

心機図に関する研究

第一編

健常者の握力負荷心機図

岡山大学医学部第一内科教室（主任：長島秀夫教授）

研究生 河合辰哉

（昭和53年8月25日受稿）

1 はじめに

頸動脈波による左室収縮時間（systolic time interval : STI）による左心機能評価についての研究は Weissler ら^{1)~3)}により、また心尖拍動波による左心機能評価は Benchimol ら⁴⁾によりなされ、臨床的に左心機能を評価する非観血的な指標として応用されるようになった。ところが心臓は多くの代償機能を有しており、心疾患が存在しても安静時の心機能は一見正常に維持されることが少なくない。そこで心機能異常を検出するには、心臓に一定の負荷を加えてこの負荷に対する反応を検討する必要がある。その一つとして握力負荷が用いられている。しかし健常者の握力負荷による STI の変化についての報告の結果は一定していない^{7)~10)}。そこで著者は握力負荷心機図法により本邦人の健常者について検討した。

2. 対 象

表1 対 象

年齢 性別	~19	20~29	30~39	40才未満 計	40~49	50~59	60~69	70以上 計
MC	1	24	20	45	18	12	0	30
FC	0	9	16	25	17	7	1	25

対象は表1に示す如くで、心、肺、腎などの心血管系に影響を及ぼすような疾患をもたず、血圧正常（収縮期血圧139 mmHg 以下、拡張期血圧89 mmHg 以下）なもので、年齢は19才から61才までの男75名（以下 MC）、女50名（以下 FC）、計125名を選んだ。このうち40才未満の男は45名（以下 MC₁）で平均年齢は28.8才、40才以上の男は30名（以下 MC₂）で平均年齢は48.3才、40才未満の女は25名（以下 FC₁）

で平均年齢は31.5才、40才以上の女は25名（以下 FC₂）で平均年齢は47.0才であった。

3. 検査方法

心機図記録にはフクダ電子製 MCM-8000 型を用い、紙送り速度は100 mm/sec. で記録した。心音マイクロフォンはフクダ電子製 MA-250、頸動脈波及び小尖拍動波は同社製 TY-303 型ピックアップを用い、時定数（time constant : TC）は2.0秒と0.1秒で記録した。心音マイクはI音を心尖部付近、II音を第II肋間胸骨左縁（2L₂）にて高音（H）及び中音（M）領域を記録した。被験者に約5分間の安静をとらせた後、まず仰臥位で心電図、心音図及びTC 2.0秒と0.1秒の頸動脈波を同時記録した。次に左半側臥位で背部に枕を置いた状態で同様の記録を行ない、続いて同体位で心電図、心音図、及びTC 2.0秒と0.1秒の心尖拍動波を同時記録した。更に同体位で心電図、心音図、及び頸動脈波、心尖拍動波をTC 2.0秒で同時記録した。安静時に上記の心機図記録を行なった後、握力計を用いて握力負荷を行なった。その方法は左半側臥位にて最大握力測定後、その約30%を3分間持続保持せしめ、負荷停止直前及び負荷後30秒、1分、2分、3分に安静時と同様の記録を行なった。同時に血圧を測定した。負荷中にValsalva maneuver とならないように注意した。心尖拍動波のTC以外の項目の検討は、全経過を通じて記録良好なもののみ（MC₁: 25名、MC₂: 22名、FC₁: 19名、FC₂: 19名）で検討した。TCについては安静時に記録良好なものすべてで検討した。

4. 測定方法

測定項目及び方法は次の如くである。

- ①血圧：収縮期血圧(systolic blood pressure : BPs), 拡張期血圧(diastolic blood pressure : BPd) - mmHg
 - ②心拍数(heart rate : HR) - beats/min. : 第II誘導心電図で測定した。
 - ③全電氣的機械的収縮期(total electromechanical systole : Q - II_A 時間) - msec. : 心電図 Q 波の始めから心音図II音大動脈成分の始まりまでの時間。
 - ④左室駆出時間(left ventricular ejection time : LVET) - msec. : 頸動脈波の急速な立ち上がり開始点から重複切痕までの時間。(立ち上がり点, 切痕の位置は接線法で求めた。)
 - ⑤前駆出時間(pre-ejection period : PEP) - msec. : Q - II_A 時間から LVET を引いた値。
 - ⑥ PEP/LVET : PEP を LVET で除したもの。
 - ⑦等容収縮期(isometric contraction time : ICT) - msec. : 心音図の I 音僧帽弁成分の開始から II 音大動脈成分の始まりまで (I - II 時間) から LVET を引いた値。
 - ⑧頸動脈波立ち上がり時間(upstroke time : UT) - msec. : 頸動脈波の急速な立ち上がり開始点から percussion wave の頂点までの時間。
 - ⑨変容期(deformation time : Q - I 時間) - msec. : 心電図 Q 波の始めから必音図の I 音僧帽弁成分の始まりまでの時間。
 - ⑩ A 波高比('A' wave ratio : A/E-O 比) - % : 心尖拍動波の A 波高を全振幅で除したもの。
 - ⑪急速流入波高比(rapid filling wave ratio : RF/E - O 比) - % : 心尖拍動波の急速流入波高を全振幅で除したもの。
 - ⑫ Q - E 時間(interval from the onset of the Q wave in the electrocardiogram to the E point in the apexcardiogram) - msec. : 心電図 Q 波の始めから心尖拍動波の ejection wave の頂点 (E 点) までの時間。
 - ⑬等容弛緩期(isometric relaxation time : IRT) - msec. : II 音大動脈成分の始めから心尖拍動波の opening of mitral valve (O 点) までの時間。
 - ⑭急速流入期(rapid filling time : RFT) - msec. : 心尖拍動波の O 点から rapid filling wave の頂点 (RF 点) までの時間。
- 時定数2.0秒と0.1秒で記録した頸動脈派および心

尖拍動波を図1-1, 図1-2に呈示する。

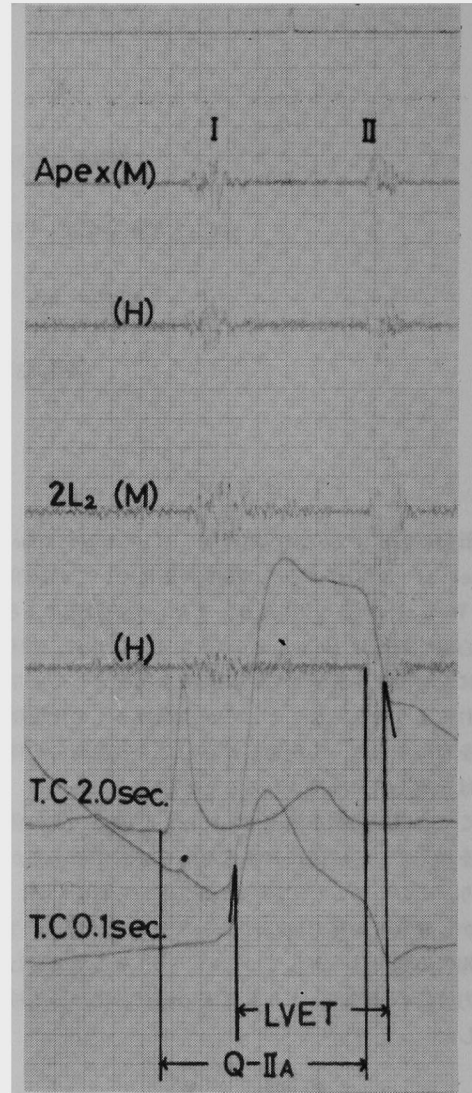


図1-1 : 健常者の頸動脈波

M : mid - frequency H : high - frequency
TC : time constant Q - IIA : total electromechanical systole LVET : left ventricular ejection time

以上の各項目の測定にはそれぞれ連続5心拍の平均値を用い, その計測に際しては5msec. まで測定した。性別, 年齢別に各群(MC₁, MC₂, FC₁, FC₂)の各指標の平均値及び標準偏差を求め, 各群間の統計的分析にはt-検定を用いた。

5 成 績

(1) 安静時の分析値

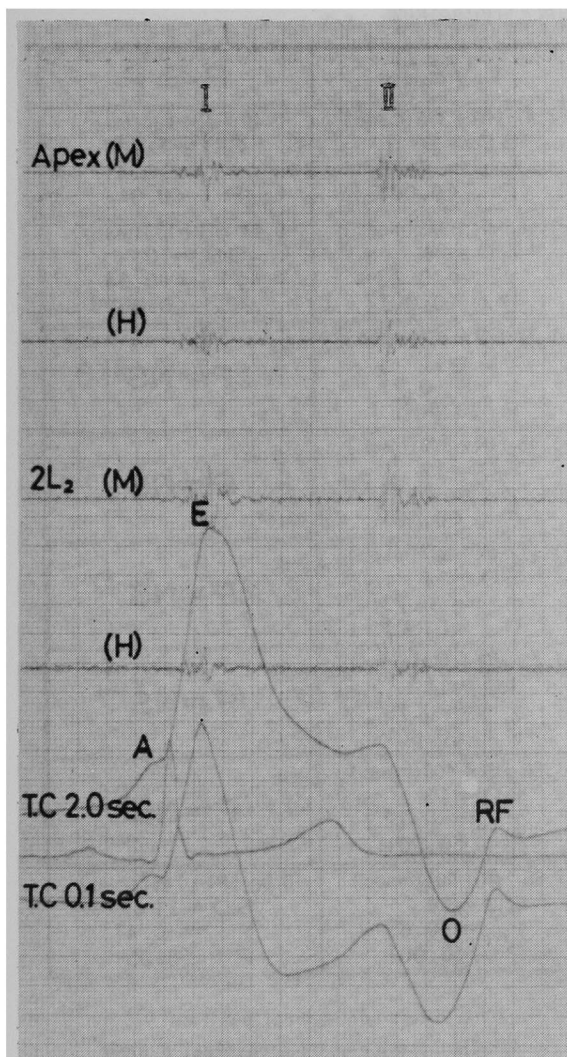


図1-2：健常者の心尖拍動波
略号は図1-1を参照

① STIと心拍数(HR)の関係 (表2)

仰臥位と左半側臥位で Q-II_A 時間, LVET, PEPの測定値と心拍数との関係を各々算出した。結果は表2に示す如く MC₁, MC₂, FC₁, FC₂の各群で、両臥位ともに Q-II_A 時間, LVET は心拍数と有意な逆相関がみられた。PEPは仰臥位, 左半側臥位における MC₁群と左半側臥位の FC₂群で有意な逆相関がみられたが、その他では相関はみられなかった。従って Q-II_A 時間, LVETについてはそれぞれの心拍数との回帰直線を用いて検討し、PEPはほとんど相関がないので実測値で検討した。

また Q-I 時間と心拍数との間には、各群とも有

意な相関はみられなかった。

② 時定数 (time constant: TC) の違いによる検討 (表3)

