

高血圧症の心機能

—心機能学的研究—

第II報 運動時の心機能について

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。

心機能図法は簡便な心機能評価法としてその有用性は広く認められているが、高血圧症における左心機能について本法により検討された報告は少い。著者は第I報¹⁾において安静時における心機能図上の異常所見について報告したが心機能をより正しく評価するためには何らかの負荷に対する反応を検討することも重要である。ここでは運動負荷に対する心機能図上の変動について検討し、その有用性について述べる。

対象ならびに方法

対象は35才から59才までの本態性高血圧症83例、ならびに対照群として心・血管系に異常のみとめられない正常血圧者26例である(表1)。高血圧症例は日循協の分類における心障害度分数基準によってI~IV群に分類した(表2)。これらの被検者に Masters' double

two step test を負荷し、その前、および3分、6分、10分後に心尖拍動図(ACG)、頸動脈波(CPT)、心音図ならびに心電図(第II誘導)を同時記録した。記録方法ならびに測定法は第I報¹⁾において報告したとおりである。

成 績

1) 収縮期圧(SBP): 収縮期圧は正常血圧群で安静時 109 ± 11 mmHg であるに対し負荷3分後 114 ± 9 mmHg と有意の上昇を認めた ($P < 0.05$) が、高血圧I, II群では不変であった。一方高血圧III, IV群では安静時においてそれぞれ 160 ± 27 , 166 ± 35 mmHg であるに対し、負荷後3分では、それぞれ 173 ± 33 ($P < 0.01$), 176 ± 34 mmHg ($P < 0.01$) と有意に上昇し、その程度は正常血圧群に比し大なる傾向が認められた(図1)。

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 [II] Mechanocardiographic Findings after Exercise by Master's Double Two Step Test 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 Thoracic Ratio	male : 49% or less female : 51% or less	49% or less	54% or less	59% or less	60% or more
ECG	normal	normal	High Voltage (SV _{1+RV_{5or6}} > 3.5 mV, RV _{5or6} > 2.6 mV, Rin I, II, III, aVF > 2.0 mV and / or RinaVL > 1.2 mV)	Slight Depression of ST (0.05 ~ 0.1 mV), and/or T Wave Inversion (< 0.5 mV) or T/R ≤ 10%	Remarkable Depression of ST (≥ 0.1 mV), T Wave Inversion (≥ 0.5 mV) and/or Old Infaction

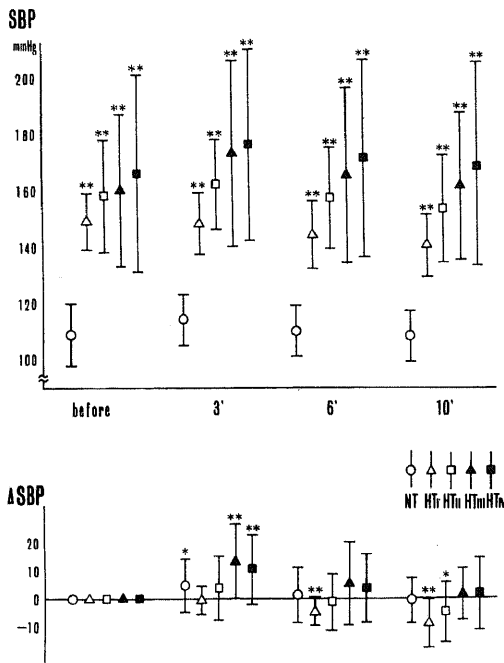


Fig. 1. Top: systolic blood pressure changes induced by Master's double two step test in the normotensive group and four groups of hypertensives. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test in these groups. *: p < 0.05, **: p < 0.01.

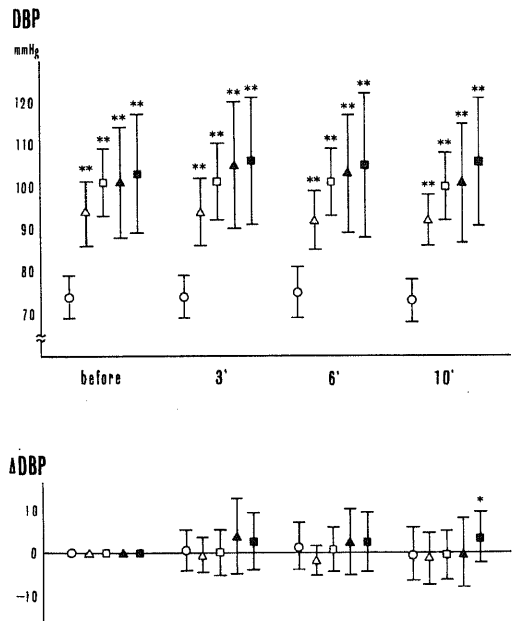


Fig. 2. Top: diastolic blood pressure changes induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

2) 拡張期圧 (DBP) : 拡張期圧は負荷3分, 6分後ともに, 正常血圧群, 高血圧 I, II群では不変, 高血圧 III, IV群で軽度上昇する傾向を認めたが有意の変化ではなかった (図2)。

3) 平均血圧 (MBP) : 平均血圧は負荷3分後に正常血圧群, 高血圧 I, II群ではいずれも不変であった

が, 高血圧 III群で軽度上昇する傾向を認め, IV群では安静時 124 ± 20 mmHg であるに対し, 負荷後3分では 129 ± 20 mmHg と有意に上昇した ($P < 0.05$) (図3)。

