

高血圧症の心機能

—心機能図学的研究—

第1報 安静時の心機能図について

金沢大学医学部第二内科学講座 (主任: 竹田亮祐教授)

竹 内 伸 夫

(昭和51年8月10日受付)

本論文の要旨は第37回日本循環器学会総会で発表した。

心周期の諸時相は心ポンプ機能¹⁾²⁾ならびに心筋収縮性³⁾⁴⁾の諸指標とよく相関することが示されて以来、頸動脈波による心時相分析は非観血的左心機能評価法の1つとして広く利用されつゝある。一方心尖拍動波も時相分析に利用^{5)~7)}されるほか、その波型ならびに波高は圧負荷、容量負荷、心収縮の協調性さらに拡張終期圧の変化をよく反映するとされてお^{8)~11)}、頸動脈波と心尖拍動波との同時記録はいっそう有用な左心機能評価法と考えられる。

高血圧症においては心時相において前駆期 (pre-ejection period)、等容収縮期 (isovolumic contraction time) の延長、駆出期 (ejection time) の短縮が報告されてお^{12)~14)}、また一方、心尖拍動波におけるa波の増高、収縮期波の異常などが知られてお⁸⁾¹⁵⁾が、これらの変化は高血圧症におけるafterloadの増大、進展する心筋肥大ならびに心筋の虚血性変化さらに自律神経系の緊張度などの諸因子が関与している

ことが推定される。そこで高血圧症におけるこれらの諸因子と心機能図学的変化との関連性を明らかにするために高血圧症の種々のstageにおける心機能図上の変化について検討し、高血圧症における心機能を評価することを試みた。

対象ならびに方法

対象は35才以上60才未満の本態性高血圧症83例ならびに対照群として心、肺、腎の各疾患、貧血ならびに甲状腺疾患など循環器系に影響を及ぼすような疾患のない正常血圧者26例である。高血圧症例は日循協の高血圧重症度分類の心障害度分類基準に従ってI、II、III、IV群に分類した(表1、2)。なお、明かな心不全症状を示す例は1例もみられなかった。これらの対象は心機能図記録前2週からは降圧剤、強心配糖体その他循環器系に影響を及ぼすような薬剤の投与はなされていない。

Table 1 Number, Age, Mean Blood Pressure and Cardiothoracic Ratio in Normotensive Subjects and Hypertensive Groups

	Number of Cases	Age	MBP(mmHg)*	CTR(%)†
NT	26	46 ± 5	85 ± 7	46 ± 4
HT _I	14	47 ± 6	112 ± 7	46 ± 5
HT _{II}	37	47 ± 6	120 ± 11	50 ± 3
HT _{III}	13	50 ± 8	122 ± 17	51 ± 5
HT _{IV}	19	49 ± 7	124 ± 20	53 ± 5

MBP*: Mean Blood Pressure, CTR†: Cardio Thoracic Ratio

Mechanocardiographic analysis of cardiac Function in Hypertension. —(I) Mechanocardiographic Findings at Rest Nobuo Takeuchi Department of Internal Medicine (II) (Director: Prof. R. Takeda), School of Medicine, Kanazawa University.

Table 2 Classification of Hypertensive Subjects

	Normotensives (NT)	Hypertensives (HT)			
		HT _I	HT _{II}	HT _{III}	HT _{IV}
Cardio	male : 49% or less	49% or less	54% or less	59% or less	60% or more
Thoracic Ratio	female : 51% or less	51% or less	56% or less	61% or less	62% or more
ECG	normal	normal	High Voltage ($S_{V_1} + R_{V_5,6} > 3.5$ mV, $R_{V_5,6} > 2.6$ mV, $R_{in I, II, III}$, $aVF > 2.0$ mV and /or $R_{in aVL} > 1.2$ mV)	Slight Depress- ion of ST (0.05 ~0.1 mV), and/ or T Wave Inversion (<0.5 mV) or T/R \leq 10%	Remarkable Depression of ST (≥ 0.1 mV), T Wave Inver- sion (≥ 0.5 mV) and/or Old In- farction

被検者に約5分間の安静をとらせた後、心尖拍動波、頸動脈波を第II誘導心電図、第III肋間胸骨左縁における心音図と同時記録した。transducerはフクダ電子社製TY 302(時定数2秒以上)を使用した。記録は同社製Multiple Research Recorder(MRR-150)を使用し、紙送り速度は100 mm/sec.である。

