原 著

僧帽弁狭窄症の運動中における心電図 と血行動態の関連についての研究 とくに exercise factor について

久留米大学医学部第三内科学教室（主任 木村 登教授）

山田 耕司

ELECTROCARDIOGRAPHIC-HEMODYNAMIC CORRELATIONS IN PATIENTS WITH ISOLATED MITRAL STENOSIS. —ESPECIALLY AS TO EXERCISE FACTOR—

Koji YAMADA

The Third Department of Internal Medicine, Kurume University School of Medicine

(Director: Prof. Noboru Kimura)

概要 リウマチ性心臓病、特に僧帽弁狭窄症患者の適量運動量を判定し、かつ臨床的に用い得るパラメーターを検討するために、僧帽弁狭窄を主とする患者19名について、臥位、自転車エルゴメーターによる22.5wattsの一定持続運動を、原則として14分間行なわせ、その間2分毎に、心拍出量・大動脈圧・肺動脈圧および心電図 V_1 , V_3 , V_5 誘導を同時記録し、得られた数値から、運動中の酸素需要供給のバランスシートを示す指標としてexercise factor(EF)を求め、EFの経時的変動と、対応する各時点における諸数値との関連性を検討してみると、EFと肺動脈圧は逆相関し、EFとmodified-TTIとはさらに良い逆相関を示した。また運動中、最大EFを示す時点における心拍数増加率は安静時の1.5倍前後にあり、さらに心拍数増加率が増すと、EFは急速に低下し始めた。このことは、心拍数が安静時の1.5倍前後に増加した時点に運動の適量限界があることを示していると思われる。

緒 言

各種心疾患患者の回復期、あるいは日常生活において、どのような活動が許可されるかを判定することは、リハビリテーションにおける最も重要な問題になつてきているが、虚血性心疾患の場合、木村らによる運動前後の心電図ST, Tの変動を基準にして運動量を増減し、適量許容運動量を判定する方法は、きわめて日常臨床に適したものであり、かつ血行動態的観点からみても妥当であるこ

とは、すでに報告されてきた¹⁾²⁾³⁾。

しかしながら全く病因の異なるリウマチ性心疾患、特に僧帽弁狭窄を主とする患者における適量運動の判定は、当然また異なつた基準が考えられなければなるまい。このような症例では、その多くが心房細動を呈し、かつジギタリス投与を受けているために、その判定は容易ではなく、経験的には運動後における心拍数の増加が安静時の150%を上まわらない量を、一応適量運動の主な判定基準として用いてきた。

今回著者は、この問題に対する一つの試みとし

〔昭和47年7月24日受稿〕

て僧帽弁狭窄を主とする症例をえらび、運動中の血行動態的各指数間の変化の相関、および心電図変化との関連から、日常臨床における運動前後の心電図変化のうち、血行動態の変化を最もよく反映する所見がいずれにあるかについて検討を試みた。

研究対象および方法

対象 (Table 1~2)

症例は当内科入院患者のうち、理学的所見・心臓カテーテルおよび心血管造影所見から僧帽弁狭窄を主とし、他に有意の弁障害を合併していないと判定された者19名（男性9名、女性10名）で、

Table 1. Hemodynamics in 19 patients with RHD(MS).