4) 脈圧 (pp) : 脈圧は正常血圧群で安静時 35 ± 8 mmHg から負荷後3分 39 ± 8 mmHg と有意に増加した ($P < 0.05$)。高血圧 I 群では負荷前後で有意の変動を

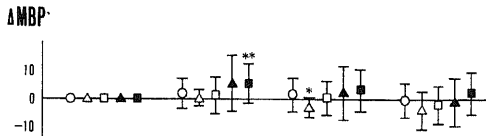
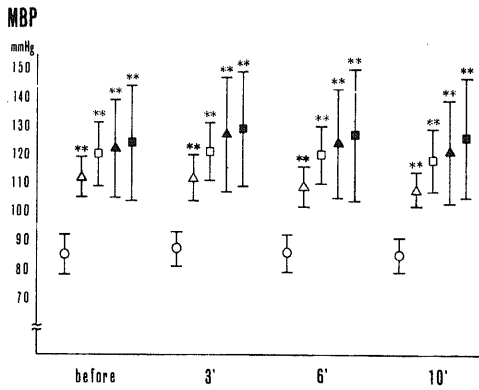


Fig. 3. Top: mean blood pressure changes induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

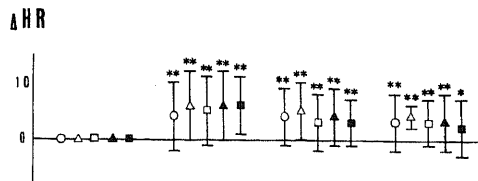
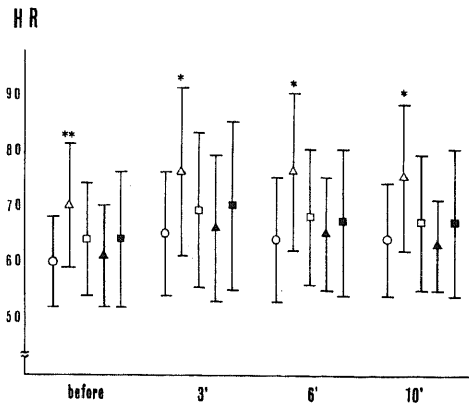


Fig. 5. Top: heart rate changes induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

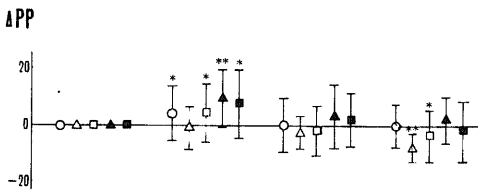
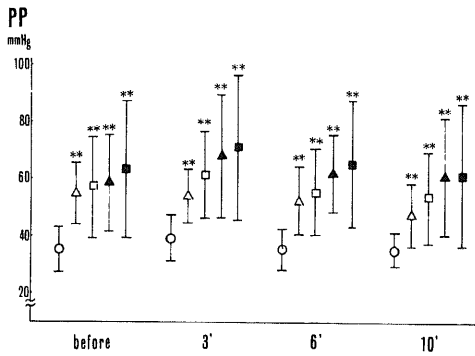


Fig. 4. Top: pulse pressure changes induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

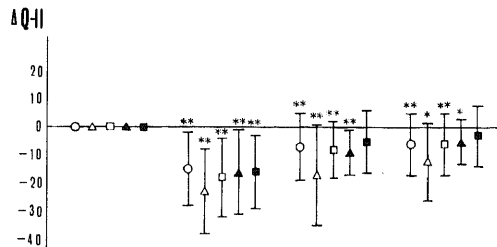
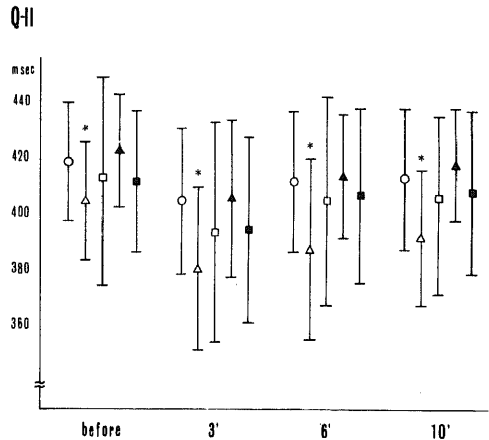


Fig. 6. Top: changes in systole induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

認めなかったのに対し、高血圧Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ群で安静時それぞれ 57 ± 18 , 59 ± 17 , 63 ± 24 mmHg から負荷後3分 61 ± 15 ($P < 0.05$), 68 ± 21 ($P < 0.01$), 71 ± 25 mmHg ($P < 0.05$) と有意の増加が認められた (図4)。

5) 心拍数(HR)：心拍数は負荷後各群とも有意の増加を示した。正常血圧群は安静時 60 ± 8 に対し、負荷後3分 65 ± 11 となった($P < 0.01$)。高血圧Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ群は安静時それぞれ、 70 ± 11 , 64 ± 10 , 61 ± 9 , 64 ± 12 に対し、負荷後3分で 76 ± 15 ($P < 0.01$), 69 ± 14 ($P < 0.01$), 66 ± 13 ($P < 0.01$), 70 ± 15 ($P < 0.01$) と増加した。心拍数の変化量については高血圧各群とも正常血圧群に比し同程度であった (図5)。