頸動脈波, 心尖拍動波を記録する際に、その装置の時定数によって波形が大きく変動し、また時相分析にかなりのずれが生ずることは知られているが詳細については不明の点が多い。そこで著者は時定数2.0秒と0.1秒の記録を行ない、その差異について検討した。時定数2.0秒に比し0.1秒では、頸動脈波の percussion wave の頂点及び心尖拍動波の E 点ならびに O 点の時相が前方へ移動し、UT, Q-E 時間, IRT は短縮し、RFT は延長した。また時定数2.0秒に比し、0.1秒では A/E-O 比は減少傾向がみられ、RF/E-O 比は増大した。更に頸動脈波では重複切痕に続く拡張期波は時定数2.0秒では徐々に下行するが、時定数0.1秒では平坦かあるいは次の収縮期に向って上行する。また tidal wave が不明瞭となり、重複切痕の位置が左室収縮開始時より下方となる。心尖拍動波では、時定数2.0秒に比し0.1秒では収縮期の終わり近くで心室収縮開始時より下方に向って振れ、また全体を通じて上向きの振れと下向きの振れとは同程度となり、更に rapid filling wave に続く slow filling wave は直ちにほとんど平坦となる。しかし頸動脈波の立ち上がり点及び重複切痕の出現する時相にはほとんど差がみられず、LVET にはほとんど差はなく、心尖拍動波で心室急速充満の終了点を示す RF 点にも差はみられなかった。

③ 仰臥位と左半側臥位における差の検討 (表4-1, 表4-2)

Q-II_A 時間, LVET については心拍数の影響を除外して検討するため回帰直線で検討した (図2-1~図2-4)。

Q-II_A 時間は MC₁群では仰臥位に比し左半側臥位でやや延長し、MC₂群では心拍数が1分間70前後で交叉しており、それ以上の心拍数では左半側臥位の方が延長し、1分間70以下の心拍数では短縮している。FC₁群では仰臥位の回帰直線の標準偏差内に左半側臥位の回帰直線が入りこんでおり、FC₂群では心拍数が1分間85前後以下で左半側臥位の方が延長している。LVET は MC₁群では心拍数1分間50前後で交叉しており、それ以上では左半側臥位の方が短縮しており、MC₂群では心拍数1分間70前後で交叉しており、それ以上では左半側臥位で短縮している。FC₁群では心拍数が1分間60前後で交叉し

表2 心拍数と分析値の相関

性別	年齢	分析項目 臥位	Q-II _A	LVET	PEP
MC	MC ₁	S	-1.97·HR+510(msec.) S.D=13 γ=-0.79 P<0.001	-1.47·HR+375(msec.) S.D=9 γ=-0.80 P<0.001	-0.49·HR+134(msec.) S.D=9 γ=-0.41 P<0.01
		L	-1.99·HR+513(msec.) S.D=13 γ=-0.77 P<0.001	-1.56·HR+379(msec.) S.D=8 γ=-0.82 P<0.001	-0.43·HR+133(msec.) S.D=10 γ=-0.34 P<0.05
	MC ₂	S	-1.59·HR+491(msec.) S.D=13 γ=-0.67 P<0.001	-1.37·HR+366(msec.) S.D=11 γ=-0.71 P<0.001	P=NS
		L	-1.37·HR+475(msec.) S.D=14 γ=-0.67 P<0.001	-1.45·HR+372(msec.) S.D=12 γ=-0.71 P<0.001	P=NS
FC	FC ₁	S	-1.59·HR+495(msec.) S.D=13 γ=-0.79 P<0.001	-1.17·HR+367(msec.) S.D=11 γ=-0.73 P<0.001	P=NS
		L	-1.69·HR+501(msec.) S.D=11 γ=-0.82 P<0.001	-1.45·HR+384(msec.) S.D=11 γ=-0.79 P<0.001	P=NS
	FC ₂	S	-1.92·HR+518(msec.) S.D=19 γ=-0.66 P<0.001	-1.66·HR+400(msec.) S.D=15 γ=-0.72 P<0.001	P=NS
		L	-2.24·HR+547(msec.) S.D=18 γ=-0.70 P<0.001	-1.65·HR+403(msec.) S.D=14 γ=-0.69 P<0.001	-0.58·HR+145(msec.) S.D=11 γ=-0.41 P<0.05

S : supine position
 HR : heart rate
 LVET : left ventricular ejection time
 S.D : standard deviation

L : left hemilateral position
 Q-II_A : total electromechanical systole
 PEP : pre-ejection period
 NS : not significant

ており、それ以上では左半側臥位で短縮しており、FC₂群では左半側臥位でやや延長していた。PEP、PEP/LVET、ICT、Q-I時間の各分析値については両臥位の安静時値で検討した。PEPは各群とも仰臥位に比し左半側臥位で延長傾向を示したが、有意差はMC₁群とFC₂群のみでみられた(図3-1)。PEP/LVETは全群とも有意差はみられなかった。(図3-2)。ICT、Q-I時間についても検討したが有意差はみられなかった。

④年齢の違いによる検討(表4-1、表4-2)
 左半側臥位でMC₁、MC₂群間、FC₁、FC₂群間の違いを検討した。Q-II_A時間、LVETについては

心拍数の影響を除外して検討するため回帰直線で検討した(図4-1、図4-2)。Q-II_A時間は、男女とも心拍数がほぼ60~90beats/min.の間ではC₂群の方が延長しており、LVETは、男性ではほとんどC₂群の標準偏差内にC₁群があるが、女性では心拍数が100beats/min.以下ではC₂群の方が延長していた。また男女ともC₁群に比しC₂群でPEP、PEP/LVET、Q-I時間、A/E-O比、IRTおよびRFTは延長、増大傾向を示し、RFTと男性のQ-I時間、IRTで統計的に有意差を認めた(図3-1~図3-3)。

⑤性別による検討(表4-1、表4-2)

表3 時定数の違いによる各分析値の有意差検定

分析項目	性別		MC				FC			
	時定数 (sec.)	年齢	MC ₁		MC ₂		FC ₁		FC ₂	
			2.0	0.1	2.0	0.1	2.0	0.1	2.0	0.1
UT (msec.)	****		85.2 ±15.1	53.8 ± 9.2	85.8 ±16.0	52.3 ± 9.6	80.7 ±16.9	48.4 ± 8.8	75.3 ±20.6	45.0 ± 8.2
A/E-O (%)	****		4.4 ± 2.2	3.1 ± 1.8	5.7 ± 2.8	4.4 ± 2.1	3.7 ± 2.4	3.0 ± 2.0	5.3 ± 3.0	5.0 ± 3.0
RF/E-O (%)	****		10.8 ± 4.6	36.9 ± 7.2	9.5 ± 3.6	39.4 ± 4.9	11.9 ± 5.3	39.1 ± 7.1	14.0 ± 4.1	43.4 ± 6.6
Q-E (msec.)	****		139.8 ±15.0	122.9 ±18.4	151.7 ±17.4	123.1 ±14.0	137.5 ±18.8	117.9 ±17.0	132.3 ±19.9	110.5 ±16.8
IRT (msec.)	****		118.3 ±12.4	80.4 ±15.3	128.6 ±13.0	81.8 ± 9.5	118.3 ±19.1	78.7 ±15.2	117.4 ±18.9	80.4 ±13.7
RET (msec.)	****		69.6 ±12.6	105.3 ±15.6	83.7 ±16.2	129.0 ±18.9	67.2 ±15.0	110.5 ±16.3	80.4 ±14.0	118.9 ±19.7

例数(N)

(UT) MC₁:N=44 MC₂:N=25 FC₁:N=23 FC₂:N=20

(心尖拍動波) MC₁:N=34 MC₂:N=22 FC₁:N=19 FC₂:N=21

**** P<0.001 *** P<0.01 ** P<0.02 * P<0.05 NS : not significant

UP : upstroke time A/E-O : "A" wave ratio RF/E-O : rapid filling wave ratio

Q-E : interval from the onset of the Q wave in the electrocardiogram to the E point in the apexcardiogram

IRT : isometric relaxation time RFT : rapid filling time

左半側臥位でMC₁, FC₁群間およびMC₂, FC₂群間の相違を検討した。Q-II_A時間, LVETについては、心拍数の影響を除外して検討するため回帰直線で検討した(図5-1, 図5-2)。40才未満の男女ではQ-II_A時間およびLVETともに正常な心拍数内では女性の方が延長していた。40才以上の男女ではQ-II_A時間は心拍数がほぼ85 beats/min.以下で、またLVETは心拍数が95 beats/min.以下で女性の方が延長していた。従って特に頻拍傾向になればLVETは女性の方が、40才未満の男女におけると同様に延長傾向を示した。Q-II_A時間, LVET以外の指標については、40才未満、以上ともPEP, PEP/LVET, Q-I時間, A/E-O比

およびRFTは男性で延長、増大傾向を示し、RF/E-O比は女性で増大傾向を認めた。統計的に有意差を認めたのは40才未満のPEP/LVETと40才以上のQ-I時間, RF/E-O比であった(図3-1~図3-3)

(2)握力負荷による変化(表5-1, 表5-2)

Q-II_A時間, LVETは前記の各群の回帰式から求めた予測値と実測値との差で検討し、負荷中ならびに負荷後の各指標の動向に関しては、それぞれ安静時値を0としてその差(ΔQ-II_A, ΔLVET, ΔPEP, ΔPEP/LVET, ……) で検討した。

①収縮期血圧(BPs)(図6-1) : 負荷中は各群で有意な上昇がみられるが、その上昇度はFC₂群

表4-1 安静時の分析値

分析項目	性別		MC				FC			
	年齢	隊位	MC ₁		MC ₂		FC ₁		FC ₂	
			S	L	S	L	S	L	S	L
BPs (mmHg)			115.2 ±10.1		115.5 ±10.8		112.6 ± 9.9		114.2 ±15.0	
BPd (mmHg)			73.2 ±7.1		72.1 ±7.1		73.4 ±7.9		75.6 ±8.5	
HR (beats/mis.)			65.0 ± 8.0		61.8 ± 7.2		66.2 ± 8.8		71.0 ± 7.8	
Q-II _{AE} (msec.)			510 ±13	513 ±13	491 ±13	475 ±14	495 ±13	501 ±11	518 ±19	547 ±18
LVET _E (msec.)			375 ± 9	379 ± 8	366 ±11	372 ±12	367 ±11	384 ±11	400 ±15	403 ±14
PEP (msec.)			101.9 ±10.1	104.3 ± 9.8	106.1 ± 7.2	107.9 ± 7.3	99.7 ±12.4	100.5 ±14.0	99.7 ±12.1	103.2 ±11.2
PEP / LVET			0.367 ±0.035	0.374 ±0.033	0.373 ±0.034	0.377 ±0.038	0.350 ±0.049	0.348 ±0.053	0.362 ±0.047	0.360 ±0.037
ICT (msec.)			50.9 ± 9.3	51.9 ± 8.5	50.2 ± 9.7	49.9 ± 8.7	51.8 ±10.9	52.2 ±11.2	50.3 ± 9.6	51.1 ± 9.0
Q-I (msec.)			50.9 ± 9.6	52.3 ± 8.7	54.6 ± 7.7	56.3 ± 6.5	47.6 ±10.8	47.7 ±11.0	49.4 ± 8.0	50.7 ± 7.7
A/E-O (%)				4.5 ±2.6		5.7 ± 2.7		3.5 ± 2.2		5.3 ± 3.1
RF/E-O (%)				11.1 ± 5.0		10.3 ± 4.2		12.0 ± 5.2		13.9 ± 4.0
IRT (msec.)				117.2 ±10.5		128.5 ±12.0		118.4 ±19.6		119.0 ±18.7
RFT (msec.)				70.5 ±11.1		84.3 ±16.7		64.1 ±13.6		79.6 ±12.6