No	Age	Sex	BSA	Cardiac Rhythm	Digitalis	$\dot{V}O_2$		AVD		CI		HR		EF
						R	E	R	E	R	E	R	E	
1	45	M	1.61	AF	+	132	351	4.7	7.2	2.80	4.88	70	110	946
2	27	M	1.49	SR	—	156	381	4.2	6.4	3.72	5.95	74	91	991
3	31	M	1.78	AF	+	146	424	5.2	9.2	2.81	4.61	78	120	649
4	41	F	1.44	AF	+	133	316	3.8	6.5	3.50	4.86	78	108	742
5	29	F	1.23	AF	+	155	392	4.7	9.2	3.28	4.26	60	120	412
6	30	F	1.44	AF	+	141	300	4.5	5.9	3.13	5.08	60	90	1227
7	39	M	1.57	AF	+	130	468	4.9	7.9	2.66	5.92	48	84	966
8	45	M	1.54	SR	+	162	530	4.5	7.2	3.59	7.36	72	114	1025
9	31	F	1.42	SR	—	152	409	3.4	5.8	4.47	7.05	78	112	1003
10	30	M	1.55	AF	+	138	315	6.3	9.8	2.19	3.22	84	156	584
11	35	F	1.35	SR	+	159	348	4.7	7.2	3.39	4.84	60	105	770
12	27	F	1.51	SR	—	126	322	4.4	7.6	2.87	4.24	70	110	699
13	42	M	1.48	AF	+	153	358	5.1	7.7	3.00	4.65	72	90	803
14	43	M	1.67	AF	+	157	313	4.7	6.2	3.35	5.04	54	87	1091
15	33	F	1.49	SR	+	118	292	2.8	4.8	4.23	6.08	92	115	1063
16	40	M	1.65	AF	+	130	321	5.3	7.5	2.45	4.28	60	90	959
17	22	F	1.39	SR	—	128	446	3.5	9.0	3.29	4.95	70	112	524
18	19	F	1.39	AF	+	97	312	5.5	11.8	1.76	2.65	48	116	411
19	37	F	1.49	AF	+	135	315	5.3	9.3	2.55	3.39	56	108	406

BSA: body surface area(m²), $\dot{V}O_2$: oxygen uptake (ml/min/m²), AVD: arteriovenous oxygen difference(vol %), CI: cardiac index(ml/min/m²), HR: heart rate(beats/min), EF: exercise factor, R: at rest, E: at a time of maximum EF

Table 2. Hemodynamics in 19 patients with RHD(MS).

No	BASP		BADP		BAMP		PASP		PADP		PAMP		LV·TTI		RV·TTI		T·TTI	
	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
1	112	121	—	84	—	98	25	39	14	19	19	30	784	1331	175	429	959	1760
2	116	123	74	81	95	102	46	75	25	42	35	60	858	1119	340	683	1199	1802
3	151	161	63	91	98	116	36	62	19	35	26	46	1178	1932	281	744	1459	2676
4	119	124	84	88	102	102	52	70	28	43	39	49	929	1339	406	756	1334	2095
5	130	142	70	88	102	102	93	158	32	77	49	105	780	1789	558	1991	1338	3780
6	121	123	70	70	88	88	29	50	18	25	21	36	690	1107	165	450	855	1557
7	112	109	70	70	84	95	37	58	17	35	23	33	538	916	188	487	726	1403
8	128	130	70	77	98	95	53	81	18	40	32	60	922	1482	382	923	1304	2405
9	117	131	67	70	86	91	39	63	18	32	28	49	913	1467	304	706	1217	2173
10	123	109	77	65	88	81	60	95	32	46	39	63	1033	1700	504	1482	1537	3182
11	109	109	63	63	81	74	39	65	23	37	32	47	654	1145	234	683	888	1827
12	119	126	63	74	77	84	57	77	32	42	40	60	833	1386	357	847	1190	2233
13	119	126	67	63	88	91	37	70	19	33	26	49	857	1134	266	630	1123	1764
14	105	109	60	74	74	88	54	81	32	46	39	56	567	948	292	705	859	1653
15	119	130	70	74	88	91	28	47	16	25	23	33	1095	1495	258	541	1352	2036
16	126	161	81	91	109	119	49	91	26	46	33	63	756	1441	294	819	1050	2268
17	123	133	70	65	88	81	43	72	25	46	33	58	861	1490	301	806	1162	2296
18	147	172	63	84	98	102	42	84	19	53	26	63	617	1995	176	974	794	2970
19	116	137	77	88	96	102	40	69	23	39	30	49	650	1480	224	772	874	2252

BA: brachial artery, PA: pulmonary artery, SP: systolic pressure, DP: diastolic pressure, MP: mean pressure (mmHg), LV: left ventricle, RV: right ventricle, T: total, TTI: modified tension time index

年齢は19才から45才にわたり、平均33.4才（男性38.0才、女性29.3才）である。運動負荷試験実施時の心調律は、正常洞調律7名、心房細動12名で、ジギタリス投与を受けていない者4名、維持量服用中の者15名である。

方 法

被検者は空腹状態で心カテーテル台に安静臥位をとらせ、肘静脈より No. 8 Courmand カテーテルを用いて、通常の右心カテーテル検査を行なった後、カテーテルを肺動脈主幹部に留置し、続いて前腕動脈より、ポリエチレンカテーテルを挿入し上行大動脈に留置した。

