

非侵襲的心機能評価法に関する研究-2-下肢挙上法による心周期相成分および心尖拍動波波高成分の変動ならびに心機能曲線の非侵襲的構成法について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/8736

非侵襲的心機能評価法に関する研究

〔2〕下肢挙上法による心周期時相成分および心尖拍動波波高成分の変動ならびに 心機能曲線の非侵襲的構成法について

金沢大学医学部内科学第二講座 (主任：竹田亮祐教授)

金沢医科大学循環器内科 (主任：村上暎二教授)

嵯 峨 孝

(昭和53年9月4日受付)

本論文の要旨は第40回日本循環器学会総会で発表した。

心疾患患者の心機能には、各種の代償機序が働いているため各血行動態値単独では本来の心機能を十分に評価することができず、このため各種の負荷検査が施行されている¹⁾。しかし重症患者の心機能評価や同一患者の反復測定には観血的方法ならびに負荷検査の実施は必ずしも可能ではない。心機図による心機能評価法は簡便で患者に負担を与えない点で優れている。下肢駆血は患者にほとんど苦痛を与えず前負荷を減少させる。この際心周期時相成分の変動を心尖拍動波 (Apexcardiogram: ACG) 拡張期充盈波の変動との関連で考察することは Frank-Starling 機構にもとづく非侵襲的左心機能評価法として臨床上有用であると第1報で報告した²⁾。ここでは (1) 前負荷を増加させる簡便な方法として下肢挙上負荷を施行し、本法による前負荷の増加が心機図上にいかなる変動をもたらし、またその変動が心疾患例における心機能をいかに反映するかについて検討した。(2) さらに、左室拡張末期容量 (Left ventricular end-diastolic volume: LVEDV) を反映する ACG 全拡張期充盈波高比 (DF/OE)^{2)~4)} と1回拍出量、心拍出量あるいは駆出率を反映する ET/PEP^{5)~8)} との関係を探り、心機図法による心機能曲線の作成を試み、この曲線による左心機能評価の有用性について検討した。

対象ならびに方法

対象は健康者 16 例 (男 14 例, 女 2 例), 平均年齢 30

才と心疾患患者 32 例 (男 26 例, 女 6 例) である。心疾患群の内わけは、陳旧性心筋梗塞症 7 例, その他の虚血性心疾患 7 例, 高血圧性心疾患 13 例, 脚気心 1 例ならびに特発性心筋症 4 例であり、これらの心疾患群を NYHA の心機能分類で NYHA 1 度群 21 例を軽症群 (平均年齢 43 才), NYHA 2 度群 6 例ならびに NYHA 3 度群 5 例を重症群 (平均年齢 48 才) として分類した。これらの対象は全例洞調律であり、心機図記録前は強心配糖体やその他の循環器系に影響をおよぼす薬剤の投与はされていない。

被検者を左半側臥位にて 30 分間以上の安静をとらせた後、心尖拍動波、頸動脈波、心音図ならびに心電図を同時記録した。それにひきつづき左半側臥位のまま両側下肢を受動的に約 30° ~ 40° 挙上させ開始 1 分, 3 分, 5 分および 7 分後ならびに挙上解除 1 分および 3 分後に心機図を記録した。記録装置ならびに測定法は第1報に報告したとおりである²⁾。

成 績

I) 下肢挙上負荷による心周期時相成分ならびに心尖拍動波波高成分の変動

各群の安静時、下肢挙上開始 1 分, 3 分, 5 分および 7 分後ならびに挙上解除 1 分および 3 分後における血圧、心拍数ならびに心機図上の各測定項目の実測値および安静時値からの変化量の平均値ならびに標準偏差は表 1, 表 2 および表 3 に示す如くである。下肢挙上

Evaluation of left ventricular performance by using the non-invasive method (II) Analysis of the time intervals of cardiac cycle and the ratios of the diastolic filling waves of the apexcardiogram before, during and after the leg raising test and the construction of the left ventricular function curve by using the non-invasive method. Takashi Saga, Department of Internal Medicine (II) (Director: Prof. Ryoyu Takeda), School of Medicine, Kanazawa University and Division of Cardiology (Director: Prof. Eiji Murakami), Department of Internal Medicine, Kanazawa Medical University.

により有意の変化を示した諸指標の大部分のものはすでに挙上1分後に変化を示し、それらは7分後まで持続し、挙上解除により諸指標の大部分のものは1分以内に前値に復した。前負荷を反映するDF/OEの変化は挙上3分後が最大であるので以下の成績は挙上3分後のみについて記する。

1) 収縮期血圧 (SBP) : SBP は健常群、軽症群ならびに重症群の各群とも挙上後軽度上昇傾向を示し、軽症群では有意の変化 (前値 128 ± 22 mmHg., 挙上3分後 133 ± 24 mmHg., $p < 0.01$, 挙上解除1分後 128 ± 23 mmHg.) が認められたが、他の2群では有意の変化ではなかった。

2) 拡張期血圧 (DBP) : DBP は各群とも有意の変化を示さなかった。

3) 心拍数 (HR) : 心拍数は健常群では不変であった。一方心疾患軽症群では挙上後軽度減少し有意の変化を示した (前値 64.3 ± 10.3 /min., 挙上3分後 62.6 ± 10.7 /min., $p < 0.01$, 解除1分後 64.0 ± 9.5 /min.). しかし、重症群では不変であった。

4) 全拡張期充盈波高比 (DF/OE) : DF/OE は健

常群 (前値 26.7 ± 3.8 %, 挙上3分後 30.9 ± 6.5 %, $p < 0.01$, 解除1分後 26.1 ± 4.3 %), 軽症群 (前値 23.4 ± 5.2 %, 挙上3分後 29.0 ± 5.9 %, $p < 0.01$, 解除1分後 23.3 ± 6.6 %) ならびに重症群 (前値 41.5 ± 6.9 %, 挙上3分後 49.8 ± 9.4 %, $p < 0.01$, 解除1分後 40.5 ± 6.3 %) の各群とも挙上後有意に増大し挙上解除により前値に復した (図1)。また、下肢挙上によるDF/OEの増大程度は重症群において大きく、健常群との間に有意差が認められた ($p < 0.05$) (図7)。

5) a波高比 (a/OE) : a/OE は健常群では不変であったが、軽症群 (前値 9.1 ± 4.2 %, 挙上3分後 11.0 ± 4.8 %, $p < 0.01$, 解除1分後 9.2 ± 4.5 %) ならびに重症群 (前値 26.3 ± 9.0 %, 挙上3分後 30.2 ± 9.8 %, $p < 0.01$, 解除1分後 25.8 ± 7.2 %) では下肢挙上後有意に増大し解除により前値に復した (図2)。また、挙上によるa/OEの増大程度は重症群が軽症群に比し大きい傾向であったが有意ではなかった (図7)。

Table 1. Effect of leg raising on blood pressure and heart rate in normal subjects and patients with heart diseases.

