commitee of the New York Heart Arroc: 6 th Ed. Little, Brown, Borton (1964)
4) 小林 心疾患々者の予備力判断と運動許容限界 診療 18:1185 (1965)
5) 三宅 心疾患のリハビリテーションに関する研究 Jap., Circulation J. 35:9 (1972)
6) Johson, R. E. Brouha, L. and Darling, R.C. A test of physical fitness for strenuous exertion: Rev. Canad de biol 1:491 (1992)
7) Bruce, R. A., Lovejoy, F. W., Yu P. N. G. and Mcdowell, M. E.: Evaluation and significance of physical fitness for moderate work. Arch. Ind. Hyg. 4:236 (1951)
8) 池田 心疾患の rehabilitation に関する基礎的研究：日内会誌 58:6 (1969)
9) Welch, G. E., Bruce, K. A., Eridges, W. C. and Johnson, A. D. Comparison of a new test with a treadmill test for the evaluation of cardiorespiratory working capacity: Am. J. Med., Sci. 223:607 (1952)
10) 三宅他 心疾患のリハビリテーションに関する研究 リハビリ医学 273:5巻4号 (1968)
11) 三宅 〃 〃 〃 467巻1号 (1970)
12) Sjärtrand, T. Change in reipsratory organs of workmen at an are smeling works. Acta Med. Scand. 196:687 (1947)
13) Wahland, H. G. Determination of the physical working caprcity Acta. Med. scand. 215:1 (1948)
14) Cumming, G. R. and Cumming, P. M. Working capacity of normal children tested on a by bicycle ergometer. Canad. Med. Ars. J. 88:351 (1963)
15) Adams, F. H. and Linge, L. M. The physical working capacity of normal school children. Pediatrics 28:55
16) Bongtsson, E, The working capacity in normal children evaluated by submaximal exercise, on the bicycle ergometer and compared with adults, Acta, Med. Scand, LIV II 91 (1956)
17) Alderman, R. B. Age and rex differences in PWC_{170} of Canadian school children: Des Quat 40:1-5 (1969)
18) Adams, F. H. and Bengtsson E. The physical working capacity of normal school children, swedish city and Country Pediatrics 28:248 (1961)
19) 猪飼 最大下負荷による作業能測定法の検討 体協報告
20) 吉沢他 PWC_{170} による都市と農村生徒の作業能の比較 体育の科学 9 (1970)
21) 石河 日本人の PWC_{170} について 体協報告