S : supine position L : left hemilateral position BPs : systolic blood pressure
 BPd : diastolic blood pressure HR : heart rate Q-II_{AE} : expected Q-II_A obtained
 from the formula [example MC₁(S) : Q-II_{AE} = measured Q-II_A + 1.97 · HR(msec.)]
 LVET_E : expected LVET obtained from the formula [example MC₁(S) : LVET_E = measured
 LVET + 1.47 · HR(msec.)] PEP : pre-ejection period ICT : isometric contraction time
 Q-I : deformation time A/E-O : " A " wave ratio RF/E-O : rapid filling wavs ratio
 IRT : isometric relaxation time RFT : rapid filling time

表4-2 分析値の各群間の有意差検定(安静時)

対 比		分析項目		BP _s	BP _d	HR	Q-II _A	LVET	PEP	PEP/LVET	ICT	Q-I	A/E-O	RF/E-O	IRT	RFT	
隊 位	MC ₁ :SvsL	/	/	/	/	/	回 帰 直 線 に よ り 検 討	/	***	NS	NS	NS	/	/	/	/	
	MC ₂ :SvsL	/	/	/	/	/		NS	NS	NS	NS	/	/	/	/	/	
	FC ₁ :SvsL	/	/	/	/	/		NS	NS	NS	NS	/	/	/	/	/	
	FC ₂ :SvsL	/	/	/	/	/		*	NS	NS	NS	/	/	/	/	/	
年 令	MC ₁ vs MC ₂	NS	NS	NS				NS	NS	NS	*	NS	NS	***	***		
	FC ₁ vs FC ₂	NS	NS	NS				NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	
性 別	MC ₁ vs FC ₁	NS	NS	NS				NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MC ₂ vs FC ₂	NS	NS	****				NS	NS	NS	***	NS	***	NS	NS	NS	NS

vs = difference between the groups

**** P < 0.001 *** P < 0.01 ** P < 0.02 * P < 0.05

NS = not significant

S : supine position L : left hemilateral position

BP_s : systolic blood pressure BP_d : diastolic blood pressure HR : heart rate

Q-II_A : total electromechanical systole LVET : left ventricular ejection time

PEP : pre-ejection period ICT : isometric contraction time Q-I : deformation time

A/E-O : "A" wave ratio RF/E-O : rapid filling wave ratio

IRT : isometric relaxation time RFT : rapid filling time

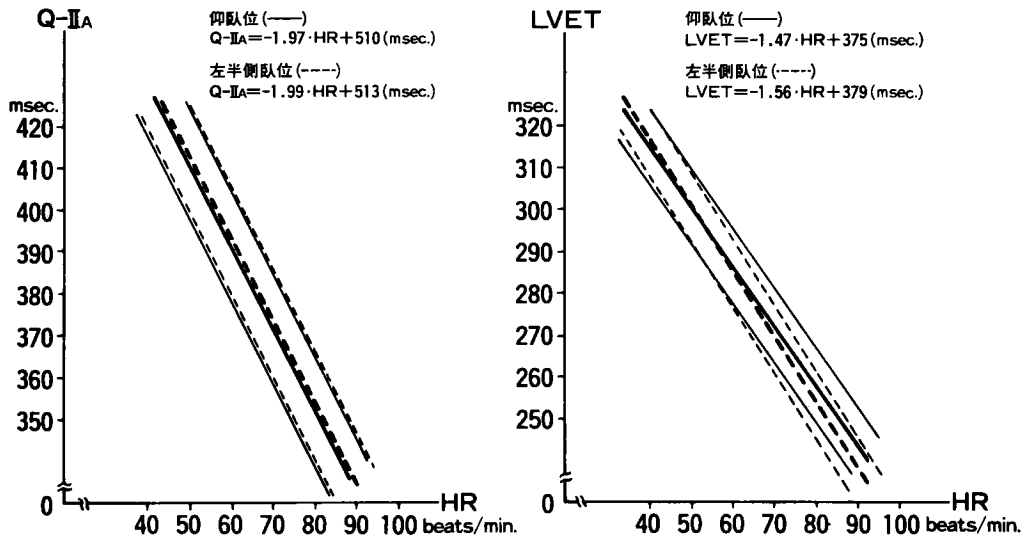


図2-1: MC₁群におけるQ-II_A時間, LVETの仰臥位と左半側臥位の比較 略号は表4-2を参照

がMC₁群, FC₂群よりも有意に小さかった。負荷後の回復は, MC₁群では負荷後3分においても安静時値との間に有意差がみられ, MC₂群, FC₁群では負荷後2分で, FC₂群では負荷後3分ではほぼ安静時の値に戻った。

②拡張期血圧(BPd)(図6-2): 負荷中は各

群で有意な上昇がみられ, 上昇度はMC₁群が他の3群に比べて有意に大きかった。負荷後の回復は, MC₁群では負荷後3分で, MC₂群では負荷後30秒で, FC₁群とFC₂群では負荷後2分ではほぼ安静時の値に戻った。

③心拍数(HR)(図6-3): 負荷中は各群で

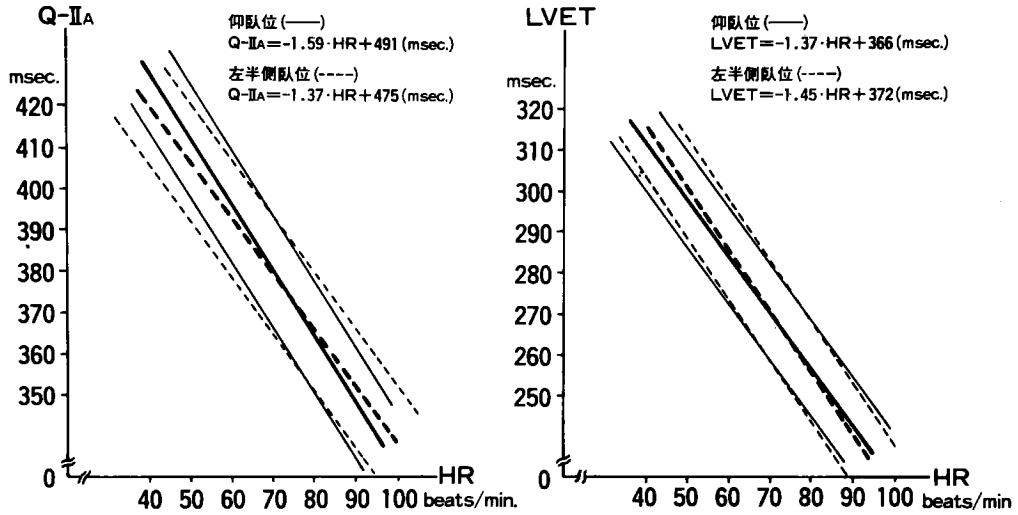


図2-2 : MC₂群における Q-II_A 時間, LVET の仰臥位と左半側臥位の比較 略号は表4-2を参照

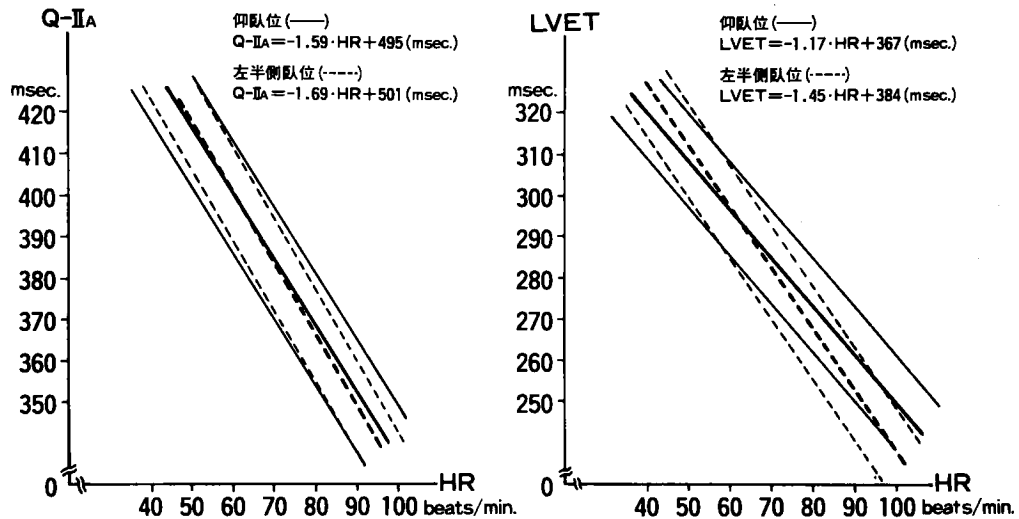


図2-3 : FC₁群における Q-II_A 時間, LVET の仰臥位と左半側臥位の比較 略号は表4-2を参照

5~8%の有意な増加がみられ、その増加度では各群間に有意差はみられなかった。負荷後の回復は、MC₁群とMC₂群では1分で、FC₁群とFC₂群では30秒でほぼ安静時の値に戻った。

④ Q-II_A 時間 (図6-4) : 各群とも負荷中は有意に延長し、その延長度ではMC₁群が他の群よりも大きく、負荷後は各群とも30秒で安静時の値に戻った。

⑤ LVET (図6-5) : 各群とも負荷中は有意に延長し、その延長度では各群間に有意差はみられなかった。負荷後の回復は各群とも30秒で安静時の値に戻った。

⑥ PEP (図6-6) : 負荷中は各群とも有意に延長した。その延長度ではMC₁群が他の群よりも大きい傾向を示したが、統計的な有意差はみられなかった。負荷後は各群とも30秒でほぼ安静時の値に戻った。

⑦ PEP/LVET (図6-7) : 負荷中は各群とも有意に増大するが、MC₁群が他の群に比して増大度が大きく、MC₁、MC₂群間とMC₁、FC₁群間でその増大度に有意差がみられた。負荷後は各群とも30秒でほぼ安静時の値に戻った。