		before		1 min.		3 min.		5 min.		7 min.		off 1 min.		off 3 min.	
		m	SD	m	SD	m	SD	m	SD	m	SD	m	SD	m	SD
SBP (mmHg)	Normal	110	6	111	8	111	6	112	6	112	5	109	6	108	7
				+1	5	+2	3	+2	5	+3	4*	-1	4	-2	3
	NYHA I	128	22	131	22	133	24	131	23	132	23	128	23	127	23
				+3	4*	+5	5**	+3	6*	+4	7*	0	5	-2	6
	NYHA II, III	156	64	156	63	158	63	159	65	159	63	159	63	158	64
				0	5	+2	4	+3	4*	+3	4*	+3	7	+2	5
DBP (mmHg)	Normal	73	7	74	8	74	7	73	8	74	7	72	7	72	7
				+1	3	+1	4	0	3	+1	4	-1	3	-1	3
	NYHA I	86	16	87	16	87	15	88	15	87	16	86	16	86	16
				+1	3	+1	3	+2	4	+1	4	0	3	0	4
	NYHA II, III	100	36	102	35	102	35	103	35	102	35	102	35	101	36
				+1	3	+2	3	+2	3	+1	3	+1	3	+1	4
HR (beats/min.)	Normal	61.5	11.0	61.5	10.6	62.4	9.8	61.0	10.4	61.2	10.6	62.2	11.6	61.2	10.9
				-0.1	1.4	+0.8	2.6	-0.5	1.8	-0.3	2.6	+0.7	5.4	-0.3	2.3
	NYHA I	64.3	10.3	63.0	10.1	62.6	10.7	62.5	11.0	62.3	10.3	64.0	9.5	64.9	9.9
				-1.3	2.3*	-1.8	2.7**	-1.8	3.1*	-2.1	2.6**	-0.3	2.5	+0.6	3.1
	NYHA II, III	62.8	11.3	62.8	12.2	62.6	12.8	63.0	12.3	62.9	12.6	63.2	12.7	61.4	12.7
				0	3.2	-0.2	3.0	+0.2	2.3	+0.1	2.8	+0.4	2.4	-1.4	2.6

Data represent mean values (m) and standard deviation (SD) of the measured values (upper) and the changes from control values (lower).

Abbreviations: SBP=systolic blood pressure DBP=diastolic blood pressure HR=heart rate

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

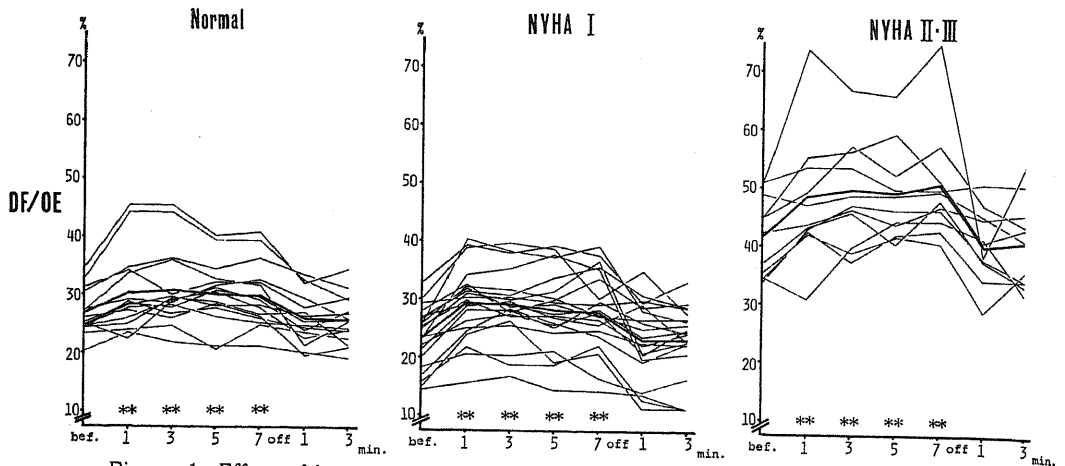


Figure 1. Effect of leg raising on total diastolic filling wave ratio in normal subjects and patients with heart diseases. * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

Table 2. Effect of leg raising on apex cardiographic parameters in normal subjects and patients with heart diseases.

		before		1 min.		3 min.		5 min.		7 min.		off 1 min.		off 3 min.	
		m	SD	m	SD	m	SD	m	SD	m	SD	m	SD	m	SD
DF/OE (%)	Normal	26.7	3.8	30.2	6.7	30.9	6.5	30.4	5.3	30.0	5.4	26.1	4.3	25.9	4.1
				+3.5	3.1**	+4.2	3.6**	+3.7	2.5**	+3.3	2.2**	-0.6	2.8	-0.8	2.0
	NYHA I	23.4	5.2	29.3	6.2	29.0	5.9	28.4	6.7	28.2	6.7	23.3	6.6	23.2	6.1
a/OE (%)				+5.9	3.4**	+5.6	4.0**	+5.0	3.8**	+4.9	4.5**	0	3.6	-0.1	2.5
	NYHA II, III	41.5	6.9	48.5	11.2	49.8	9.4	49.4	8.6	51.0	9.8	40.5	6.3	40.7	7.5
				+7.0	6.6**	+8.3	4.6**	+7.9	5.2**	+9.5	6.2**	-1.0	5.6	-0.7	3.2
RF/OE (%)	Normal	6.2	2.1	6.3	1.8	6.3	2.2	6.0	1.9	5.7	1.7	6.0	1.9	5.6	1.6
				+0.1	0.9	+0.1	1.1	-0.3	1.3	-0.5	1.1	-0.3	1.1	-0.7	1.0*
	NYHA I	9.1	4.2	11.0	4.6	11.0	4.8	10.8	4.3	10.6	4.9	9.2	4.5	8.9	4.0
II-O (msec.)				+1.9	1.7**	+1.9	2.2**	+1.7	1.7**	+1.4	2.1**	+0.1	1.3	-0.3	1.4
	NYHA II, III	26.3	9.0	30.3	11.9	30.2	9.8	30.8	10.6	31.7	11.5	25.8	7.2	25.4	9.0
				+4.6	5.3*	+3.9	2.5**	+4.6	3.0**	+5.5	4.8**	-0.4	5.0	-0.8	2.7
RF/OE (%)	Normal	11.9	3.4	14.9	4.6	15.7	4.1	15.5	4.0	15.5	4.5	12.2	3.6	11.9	3.4
				+3.0	2.2**	+3.9	2.5**	+3.6	2.4**	+3.6	2.6**	+0.3	2.0	0	1.9
	NYHA I	7.3	3.6	10.3	4.5	9.5	4.2	9.9	4.4	9.6	4.5	7.5	4.3	7.4	4.0
II-O (msec.)				+3.1	2.3**	+2.3	2.1**	+2.6	2.1**	+2.4	2.1**	+0.3	2.3	+0.2	1.5
	NYHA II, III	7.2	2.5	9.9	4.0	11.0	4.6	10.4	4.0	11.1	4.8	6.6	3.9	6.8	3.5
				+2.7	3.5*	+3.9	3.2**	+3.2	2.9**	+4.0	3.2**	-0.6	2.3	-0.4	2.1
II-O (msec.)	Normal	118	16	112	13	113	13	114	15	114	13	121	18	119	16
				-6	6**	-6	6**	-4	5**	-4	6*	+2	5	0	5
	NYHA I	158	36	146	34	150	39	152	36	151	35	159	35	158	38
II-O (msec.)				-13	10**	-9	8**	-7	9**	-7	7**	+1	7	-1	9
	NYHA II, III	167	25	158	18	157	18	160	18	159	18	176	31	171	26
				-10	9**	-10	10**	-7	11*	-8	10*	+9	14	+4	7

Data and symbols as in table 1.

Abbreviations: DF/OE=total diastolic filling wave ratio. a/OE="a" wave ratio. RF/OE=rapid filling wave ratio. II-O=interval from the aortic valve sound to the O-point of the apex cardiogram.

6) 急速充盈波高比 (RF/OE) : RF/OE は健常群 (前値 $11.9 \pm 3.4\%$, 挙上3分後 $15.7 \pm 4.1\%$, $p < 0.01$, 挙上解除1分後 $12.2 \pm 3.6\%$), 軽症群 (前値 $7.3 \pm 3.6\%$, 挙上3分後 $9.5 \pm 4.2\%$, $p < 0.01$, 挙上解除1分後 $7.5 \pm 4.3\%$) ならびに重症群 (前値 $7.2 \pm 2.5\%$, 挙上3分後 $11.0 \pm 4.6\%$, $p < 0.01$, 挙上解除1分後 $6.6 \pm 3.9\%$) の各群とも挙上後有意に増大し挙上解除により前値に復した (図3). また, 下肢挙上による RF/OE の増大程度は軽症群が他の2

群に比し小なる傾向であったが有意ではなかった (図7).