測定ならびに算出項目は以下の通りである。

心拍数(HR)：心電図R-R間隔を測定し算出した。

収縮期(Q-II)：心電図Q波の始めからII音大動脈弁成分の始めまで。

駆出期(ET)：頸動脈波の立ち上がり点(U)から切痕(Inc.)まで。

補正駆出期(ETc)：駆出期を $\sqrt{R-R}$ で補正した、 $(ET/\sqrt{R-R})$ 。

前駆出期(PEP)：収縮期と駆出期の差を算出した。即ち(Q-II)-ETとして求めた。

血行動態比(ET/PEP)。

等容収縮期(ICT)：心尖拍動波収縮期波の立ち上がり点(C)から頸動脈波の立ち上がり点(U)までの間隔と脈波伝達時間との差を算出した。

脈波伝達時間(II-Inc)：II音大動脈弁成分の始めから頸動脈波の切痕まで。

等容弛緩期(II-O)：II音大動脈弁成分の始めから心尖拍動波の0点まで。

a波高比(a/OE)：心尖拍動波のa波高と全波高(OE)との比。

拡張期充盈波高比(DF/OE)：心尖拍動波の全拡張期充盈波高(DF:O点からa波の頂点まで)と全波高との比。

急速充盈波高比(RF/OE)：心尖拍動波の急速充盈波(RF)と全波高との比。

a/DF：a波高と全拡張期充盈波高との比。

以上の各parameterはいずれも連続3心拍以上の

測定を行いその平均値について検討した。

成 績

各群の血圧、心拍数ならびに心機図上の各測定項目の平均値ならびに標準偏差は表3に示す如くである。

1) 心拍数：高血圧I群(HT_I)の心拍数は 70 ± 11 で、正常血圧群(NT) 60 ± 8 に比し有意の増加($P < 0.05$)を示しているが、他の高血圧群(HT_{II}, HT_{III}, HT_{IV})では正常血圧群に比し有意差はなかった(図1)。

2) 収縮期(Q-II)：正常血圧群 128 ± 16 msecに比し、高血圧I群では 125 ± 14 msecと有意の短縮($P < 0.05$)を認めたが、他の高血圧群においては正常血圧群との間に有意差はなかった(図2)。

3) 前駆出期(PEP)：高血圧II群のPEPは 122 ± 16 msecと正常血圧群 114 ± 14 msecに比し有意に延長しており($P < 0.05$)、III, IV群ではそれぞれ 126 ± 16 msec ($P < 0.05$)、 130 ± 16 msec ($P < 0.01$)とさらに延長する傾向があった(図3)。

4) 等容収縮期(ICT)：高血圧II, III群において延長する傾向があるが正常群との間に有意差はなく、高血圧IV群においてのみ、正常血圧群 84 ± 12 msecに比し有意の延長 93 ± 15 msecを認めた($P < 0.05$)(図4)。

5) 駆出期(ET)：正常血圧群 304 ± 20 msecに比し、高血圧では各群とも短縮傾向を認めるが、そのうち高血圧II群は 290 ± 31 msecで有意差($P < 0.05$)があり、また高血圧IV群で高度の短縮 281 ± 24 msecを認めた($P < 0.01$)(図5)。

6) 補正駆出期(ETc)：正常血圧群に比し高血圧I群で延長傾向があり、高血圧II, III群では短縮する傾向を認めるが、いずれも有意差はなく、高血圧IV群においてのみ有意の短縮を示した($P < 0.05$)(図6)。

7) ET/PEP：高血圧I群では有意差はないが、

Table 3 Blood Pressure and Mechanocardiographic Data in Normotensive Subjects and Hypertensive Groups