心電図は四肢誘導電極をおのおの両肩部および腸骨棘部に貼布し、通常の V_1, V_3, V_5 の部に胸部誘導電極を付けた。

呼気ガス量の測定にはフクダElectrometabolar 600 BMSを用い、マウスピースを通じて連続的に記録し、カテーテル留置後15分ないし30分間酸素摂取量の変動を観察し、基礎代謝量の30%以内で安定したところで、各動脈圧および直接Fick法により心拍出量を測定した。

運動強度は一律に 0.5 kilopound · 20 km/hr (22.5watts) とし、臥位のまま心カテ台上に取り

付けた自転車エルゴメーター (Monark-Crescent AB. スウェーデン製) をメトロノームに合わせて踏ませ、運動開始後2分毎に、各動脈血を同時に採血し、続いて各動脈圧および心電図 V_1, V_3, V_5 誘導をElema Schönander製 8 channel jet writing装置 (Mingograf 81) にて最小限20秒間記録した。

心拍数は平均R-R間隔から計算により求め、各動脈圧は平均R-R間隔直後の脈波で測定した数値の平均値を用いた。

運動は呼吸困難、胸痛、著明な頻拍、心室性期外収縮の頻発等をきたさない限り、原則として14分間続行した。

臥位、自転車エルゴメーターによる22.5wattsの運動強度をRMRで求めると、 1.9 ± 0.4 であり、これは著者ら⁴⁾が実測したマスター標準運動強度の約 $1/3$ であるが、14分間の持続運動ではマスター標準運動を約5分間連続して行なうのと同様のカロリーを消費することになる。

以上の諸記録から求めた主な血行動態的計算式を示すと、

1) Exercise Factor(EF)

$$= \frac{\text{運動時心拍出量} - \text{安静時心拍出量(ml)}}{\text{運動時酸素摂取量} - \text{安静時酸素摂取量(ml)}} \times 100 \quad \dots(1)$$

Fig. 1. The changes in dynamics and ECG with exercise. Abbreviations mean the same as in Table 1.

$$= \frac{1 - QR \cdot \frac{d}{v}}{D + d} \times 10^5 \quad \text{但し } QR = \frac{V}{D} \dots\dots (2)$$

E Fは、Ferrer ら⁵⁾によつて提唱された概念で、安静時レベルから一定運動状態における酸素摂取量の増大 100mlに対する心拍出量の増加分である。安静時の動静脈酸素較差をD、安静時からの酸素摂取量増加分をv、動静脈酸素較差増加分をdとすると、1) — (1)式は1) — (2)式のように書き変えることができる。この式からわかるように、一定持続運動中、肺うつ血の進展により酸素摂取量の増大が不十分になると動静脈酸素較差が増大し、E Fは急速に低下するようになる。運動開始後steady stateは4～5分で得られるので⁶⁾⁷⁾、6分後からのE Fを求め、以後の経過における最高値をもつて、その症例のE F値とした (Fig. 1)。

2) 右室 T T I

= 肺動脈収縮期圧 × 心拍数 × 10⁻¹ (mmHg/min)

左室 T T I

= 大動脈収縮期圧 × 心拍数 × 10⁻¹ (mmHg/min)

全 T T I = 右室 T T I + 左室 T T I

両動脈弁に狭窄のないことから、各動脈の収縮期圧を左右心室の収縮期圧とみなして、Monroe ら⁸⁾によるmodified-TTI(m-TTI)を用い、左右心筋の酸素消費量に相当する指標として、右および左心室のm-TTIを求め、また両者を加えて全心筋酸素消費量の指標とした。

結 果

1. 正常洞調律群対心房細動群

当運動負荷試験実施時の心調律のちがいに、正常洞調律群 (7名) と心房細動群 (12名) に分けて、諸計測値を比較検討した (Table 3)。酸素摂取量は安静時・最高E F時とも両群に差は無かつたが、動静脈酸素較差は安静時・最高E F時とも心房細動群の方が高い値を示したため、心拍出量は安静時・最高E F時とも心房細動群の方が低値を示した。