7) II-O 間隔 : II-O 間隔は健常群 (前値 $118 \pm 16\text{msec.}$, 挙上3分後 $113 \pm 13\text{msec.}$, $p < 0.01$, 挙上解除1分後 $121 \pm 18\text{msec.}$), 軽症群 (前値 $158 \pm 36\text{msec.}$, 挙上3分後 $150 \pm 39\text{msec.}$, $p < 0.01$, 挙上解除1分後 $159 \pm 35\text{msec.}$) ならびに重症群 (前値 $167 \pm 25\text{msec.}$, 挙上3分後 $157 \pm 18\text{msec.}$, $p < 0.01$, 挙上解除1分後 $176 \pm 31\text{msec.}$) の各群とも挙

Table 3. Effect of leg raising on systolic time intervals in normal subjects and patients with heart diseases.

		before		1 min.		3 min.		5 min.		7 min.		off 1 min.		off 3 min.	
		m	SD	m	SD	m	SD	m	SD	m	SD	m	SD	m	SD
Q-II (msec.)	Normal	403	21	409	20	409	19	409	21	409	19	405	22	405	19
				+7	5**	+6	5**	+7	4**	+7	4**	+2	6	+2	5
	NYHA I	407	34	415	30	416	33	416	32	417	33	409	33	409	35
				+8	7**	+8	6**	+9	8**	+10	8**	+1	6	+2	6
	NYHA II, III	421	36	425	34	425	36	425	37	423	37	420	38	424	36
				+4	6	+4	8	+4	7	+2	10	-1	7	+2	8
PEP (msec.)	Normal	104	8	101	9	100	9	101	7	101	8	105	10	108	9
				-4	2**	-4	3**	-4	3**	-3	3**	+1	3	+3	2
	NYHA I	131	24	124	20	125	21	127	23	126	21	133	25	134	27
				-7	6**	-6	5**	-5	4**	-5	5**	+2	5	+2	7
	NYHA II, III	149	30	143	26	145	28	145	29	143	28	148	30	147	27
				-5	6**	-4	5*	-4	6	-6	7*	0	2	-1	5
ICT (msec.)	Normal	76	8	72	9	71	9	71	8	72	7	76	9	79	8
				-4	3**	-5	4**	-4	4**	-3	4**	+1	3	+3	3
	NYHA I	99	23	92	20	94	21	95	22	94	20	101	25	102	26
				-7	6**	-5	5**	-5	5**	-5	5**	+2	5	+3	6
	NYHA II, III	107	23	102	19	103	21	103	23	101	22	108	23	107	20
				-5	8	-4	6	-4	6	-6	7*	+1	3	0	7
ET (msec.)	Normal	298	19	309	18	308	17	309	19	308	18	299	21	297	18
				+10	6**	+10	7**	+11	4**	+10	4**	+1	6	-2	5
	NYHA I	276	22	291	19	290	20	290	21	291	21	275	23	275	23
				+15	8**	+14	9**	+13	9**	+15	10**	-1	7	-1	7
	NYHA II, III	273	41	282	41	280	41	280	43	280	44	272	44	276	42
				+9	8**	+8	7**	+8	7**	+8	8*	0	6	+4	6
ET/PEP	Normal	2.88	0.30	3.09	0.34	3.10	0.36	3.09	0.30	3.06	0.31	2.87	0.38	2.77	0.30
				+0.22	0.11**	+0.23	0.16**	+0.21	0.11**	+0.19	0.10**	-0.01	0.12	-0.10	0.09**
	NYHA I	2.17	0.41	2.40	0.41	2.38	0.45	2.36	0.49	2.38	0.47	2.14	0.43	2.14	0.45
				+0.23	0.12**	+0.22	0.17**	+0.19	0.16**	+0.21	0.17**	-0.03	0.10	-0.03	0.12
	NYHA II, III	1.93	0.63	2.06	0.62	2.03	0.63	2.04	0.67	2.06	0.67	1.93	0.64	1.96	0.62
				+0.12	0.10**	+0.10	0.09*	+0.10	0.12*	+0.13	0.13**	0	0.04	+0.03	0.07

Data and symbols as table 1.

Abbreviations : Q-II=total systolic period PEP=pre-ejection period ET=left ventricular ejection time ET/PEP=ratio of the ejection time to the pre-ejection period

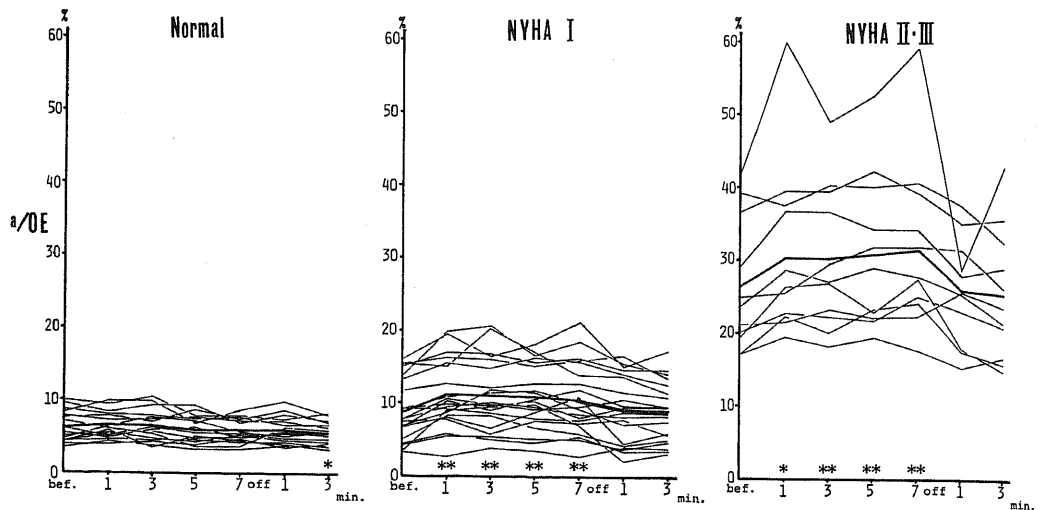


Figure 2. Effect of leg raising on "a" wave ratio in normal subjects and patients with heart diseases. Symbols as in figure 1.

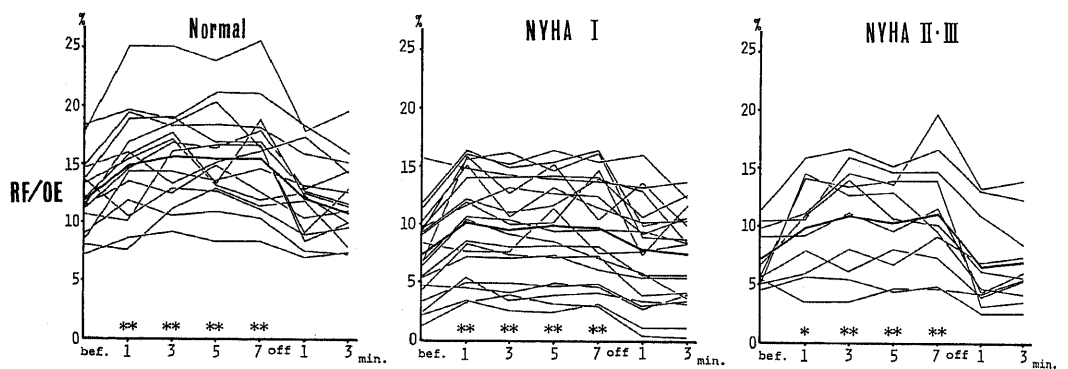


Figure 3. Effect of leg raising on rapid filling wave ratio in normal subjects and patients with heart diseases. Symbols as in figure 1.