⑧ ICT : 負荷中は各群とも有意に延長するが、男性よりも女性の方が延長度は小さい傾向を示し、

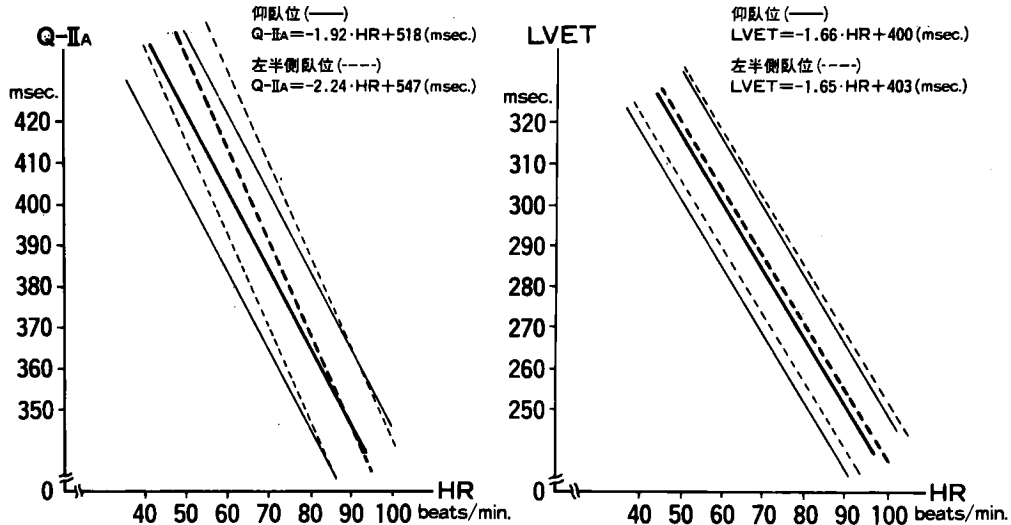


図2-4 : FC₂群における Q-II_a 時間, LVET の仰臥位と左半側臥位の比較 略号は表4-2を参照

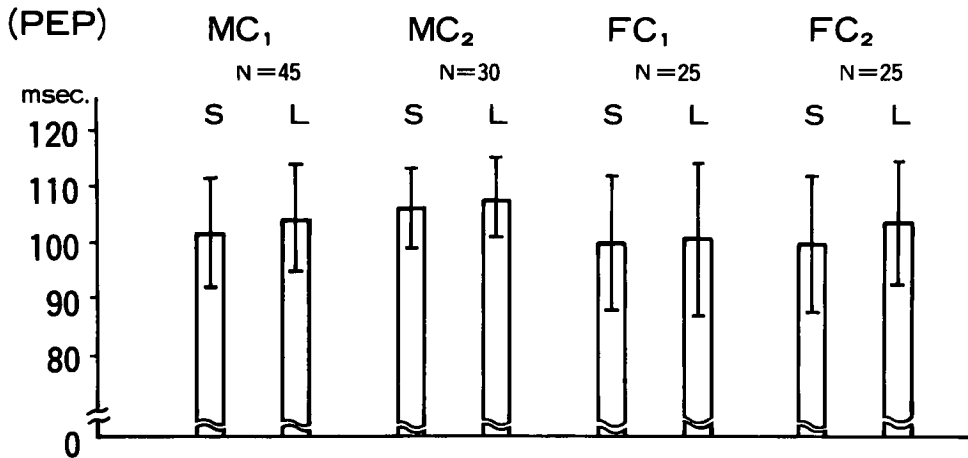


図3-1 : 安静時の PEP 略号は表4-2を参照

MC₁, FC₁群間でその延長度に有意差がみられた。

⑨ Q-I 時間：負荷中は MC₁群, MC₂群, および FC₂群で有意に短縮し, FC₁群でも有意差はみられなかったが短縮傾向を示した。負荷中の短縮度には各群間に有意差はみられなかった。負荷後は各群とも30秒で安静時の値に戻った。

⑩ A/E-O 比 (図6-8)：負荷中は各群とも有意に増大するが, 増大度は男性よりも女性の方が小さく, MC₁, FC₁群間でその増大度に有意差がみられた。負荷後は MC₁群と MC₂群では1分で, FC₁群と FC₂群では30秒でそれぞれ安静時の値に戻った。

⑪ RF/E-O 比, IRT, RFT の各指標は各群とも負荷による変化度に有意差はみられなかった。

6 考 察

心機図法により健常人の心機能に関する分析値について検討した。Q-II_a 時間, LVET, PEP と心拍数との相関について Weissler ら²⁾の検討では各指標ともかなり良い心拍数との相関を得ているが, 稲垣ら¹¹⁾は PEP について相関を認めるがその程度は極めて低いと述べている。一方 Harris ら^{12), 13)}, Talley ら¹⁴⁾は PEP は心拍数の影響を受けないと述べている。著者の検討では, Q-II_a 時間, LVET

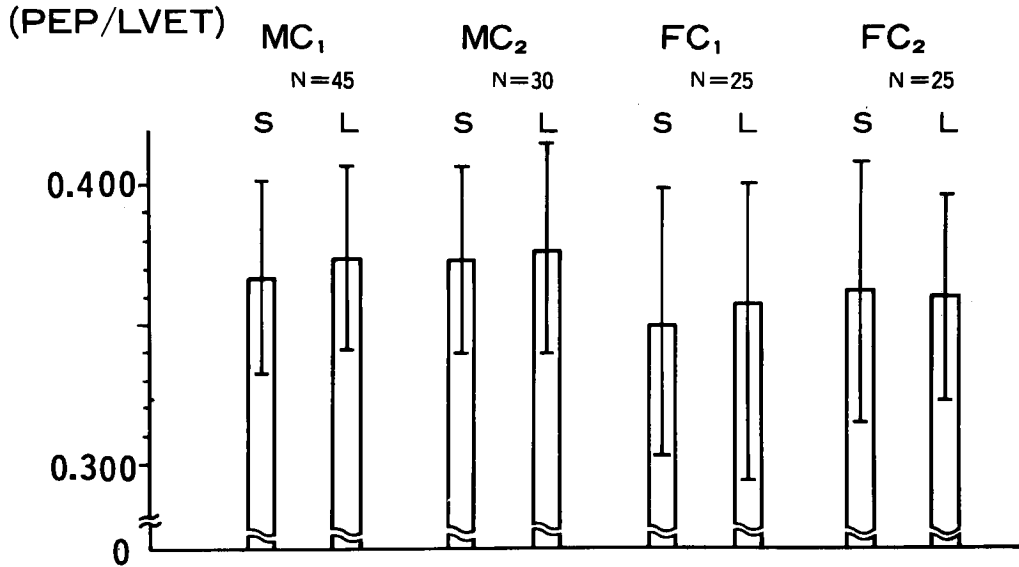


図3-2: 安静時の PEP/LVET 略号は表4-2を参照

(A/E-O比)