6) 収縮期(Q-II)：収縮期は各群とも有意の短縮を示した。正常血圧群は安静時 418 ± 21 msec に対し、負荷3分後 404 ± 26 msec と短縮した ($P < 0.01$)。高血圧Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ群では安静時それぞれ 404 ± 21 , 411 ± 37 , 422 ± 20 , 411 ± 25 msec であるに対し、負荷後3分ではそれぞれ 380 ± 29 ($P < 0.01$), 393 ± 39 ($P < 0.01$), 405 ± 28 ($P < 0.01$), 394 ± 33 msec ($P < 0.01$) と短縮した。高血圧Ⅰ群における短縮の程度は正常血圧群に比し大なる傾向を認めた (図6)。

7) 前駆出期(PEP)：前駆出期は各群とも有意の短縮を示した。正常血圧群は安静時 114 ± 14 msec から負荷後 101 ± 14 msec と短縮した ($P < 0.01$)。高血圧Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ群は安静時それぞれ 113 ± 16 , 122 ± 16 , 126 ± 16 , 130 ± 16 msec から負荷後3分ではそれぞれ 101 ± 17 ($P < 0.01$), 109 ± 15 ($P < 0.01$), 112 ± 15 ($P < 0.01$), 117 ± 15 msec ($P < 0.01$) と短縮した。高血圧各群における変化量は正常血圧群に比し同程度であった (図7)。

8) 等容収縮期(ICT)：等容収縮期は各群とも有意の短縮を示した。正常血圧群では安静時 84 ± 12 msec から負荷後3分 73 ± 11 msec と短縮した ($P < 0.01$)。高血圧Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ群は安静時それぞれ 81 ± 13 , 88 ± 13 , 91 ± 10 , 93 ± 15 msec から負荷後3分ではそれぞれ 70 ± 12 ($P < 0.01$), 77 ± 12 ($P < 0.01$), 78 ± 11 ($P < 0.01$), 82 ± 14 msec ($P < 0.01$) と短縮した。高血圧各群における変化量は正常血圧群に比し差がなかった (図8)。

9) 駆出時間(ET)：負荷3分後、正常血圧群では不変であったが、高血圧Ⅰ、Ⅱ群では安静時それぞれ 291 ± 23 , 290 ± 31 msec から負荷3分後それぞれ 280

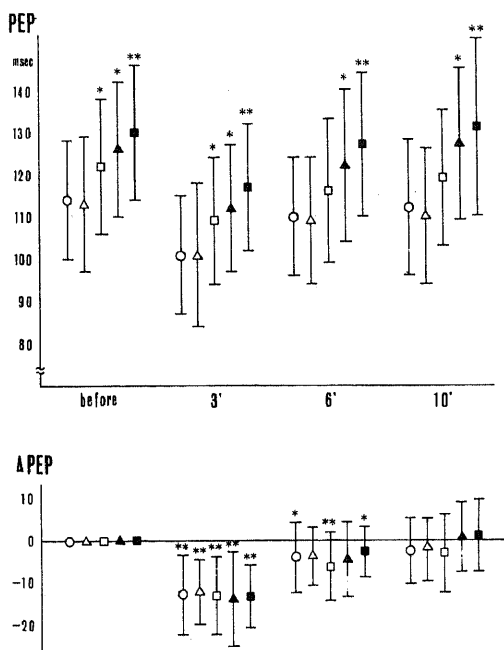


Fig. 7. Top: changes in pre-ejection period induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

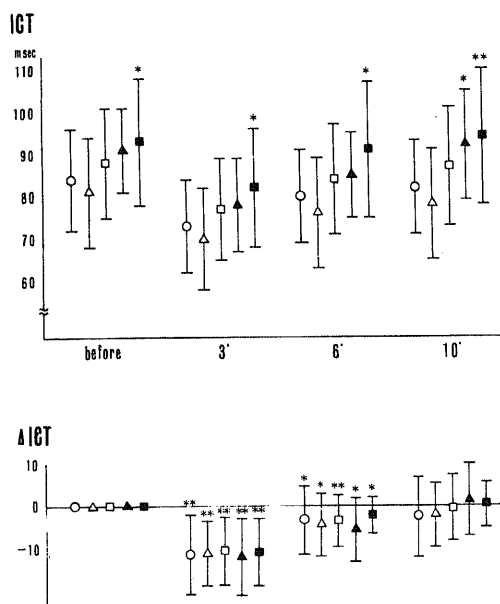


Fig. 8. Top: changes in isovolumic contraction time induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

±27 (P<0.01), 285±35msec (P<0.05) と有意に短縮した。特に高血圧 I 群における短縮は大であった。高血圧 III, IV 群では有意の短縮は認められなかった (図 9)。

10) 補正駆出時間 (ETc) : ETc は正常血圧群では安静時 304±16msec から負荷 3 分後 311±16msec と有意に延長した (P<0.01)。高血圧 I 群では不変, II, III 群では延長傾向を示し, IV 群では安静時 289±22msec から負荷 3 分後 295±19msec と有意の延長が認められた (P<0.05) (図 10)。

11) ET/PEP : ET/PEP は負荷後各群とも有意に増大した。即ち正常血圧群は安静時 2.7±0.5 から負荷後 3 分 3.0±0.5 と増大した (P<0.01)。高血圧 I, II, III, IV 群は安静時それぞれ 2.6±0.5, 2.4±0.4, 2.4±0.4, 2.2±0.4 から負荷後 3 分それぞれ 2.9±0.7 (P<0.05), 2.7±0.5 (P<0.01), 2.7±0.5 (P<0.01), 2.4±0.4 (P<0.01) と有意に増大した。高血圧各群における増大度は正常血圧群に比し差がなかった (図 11)。