上後有意に短縮し挙上解除により前値に復した。

8) 収縮期 (Q - II) : Q - II 時間は健常群 (前値 $403 \pm 21\text{msec.}$, 挙上 3 分後 $409 \pm 19\text{msec.}$, $p < 0.01$, 挙上解除 1 分後 $405 \pm 22\text{msec.}$) ならびに軽症群 (前値 $407 \pm 34\text{msec.}$, 挙上 3 分後 $416 \pm 33\text{msec.}$, $p < 0.01$, 挙上解除 1 分後 $409 \pm 33\text{msec.}$) では挙上後有意に延長し挙上解除により前値に復した。一方、重症群では挙上後 Q - II 間隔の延長傾向を示したが有意の変化ではなかった。

9) 前駆出期 (PEP) : PEP は健常群 (前値 $104 \pm 8\text{msec.}$, 挙上 3 分後 $100 \pm 9\text{msec.}$, $p < 0.01$, 挙上解除 1 分後 $105 \pm 10\text{msec.}$), 軽症群 (前値 $131 \pm 24\text{msec.}$, 挙上 3 分後 $125 \pm 21\text{msec.}$, $p < 0.01$, 挙上解除 1 分後 $133 \pm 25\text{msec.}$) ならびに重症群 (前値 149

$\pm 30\text{msec.}$, 挙上 3 分後 $145 \pm 28\text{msec.}$, $p < 0.05$, 挙上解除 1 分後 $148 \pm 30\text{msec.}$) の各群とも挙上後有意に短縮し挙上解除により前値に復した (図 4)。また、挙上による PEP の短縮程度は 3 群ともほぼ同程度であった (図 7)。

10) 等容収縮期 (ICT) : ICT は健常群 (前値 $76 \pm 8\text{msec.}$, 挙上 3 分後 $71 \pm 9\text{msec.}$, $p < 0.01$, 挙上解除 1 分後 $76 \pm 9\text{msec.}$) ならびに軽症群 (前値 $99 \pm 23\text{msec.}$, 挙上 3 分後 $94 \pm 21\text{msec.}$, $p < 0.01$, 挙上解除 1 分後 $101 \pm 25\text{msec.}$) では挙上後有意に短縮し挙上解除により前値に復した。一方、重症群では挙上後 ICT の短縮傾向が認められたが有意の変化ではなかった。

11) 駆出期 (ET) : ET は健常群 ($298 \pm$

19msec., 挙上3分後 308 ± 17 msec., $p < 0.01$, 挙上解除1分後 299 ± 21 msec.), 軽症群 (前値 276 ± 22 msec., 挙上3分後 290 ± 20 msec., $p < 0.01$, 挙上解除1分後 275 ± 23 msec.)ならびに重症群(前値 273 ± 41 msec., 挙上3分後 280 ± 41 msec., $p < 0.01$, 挙上解除1分後 272 ± 44 msec.)の各群とも挙上後有意に延長し挙上解除により前値に復した(図5).また, 挙上によるETの延長程度は重症群が他の2群に比し小なる傾向であり, 軽症群と重症群間に有意差が認められた ($p < 0.05$) (図7).

12) ET/PEP: ET/PEPは健常群 (前値 $2.88 \pm$

0.30 , 挙上3分後 3.10 ± 0.36 , $p < 0.01$, 挙上解除1分後 2.87 ± 0.38), 軽症群 (前値 2.17 ± 0.41 , 挙上3分後 2.38 ± 0.45 , $p < 0.01$, 挙上解除1分後 2.14 ± 0.43) ならびに重症群 (前値 1.93 ± 0.63 , 挙上3分後 2.03 ± 0.63 , $p < 0.05$, 挙上解除1分後 1.93 ± 0.64) の各群とも挙上後有意に増大し挙上解除により前値に復した (図6). また, 挙上によるET/PEPの増大程度は重症群が他の2群に比して小さく有意差が認められた ($p < 0.05$, $p < 0.05$) (図7).

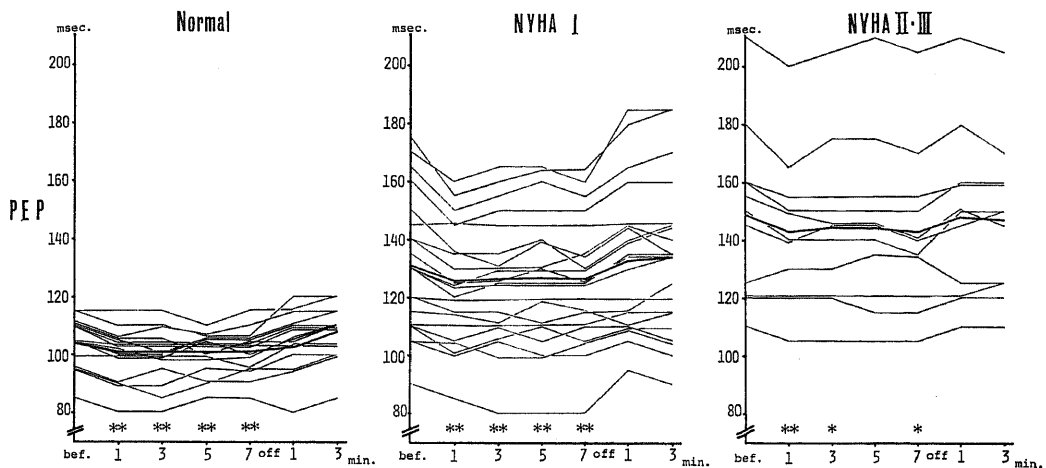


Figure 4. Effect of leg raising on pre-ejection period in normal subjects and patients with heart diseases. Symbols as in figure 1.

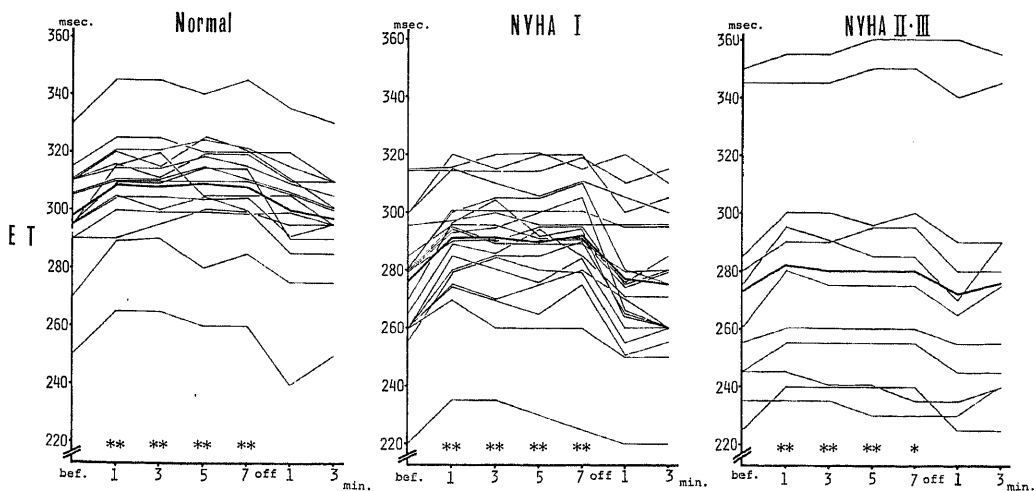


Figure 5. Effect of leg raising on ejection time in normal subjects and patients with heart diseases. Symbols as in figure 1.