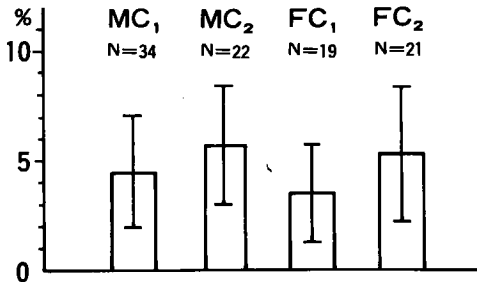


図3-3: 安静時の A/E-O比 略号は表4-2を参照

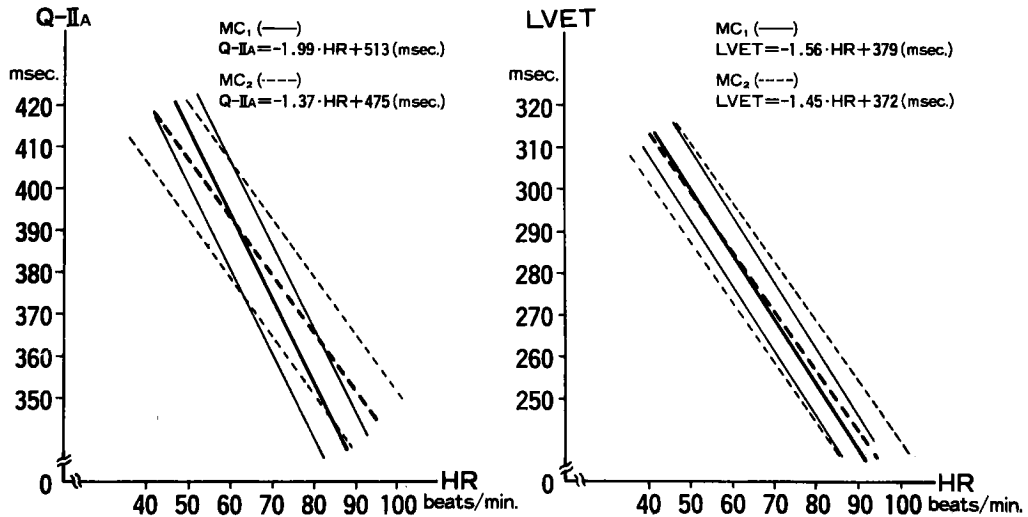


図4-1: Q-II_a時間, LVETのMC₁群とMC₂群間の比較 略号は表4-2を参照

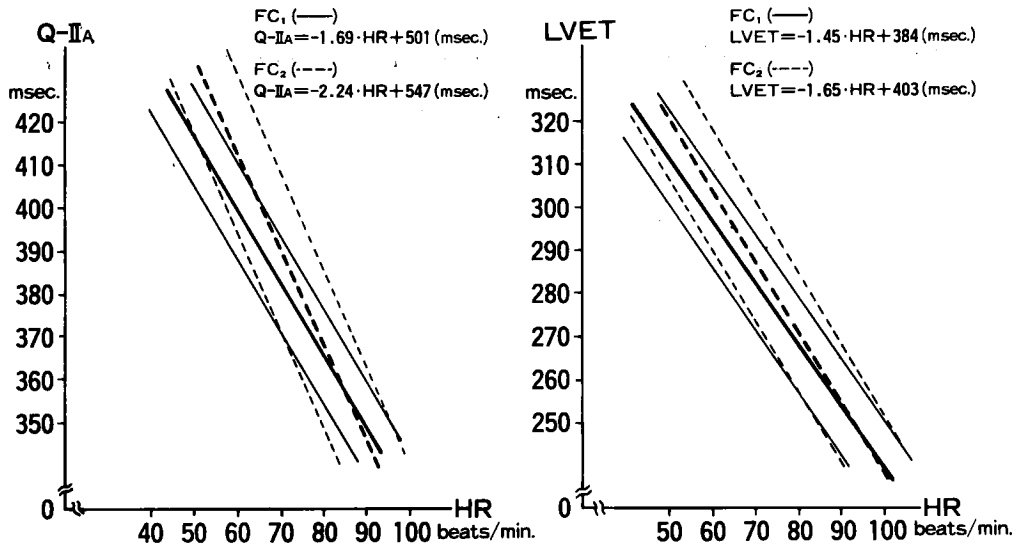


図4-2 : Q-II_A時間, LVETのFC₁群とFC₂群間の比較 略号は表4-2を参照

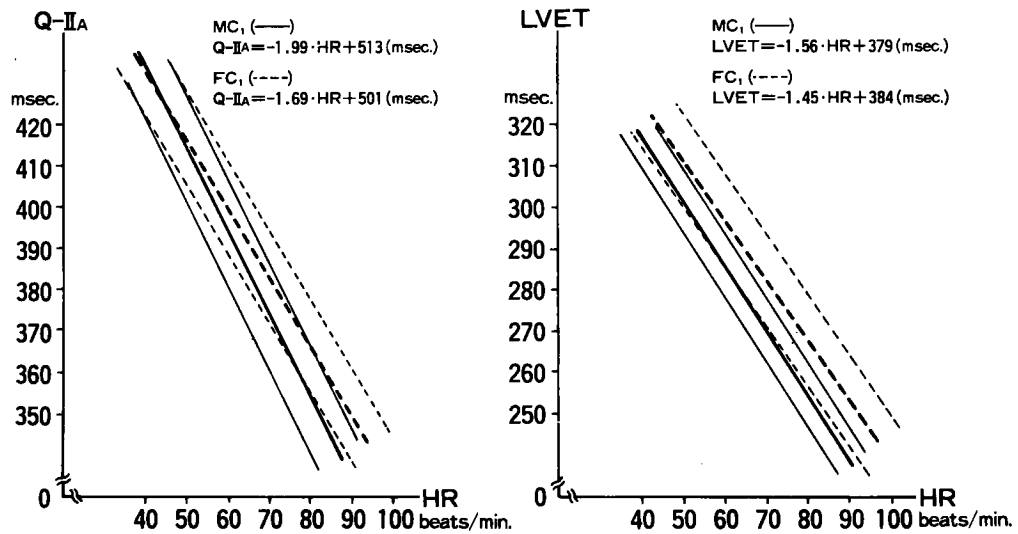


図5-1 : Q-II_A時間, LVETのMC₁群とFC₁群間の比較 略号は表4-2を参照

と心拍数との間には統計的に有意な負の相関が得られたが、PEPと心拍数との間には統計的に有意な相関はみられないか、あるいはみられても極めて低く、心拍数がPEPに与える影響は無視してよいと考えられた。従って著者はPEPの延長、短縮については実測値そのもので検討した。つぎに時定数を変えることにより頸動脈波、心尖拍動波は大きく変形し、波形上の時相にもいずれがみられた。非観血的に得られた頸動脈波が、観血的に得られる頸動脈圧波とほぼ一致すること、心尖拍動波が心室内圧を

反映するものであることを考える時、時定数の短いものの波形では血行動態的に本来あり得ない波形がえがかれる。例えば頸動脈波上で重複切痕の位置が左室収縮開始時より下方となること、拡張期波が平坦かむしろ逆に次の収縮期に向かい上行すること、心尖拍動波上で収縮期の終わり近くでは心室収縮開始時より下方に向かって振れ、またslow filling waveは直ちにほとんど平坦となることなどである。これは頸動脈波、心尖拍動波がともに低周波数の振動より成り立っており¹⁵⁾、棄却周波数が 2π と

表 5-1 握力負荷による分析値の変化

分析項目 性別 年齢 時間	MC										FC									
	MC ₁ N=45 (44) N=25					MC ₂ N=30 (29) N=22					FC ₁ N=25 (22) N=19					FC ₂ N=25 (23) N=19				
	中3'	後30'	後1'	後2'	後3'	中3'	後30'	後1'	後2'	後3'	中3'	後30'	後1'	後2'	後3'	中3'	後30'	後1'	後2'	後3'
ΔBPs (mmHg)	**** 20.4 ± 9.7	**** 5.4 ± 5.9	**** 3.3 ± 6.2	**** 2.7 ± 4.6	**** 1.7 ± 3.9	**** 20.2 ± 10.0	** 3.1 ± 6.3	** 3.0 ± 5.7	NS 2.1 ± 5.5	NS 1.9 ± 4.8	**** 13.8 ± 7.9	**** 3.0 ± 4.7	*	NS 2.3 ± 4.9	NS 0.6 ± 4.1	**** 19.4 ± 9.4	**** 3.9 ± 6.1	**** 3.8 ± 6.4	*	NS 2.2 ± 5.0
ΔBPd (mmHg)	**** 24.2 ± 7.9	**** 4.3 ± 5.3	**** 3.1 ± 5.1	** 2.0 ± 4.5	NS 1.7 ± 4.3	**** 20.2 ± 7.4	NS 1.3 ± 4.1	NS 0.9 ± 5.4	NS 0.7 ± 4.4	NS -0.1 ± 3.9	**** 13.4 ± 6.0	**** 2.9 ± 3.4	NS 2.5 ± 3.1	NS 1.4 ± 2.8	NS 0.6 ± 2.9	**** 11.7 ± 5.8	**** 2.2 ± 2.9	**** 1.9 ± 2.6	NS -0.3 ± 2.6	NS -0.4 ± 2.6
ΔHR (beats/min.)	**** 7.5 ± 7.0	**** 1.7 ± 4.0	NS 0.6 ± 3.7	NS 0.6 ± 2.6	NS 0.4 ± 2.6	**** 7.6 ± 7.0	** 2.1 ± 4.6	** 2.1 ± 5.6	NS 1.8 ± 5.2	NS 1.1 ± 3.5	**** 5.6 ± 5.4	**** 0.8 ± 3.1	NS 0.6 ± 2.8	NS 0.5 ± 2.6	NS 0.5 ± 2.6	**** 5.2 ± 4.7	NS 0.6 ± 3.1	NS 1.0 ± 3.8	NS 0.0 ± 2.4	NS 0.5 ± 2.7
ΔA-Q-IIa (msec.)	**** 13.9 ± 8.5	NS 1.5 ± 5.1	NS 1.2 ± 5.1	NS 0.8 ± 5.2	NS 1.1 ± 4.9	**** 7.0 ± 4.9	NS -0.8 ± 4.7	NS 0.4 ± 4.7	NS 1.2 ± 5.1	NS 0.5 ± 4.9	**** 7.1 ± 9.4	NS 1.4 ± 5.1	NS 0.8 ± 5.2	NS -0.2 ± 4.4	NS 0.3 ± 4.8	**** 9.2 ± 11.4	NS -0.4 ± 5.0	NS 0.6 ± 5.0	NS 0.4 ± 4.9	NS 0.7 ± 4.9
ΔLVET (msec.)	**** 4.3 ± 7.2	NS 1.1 ± 5.2	NS 1.2 ± 4.5	NS -0.9 ± 5.2	NS 0.6 ± 5.0	**** 5.5 ± 6.7	NS -1.3 ± 4.4	NS 1.3 ± 4.3	NS 1.0 ± 4.4	NS 1.2 ± 4.8	*	NS 1.2 ± 8.0	NS 0.6 ± 4.3	NS 0.6 ± 3.9	NS 0.4 ± 4.3	**** 5.0 ± 8.4	NS 1.1 ± 4.4	NS 0.2 ± 4.0	NS -0.3 ± 4.2	NS -0.2 ± 4.2
ΔPEP (msec.)	**** 5.8 ± 5.8	NS 1.4 ± 4.4	NS 1.1 ± 4.3	NS -1.0 ± 4.4	NS -0.7 ± 4.4	**** 3.5 ± 6.1	NS 1.2 ± 4.2	NS -0.3 ± 3.9	NS 0.7 ± 4.1	NS 0.8 ± 4.3	**** 3.0 ± 4.5	NS 1.0 ± 3.9	NS 0.6 ± 3.9	NS 0.6 ± 3.9	NS 0.6 ± 3.9	NS 2.4 ± 5.5	NS 0.2 ± 3.8	NS -0.4 ± 3.9	NS 0.3 ± 3.9	NS 0.2 ± 3.8
ΔPEP/LVET	**** 0.032 ± 0.023	NS 0.004 ± 0.019	NS 0.017 ± 0.000	NS 0.002 ± 0.018	NS 0.002 ± 0.018	**** 0.017 ± 0.020	NS 0.003 ± 0.019	NS 0.004 ± 0.018	NS 0.003 ± 0.018	NS 0.002 ± 0.018	**** 0.015 ± 0.022	NS 0.004 ± 0.018	NS 0.002 ± 0.017	NS 0.003 ± 0.017	NS 0.002 ± 0.018	**** 0.014 ± 0.019	NS 0.003 ± 0.018	NS 0.004 ± 0.018	NS 0.004 ± 0.018	NS 0.003 ± 0.017
ΔICT (msec.)	**** 7.8 ± 7.0	NS 1.0 ± 3.9	NS -0.2 ± 3.6	NS -0.5 ± 3.8	NS 0.2 ± 3.2	**** 5.2 ± 6.8	NS -0.1 ± 3.9	NS -0.1 ± 3.3	NS 0.2 ± 3.5	NS 0.2 ± 5.7	**** 3.3 ± 4.9	NS 0.5 ± 2.8	NS 0.7 ± 3.1	NS -0.3 ± 2.9	NS 0.1 ± 2.9	**** 4.7 ± 3.0	NS -0.7 ± 3.0	NS 0.5 ± 3.0	NS 0.2 ± 2.9	NS -0.1 ± 3.1
ΔQ-I (msec.)	**** -2.0 ± 3.6	NS -0.3 ± 2.8	NS -0.3 ± 2.6	NS -0.4 ± 2.1	NS -0.2 ± 2.4	**** -1.3 ± 2.7	NS -0.3 ± 2.0	NS -0.3 ± 1.8	NS -0.1 ± 2.0	NS -0.1 ± 1.9	NS -0.9 ± 2.6	NS -0.5 ± 3.1	NS -0.5 ± 2.5	NS -0.3 ± 2.2	NS -0.3 ± 2.2	**** -2.3 ± 2.6	NS 0.0 ± 2.6	NS 0.4 ± 2.2	NS 0.4 ± 2.1	NS -0.2 ± 2.0
ΔA/E-O (%)	**** 2.1 ± 1.6	** 0.6 ± 1.2	NS 0.4 ± 1.1	NS 0.2 ± 0.9	NS 0.2 ± 0.5	**** 2.0 ± 1.6	** 0.6 ± 1.0	NS 0.3 ± 0.9	NS 0.0 ± 0.7	NS -0.1 ± 0.8	**** 0.8 ± 0.9	NS 0.3 ± 0.7	NS 0.1 ± 0.5	NS 0.1 ± 0.5	NS 0.0 ± 0.5	** 1.2 ± 1.9	NS 0.6 ± 1.3	NS 0.1 ± 0.8	NS -0.4 ± 0.7	NS -0.3 ± 0.6
ΔRF/E-O (%)	NS -0.5 ± 3.2	NS 0.1 ± 2.6	NS -0.5 ± 2.2	NS -0.4 ± 1.7	NS -0.4 ± 1.7	NS -0.3 ± 2.0	NS -0.2 ± 2.9	NS 0.1 ± 2.9	NS -0.4 ± 2.3	NS 0.1 ± 2.5	NS -0.6 ± 2.3	NS -0.3 ± 1.8	NS -0.4 ± 1.3	NS -0.4 ± 1.3	NS -0.3 ± 1.4	**** 0.7 ± 4.0	NS 1.5 ± 2.6	NS 2.1 ± 3.6	NS 0.6 ± 4.4	NS -0.4 ± 3.4
ΔIRT (msec.)	NS 3.0 ± 9.9	NS 3.2 ± 10.2	NS 3.3 ± 8.1	NS 3.0 ± 7.6	NS 2.5 ± 7.2	NS 3.3 ± 8.8	NS 2.6 ± 8.5	NS 2.8 ± 8.5	NS 2.8 ± 8.4	NS 2.4 ± 7.8	NS 1.9 ± 6.9	NS 2.1 ± 5.7	NS 2.5 ± 6.3	NS 2.5 ± 5.7	NS 2.3 ± 6.0	NS 2.3 ± 5.8	NS -0.9 ± 6.5	NS -1.6 ± 6.7	NS -0.6 ± 6.5	NS 0.2 ± 6.7
ΔRFT (msec.)	NS -2.5 ± 10.2	NS -1.6 ± 6.6	NS -3.2 ± 6.8	NS -0.2 ± 7.5	NS -0.8 ± 7.3	NS -3.6 ± 10.2	NS -4.9 ± 12.4	NS -3.2 ± 11.0	NS -4.1 ± 11.8	NS -3.6 ± 10.6	NS 0.7 ± 7.8	NS 0.3 ± 6.2	NS -1.3 ± 5.6	NS -0.1 ± 5.2	NS 0.2 ± 5.4	NS -1.6 ± 11.3	NS -0.5 ± 7.4	NS 1.6 ± 5.3	NS 2.2 ± 7.0	NS 1.0 ± 6.5