心拍数・各動脈圧および心拍数と各動脈の収縮期圧から求めたm-TTIは安静時・最高E F時のい

ずれの時点でも両群に差は無く、また安静時に対する最高E F時の心拍数増加率 (以下、単に心拍数増加率と略) にも差は無かつた。

運動時の心拍出量が心房細動群で低値を示すことは、従来の多くの研究で明らかにされているが、さらに運動時の心拍数・肺動脈圧に差が無かつた点はBishop⁹⁾、Ferrer⁵⁾らの見解と一致した。

肺動脈圧は心調律の如何にかかわらず、運動開始直後から著明に上昇し、全症例の平均値でみると、最高E F時の収縮期圧は74.3 ± 24.9 mmHg、拡張期圧は40.4 ± 12.3 mmHg、平均圧は53.4 ± 16.6 mmHg、で、これは収縮期圧で29.4 mmHg、拡張期圧で17.5 mmHg、平均圧で22.2 mmHg、安静時より上昇したことになる。

Gorlin¹⁰⁾らは運動により肺毛細管平均圧が35 mmHgを越えると、肺浮腫あるいはその早期症状が出現することを認めているが、肺毛細管平均圧と肺動脈拡張終期圧が平行して動く¹¹⁾とすると、最高E Fに到達した時点における肺動脈拡張期圧の平均値が40.4 mmHgで、さらに圧が上昇すると、肺うつ血の進展のため酸素摂取量は増加し得えず、E F値の低下を来した今回の成績もほぼ同じであつた。またほぼ同量の運動負荷で、肺動脈平均圧が約20 mmHg増加した時点で呼吸困難の発現を認めた森山ら¹²⁾の成績とも一致した。

2. E F値とその他の諸計測値との関連

a) E F値と酸素摂取量・動静脈酸素較差および心拍出量

安静時の酸素摂取量とE F値、最高E F時の酸素摂取量とE F値はいずれも全く相関は無く、また安静時の動静脈酸素較差とE F値の間にも一定の関係は無かつたが、最高E F時の動静脈酸素較差とE F値とは非常に良い逆相関を示した ($r = -0.85$, $p < 0.05$) (Fig. 2)。また安静時の心拍出量とE F値とは正相関したが ($r = 0.50$, $p < 0.025$)、最高E F時の心拍出量とE F値とはさらに良い正相関を示した ($r = 0.71$, $p < 0.025$) (Fig. 3)。

以上の結果は、1) — (2)式より当然考えられるように、軽度ないし中等度の運動の場

Fig. 2. Relationship between maximum exercise factor and arterio-venous oxygen difference(vol%).

合、EF値を決定する主な因子は運動時の動静脈酸素較差の多少であることを示している。

b) EF値と心拍数および心拍数増加率

心拍数とEF値の間には、安静時・最高EF時とも一定の関係は無かったが、最高EF時の心拍数増加率とEF値の間には逆相関を認めた ($r = -0.62$, $p < 0.025$) (Fig. 4)。また最高EF時の心拍数増加率平均は、運動開始直後から明らかな自覚症の出現した4例を除くと、 $150 \pm 16.5\%$ で、以後の経過でさらに心拍数増加率が増すと、大部分の例でEFは著明に低下し始めた (Fig. 5)。

c) EF値と動脈圧

Table 3. Comparison of NSR group and AF group.

		NSR		AF		
		mean	(S.D)	mean	(S.D)	
$\dot{V}O_2$	R	143.0	(18.3)	137.3	(10.0)	
	E	389.7	(80.8)	348.8	(53.1)	
AVD	R	3.9	(0.7)	5.0	(0.6)	$P < 0.005$
	E	6.8	(1.3)	8.2	(1.7)	
CI	R	3.7	(0.6)	2.8	(0.5)	$P < 0.005$
	E	5.8	(1.2)	4.4	(0.9)	
HR	R	73.7	(9.8)	64.0	(12.1)	$P < 0.01$
	E	108.4	(8.3)	107.1	(20.9)	
%BASP	R	148.9	(19.2)	166.5	(33.7)	
	E	118.7	(5.9)	123.4	(13.7)	
BASP	R	126.0	(8.2)	132.8	(21.9)	
	E	68.1	(4.1)	71.1	(7.8)	
BADP	R	72.0	(6.4)	79.8	(10.3)	
	E	87.8	(7.3)	91.6	(10.5)	
BAMP	R	88.3	(9.3)	98.1	(11.8)	
	E	42.7	(8.5)	46.2	(18.0)	
PASP	R	68.0	(11.5)	77.7	(30.2)	
	E	22.4	(5.0)	23.3	(6.5)	
PADP	R	37.7	(7.1)	42.0	(14.5)	
	E	31.9	(5.3)	30.8	(9.1)	
PAMP	R	52.4	(10.2)	53.9	(19.8)	
	E					

(SD): standard deviation

Abbreviations mean the same as in Table 1 and 2.