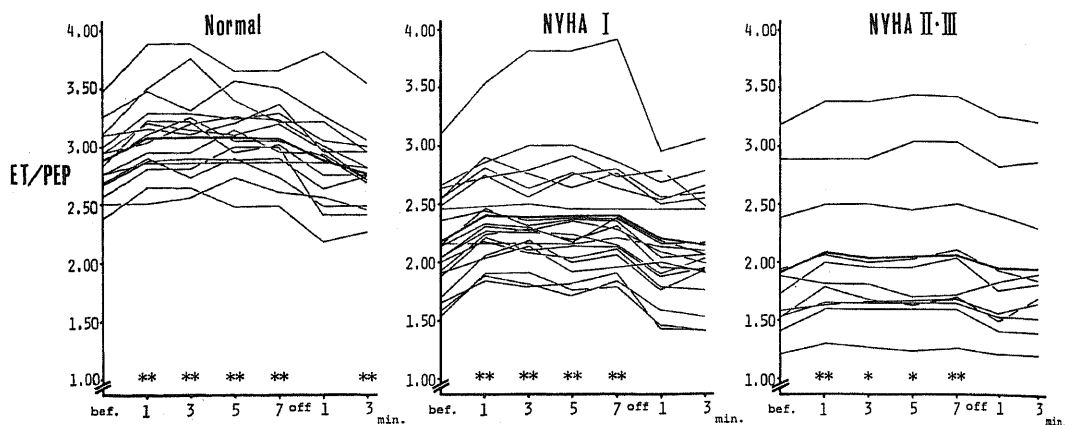


Figure 6. Effect of leg raising on the ratio of ejection time to pre-ejection period in normal subjects and patients with heart diseases. Symbols as in figure 1.

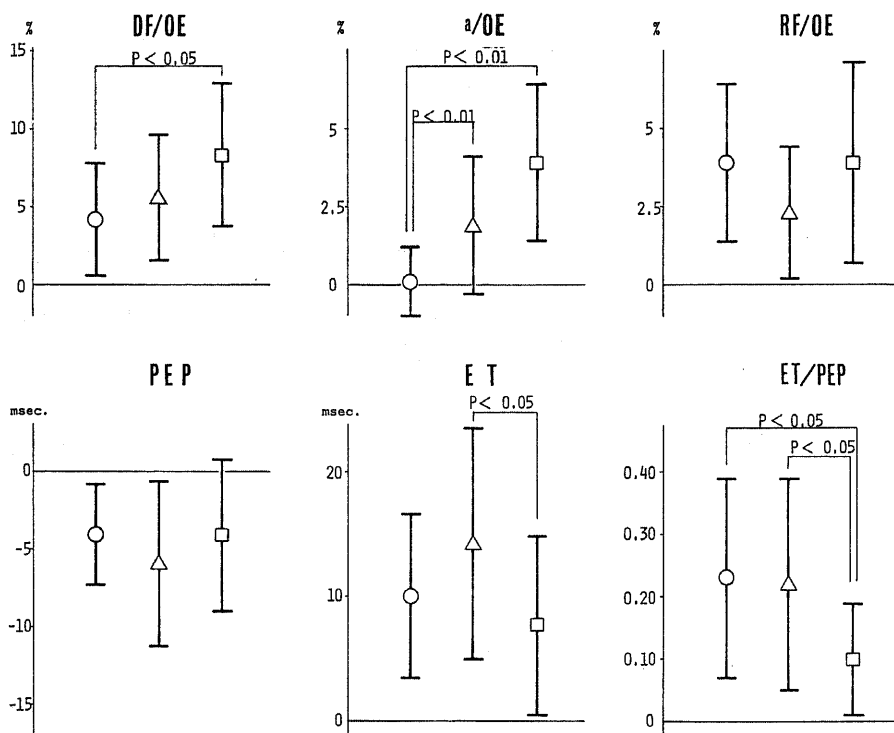


Figure 7. Changes in filling wave ratios and systolic time intervals caused by leg raising in normal subjects and patients with heart diseases. The bar represents the standard deviation of the mean response.

- : normal group
- △ : group with NYHA functional class I
- : group with NYHA functional class II, III

II) 下肢駆血ならびに挙上負荷における DF/OE と ET/PEP との関係

次に安静時、下肢駆血ならびに下肢挙上時における ACG 全拡張期充盈波高比 (DF/OE) と ET/PEP とを対応させて心機能曲線を描くことを試みた。9 例において同一日ないし数日後に再検し、この曲線の再現性を検討した。また 8 例において Lanatoside C 0.4mg の静脈注射 40 分後および 8 例において Propranolol 10mg の静脈注射 10 分後の曲線の変化を観察し、さらに陳旧性心筋梗塞による低心拍出量性心不全例ならびに脚気心による高心拍出量性心不全例の治療前後の経過をこの曲線の変化を指標にして追跡した。

図 8 は下肢駆血ならびに挙上負荷の前・中・後における NYHA 分類の各群の DF/OE の平均値と ET/PEP の平均値との関係を示したものである。健康群、軽症群ならびに重症群の 3 群とも DF/OE と ET/PEP との間には強い相関が認められ、かつ重症群は右下方に位置し回帰直線の係数は健康群に比し高度に減少しているのが認められた。

図 9 は心疾患群を心胸郭比 (CTR)、色素稀釈法による循環時間 (AT) および心係数 (CI) ならびに UCG 法による駆出率 (EF) により正常群と異常群に分類し

各群の DF/OE の平均値と ET/PEP の平均値との関係をみたものである。いずれも異常群は右下方に位置し、かつ回帰直線の係数は正常群に比し減少しているのが認められた。

図 10 ならびに図 11 は回帰直線の係数を 100 倍して心機能の一指標としての再現性ならびに有用性を検討したものである。

同一日あるいは数日後に再検した 9 例の DF/OE と ET/PEP との回帰直線の係数はほとんど 45° の直線上に存在し、その変動量の範囲は 0.5 ± 0.5 であった (図 10)。

強心配糖体を投与すると全例とも回帰直線の係数は増大し、その変化量は $+2.1 \pm 1.9$ であり有意の変化であった ($p < 0.05$) (図 11)。一方、 β -交感神経遮断剤を投与すると回帰直線の係数は 8 例中 7 例が減少し、その変化量は -1.4 ± 1.0 であり有意の変化であった ($p < 0.01$) (図 11)。

図 12 に陳旧性心筋梗塞による低心拍出量性心不全例における治療前後の経過を示す。治療前において ET/PEP は低値を示し、かつ DF/OE と ET/PEP との関係の回帰直線の係数は著明に低値を示した。治療後 ET/PEP は増大し、DF/OE と ET/PEP との回帰直線は上方に移動し、かつ回帰係数は治療前に比し増大し

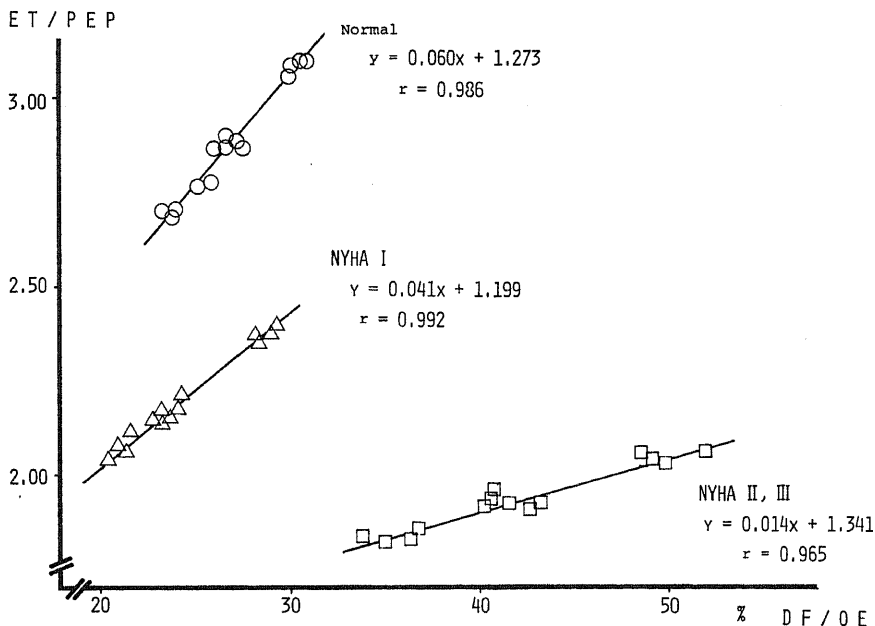


Figure 8. Relation of mean values of ET/PEP to that of DF/OE, before, during and after application of venous tourniquets and leg raising in normal group, the group with NYHA functional class I and the group with NYHA functional class II, III.