例数(N) : 上段は頸動脈波(但しICTとQ-IのNは()内に記す) 下段は心尖拍動波

表 5-2 分析値の負荷中変化度の各群間における有意差検定

対比	ΔBPs	ΔBPd	ΔHR	ΔA-Q-IIa	ΔLVET	ΔPEP	ΔPEP/LVET	ΔICT	ΔQ-I	ΔA/E-O	ΔRF/E-O	ΔIRT	ΔRFT
MC ₁ vs MC ₂	NS	****	NS	***	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FC ₁ vs FC ₂	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MC ₁ vs FC ₁	***	****	NS	***	NS	NS	***	***	NS	***	NS	NS	NS
MC ₂ vs FC ₂	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

vs = difference between the groups

*** P < 0.001 ** P < 0.01 * P < 0.05

NS = not significant

Δ : difference of measured values during and after the exercise from measured ones at rest

Δ_A : difference of measured values during and after the exercise from expected ones at rest

BPs : systolic blood pressure BPd : diastolic blood pressure HR : heart rate

Q-IIa : total electromechanical systole LVET : left ventricular ejection time

PEP : pre-ejection period ICT : isometric contraction time Q-I : deformation time

A/E-O : "A" wave ratio RF/E-O : rapid filling wave ratio IRT : isometric

relaxation time RFT : rapid filling time

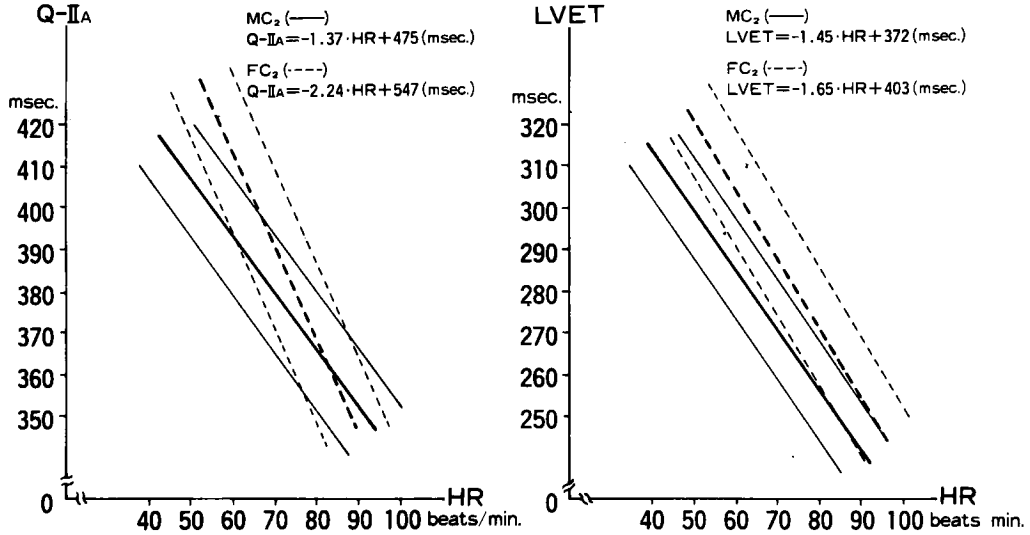


図5-2：Q-IIa時間，LVETのMC₂群とFC₂群間の比較 略号は表4-2を参照

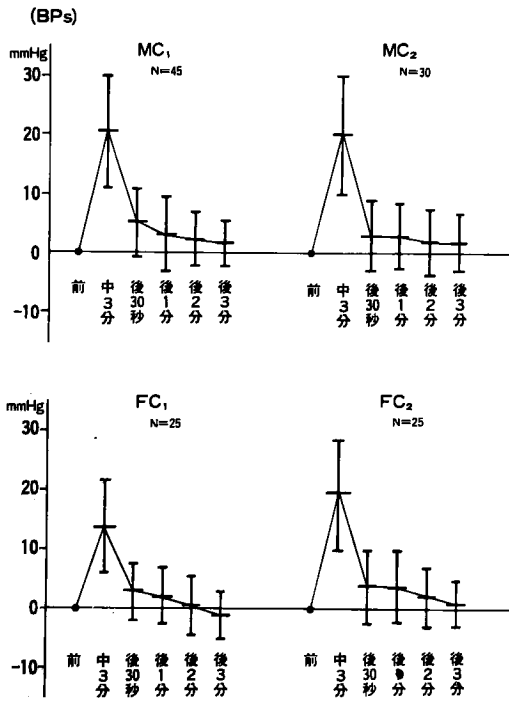


図6-1：収縮期血圧の負荷による変化 略号は表5-2を参照

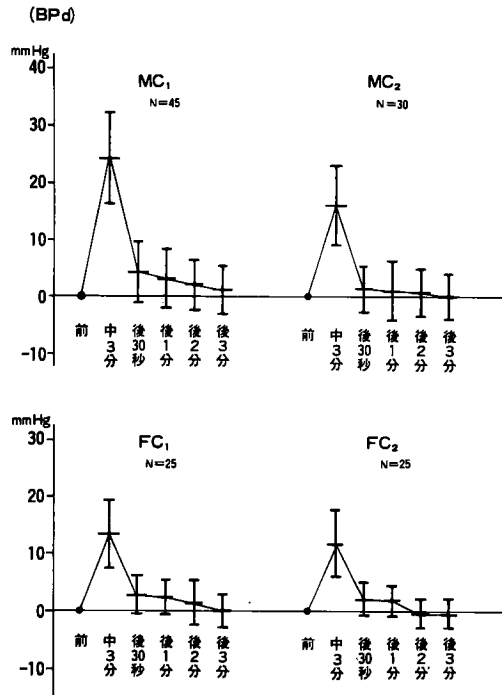


図6-2：拡張期血圧の負荷による変化 略号は表5-2を参照

時定数の積の逆数として求められる

$$\left[\text{cut-off frequency (Hz)} = \frac{1}{2\pi \text{ time constant (sec)}} \right] \quad 10) \text{点から, これらの振動を正確にとら}$$

えるためには少なくとも1.5秒以上, できれば2秒以上の時定数が必要となることが考えられる. 以上から時定数の短い場合は周波数の低い振動は cut-off されてしまって, 血行動態の変化を正確に反映