12) Tension Time Index (MBP×ET×HR: TTI I) : TTI は正常血圧群で安静時 1565±224mmHg·sec

/min から負荷後 3 分 1685±206mmHg·sec/min, と有意の増大を示した (P<0.01)。高血圧 I 群では不変であった。高血圧 II, III, IV 群では安静時それぞれ 2186±291, 2163±317, 2220±680mmHg·sec/min から負荷後 3 分それぞれ 2306±313 (P<0.01), 2449±508 (P<0.01), 2482±680mmHg·sec/min (P<0.01) と有意の増大が認められ, 特に高血圧 III, IV 群の増大は正常血圧群に比し大なる傾向が認められた (図 12)。

13) Tension Time/beat (MBP×ET: TT/beat) : TT/beat は負荷 3 分後で正常血圧群は不変であり, 高血圧 I 群は安静時 32.5±2.3mmHg·sec から負荷 3 分後 31.5±3.3mmHg·sec と有意の減少を示した (P<0.05)。高血圧 II 群では負荷前後で不変, III, IV 群で負荷 3 分後, 増大の傾向が認められたが有意の変化ではなかった (図 13)。

14) II-O 間隔 : II-O 間隔は正常血圧群で安静時 128±16msec から負荷 3 分後 124±17msec と有意に短縮した (P<0.05)。高血圧 I, II, III, IV 群で安静時それぞれ 125±14, 135±19, 151±23, 159±31msec から負荷 3 分後それぞれ 111±13 (P<0.01), 124±22

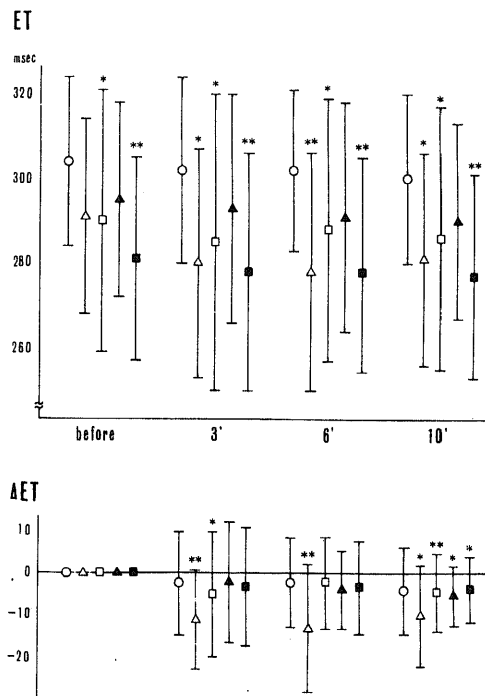


Fig. 9. Top: changes in ejection time induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

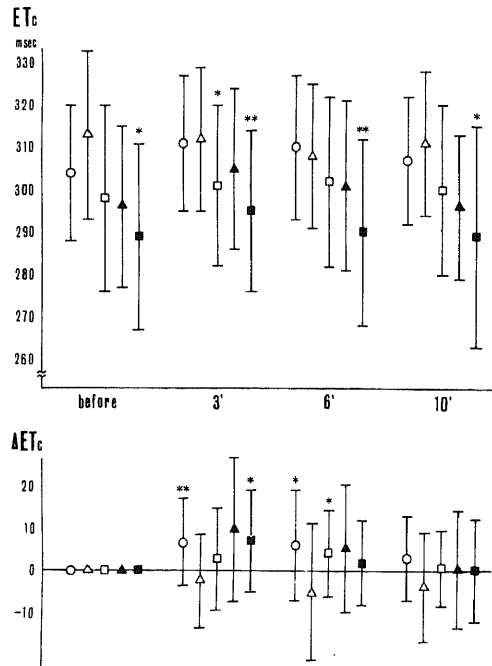


Fig. 10. Top: changes in corrected ejection time induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

($P < 0.01$), 138 ± 24 ($P < 0.05$), 149 ± 26 msec ($P < 0.05$) と有意の短縮を示した。高血圧各群における短縮はいずれも正常血圧群に比し大なる傾向があった(図14)。

15) 全拡張期充盈波高比 (DF/OE) : DF/OE は正常血圧群ならびに高血圧 I, III群では負荷前後で不変であったが, 高血圧 II, IV群では安静時それぞれ 25 ± 8 , 28 ± 8 % から負荷 3 分後それぞれ 29 ± 12 ($P < 0.05$), 32 ± 11 % ($P < 0.05$) と有意の増大を示した(図15)。

16) 急速充盈波高比 (RF/OE) : RF/OE は正常血圧群では負荷前後で不変, 高血圧 II 群では安静時 8 ± 3 % から負荷 3 分後 10 ± 6 % と有意の増大を示した ($P < 0.05$)。他の高血圧群では負荷前後で不変であった(図16)。

17) a 波高比 (a/OE) : a/OE は正常血圧群, 高血圧 I, II 群では負荷前後で有意の変動を示さなかったのに対し, 高血圧 III, IV 群では安静時それぞれ 9 ± 4 , 13 ± 7 % から負荷 3 分後 12 ± 5 % ($P < 0.05$), 16 ± 7 % ($P < 0.05$) と有意の増大が認められた(図17)。

18) 異常 a 波の出現率 : 12%以上の a 波高比を示す例は安静時では正常血圧群では 22 例中 1 例も認められず, 高血圧 I, II, III, IV 群へと順次出現率は大きくなるが, 運動負荷により, 特に高血圧 III, IV 群で異常