た。

図 13 は脚気心による高心拍出量性心不全例の経過を示したものである。入院時の ET/PEP は高心拍出量を反映して高値を示しているが、一方、DF/OE も著明な高値を示し、したがって DF/OE と ET/PEP との関

係の回帰直線は右上方に位置し、かつ回帰係数は著明に低値を示した。心不全状態の改善後、DF/OE ならびに ET/PEP は減少し、回帰直線は左下方に移行し、かつ回帰係数は増大した。

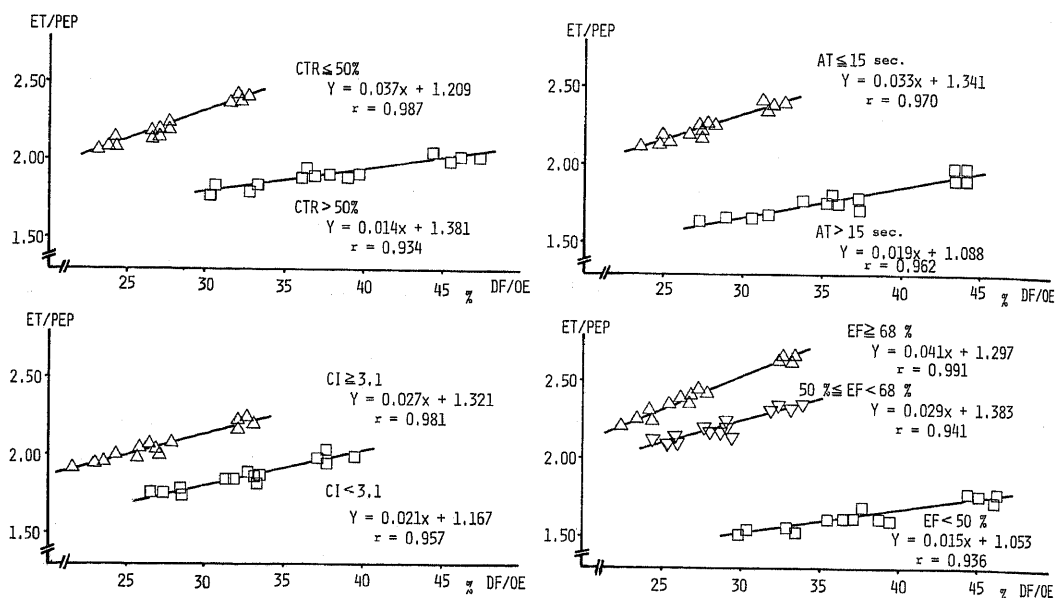


Figure 9. Relation of mean values of ET/PEP to that of DF/OE, before, during and after application of venous tourniquets and leg raising in patients with heart diseases. Abbreviations : CTR = cardiothoracic ratio AT = appearance time obtained by dye dilution method. CI = cardiac index obtained by dye dilution method. EF = ejection fraction obtained by UCG method.

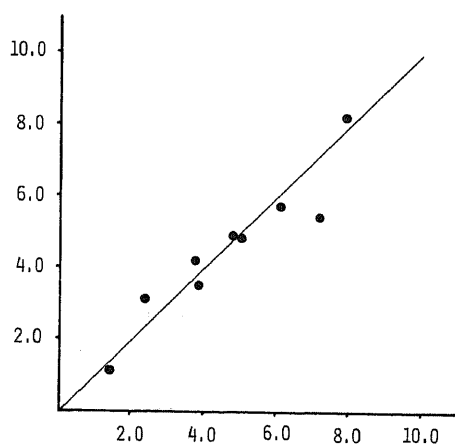


Figure 10. Reproducibility of coefficient of regression equation for the relationship between ET/PEP and DF/OE. The solid line is the line of ideal correlation.

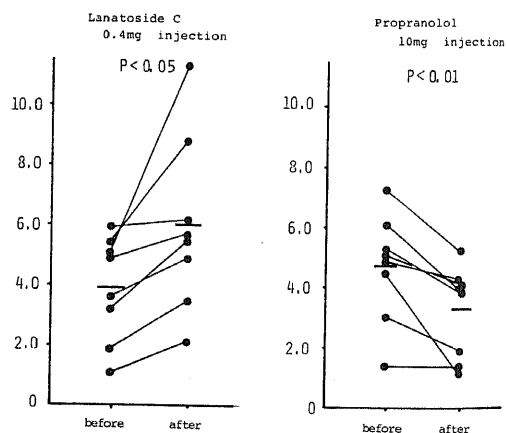


Figure 11. Changes in regression coefficients caused by positive and negative inotropic agents.

考 按

安静あるいは横臥時のヒトでは全血液量の 50 % 以上が体静脈系に、約 30 % が胸腔内血管に、15 % 以下が体動脈系に存在する。その結果、体位変化で起こる

血液の移動はほとんど低圧系に限られる⁹⁾。下肢挙上負荷は心臓への静脈還流を増大せしめ、そのため胸腔内大静脈圧ないし右房圧の上昇¹⁰⁾ならびに左室拡張末期圧の上昇³⁾¹¹⁾をもたらすことが報告されている。また、Wayne¹²⁾は狭心症の症例において本法を施行し

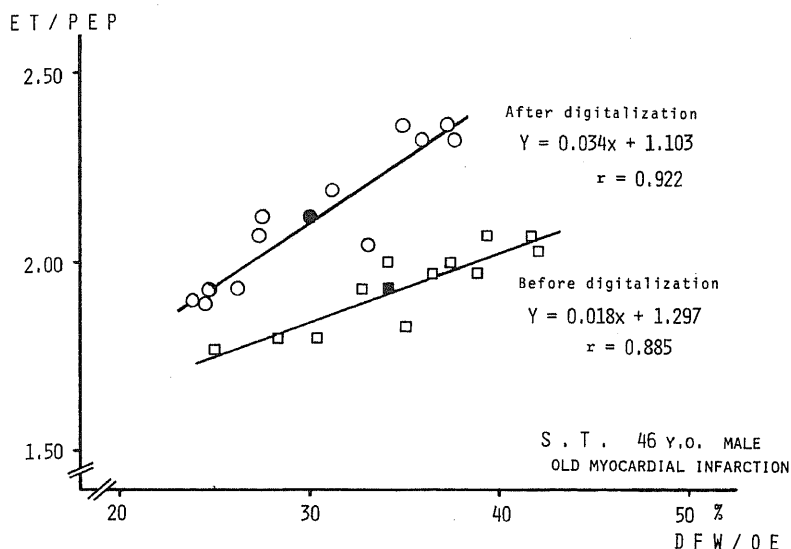


Figure 12. Clinical course in a patient with heart failure before and after digitalization.