Groups		NT	HT _I	HT _{II}	HT _{III}	HT _{IV}
Parameters						
Bl. Press (mmHg)	Syst.	109 ± 11	149 ± 10**	158 ± 20**	160 ± 27**	166 ± 35**
	Diast.	74 ± 5	94 ± 8*	101 ± 8**	101 ± 13**	103 ± 14**
	Mean	85 ± 7	112 ± 7**	120 ± 11**	122 ± 17**	124 ± 20**
Heart Rate		60 ± 8	70 ± 11**	64 ± 10	61 ± 9	64 ± 12
Systole	(msec)	418 ± 21	404 ± 21*	411 ± 37	422 ± 20	411 ± 25
PEP	(msec)	114 ± 14	113 ± 16	122 ± 16*	126 ± 16*	130 ± 16**
IGT	(msec)	84 ± 12	81 ± 13	88 ± 13	91 ± 10	93 ± 15*
ET	(msec)	304 ± 20	291 ± 23	290 ± 31*	295 ± 23	281 ± 24**
ET _C	(msec)	304 ± 16	313 ± 20	298 ± 22	296 ± 19	289 ± 22*
ET/PEP		2.7 ± 0.5	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.4**	2.4 ± 0.4**	2.2 ± 0.4**
II _A -O	(msec)	128 ± 16	125 ± 14	135 ± 19	151 ± 23**	159 ± 31**
II _A -Inc.	(msec)	24 ± 6	20 ± 4*	17 ± 6**	17 ± 4**	16 ± 7**
DF/OE	(%)	25 ± 5	26 ± 8	25 ± 8	28 ± 7	28 ± 8
RF/OE	(%)	8 ± 3	10 ± 5	8 ± 3	9 ± 4	7 ± 2
a/OE	(%)	7 ± 2	8 ± 3	8 ± 3*	9 ± 4	13 ± 7**
a/DF	(%)	25 ± 7	32 ± 9*	32 ± 8**	34 ± 7**	44 ± 14**
Large "a" Wave (%)		0 (0/22)	14(2/14)	16(5/31)	23(3/13)	39(7/18)
Abnorm. Syst. Wave (%)		0 (0/26)	0 (0/13)	16(6/37)	0 (0/13)	26(5/19)

* P < 0.05 ** P < 0.01

高血圧 II, III, IV 群ではそれぞれ 2.6 ± 0.5, 2.4 ± 0.4, 2.2 ± 0.4 と順次減少する傾向があり、いずれの群も正常血圧群に比し有意差 (P < 0.01, P < 0.05, P < 0.01) を示した (図 7)。

8) 等容弛緩期 (II-O) : 高血圧 II 群において延長傾向を認めるが有意差はなく、高血圧 III, IV 群はそれぞれ 151 ± 23 msec, 159 ± 31 msec と正常血圧群 128 ± 16 msec に比し有意の延長を認めた (P < 0.01, P < 0.01) (図 8)。

9) 脈波伝達時間 (II-Inc) : 高血圧各群とも正常血圧群 24 ± 6 msec, に比し有意の短縮を示し、特に高血圧 II, III, IV 群では 17 ± 6, 17 ± 4, 16 ± 7 msec と著しい短縮を示した (P < 0.05, P < 0.01, P < 0.01, P < 0.01) (図 9)。

10) 拡張期充盈波高比 (DF/OE) : 高血圧 III, IV 群で大なる傾向を認めたが有意差はなかった (図 10)。

11) 急速充盈波高比 (RF/OE) : 高血圧 IV 群で減少の傾向が認められた (図 11)。

12) a 波高比 (a/OE) : 高血圧各群で順次増大する傾向があり、高血圧 II, IV 群において正常血圧群に比し有意差があった (P < 0.05, P < 0.01) (図 12)。

13) a/DF : 高血圧各群で順次増大する傾向があり各群とも正常血圧群に比し有意差があった (P < 0.05, P < 0.01, P < 0.01, P < 0.01) (図 13)。

14) 異常 a 波の頻度 : a 波高比 12% 以上の異常 a 波の頻度は正常血圧群では 22 例中 0, 高血圧 I 群では 14 例中 2 例 (14%), 高血圧 II 群では 31 例中 5 例 (16%), 高血圧 III 群では 13 例中 3 例 (23%), 高血圧 IV 群では 18 例中 7 例 (39%) に認められた (表 3)。

15) 異常収縮期波の頻度 : 抬起性収縮期波あるいは systolic bulge は正常血圧群, 高血圧 I, III 群においては 1 例も認められなかったが、高血圧 II 群では 37 例中 6 例 (いずれも抬起性収縮期波) に、高血圧 IV 群では 19 例中 5 例 (4 例は抬起性収縮期波, 1 例は mid-systolic bulge) に認められた (表 3)。