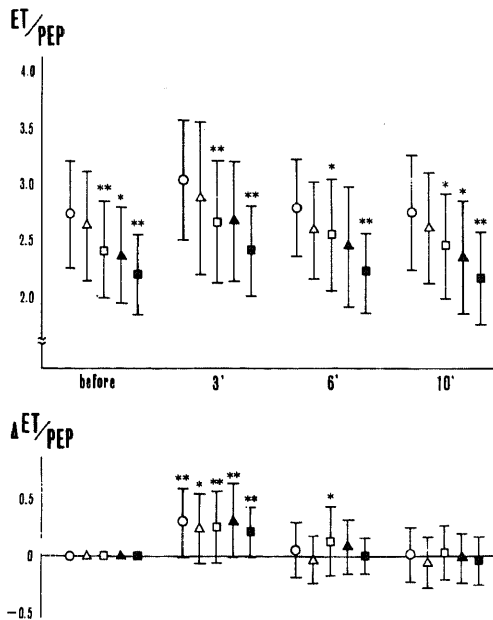


Fig. 11. Top: Changes in ET/PEP induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

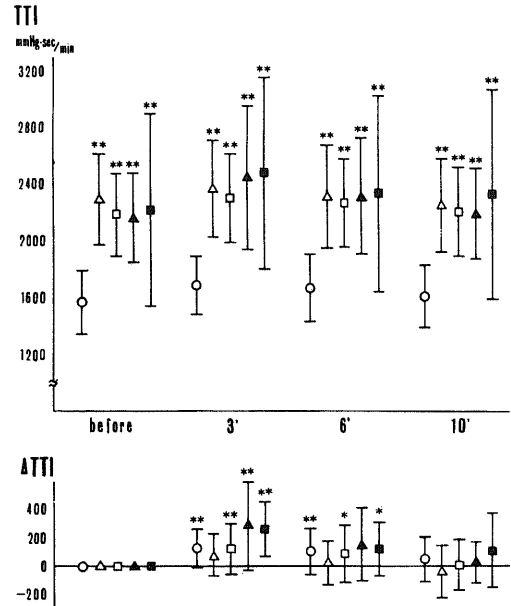


Fig. 12. Top: changes in Tension Time Index induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

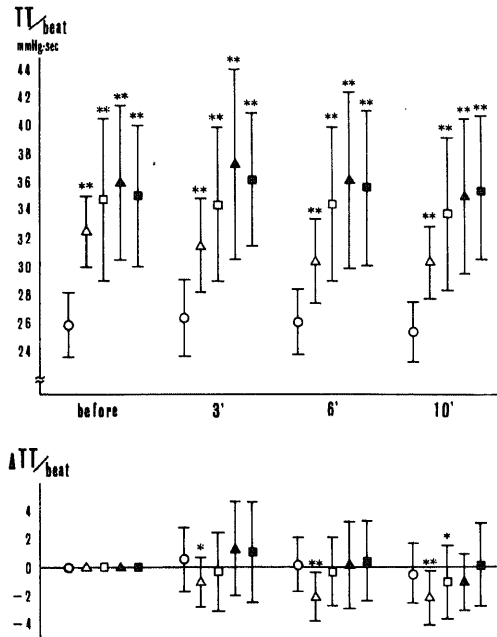


Fig. 13. Top: changes in Tension-Time/beat induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

a 波を示す例が増加した (図18)。

19) 異常収縮期波の出現率: 異常収縮期波 (sustained systolic wave または systolic bulge) の出現率は安静時に高血圧 II 群で16%, IV 群で26%に認められたが, 負荷後これらの出現率は減少した (図19)。

考 案

運動負荷による心・血行動態の変動から心機能の評価するには運動中あるいは負荷直後における変動をみるのが理想的であるが運動中ならびに負荷直後では心機能図の良好な記録が得られず, 負荷3分後の状態について検討した。心拍数は各群とも負荷前に比し増加の状態にあり, また心筋酸素消費量に相関するとされている Tension Time Index²⁾ も高血圧 I 群を除き他のすべての群で増加を示しており, 心機能の評価するための運動負荷の目的は一応達せられたものと考えられる。

正常血圧群においては負荷後, 収縮期圧の上昇, 脈圧の増大, 心拍数の増加, PEP ならびに ICT の短

縮, ETc の延長, ET/PEP の増大, IRT の短縮などが認められたが, ACG 波高成分についてみると DF/OE, a/OE の変動は認められなかった。

Ross, J. Jr. et al³⁾ は運動負荷による左心機能評価の際, stroke volume の変動と左室拡張終期圧 (LVEDP) の変動から評価しており, 正常心機能では LVEDP は不変あるいは減少し, stroke volume は増加あるいは減少するとしており, 心機能異常があると, stroke volume は増加するが LVEDP の上昇を伴っており, また心機能低下では LVEDP は上昇しても stroke volume は減少するとしている。

著者の正常血圧群にみられた上記の変動をみると, 脈圧の増大, ETc の延長, ET/PEP の増大が認められ, stroke volume の増加を示唆^{4), 5)}するものと考えられる。一方 ACG の DF/OE, a/OE の増大は認められず; preload の増大, 左室拡張終期圧の上昇⁶⁾⁻⁸⁾ は考え難い。従って Ross, J. Jr. et al の云う正常心機能の反応として理解されよう。HR の増加, PEP 並びに ICT の短縮は交感神経系の機能亢進, 心収縮性の亢進を反映する⁹⁾ものと考えられる。