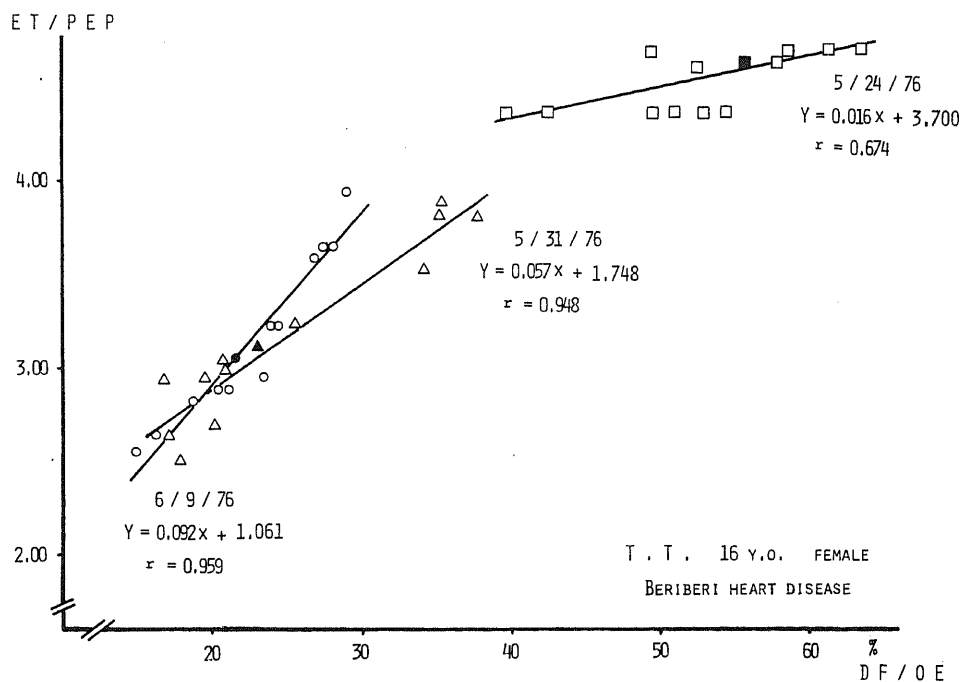


Figure 13. Clinical course in a patient with high output heart failure.

てACG a波の増高, ICT および IRT の短縮を認め、本法が前負荷の増大ならびに左房圧の上昇をもたらすことを示唆し、Chaithiraphan ら¹³⁾はETの延長をもたらすことを報告している。最近升谷ら¹⁴⁾はUCG法を用いて下肢挙上負荷による左室拡張末期容量の変化を検討し、平均約15%の増加を認め、さらに一回拍出量、心拍出量ならびに健常者における駆出率の増大を報告している。すなわち本法は静脈還流ならびに前負荷の増大をもたらす有効な一手段であると考えられる。

今回下肢挙上負荷により変化したDF/OEの増大、II-O間隔の短縮ならびに心疾患群におけるa/OEの増大は、第1報で報告のごとく²⁾左室拡張末期容量の増加ならびに左房圧の上昇を示唆するものであり、したがって心機能評価のために前負荷を増大せしめる目的は達せられたものと考えられる。そして今回同時に認められたPEPおよびICTの短縮、ETの延長ならびにET/PEPの増大は前負荷の増大による心拍出量の増加を反映しているものと考えられる^{5)-8), 15)-19)}。

ところで心拍出量を決定する要因として前負荷、後負荷、心筋収縮性および心拍数が主なものとして挙げられている¹⁾。下肢挙上負荷検査においては拡張期血圧の変動は認められず、心拍数は軽症群において減少したがその変化量は極めて軽度のものであり、従って今回の下肢挙上による前負荷の増加がそのまま心拍出量を増加させているものと考えられ、本法による心機能図上の変化はFrank-Starling機構で説明可能と考えられる。

心機能の評価には従来より種々の方法が使用されているが、大別すれば、ポンプ機能を評価する方法と心筋収縮力そのものを評価する方法に分けられる¹⁾。この中で心機能曲線はポンプ機能のすぐれた表現の1つであり臨床的に広く応用されている。しかしこの曲線を得るには通常観血の方法を必要とし、さらにこの曲線を求めるに要する2点以上の値を得るには種々の負荷検査を必要とし、日常臨床での利用には適していない。

心機能図法による心機能評価は簡便で患者に負担を与えないという点で優れている。心周期の諸時相は心ポンプ機能ならびに心筋収縮性の諸指標とよく相関し^{5)-8), 15)-22)}、心尖拍動波の拡張期波高成分は前負荷を反映するので^{2)-4), 8), 22)-29)}、収縮期時相成分の変動を心尖拍動波波高成分の変動との関連において考察することはFrank-Starling機構にもとづく非侵襲的左心機能評価法として臨床上有用である。

一方、第1報の下肢駆血²⁾ならびに今回の下肢挙上負荷検査は簡便で明らかに静脈還流ならびに前負荷を減

増させるものであり、しかも血圧ならびに心拍数の変動は極めて軽度であり、下肢駆血ならびに下肢挙上負荷検査における心機能図上の変化は比較的純粋にFrank-Starling機構で説明可能であり、LVEDVを反映するDF/OE²⁾⁻⁴⁾と一回拍出量、心拍出量あるいは駆出率を反映するET/PEP⁵⁾⁻⁸⁾との関係は心機能を表現するものと考えられる。そして重症心疾患群が右下方に位置し、回帰係数が健常群に比し高度に減少していることは、心収縮性が低下し、心不全に近い状態であることを示唆しているものと考えられる。

このDF/OEとET/PEPとの関係の回帰係数は再現性が良好であり、一方、強心配糖体の投与で増大し、 β -交感神経遮断剤の投与により減少し、さらに心不全症例において心不全状態の改善とともに回帰係数は増大する。すなわち下肢駆血ならびに下肢挙上負荷におけるDF/OEとET/PEPとの関係はFrank-Starling機構にもとづく非侵襲的左心機能評価法として臨床上有用であることを示すと思われる。

さらに特殊な疾患で認められる高心拍出量性心不全例においてもDF/OEとET/PEPとの関係から心機能を評価することは有用である。この疾患においては、高心拍出量を反映してETの延長、ET/PEPの高値が示されるが心不全を示唆する所見は認められない。この際、下肢駆血ならびに挙上負荷におけるDF/OEとET/PEPとを対応させて検討すると回帰直線は健常群に比し右上方に位置し、その回帰係数は著明に低下していることより高心拍出量性心不全の状態がよく反映されるものと思われる。この高心拍出量性心不全は原疾患の改善とともにDF/OEならびにET/PEPは減少する。すなわちDF/OEとET/PEPとの関係を示す回帰直線は左下方に移行し、かつ回帰係数は増大する。すなわち下肢駆血ならびに下肢挙上負荷におけるDF/OEとET/PEPとの回帰直線における回帰係数は非観血的心機能の指標として有用と考えられる。

一方、非観血法には自ら限界がある。第1に心機能図法は、心内現象を体外的に測定するため肺気腫、肥満者、極度に筋肉質の者あるいは胸膜癒着のある者は心尖拍動波の記録が困難であり、また呼吸停止困難例では良好な記録が困難である。第2に、下肢駆血あるいは挙上の際、胸郭が同時に動く例があり、また胸壁にあてるマイクロフォンの位置ならびに角度が変化すると緩速充盈波の傾きや収縮期波形が著明に変化し、正確なDF/OEとET/PEPとの関係が得られなくなる。そのためある程度の熟練を要すると思われる。第3に下肢駆血あるいは挙上負荷における心尖拍動波波高成分ならびに時相成分の変動は比較的軽度であり、