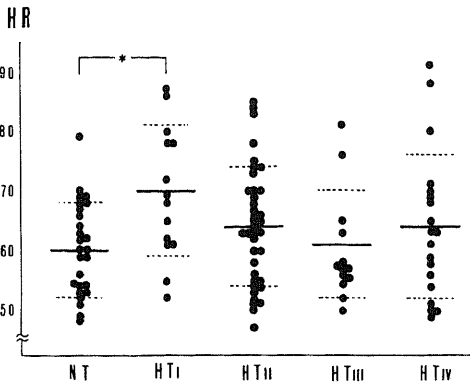


Fig.1. Heart rate in normotensive (NT) and hypertensive groups (HT). Solid lines show mean values and dash lines show standard deviations.

* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$

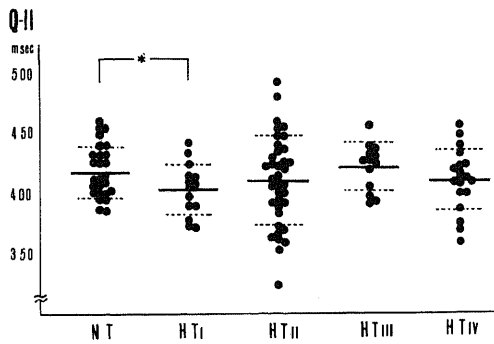


Fig.2. Systole (Q- II interval) in normotensive and hypertensive groups.

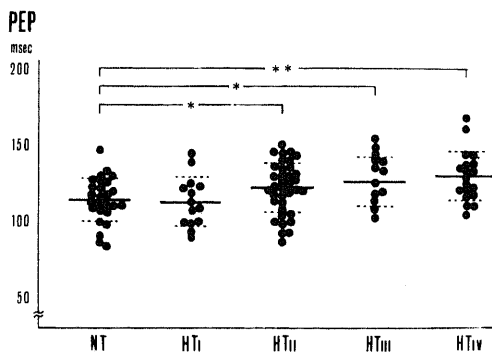


Fig.3. Pre-ejection period (PEP) in normotensive and hypertensive groups.

考 案

高血圧 I 群では正常血圧群に比し、心拍数は増加しており、ET の短縮による収縮期の短縮が認められた。一方 PEP, ICT は正常血圧群と差がなかった。高血圧群における拡張期圧の上昇は PEP, ICT を延長させる因子である。心尖拍動波の a 波は高血圧 I 群でも増高傾向を認めるがその程度は軽度であり有意差はなかった。また拡張期充盈波高比も正常血圧群に比し差は認められず、高血圧 I 群における preload の増大は考え難い。従って拡張期圧の上昇にもかかわらず PEP, ICT が正常血圧群に比し差がないということは心筋収縮性の亢進を示唆するものと考えられる。

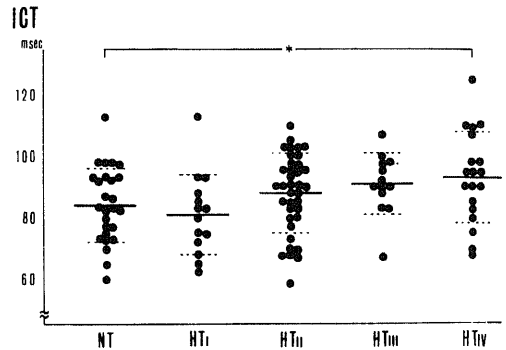


Fig.4. Isovolumic contraction time (ICT) in normotensive and hypertensive groups.

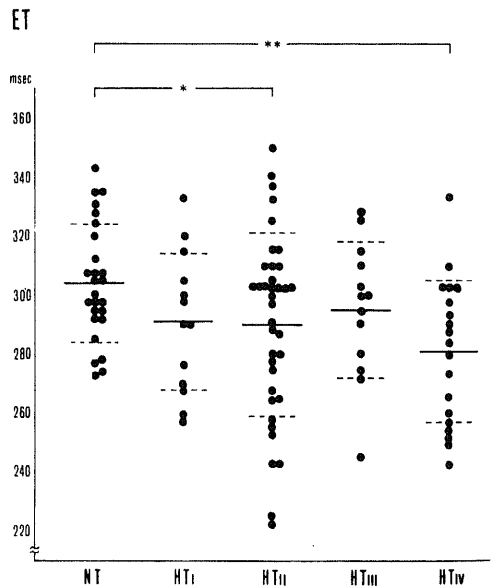


Fig.5. Ejection time (ET) in normotensive and hypertensive groups.