Fig. 4. Relationship between maximum exercise factor and heart rate increase ratio (%HR).

Open circles indicates the patients who complained of severe dyspnea in a relatively short period.

安静時の各動脈圧とEF値とは一定の関係は無く、最高EF時の大動脈圧とEF値の間にも相関が無かったが (Fig. 6)、最高EF時の肺動脈収縮期圧、拡張期圧および平均圧とEF値の間には、それぞれ逆相関が認められた ($r = 0.50$, $p < 0.05$, $r = -0.61$, $p < 0.01$, $r = -0.52$, $p < 0.025$) (Fig. 7)。

d) EF値とm-TTI

安静時のm-TTIとEF値とは一定の関係が無かったが、最高EF時の右室および左室m-TTIとEF値とは、それぞれ逆相関を示し、全m-TTIとEF

Fig. 3. Relationship between maximum exercise factor and cardiac index (ml/min/m²).

Fig. 5. Changes of exercise factor and heart rate increase ratio (%HR) from maximum exercise factor level to next two minutes of exercise. Open circles indicates the patients who complained of severe dyspnea in a relatively short period.

F値とはさらに良い逆相関を示した($r = -0.61$, $p < 0.01$. $r = -0.66$, $p < 0.005$. $r = -0.71$, $p < 0.005$) (Fig. 8~10).

e) EFの経時的変動と心電図ST, Tの変化
運動開始後6分目以降のEFの経時的変動と、対応する各時点の心電図ST, Tの変化の関連性について検討してみると、EFが低下し始める時点でT波が平低化し、STが低下し始めたものの6例(中ジギタリスを服用していないもの1例)、EF

が低下し始める時点でSTは低下し始めるが、T波には変化が無かつたもの4例(中ジギタリスを服用していないもの1例)、EFが低下し始める時点でT波の平低化を認めたが、STには変化の無かつたもの1例、EFが低下し始めるにもかかわらず、ST, Tに変化を認めなかつたもの5例(中ジギタリスを服用していないもの1例)、経過中EF値は比較的一定した値を保っているにもかかわらずSTの低下あるいはT波の平低化を認めたものの2例、経過中EFは一定でありST, Tにも変化を認めなかつたもの1例(ジギタリスを服用していない例)などであるが、EFの絶対値あるいはその経時的変動の有無および程度とST, Tの変化の有無、程度あるいは変化のパターンの間には、ジギタリス服用の有無にかかわらず、一定の関連性を見出すことは出来なかつた。

3. マスター二階段試験とEF値の関連

当運動負荷試験を実施する数日前に、各症例の運動許容量を推定する意味で、マスター二階段試験を応用した運動負荷試験を行ない、運動後の心拍数増加率(%HR)の程度によつて、以下の如く分類し、EF値との関連を検討してみた。

すなわち、A群； マスター標準運動量(シングルマスター)あるいはそれ以上の運動量で%HR

Fig. 6. Relationship between maximum exercise factor and brachial arterial systolic, diastolic, and mean pressures.

Fig. 7. Relationship between maximum exercise factor and pulmonary arterial systolic, diastolic, and mean pressures.

Fig. 8. Relationship between maximum exercise factor and left ventricular tension time index (LV-TTI).

Fig. 9. Relationship between maximum exercise factor and right ventricular tension time index (RV-TTI).

が 150%以内であつたもの、B群；標準運動量では%HRが 150%を越えるが、標準量未満、標準量の $\frac{1}{2}$ 量（すなわち、シングルマスターの $\frac{1}{2}$ の回数を90秒間で昇降すること）以上の運動量では、150%を越えなかつたもの、C群； $\frac{1}{2}$ 量では150%を越えるが $\frac{1}{2}$ 量より少ない回数を90秒間で昇降するときは、150%以内であつたもの、D群；わずかに数回の階段昇降でも%HRが 150%を越えたものの4群に分けてみると、各群のEF平均値は、A群 947 $\pm$ 91, B群 1008 $\pm$ 169, C群 654 $\pm$ 94, D群 453 $\pm$ 87であつた (Fig. 11).