II-O 間隔は真の IRT を意味するものではないが近似的なものとして利用されている。¹⁰⁾

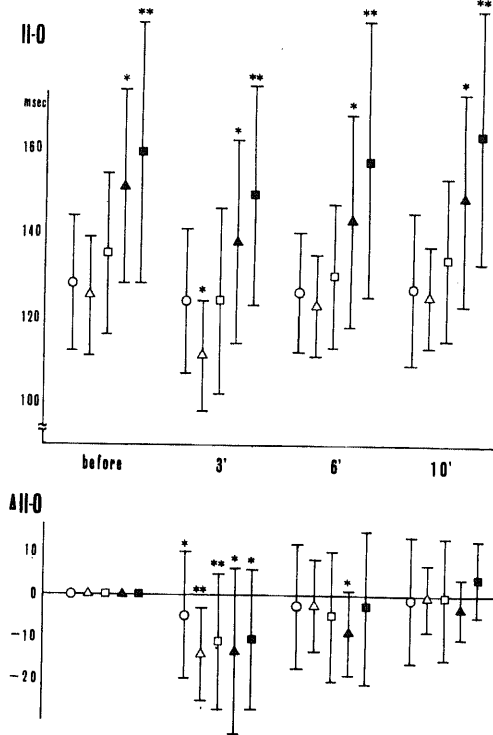


Fig. 14. Top: changes in II-O interval induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

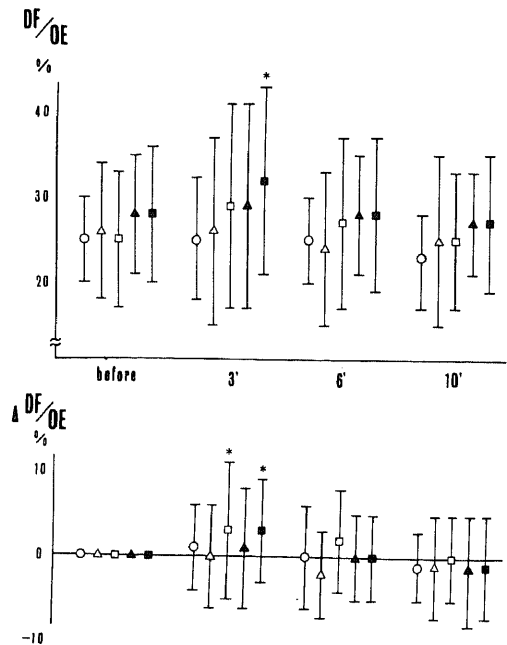


Fig. 15. Top: changes in the ratio of DF/OE induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

Harrison, J.R. et al¹¹⁾によれば心筋のcatecholamine 含量の減少に際して、また Buckley, N.M. et al¹²⁾は心収縮性の低下を来す薬剤により IRT は延長するという。

IRT は大動脈・左室圧交叉から左室・左房圧交叉までの間隔であり、大動脈圧や左房圧も IRT に関係するが左室の圧降下度が IRT を規定する大きな要素となっている¹⁰⁾。従って心収縮性の低下に伴う IRT の延長は心収縮性の低下とともに等容弛緩期における左室の圧降下度も減少しているものと考えられる。従って著者の正常血圧群にみられた運動後の II-O 間隔の短縮は心収縮性の亢進に伴い、拡張早期の左室圧降下度の増大を反映する所見と思われる。

高血圧 I 群では PEP, ICT の短縮, ET/PEP の増大など心収縮性亢進を^{9), 13)}示唆する所見は認められるが, TTI は不変であり, 脈圧の増大や ETc の延長は認められず stroke volume の増大は考え難い。また ACG 波高成分についても DF/OE や a/OE の増大はみられず preload の増大や LVEDP の上昇も考え難い。第 I 報¹⁾で報告した如く高血圧 I 群では安静時すでに hyperkinetic な状態にあり, この程度の

運動では stroke volume を増大させなくても十分に全身の酸素需要を満たしているものと思われる。従ってこの様な高血圧 I 群について運動負荷により左心機能を評価するにはさらに高度の負荷を必要とするものと考えられる。

高血圧 II 群では PEP, ICT の短縮, ET/PEP の増大など心収縮性亢進を示唆する所見が認められる。心収縮性の亢進は駆出時間を短縮させる要因であるが, ETc の短縮は認められず, むしろ軽度延長傾向を示しており, さらに脈圧の有意の増大を考えると stroke volume は増大しているものと考えられる。ACG 波高成分では DF/OE の増大が認められ preload の増大を示唆するが a/OE は不変であり, LVEDP の上昇は考え難い。従って高血圧 II 群にみられる上記の変動は正常な心機能を反映しているものと理解できる。

高血圧 III, IV 群においても PEP, ICT の短縮, ET/PEP の増大などが認められ, 心収縮性は亢進しているものと考えられる。さらに ETc の延長, 脈

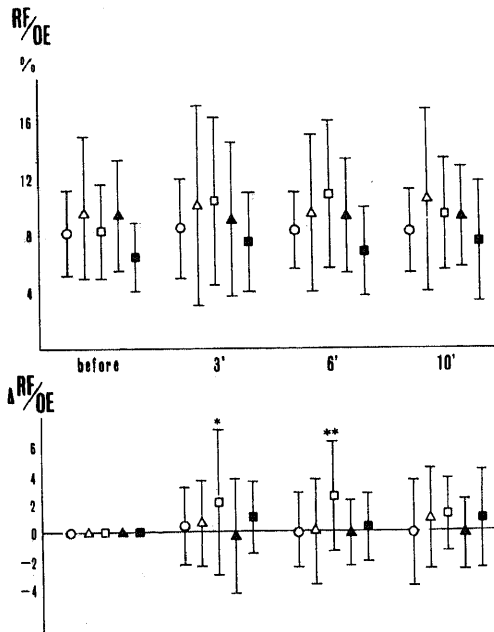


Fig. 16. Top: changes in the ratio of RF/OE induced by Master's double two step test. Bottom: mean difference between the values before and after Master's double two step test.