初期高血圧症の心機能には自律神経系が関与し、頻拍の傾向があるとされている^{16)~18)}が、著者の高血圧 I 群にみられた上記の成績はこのことを裏づける事実と思われる。

木川田ら¹⁴⁾は高血圧症の心機能について心機図学的検討をしているが、その際血圧上昇をもたらす循環力学的因子により、分時送血量増大型、末梢血流抵抗増大型ならびに脈管容積弾性率増大型などに分類し検討している。年齢的には若年群で分時送血量増大型が多

いとしているが、著者の上記初期高血圧群は平均年齢 47 才で他の高血圧群に比し年齢的に有意差はないが心機図学的所見からみると分時送血量増大型と思われる。

軽度の左室肥大を伴うと考えられる高血圧 II 群では PEP の延長、ET、ETc の短縮傾向、ET/PEP の減少、a 波の增高、抬起性収縮期波などが認められた。Fröhlich et al.¹³⁾ は心肥大所見を有する高血圧症例では心機能低下を認めると報告しているが、著者の高血圧 II 群では心電図上 ST-T 変化を伴う例は含まれておらず、軽度心肥大群と考えられる。PEP は延長しているが ICT は有意の延長を示しておらず、また高血圧症における心肥大は増大した afterload に対する代償機転であることを考えると、II 群における心機能低下は考えにくい。従って著者のえた上記の収縮期時相の変化は単に増大した afterload の影響と考える

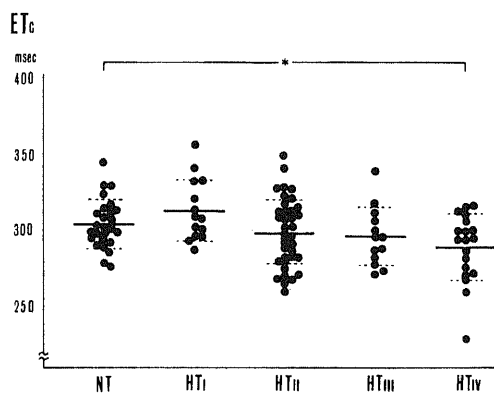


Fig.6. Corrected ejection time (ETc) in normotensive and hypertensive groups.

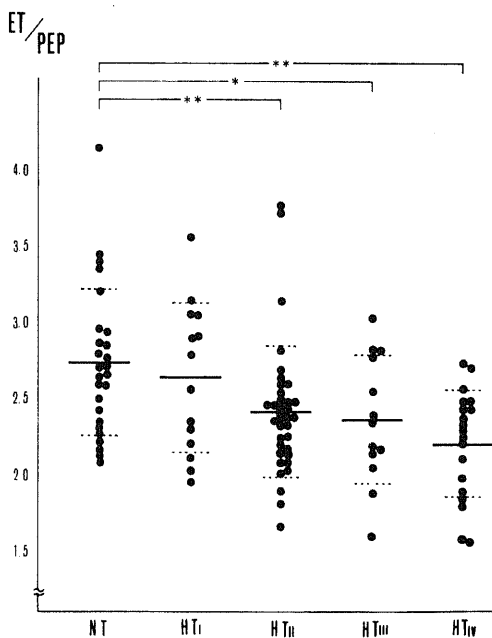


Fig.7. ET/PEP in normotensive and hypertensive groups.

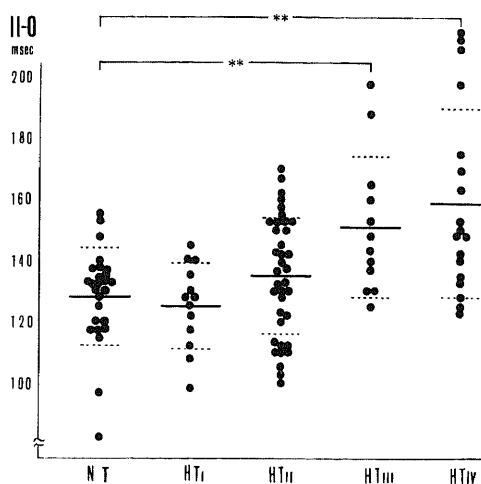


Fig.8. II-O interval in normotensive and hypertensive groups.