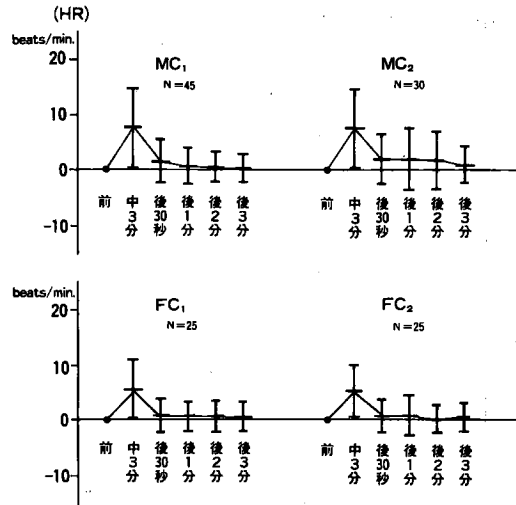


図6-3：心拍数の負荷による変化
略号は表5-2を参照

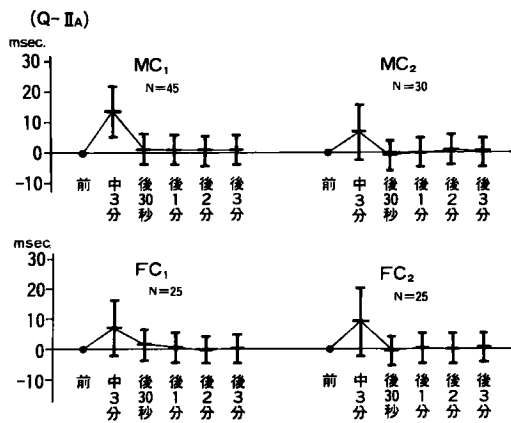


図6-4：Q-IIA時間の負荷による変化
略号は表5-2を参照

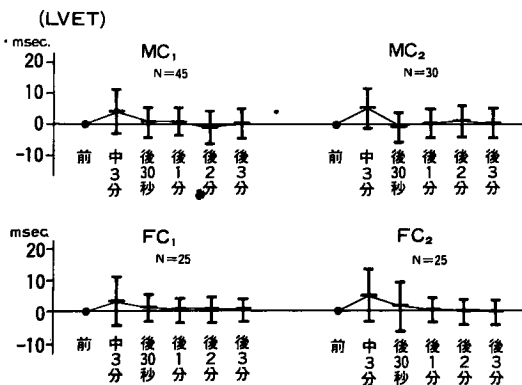


図6-5：LVETの負荷による変化
略号は表5-2を参照

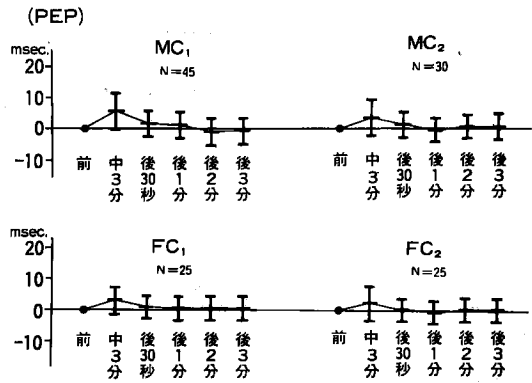


図6-6：PEPの負荷による変化
略号は表5-2を参照

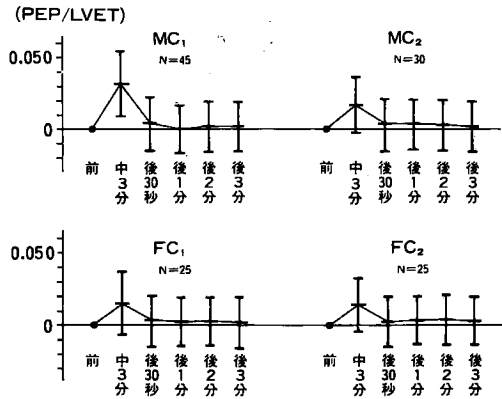


図6-7：PEP/LVETの負荷による変化
略号は表5-2を参照

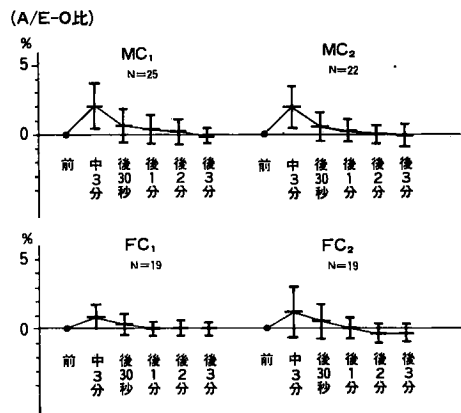


図6-8：A/E-O比の負荷による変化
略号は表5-2を参照

することができなくなるため、心機能検査としては不適当と考えられる。仰臥位と座位における血行動

態について Lance ら¹⁷⁾は座位で一回拍出量の減少がみられると報告し、また小川¹⁸⁾、宮脇ら¹⁹⁾は臥位と立位を比較し、立位では一回拍出量の減少が起こると述べている。一方実際の心機図の記録に際しては、ことに心尖拍動波を含む場合、仰臥位では良好な記録が得られないため左半側臥位で記録することも多く、この記録を用いて STI を分析することも少なくない。ところが仰臥位と左半側臥位による血行動態についての報告は著者の知る限りではみられず、心機図の面から検討した報告もみられなかった。そこで著者は心機図の面から仰臥位と左半側臥位の差について検討した。その結果 FC₁群の LVET では心拍数が多くなるほど、また FC₂群の Q-II_A時間では心拍数が少なくなるほど臥位による差が大きくなり、また PEP は全群で仰臥位に比し左半側臥位で延長傾向を示し、MC₁群、FC₂群では有意差を認めた。従って臥位による差を無視することはできないと考えられる。STI における測定値は正常人でも年齢差、性差があることが報告されており、^{4),20),21)}従って異常例の検討には年齢別、性別の正常値が要求される。そこで著者は年齢を40才未満と40才以上に分け、また男女別で検討したが、年齢では男女とも Q-II_A時間、LVET、PEP、PEP/LVET、A/E-O 比、IRT および RFT は40才以上で延長、増大傾向を示した。性別では40才未満、40才以上とも Q-II_A時間、LVET は女性で、PEP および PEP/LVET、A/E-O 比、RFT は男性でより延長、増大傾向がみられた。Golde ら²⁰⁾、松尾ら²²⁾は小児で STI を年齢別、性別に検討しており、Q-II_A時間、LVET、PEP、PEP/LVET は年齢とともに延長、増大傾向を示しており、これについて彼らは心臓の大きさの違い、血圧および血液量の違い、自律神経状態などの違いによると考察している。Willems ら²³⁾は成人で LVET の年齢、性別による検討を行なっているが、やはり加齢とともに延長し、性別では男性に比し女性で延長を認めている。彼らはその主な決定要素として交感神経緊張の低下、心筋収縮力の低下、aortic impedance の増加などを挙げている。

つぎに握力負荷については、Katori ら²⁴⁾は最大握力の20% (3~5分)では各指標に変化がみられなかったが、最大握力の30%で負荷をかけることにより、心疾患群で左室拡張末期圧、末梢血管抵抗、left ventricular work および心筋の酸素消費の増加をみたと述べている。そこで著者は最大握力の約30%で3分間の負荷をかけて検討した。Lind ら²⁵⁾、

Hoel ら²⁶⁾によれば、握力負荷により血圧上昇、心拍数増加、心拍出量の増大が起こることが報告されており、また心拍数の増加は副交感神経緊張のすみやかな解除による²⁶⁾とされている。著者の検討でも血圧、心拍数の有意な上昇、増加を認めた。この変化は負荷終了後すみやかに安静時の値に復帰しており、自律神経を介しての変化と考えられるが、副交感神経を介してのものか交感神経由来のものは判別できなかった。STI に関して siegel ら⁷⁾、Stefadourous ら⁸⁾は握力負荷中に LVET、PEP および PEP/LVET は有意な変動を示さなかったと述べ、Grossman ら⁹⁾は PEP/LVET について減少すると述べている。Stefadourous ら⁸⁾は PEP/LVET が変化しなかったことについて、心拍数の影響を除けば preload、afterload、収縮力が STI を決定する因子であり、preload は握力負荷中は正常者では変化しないとされており^{10),27)}、また彼らの測定では stroke index は変化なく、PEP/LVET は心拍数の影響を除外した指標であることから、PEP/LVET の増加をきたすと考えられる afterload の増加に対して PEP/LVET の減少をきたすと考えられる心筋の inotropic state がそれに対応して増大したために変化しなかったのであろうと述べている。握力負荷により、Martine ら²⁸⁾は PEP の延長を、Frank ら²⁹⁾は LVET の不変、PFP および PEP/LVET の延長、増大を報告しており、これについて Frank らは心拍出量の減少によるものであろうと述べている。しかるに著者の検討では LVET、PEP、PEP/LVET すべてで延長および増大を示した。従って著者らの成績からは握力負荷により一回拍出量の減少を支持する成績は得られなかった。正常人では握力負荷により左室拡張末期圧は変わらない^{10),27)}とするものと、上昇する³⁰⁾としているものとの報告があり、また Grossman ら⁹⁾は、握力負荷により Vmax が上昇したことから負荷時の血圧、心拍出量の増大に心筋収縮力の増大が働いていると述べている。Stefadourous ら³¹⁾は正常な心臓は握力負荷により diastolic volume reaseave を用いることなく頻脈によって心拍出量が増し、著明な afterload の増加にもかかわらず一回拍出量はほとんど変化しなかったことから、正常人においては握力負荷は心筋収縮力を増加させる結果になると述べている。Jones ら³²⁾、Shaver ら³³⁾は afterload の著明な増加により LVET が延長すると報告している。従って LVET の延長は心筋収縮力増大と血圧の著明な上昇によるものと考えられる。負荷によ

り PEP は延長したが、正常者の場合は負荷により収縮力の低下は考えられず、また少なくとも左室拡張末期圧の低下は起こらないと考えられる。Talley ら¹⁴⁾によれば、PEP は心筋収縮力、心拍数、左室拡張末期圧が一定であれば、拡張期血圧の上昇とともにわずかに延長すると述べている。著者の成績では、握力負荷により拡張期血圧は著明に上昇しており、従って PEP の延長は血圧上昇による影響と考えられる。負荷により A/E-O 比の増大がみられたが、Diamond ら³⁴⁾は A 波の増大は左室拡張末期圧の上昇と相関ありと報告している。健康人では握力負荷により著明な血圧の上昇が認められた。afterload (血圧) が上昇した場合に、まず最初の反応としては駆出抵抗が増大するために充分な駆出が行なわれず駆出率が低下する。そのため左室拡張末期容積 (圧) が上昇するが、直ちに Frank-Starling Mechanism または心筋収縮力が増大し、駆出率を増大させ、左室拡張末期容積 (圧) は正常化する方向に向かう³⁵⁾。この際健康人の場合には主として心筋収縮力の増大によると考えられているが³¹⁾、当然わずかではあっても Frank-Starling Mechanism も関与することが推測され、それが軽度の A/E-O 比の増大をきたすことが考えられる。著者の成績でも安静時の A/E-O 比は 5%前後で、負荷によって有意に増大するが、増加度は高々数%で異常と考えられる値を示したものはなかった。従って左室拡張末期圧の病的な上昇は考えにくい。Metzger ら³⁶⁾は、直接法で測定した真の等容収縮期 (true ICT) と心機図上の ICT とは正の強い相関をもつと報告している。また Weissler ら³⁾、Wallace ら³⁷⁾の報告によると PEP、ICT は心拍出量と負の相関を示すと述べ、Reeves ら³⁸⁾は、ICT は心筋収縮力と負の相関を示すと報告している。著者の成績では ICT は PEP とほぼ同様の変化を示し、握力負荷による ICT の延長は PEP におけると同様に解釈してよいと考えられる。Q-I 時間は左房圧に関連して変化する³⁹⁾という報告があるが、著者の成績では少なくとも A/E-O 比の動きとは関連はみられず、握力負荷により全群で短縮傾向を認めた点から、左房圧即ち左室拡張末期圧との関連は考えにくい。Weissler ら³⁾は Q-I 時間

と心拍数とは負の相関を示すことを報告しているが、著者の成績では心拍数と Q-I 時間との間にはあまり明瞭な相関は認められなかった。従って Q-I 時間の短縮は左房から左室への血流速度が増加したことによると推測される。また RF/E-O 比、IRT、RFT についても検討したが、健康群では統計的に有意な変動はみられなかった。