マスター標準量以上の運動が可能であり、したがって日常生活をほとんど支障なくすごせると考えられるA群では、EFの最低値は 803で、全例 800以上であつた。また標準量未満、標準量の $\frac{1}{2}$ 以上の運動が可能と考えられたB群の場合、EF 770の1例を除いて全例 800を越えていたが、90秒間でシングルマスターの $\frac{1}{2}$ 未満の階段昇降しか出来なかつたC群、D群の場合、EF 800を越える症例は無かつた。

考 案

急性のリウマチ性病変は心筋を広範に侵し、つ

Fig. 10. Relationship between maximum exercise factor and total tension time index (Total-TTI).

Fig. 11. Relationship between maximum exercise factor and Master two step test.

For explanation of A, B, C, D, see text.

いには心筋線維の結合組織化を招き、このため左室心筋の短縮および萎縮を起こし、その結果生じる長期にわたる左室の不動性が低心拍出量の原因となる一方、弁口の機械的狭窄、肺血管抵抗の増大、心房細動などのため、ひとたび心拍出量の低下が起これば、さらに左室のコンプライアンスの低下を来し、これがまた低心拍出量の原因となるという悪循環を生じるに致るようになる」と云われている¹³⁾。

すなわち、僧帽弁狭窄症の場合、弁口の機械的狭窄に基づく右心系の負荷と同時に、Kasalicky

¹⁴⁾, Feigenbaum¹⁵⁾らが運動時の左室拡張期の容量と圧の関係から推定しているように、左室自体にも線維化に基づく、一次性の機能障害を生じているわけであり、またRoss¹⁶⁾らが指摘しているように、その程度は各症例によつて様々であることも考慮する必要がある。

今回用いた右室TTI, 左室TTI, 全TTIについて、右室TTI, 左室TTI, とともにEFと良く逆相関し、両者を加えた全TTIとEFとの間には各単独要素との相関より、さらに良い逆相関々係を示す傾向がある、ということは、EFが心臓のreserve capacityの指標として有用であることを示唆している。

EFの正常下限値については、報告者¹⁷⁾¹⁸⁾により、かなりの変動があり、さらにEpstein¹⁹⁾らのように中等度までの運動では、正常群と心疾患群の間に重複が著明であるとして、EF絶対値の有用性に否定的な見解を示すものもあるが、マスター標準量以上の運動が可能であり、日常生活を殆ど制限なく送れると考えられる疾患群では全例EF 800を越えており、後にHarvey⁶⁾らがEF測定条件を詳しく再検討した結果、正常下限値を800としたのは妥当であつたと思われるが、この点に就いては、Harveyらのいう測定条件のちがいでなく、心疾患の種類や心調律のちがいで、さらに心外膜疾患の有無などもEF値に反影される²⁰⁾ことは、充分考えられるところであり、さらに今後の検討が必要であらう。

この研究でわれわれが求めようとしたのは、患者の耐え得るギリギリの運動負荷によつて、心予備力を知ろうとしたのではなく、まだ患者に明らかな自覚症の出現しない状態で、酸素需要供給の不均衡を見出し、その時点までの運動量をもつて、適量限界の目安を求めようとしたのであるから、運動負荷直後から明らかな自覚症の出現した症例では、当然運動そのものが過負荷であるので、これらの症例を除いて、最大EFを示した時点での、安静時に対する心拍数増加率を求めると $150 \pm 16.5\%$ を得、心拍数がさらに増加するとE

Fは低下し始めるのを認めた。このことは血行動態学的に、心拍数が安静時の1.5倍前後に運動の適量限界があることを示唆するものと考えられる。

結 論

僧帽弁狭窄を主とするリウマチ性心疾患々者19名について、一定の負荷量のもとに、持続運動を行なわせ、血行動態の変動から以下の結論を得た。

1) 心房細動を有する症例は、正常洞調律例に比べて、心拍出量は安静時、運動時とも低い傾向が見られ、従来の見解に一致した。

2) 最大EF時の肺動脈拡張期圧の平均値は40 mmHgで、さらに圧が上昇すると肺うつ血の進展のため、酸素摂取量の増加は制限され、代償的に動静脈酸素較差が増加することにより、EFは低下し始めた。