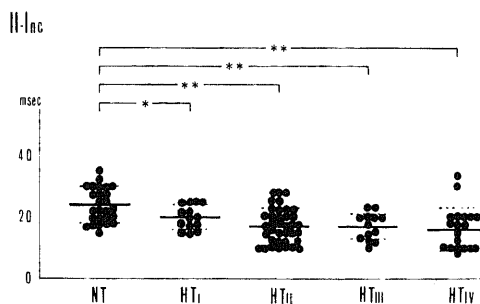


Fig.9. II-Inc. interval in normotensive and hypertensive groups.

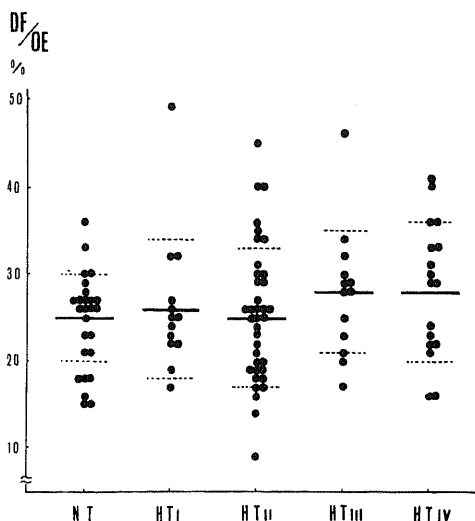


Fig.10. Diastolic filling wave ratio (DF/OE) in normotensive and hypertensive groups.

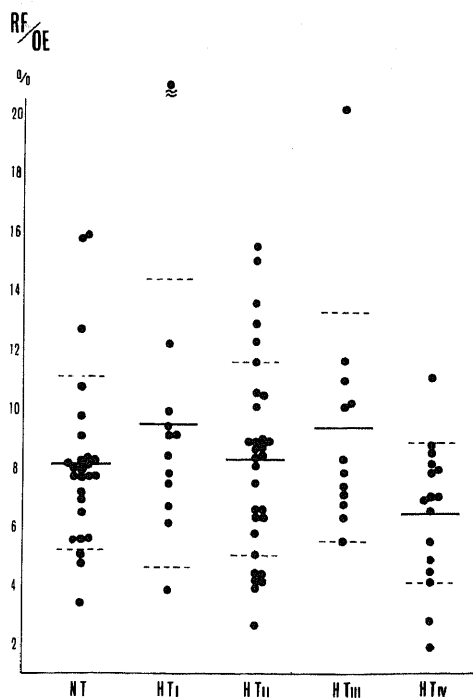


Fig.11. Rapid filling wave ratio (RF/OE) in normotensive and hypertensive groups.

こともできる。心尖拍動波のa波の増高にしても軽度のものであり、左室機能の低下に伴う左房の booster action と考えるよりも肥大による左室 compliance の低下、左室充盈における左房収縮の関与が増大していることを示すものであろう。また異常収縮期波にしても bulge を示す例は認められず、afterload の増大ならびに肥大による単なる心収縮様式の変化と考えることもできよう⁸⁾。

心電図上 ST-T 変化を認め、高度の心肥大あるいは虚血性変化を伴うと思われる高血圧Ⅲ、Ⅳ群では、高

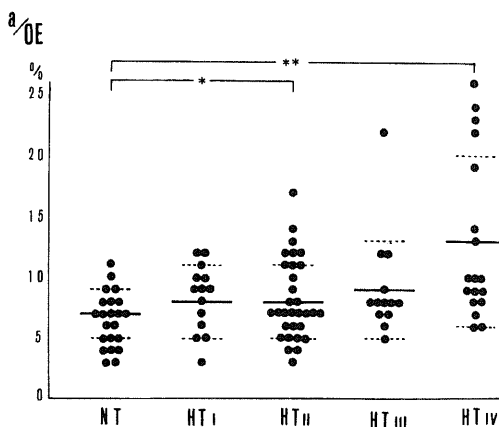


Fig.12. 'a' wave ratio (a/OE) in normotensive and hypertensive groups.