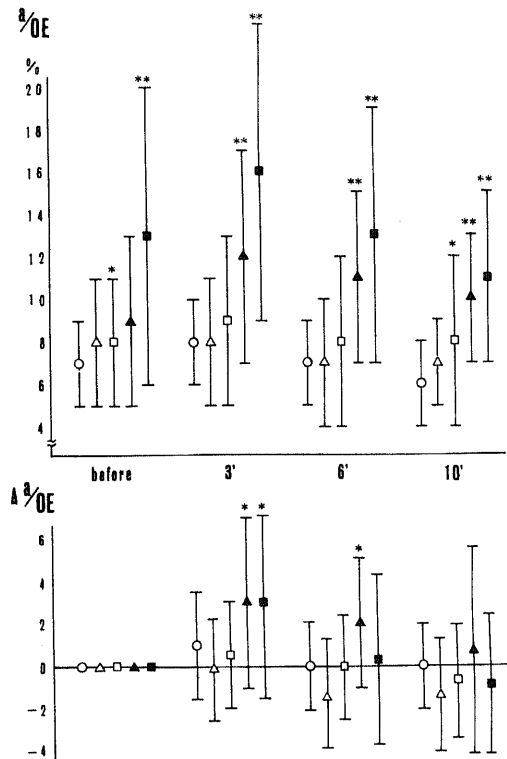


Fig. 17. Top: changes in the 'a' wave ratio induced by Master's double two step test. Bottom: Mean difference between the values before and after Master's double two step test.

圧の増大はこれらの群においても, stroke volume の増大があると思われるが, ACG 波高成分では a/OE の増大があり, LVEDP の上昇を示唆している。従って, 高血圧 III, IV 群の心機能は, Ross, J. Jr. et al のいう心機能異常に相当する。

今回著者が対象とした高血圧例には明らかな心不全例は含まれておらず, 高血圧 IV 群でも全体としては stroke volume の増大を示唆する所見が認められたが,

高血圧 IV 群における個々の例について検討すれば, 負荷後 ETC の短縮, 脈圧の減少, ET/PEP の減少, a/OE の増大など stroke volume の減少, LVEDP の上昇を示唆する例があり, この様な症例が心機能低下例と考えられる。

結 論

高血圧症における左心機能を評価するために運動負

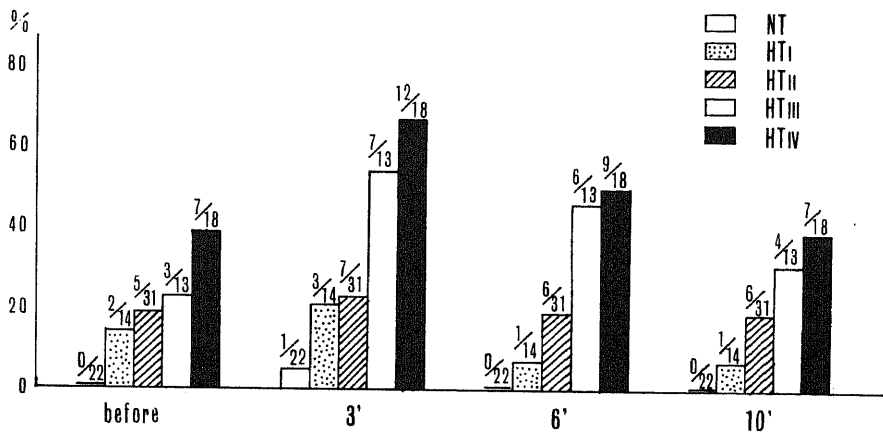


Fig. 18. Changes in frequency of large 'a' wave induced by Master's double two step test in the normotensive group and four groups of hypertensives.

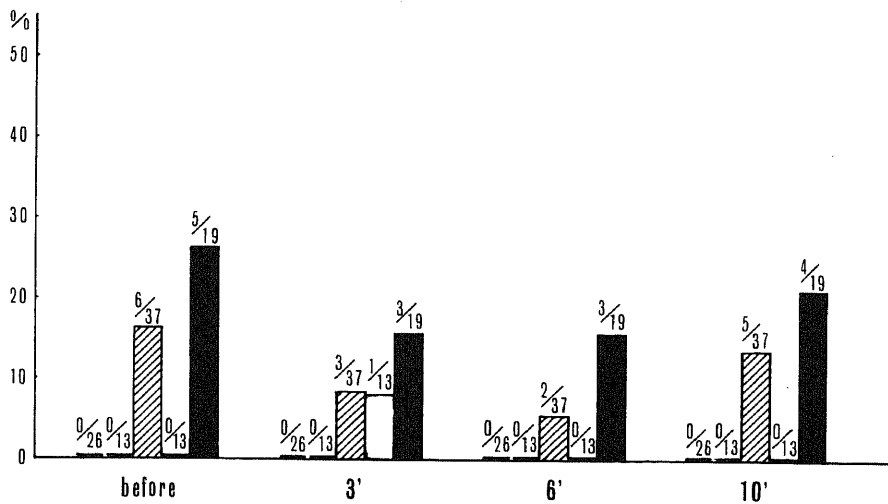


Fig. 19. Changes in frequency of abnormal systolic wave induced by Master's double two step test in the normotensive group and four groups of hypertensives.