3) 最大EFと、その時点における右室および左室TTIとは、おのおのよく逆相関し、全TTIとEFとはさらによい逆相関を示した。このことは最大EFが心予備力を反影することを示唆している。

4) 最大EFと、その時点における心拍数増加率は逆相関した。また一定持続運動中、EFの低下し始める時点を、酸素需要供給の不均衡がおこる時点と考えると、その時点における心拍数増加率は、安静時の1.5倍前後にあることを認めた。

5) 運動時の心電図ST、T変化と血行動態的諸計測値との間に、一定の関連を見い出すことは出来なかつた。

文 献

- 1) 木村 登, 関 明: 慢性心疾患の Rehabilitation, 総合臨床, 9: 2229, 1965. —2) R. Tanaka: The study of hemodynamics and electrocardiographic changes before and after exercise, Kurume Med. J. 16: 203, 1969. —3) 水ノ江昭英: 各種心疾患の運動中における心電図と血行動態の關係についての研究, 一特にExercise Factorとの關係について, 久医学会誌, 34: 71, 1970. —4) 山田耕司, 水ノ江昭英, 片山文路, 戸嶋裕徳, 木村登: 虚血性心疾患のリハビリテーション, マスター二階段を用いた運動量変化とエネルギー代謝率, 第12回

日本老年病医学会総会, 昭和46年11月26日発表. —

- 5) Ferrer, M.I., et al.: Hemodynamic studies in rheumatic heart disease, Circulation 6: 688, 1952. —6) Harvey, R.M., et al.: The response of the abnormal heart to exercise, Circulation 26: 341, 1962. —7) Donald, K.W., et al.: A study of minute to minute changes of arterio-venous oxygen content difference, oxygen uptake and cardiac output and rate of achievement of a steady state during exercise in rheumatic heart disease, J. clin. Invest. 33: 1146, 1954. —8) Monroe, R.G.: Myocardial oxygen consumption during ventricular contraction and relaxation, Circulation Res. 14: 294, 1964. —9) Bishop, J.M., Wade, O.L.: Relationships between cardiac output and rhythm, pulmonary vascular pressures and disability in mitral stenosis, Clin. Sci. 24: 391, 1963. —10) Gorlin, R., et al.: Effects of exercise on circulatory dynamics in mitral stenosis, III. Amer. Heart J. 1: 192, 1951. —11) Falicov, R.E., Resnickov, L.: Relationship of the pulmonary artery end-diastolic pressure to the left ventricular end-diastolic and mean filling pressures in patients with and without left ventricular dysfunction, Circulation 42: 65, 1970. —12) Moriyama, K., Fijino, I.: Pathophysiological studies on pulmonary circulatory response to exercise test, Jap. Circulation J. 35: 35, 1971. —13) Clawson, B.J.: Rheumatic heart disease: An analysis of 796 cases, Amer. Heart J. 20: 454, 1940. —14) Kasalicky, J., et al.: Left heart hemodynamics at rest and during exercise in patients with mitral stenosis, Brit. Heart J. 30: 188, 1968. —15) Feigenbaum, H., et al.: Evaluation of the left ventricle in patients with mitral stenosis, Circulation 34: 462, 1966. —16) Ross, J. Jr., et al.: The study of left ventricular function in man by increasing resistance to ventricular ejection with angiotensin, Circulation 29: 739, 1964. —17) Harvey, R.M., et al.: Mechanical and myocardial factors in rheumatic heart disease, Circulation 6: 531, 1955. —18) Lewis, R.P., et al.: Exercise hemodynamics in aortic regurgitation, Amer. Heart J. 80: 171, 1970. —19) Epstein, S.E., et al.: Characterization of the circulatory response to maximal upright exercise in normal subjects and patients with heart disease, Circulation 35: 1049, 1967. —20) Ross, J. Jr., et al.: Left ventricular performance during muscular exercise in patients with and without cardiac dysfunction, Circulation 34: 597, 1966.