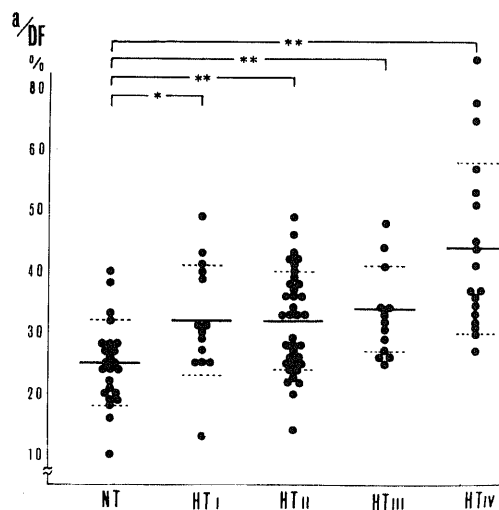


Fig.13. The ratio of the a-wave to the diastolic filling wave (a/DF) in normotensive and hypertensive groups.

血圧II群にみられた異常所見はさらに高度となりII-O間隔の延長も認められた。また特にIV群におけるET, ETcの短縮は正常血圧群との間に有意差を示し, RF波には減高傾向が認められた。

高血圧III, IV群における拡張期血圧は高血圧II群との間に有意差を示さない。従って高血圧III, IV群に認められる高度のPEP, ICTの延長, ET, ETcの短縮は単にafterloadの増大だけでは説明し得ない。また特にIV群ではa波の増高が著明であり, 左室拡張終期圧の上昇が示唆されている。左室拡張終期圧の上昇は等容収縮期開始時点における左室と大動脈の圧差を小さくし, かつ, Preloadの増大と考えれば, PEP, ICTが高度に延長し, ET, ETcが短縮していることは心収縮性の低下, 心拍出量の低下を示唆するものと考えられる。

高血圧IV群の著明なa波の増高はRF波の減高を伴っている。RF波の減高は高度の肥大, 心筋虚血などによる左室complianceの低下のため, 拡張早期における左室充盈が減少していることを示唆するものと思われる。従って著明なa波の増高は拡張早期の充盈低下を拡張終期にatrial kickで補っているものと考えられるが, 同時に心収縮性ならびに心拍出量の低下が左室残血量の増大をもたらす, このために左房のbooster actionが作動しているものとも考えられる。すなわち高血圧IV群にみられる心機図上の異常所見は心不全に近い状態を反映するものであろう。

結 論

1) 左室肥大を有しない初期高血圧においては正常血圧群に比し, 心拍数の増加, ETの短縮による収縮期の短縮ならびに脈波伝達時間の短縮などが認められた。一方PEP, ICTには差がなくETcは延長傾向を示した。

2) 軽度左室肥大を伴うと思われる高血圧症ではPEP, ICTの延長, ET, ETcの短縮傾向, ET/PEPの減少, a波の軽度の増高, 抬起性収縮期波の出現, 脈波伝達時間の短縮などが認められた。

3) 高度の心肥大ならびに虚血性の変化を有する高血圧ではPEP, ICTの延長, ET, ETcの短縮, ET/PEPの減少, a波の増高などが高度となり, 異常収縮期波, 脈波伝達時間の短縮なども認められた。またIRTの延長, RFの減高傾向も認められた。

4) 以上高血圧症における左心機能を心機図学的に検討した結果から, 心障害を伴わない初期高血圧群はhyperhnetic stateにあるといえる。一方, 高度の心肥大ならびに心筋虚血を伴う高血圧群では, 左室com-

plianceの低下により左室充盈における左房収縮の関与が増大しており, また心筋収縮性は低下し, 心拍出量は減少し左室拡張終期圧は上昇しているなど, 心は血行力学的に心不全への途上にあると考えられた。