7 結 論

- 1) 健康人の心機図について分析を行なった。対象は40才未満の男45例、女25例、40才以上の男30例、女25例である。
 - 2) Q-II_A時間、LVET と心拍数との間には有意な負の相関がみられたが、PEP と心拍数との間には相関はみられないか、みられてもわずかであった。
 - 3) 時定数が異なると波形が大きく変わり、時定数の短い記録では血行動態を反映するような波形が得られず、波形上の時相にもずれがみられた。すなわち時定数2.0秒に比し、0.1秒ではRF/E-O 比は増大し、A/E-O 比は減少傾向を示し、RFT は延長し、UT、Q-E 時間、IRT は短縮した。
 - 4) 左半側臥位では仰臥位に比し、全群で PEP は延長傾向を示し、女性では徐脈時の Q-II_A時間および頻脈時のLVETで臥位による差が認められた。
 - 5) 年齢別では、40才未満に比し40才以上で Q-II_A時間、LVET、PEP、PEP/LVET、Q-I 時間、A/E-O 比、IRT および RFT は延長、増大傾向を示した。
 - 6) 性別では、男性に比し女性で Q-II_A時間、LVET および RF/E-O 比は延長、増大傾向を示し、PEP、PEP/LVET、Q-I 時間、A/E-O 比、RFT は短縮、減少傾向を示した。
 - 7) 握力負荷により血圧の上昇、心拍数の増加をきたし、更に Q-II_A時間、LVET、PEP、ICT の延長および PEP/LVET、A/E-O 比の増大を認めた。稿を終えるに臨み、御校閲をいただいた長島秀夫教授に深甚なる謝意を表するとともに、御懇篤なる御指導をいただいた原岡昭一助教授に深謝致します。
- (本論文の要旨は、第14回日本脈波学会総会および第31回、32回日本循環器学会中国四国地方会総会で発表した。)

文 献

- 1) Weissler, A.M., Peeler, R.G. and Roehll, W.H.: Relationships between left ventricular eject-

- ion time, stroke volume, and heart rate in normal individuals and patients with cardiovascular disease. *Am. Heart J.*, **62** : 367, 1961.
- 2) Weissler, A.M., Harris, L.C. and White, G.D. : Left ventricular ejection time index in man. *J. Appl. Physiol.*, **18** : 919, 1963.
 - 3) Weissler, A.M., Harris, W.S. and Schoenfeld, C.D. : Systolic time intervals in heart failure in man. *Circulation*, **37** : 149, 1968.
 - 4) Weissler, A.M., Harris, W.S. and Schoenfeld, C.D. : Bedside technics for the evaluation of ventricular function in man. *Am. J. Cardiol.*, **23** : 577, 1969.
 - 5) Garrard, G.L., Weissler, A.M. and Dodge, H.T. : The relationship of alterations in systolic time intervals to ejection fraction in patients with cardiac disease. *Circulation*, **42** : 455, 1970.
 - 6) Benchimol, A., Dimond, E.G. and Carson, J.C. : The value of the apexcardiogram as a reference tracing in phonocardiography. *Am. Heart J.*, **61** : 485, 1961.
 - 7) Siegel, W., Gilbert, C.A., Nutter, D.O., Schlant, R.C. and Hurst, J.W. : Use of isometric handgrip for the indirect assessment of left ventricular function in patients with coronary atherosclerotic heart disease. *Am. J. Cardiol.*; **30** : 48, 1972.
 - 8) Stefadouros, M.A., Grossman, W., Shahawy, M.E., Stefadouros, F. and Witham, A.C. : Noninvasive study of effect of isometric exercise on left ventricular performance in normal man. *Brit. Heart J.*, **36** : 988, 1974.
 - 9) Grossman, W., McLaurin, L.P., Saltz, S.B., Paraskos, J.A., Dalen, J.E. and Dexter, L. : Changes in the inotropic state of the left ventricle during isometric exercise. *Brit. Heart J.*, **35** : 697, 1973.
 - 10) Houston, J.D., Atkins, J.M. and Blomqvist, G. : Cardiovascular response to isometric forearm contraction. *Clinical Research*, **18** : 70, 1970.
 - 11) 稲坂暢, 杉本恒明, 野原哲夫, 平沢邦彦, 紺野謙介, 浦岡忠夫, 北川駿介, 佐藤清, 武内重五郎 : 血行動態の評価における左室収縮時間(STI)測定の意義. *心臓*, **5** : 21, 1973.
 - 12) Harris, W.S., Schoenfeld, C. D. and Weissler, A. M. : Effects of adrenergic receptor activation and blockade on the systolic preejection period, heart rate and arterial pressure in man. *J. Clin. Invest.*, **46** : 1704, 1967.
 - 13) Harris, W.S., Weissler, A.M. and Brooks, R.H. : Vagal influences on left ventricular contraction in man : A cause for prolongation of the preejection period. *Clinical research*, **14** : 426, 1966.
 - 14) Talley, R.C., Meyer, J.F. and McNay, J.L. : Evaluation of the preejection period as an estimate of myocardial contractility in dogs. *Am. J. Cardiol.*, **27** : 384, 1971.
 - 15) 沢山俊民 : 心臓の診かたと心機図. 金芳堂, 京都, P. 6. 1975.
 - 16) Tavel, M.E. : *Clinical phonocardiography and external pulse recording.* Second Edition. Year Book Medical Publishers, Chicago, 1974, P. 14.
 - 17) Lance, V.Q. and Spodick, D.H. : Heart rate-left ventricular ejection time relations. Variations during postural change and cardiovascular changes. *Brit. Heart J.*, **38** : 1332, 1976.
 - 18) 小川剛 : 起立による循環動態の変動. *日医大誌*, **42** : 30, 1975.
 - 19) 宮脇淳, 小沢利男, 寺岡賢治, 半田昇, 岩本昌昭, 岸本篤郎, 永川裕三, 吉川政己 : 体位変換時の血行動態. *Jap. Circulat. J.*, **40** : 974, 1976.
 - 20) Golde, D. and Burstn, L. : Systolic phases of the cardiac cycle in children. *Circulation*, **42** : 1029, 1970.
 - 21) Willems, J.L., Roelandt, J., Geest, H.D., Kesteloot, H. and Joossens., J.V. : The left ventricular ejection time in elderly subjects. *Circulation*, **42** : 37, 1970.

- 22) 松尾修三, 奥保彦, 橋場邦武: 本邦正常学童の左室収縮時間 (Systolic time interval) の検討. *心臓*, **8** : 584, 1976.
- 23) Katori, R., Miyazawa, K., Ikeda, S., Shirato, K., Muraguchi, I. and Hayashi, T. : Effects of isometric handgrip exercise on coronary circulation and left ventricular function in cardiac patients. *Jap. Circulat. J.*, **37** : 903, 1973.
- 24) Lind, A.R., Taylor, S.H., Humphreys, P.W., Kennelly, B.M. and Donald, K.W. : The circulatory effects of sustained voluntary muscle contraction. *Clin. Sci.*, **27** : 229, 1964.
- 25) Hoel, B.L., Lorentsen, E. and Lund-Larsen, P.G. : Haemodynamic responses to sustained handgrip in patients with hypertension. *Acta med. Scand.*, **188** : 491, 1970.
- 26) Freyschuss, U. : Elicitation of heart rate and blood pressure increase on muscle contraction. *J. Appl. Physiol.*, **28** : 758, 1970.
- 27) Kivowitz, C., Marcus, H., Donoso, R., Ganz, W., Swan, H.J.C. and Parmley, W.W. : Evaluation of cardiac performance with a handgrip dynamometer in patients with heart disease — "The grip test". *Circulation*, **42** : 111—122, 1970.
- 28) Martin, C.E., Shaver, J.A., Thompson, M.E., Reddy, P.S. and Leonard, J.J. : Direct correlation of external systolic time intervals with internal indices of left ventricular function in man. *Circulation*, **44** : 419, 1971.
- 29) Frank, M.N. and Haberern, N. : The effect of hand grip exercise on systolic time intervals in human subjects. *Am. J. Med. Sci.*, **261** : 219, 1971.
- 30) Helfant, R.H., Devilla, M.A. and Meister, S.G. : Effect of sustained isometric handgrip exercise on left ventricular performance. *Circulation*, **44** : 982, 1971.
- 31) Stefadouros, M.A., Grossman, W., Shahawy, M.E. and Witham, A.C. : The effect of isometric exercise on the left ventricular volume in normal man. *Circulation*, **49** : 1185, 1974.
- 32) Jones, W.B. and Foster, G.L. : Determinants of duration of left ventricular ejection in normal young men. *J. Appl. Physiol.*, **19** : 279, 1964.
- 33) Shaver, J.A., Kroetz, F.W., Leonard, J.J. and Paley, H.W. : The effect of steady-state increases in systemic arterial pressure on the duration of left ventricular ejection time. *J. Clin. Invest.*, **47** : 217, 1968.
- 34) Dimond, E.G., Duenas, A. and Benchimol, A. : Apex cardiography. *Am. Heart J.*, **72** : 124, 1966.
- 35) Cohn, J.N. : Blood pressure and cardiac performance. *Am. J. Med.*, **55** : 351, 1973.
- 36) Metzger, C.C., Chough, C.B., Kroetz, F.W. and Leonard, J.J. : True isovolumic contraction time : Its correlation with two external indexes of ventricular performance. *Am. J. Cardiol.*, **25** : 434, 1970.
- 37) Wallace, A.G., Mitchell, J.H., Skinner, N.S. and Sarnoff, S.J. : Duration of the phases of left ventricular systole. *Circulat. Res.*, **12** : 611, 1963.
- 38) Reeves, T.J., Helfner, L.L., Jones, W.B., Coghlan C., Prieto, G. and Carroll, J. : Experimental and laboratory reports. The hemodynamic determinants of the rate of change in pressure in the left ventricle during isometric contraction. *Am. Heart J.*, **60** : 745, 1960.
- 39) Sakamoto, T., Kaito, G. and Ueda, H. : Electrocardiographic and phonocardiographic studies in hypertension. *Jap. Heart J.*, **1** : 213, 1960.

Studies on mechanocardiogram**I. Mechanocardiogram in normal subjects, using hand grip exercise**

by

Tatsuya KAWAI

The First Department of Internal Medicine, Okayama University Medical School,
Okayama

(Director : Prof. Hideo Nagashima)

Normal 45 males and 25 females less than 40 years, and 30 male and 25 female more than 40 years of age, were analyzed for mechanocardiogram both at rest and by hand grip exercise. The results revealed that Q-IIA and LVET showed a significant negative correlation, PEP showed no or a little, correlation and Q-I showed no correlation with heart rate. With different time constant, while the waveform did not change essentially waveform and a time lag on wave were observed, i.e., with time constant of 0.1 in comparison with 2.0 sec., RF/E-0 ratio and RFT increased, and UT, Q-E, IRT and A/E-0 ratio tended to decrease. In terms of different positions, left hemilateral position as compared with supine one prolonged PEP in all groups and in the LVET at tachycardia and the Q-IIA at bradycardia, a difference by position was found in female.

In the over 40 year old group, Q-IIA, LVET, PEP, PEP/LVET, A/E-0 ratio and IRT tended to increase as compared with the below 40 year old group. In female compared to male, examination at rest showed a tendency to have a greater Q-IIA and LVET, and lesser PEP, PEP/LVET, Q-I, A/E-0 ratio and RFT. Hand grip exercise increased Q-IIA, LVET, PEP, ICT, PEP/LVET and A/E-0 ratio accompanied with an rise in blood pressure and heart rate.