荷 (Master's double two step test) を施行し、前後の心機図上の変動を分析して以下の結果を得た。

1) 正常血圧群では収縮期圧の上昇、脈圧の増大、心拍数の増加、PEPならびにICTの短縮、ETcの延長、ET/PEPの増大、II-O間隔の短縮が認められたが、ACG波高成分ではDF/OEならびにa/OEは有意の変化を示さなかった。TTIは増大を示した。

2) 高血圧I群では心拍数の増加、PEPならびにICTの短縮、ET/PEPの増大、II-O間隔の短縮などが認められたが、ETcおよび脈圧は不変であった。またOF/OEならびにa/OEも有意の変化を示さなかった。TTIは不変であった。

3) 高血圧II群では心拍数の増加、脈圧の増大、PEPならびにICTの短縮、ET/PEPの増大、II-O間隔の短縮、DF/OEの増大、TTIの増大などが認められた。

4) 高血圧III群では収縮期圧の上昇、脈圧の増大、心拍数の増加、PEPならびにICTの短縮、ET/PEPの増大、II-O間隔の短縮、a/OEの増大、TTIの増大などが認められた。またETcは延長傾向を示した。

5) 高血圧IV群では収縮期圧の上昇、脈圧の増大、心拍数の増加、PEPならびにICTの短縮、ETcの延長、ET/PEPの増大、II-O間隔の短縮、DF/OEならびにa/OEの増大、TTIの増大などが認められた。

6) 運動負荷による上記の心機図上の変動は心収縮性、stroke volume, LVEDP などの変化を反映するものと考えられ、日常臨床における高血圧の心機能評価にも有用な検査法と思われる。

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循環器内科平丸義武助教授に深甚な

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) 竹内伸夫：金沢大学十全医学会雑誌, 85, 571(1976).
- 2) Sarnoff, S. J., Braunwald, E., Welch, G. H. Jr., Case, R. B., Stainsby, W. N. & Macruz, R. : Am. J. Physiol. 192, 148(1958).
- 3) Ross, J. Jr., Gault, J. H., Mason, D.T. Linhart, J. W. & Braunwald, E. : Circulation 34, 597 (1966).
- 4) Braunwald, E., Sarnoff, S.J. & Stainsby, W.N. : Circulation Res. 6, 319 (1958)
- 5) Weissler, A.M., Harris, W.S. & Schoenfeld, C.D. : Am. J. Cardiology 23, 577 (1969).
- 6) Rios, J.C. & Massumi, R.A. : Am. J. Cardiology 15, 647 (1965).
- 7) Tavel, M.E., Campell, R.W., Feigenbaum, H. & Steinmetz, E.F. : Brit. Heart J. 27, 829 (1965).
- 8) Dimond, E. G. & Benchimol, A. : Brit. Heart J. 25, 389 (1963).
- 9) Ahmed, S.S., Levinson, G.E., Schwarz, C.J. & Ettinger, P.O. : Circulation 46, 559 (1972).
- 10) Benchimol, A. & Ellis, J.G. : Am. J. Cardiology 19, 196 (1967).
- 11) Harrison, T. R., Dixon, K., Russell, R.O., Bidwai, P.S & Coleman, H.N. : Am. Heart J. 67, 189 (1964).
- 12) Buckley, N.M., Ogden, E., & Linton, D. S. : Circulation Res. 3, 434 (1955).
- 13) Garrard, C.L., Weissler, A.M. & Dodge, H.T. : Circulation 42, 455 (1970).

Abstract

To evaluate the cardiac function in hypertension, exercise test (Master's double two step test) was performed in 26 normotensive subjects and 83 hypertensive subjects.

Apexcardiogram, carotid pulse tracing, phonocardiogram and ECG (Lead II) were simultaneously recorded before and 3, 6, and 10 minutes after exercise.

Post-exercise changes in the cardiac cycle and the pattern of the apexcardiogram were analyzed.

Hypertensive patients were divided into 4 groups according to cardiothoracic ratio (CTR) and ECG findings, Group I : 14 patients with normal hearts, 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.

Significant increase in Tension Time Index was observed in all the groups except hypertensive group I.

In normotensive subjects, elevation of SBP, increase in pulse pressure and heart rate, shortening of PEP and ICT, prolongation of ETc, increase in ET/PEP, and shortening of II-0 interval were observed, while the diastolic filling wave ratio (DF/OE) and the 'a' wave ratio (a/OE) of the apexcardiogram remained unchanged. These findings seemed to suggest increase in myocardial contractility and stroke volume, and no significant elevation of LVEDP.

In hypertensive group I, increase in heart rate, shortening of PEP and ICT and increase in ET/PEP and shortening of II-0 interval were observed, while pulse pressure and ETc remained unchanged, suggesting no increase in stroke volume. DF/OE and a/OE were also unchanged.

In hypertensive group II, increase in heart rate and pulse pressure, shortening of PEP and ICT, increase in ET/PEP, shortening of II-0 interval and increase in DF/OE were observed, while a/OE remained unchanged. These findings seemed to suggest increase in myocardial contractility and stroke volume without elevation of LVEDP. Therefore the cardiac function in this group was thought to be in normal state.

In hypertensive group III and IV, elevation of SBP, increase in pulse pressure and heart rate, shortening of PEP and ICT, prolongation of ETc, increase in ET/PEP, shortening of II-0 interval, and increase in a/OE were induced by exercise. It seemed that in these groups, increased stroke volume was associated with elevated LVEDP. Therefore, the cardiac function in these groups seemed to be in abnormal state.