稿を終りに臨み, 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映二教授ならびに終始御指導を賜った金沢医科大学循環器内科平丸義武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) Blumberger, K. & Meiners, S.: *Cardiology*, Vol. 2, P.4, New York, Mc-Graw-Hill, Inc., 1959.
- 2) Weissler, A. M., Harris, W. S. and Schoenfeld, C. D.: *Am. J. Cardiology*, 23, 577(1969).
- 3) Ahmed, S. S., Levinson, G. E., Schwarz, C. J. and Ettinger, P. O.: *Circulation*, 46, 559(1972).
- 4) Garrard, C.L., Weissler, A. M., and Dodge, H. T.: *Cirwlation*, 42, 455(1970).
- 5) Benchimol, A. and Dimond, E. G.: *Am. J. Cardiology*, 12, 368(1963).
- 6) 平丸義武: *日本循環器学誌*, 34, 1001(1970).
- 7) Kumar, S. and Spodick, D. H.: *Am. Heart J.*, 80, 401(1970).
- 8) Beilin, L. and Mounsey, P.: *Brit. Heart J.*, 24, 409(1962).
- 9) Voigt, G. C. and Friesinger, G. C.: *Cirwlation*, 41, 1015(1970).
- 10) Rios, j. C. and Massumi, R. A.: *Am. J. Cardiology*, 15, 647(1965).
- 11) Lane, F. J., Caroll, j. M., Levine, H. D. and Gorlin, R.: *Cirwlation*, 37, 890(1968).
- 12) Nimura, Y., Matsuo, H., Mochizuki, S., Aoki, K., Wada, O. and Abe, H.: *Am. Heart J.*, 75, 49-1968).
- 13) Fröhlich, E. D., Tarazi, R.C. and Dustan, H. P.: *Cirwlation*, 44, 446(1971).
- 14) 木川田隆一・露崎輝夫・小川聖二郎・野呂患慈: 第37回日本循環器学会会長要望研究課題, 55頁。
- 15) Ginn, W. M., Sherwür, R. W., Harrison, W. K. and Baker, B. M.: *Am. Heart J.*, 73,

168(1967).

16) Julius, S., Paswal, A. V. and London, R.:
Circulation, 44, 413(1971).

17) Tarazi, R. C., Ibraim, M. M., Dustan, H.

P. and Ferrario, C. M. :Circ. Res., 34(Supple.1),
213(1974).

18) Lund-Iohansen, P. : Actamed. Scand., 181
(Supple. 482), 9(1967).

Abstract

To evaluate the cardiac function in various stages of hypertension and clarify the relationships between mechanocardiographic changes and some other clinical factors, such as blood pressure, left ventricular hypertrophy and myocardial ischemia, etc., 26 normotensive subjects and 83 untreated hypertensives were investigated.

Hypertensive patients were divided into 4 groups according to the cardiothoracic ratio (CTR) and ECG findings; Group I : 14 patients with normal heart; Group II : 37 patients with high voltage in ECG and/or CTR ranging from 50 to 54% for male and 52 to 56% for female; Group III : 13 patients with slight ST.T changes and/or CTR ranging from 55 to 59% for male and 57 to 61% for female, and Group IV : 19 patients with severe ST.T changes (Minnesota Code IV - I and/or V - I) or old myocardial infarction in ECG and/or CTR over 60% for male and 62% for female.

Apexcardiogram, carotid pulse tracing, phonocardiogram and ECG (Lead II) were simultaneously recorded at rest.

Phases of cardiac cycle and the pattern of the apexcardiogram were analyzed. In the early stage of hypertension (Group I), increase in heart rate was observed, compared with normotensive subjects, while PEP and ICT remained unchanged, in spite of elevated diastolic blood pressure, suggesting increased myocardial contractility.

ETc tended to prolong, suggesting increased cardiac output.

It seemed that the cardiac function in this group was in hyperkinetic state, probably owing to enhanced adrenergic activity.

In hypertensives with mild hypertrophy (Group II), prolongation of PEP, shortening of ET, and therefore decrease in ET/PEP were demonstrated, while ICT did not show significant prolongation.

In 5 of 31 patients (16%), large "a" wave ($\geq 12\%$) was observed, while it was not found in normotensive subjects. Six patients of this group showed sustained systolic wave of the apexcardiogram. Changes in systolic time intervals in this group could be explained by increase in afterload and the cardiac function was thought to be in the normal state.

In a more advanced state of hypertension, especially in Group IV the changes in systolic time intervals were greater than in Group II , in spite of no difference of diastolic blood pressure between Group II and Group III , IV.

Prolongation of II-O interval was also observed.

Increase in the "a" wave ratio was demonstrated in Group III and IV; mean value, 9% for Group III and 13% for Group IV, in contrast with 7% for normotensive subjects and 8% for Group II .

Five of 19 patients (26%) in Group IV showed sustained systolic wave of the apexcardiogram.

The heart in an advanced stage of hypertension seemed to be less compliant and its function, both muscle performance and pump performance, seemed to be impaired and supported by the left atrial function.