一方、これらの指標は非常に鋭敏であるため、負荷前の充分なる安静あるいは術中における不安や精神的動揺あるいは咳嗽等生じないように努めることが必要である。第4に房室弁逆流や短絡の存在する例では、下肢駆血や挙上によって前負荷を変動させ得ないばかりか、時相成分は観血の方法で導かれた諸指標との相関が極端に悪くなり⁶¹⁻⁶³各測定値の解釈が困難である。第5に下肢駆血あるいは挙上時に不整脈の出現や血圧ならびに心拍数が著明に変化した例はみられなかったが、不整脈が出現したり血圧ならびに心拍数が著明に変動する例に関しては正しい評価がなし得ない。以上のごとく欠点ならびに注意点が存在するが下肢駆血ならびに挙上負荷時の心周期時相成分ならびに心尖拍動波波高成分による左心機能評価法は観血的手法に比し重症患者の心機能評価や同一患者の反復測定などに有利であり、さらに非侵襲的であるため真の血行動態の変化を把握することができると考えられる。

結 語

下肢挙上負荷による心尖拍動波の拡張期充盈波波高成分および時相成分の変動を心機図学的に検討し次の結果を得た。

1) 下肢挙上により健常群、軽症群および重症群の3群ともに拡張期血圧の変動は認められなかったが、収縮期血圧には軽症群において極く軽度の上昇が認められた。心拍数は健常群および重症群では不変であったが軽症群では極く軽度に減少した。

2) 下肢挙上負荷により健常群ではDF/OEおよびRF/OEの増大、II-O間隔、PEPおよびICTの短縮、Q-II時間およびETの延長ならびにET/PEPの増大が認められた。

3) 軽症心疾患群では以上の変化の他にa/OEの増大が認められた。

4) 重症心疾患群では心尖拍動波の拡張期充盈波波高成分の増大ならびにII-O間隔の短縮は他の2群より大であるにもかかわらず、収縮期時相成分の変動は小さかった。

5) 安静時、下肢駆血時ならびに下肢挙上時における心尖拍動波の全拡張期充盈波高比(DF/OE)とET/PEPとの関係は心機能を表現するものであり、その回帰直線の回帰係数は非侵襲的左心機能評価の指標として臨床上有用と思われる。

稿を終るに臨み、御教示御校閲を賜った金沢大学第二内科竹田亮祐教授、金沢医科大学循環器内科村上暎二教授ならびに終始御指導を賜った金沢医科大学平丸義武助教授、竹越襄助教授に深甚なる謝意を表します。また本研究に御協力いた

だいた諸氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) Mason D. T., Spann J. F., Zellis R. and Amsterdam E. A. : Prog. Cardiovasc. Dis. 12, 507 (1970).
- 2) 嵯峨 孝 : 金沢大学十全医学会雑誌
- 3) Rios J. C. and Massumi R. A. : Am. J. Cardiol. 15, 647 (1965).
- 4) 平丸義武・嵯峨 孝・升谷一宏・村上英徳・松井 忍・原 重樹・前田正博・金 武雄・竹越 襄・村上暎二 : 臨床心音図, 5, 809 (1975).
- 5) Weissler A. M., Harris W. S. and Schoenfeld C. D. : Am. J. Cardiol. 23, 577 (1969).
- 6) Garrard C. L., weissler A. M. and Dodge H. T. : Circulation 42, 455 (1970).
- 7) Ahmed S. S., Levinson G. E., Schwartz C. J. and Ettinger P. O. : Circulation 46, 559 (1972).
- 8) Kusakawa R., Kinoshita M., Kim H., Tomonaga G., Hoshino T. and Sasayama S. : 臨床心音図 3, 275 (1973).
- 9) 堀 原一 : 循環生理の基礎と臨床, 73 頁, 東京, 医学書院, 1973.
- 10) Roddie I. C., Shepherd J. T. and Whelan R. F. : J. Physiol. 139, 369 (1957).
- 11) Mason D. T., Spann J. F. and Zelis R. : Am. J. Cardiol. 26, 248 (1970).
- 12) Wayne H. H. : Noninvasive Technics in Cardiology p204, Chicago Year Book Medical Publishers 1973.
- 13) Chaithiraphan S. and Goldberg E. : Chest 62, 720 (1972).
- 14) 升谷一宏・嵯峨 孝・村上英徳・松井 忍・原重樹・金 武雄・平丸義武・竹越 襄・村上暎二・前田正博 : 臨床心音図, 6, 333 (1976).
- 15) Weissler A. M., Peeler R. G. and Roehll W. H. : Am. Heart J. 62, 367 (1961).
- 16) Hashimoto Y., Matsuura T., Kiriyaama T., Ochiai M., Kunishige H., Marumoto S., Niki I. and Endo N. : Jap. Circul. J. 32, 1417 (1968).
- 17) Harley A., Starmer C. F. and Greenfield J. C. : J. Clin. Invest. 48, 895 (1969).
- 18) Kumar S. and Spodick D. H. : Am. Heart J. 80, 401 (1970).
- 19) 稲坂 暢・杉本恒明・理原哲夫・平沢邦彦・紺野謙介・浦岡忠夫・北川駿介・佐藤 清・武内重五

- 郎：心臓，5，21 (1973).
- 20) Metzger C. C., Chough C. B., Kroetz F. W. and Leonard J. J. : Am. J. Cardiol. 25, 434 (1970).
- 21) Martin C. E., Shaver J. A. Thompson M. E., Reddy P. S. and Leonard J. J. : Circulation 44, 419 (1971).
- 22) 前田正博 : Jap. Circul. J. 39, 699 (1975).
- 23) Benchimol A. and Dimond E. G. : Am. J. Cardiol. 12, 368 (1963).
- 24) Coulshed N. and Epstein E. J. : Brit. Heart J. 25, 697 (1963).
- 25) 平丸義武 : Jap. Circul. J. 34, 1007 (1970).
- 26) Willems J. L., Kesteloot H. and Geest H. D. : Am. J. Cardiol. 29, 504 (1972).
- 27) Dimond E. G. and Benchimol A. : Brit. Heart J. 25, 389 (1963).
- 28) Voigt G. C. and Friesinger G. C. : Circulation 41, 1015 (1970).
- 29) Kikawada R. and Noro C. : Jap. Circul. J. 41, 529 (1977).
- 24) Coulshed N. and Epstein E. J. : Brit. Heart J.

A b s t r a c t

A study was performed to evaluate the utility of the leg raising test for the indirect assessment of left ventricular performance and to present the method for the construction of the left ventricular function curve by using the non-invasive method.

Sixteen normal subjects, 21 patients with NYHA functional class I and 11 patients with NYHA II or III were studied.

In all the groups, no changes or only minimal changes of diastolic blood pressure and heart rate were observed during the leg raising maneuver. In the normal subjects, significant increase in the total diastolic filling wave ratio(DF/OE) and the rapid filling wave ratio were observed during the maneuver. And significant prolongation of systole and LVET and shortening of PEP, ICT and II - 0 interval were observed. In the patients with NYHA I, significant increase in the "a" wave ratio was also observed in addition to the changes as described above. In the patients with NYHA II or III, the changes of the ratios of the diastolic filling waves of the apexcardiogram were greater than that in the normal subjects or the NYHA I group, while only minimal changes of the systolic time intervals were observed.

Left ventricular function curves were obtained by relating the changes in LVET/PEP and DF/OE before, during and after the venous tourniquets test and the leg raising test. In all the groups, linear relationships were found to exist between LVET/PEP and DF/OE. The regression coefficients were 0.060 for the normal subjects, 0.041 for the patients with NYHA I and 0.014 for the patients with NYHA II or III.

In each patient, the coefficient showed good reproducibility and increased following administration of digitalis and decreased following propranolol. Moreover the coefficient increased with clinical improvement in patients with heart failure.

It is concluded that the analysis of the time intervals of cardiac cycle and the ratios of the diastolic filling waves of the apexcardiogram before, during and after the leg raising test are useful for the indirect assessment of left ventricular performance and the coefficient of the regression equation relating LVET/PEP to DF/OE before, during and after the venous tourniquets test and the leg raising test is useful for assessing myocardial reserve quantitatively in clinical course.