

本態性高血圧症による左心室肥大心電図と 運動負荷心電図

岡山大学医学部第一内科教室 (主任：小坂淳夫教授)

湊 武

(昭和51年 2月13日受稿)

諸 言

本態性高血圧症と動脈硬化症，なかんずく虚血性心疾患との因果関係については種々検討され，数多くの業績が発表されており，最近では，高血圧症が必ずしも虚血性心疾患の原因とはなりえないという考え方が有力であるが¹⁾，その実態については未だ十分には解明されていない。

一方高血圧の持続により生じた左室心筋の肥大と冠動脈硬化による虚血性心疾患の合併とは，日常臨床の上で比較的良好に経験することである。

ところで高血圧症の心電図所見のうちで，QRS棘波の増高，ST.Tの変化は，高血圧症の病期，重症度に深い関連性があり^{2)~7)}それらが同時にみられる場合，そのST.Tの変化の解釈については，1)左心肥大に伴う変化，即ちQRS棘波の増高による再分極過程の変化による二次的な変化，2)全く別に合併する冠動脈硬化による一次的な変化3)更に両者の合併，4)収縮期血圧の上昇による心筋酸素消費量の増大⁸⁾などがあり，いずれと判断してよいか，困難を感じる場合が少なくない。

この問題点を解明する1つの方法としては運動負荷心電図法を行ってみることであるが，Master⁹⁾が，この運動負荷の方法を冠不全，心機能の判定に採用した当初には，その検査の適応として臨床的に冠不全が疑われるが，安静時心電図では正常である場合を挙げていた。しかし，近年 Masterの2階段試験の内容が詳しく検討されるとともに，本法を虚血性心疾患のリハビリテーションへの応用¹⁰⁾更には安静時心電図でST.Tに異常を示す症例に対して，その予後を知るために本法を応用することなどが行われるようになってきている¹¹⁾。

そこで，著者はその血圧が良くコントロールされ

た本態性高血圧症に対して Masterの運動負荷試験を施行し，その反応態度をみるとともにとくにQRS棘波の高電位とST.Tの変化を有する症例について実施して左心室肥大心電図と運動負荷心電図の解析を試み，それらの意義を検討したので報告する。

対象と方法

対象は表1に示す如く，岡山大学医学部附属病院

表1 対象

対象		年 令					総数
		20~29才	30~39才	40~49才	50~59才	60~72才	
高血圧症例	男	0例	8例	10例	23例	11例	52例
	女	0	2	9	5	8	24
	計	0	10	19	28	19	76例
健常例	男	3	2	0	1	0	6
	女	6	1	4	1	2	14
	計	9	3	4	2	2	20例

第一内科外来及び入院の患者で「本態性高血圧症」と診断され，降圧剤により適切な血圧にコントロールされ，しかもカリウム塩の併用を行い血清K⁺値が正常となっているものの中から，安静時心電図で Sokolow & Lyonの左室肥大判定基準のうちで，SV₁ + RV₅ or RV₆ ≥ 35mmに該当するものを選んだ。

性，年齢別では男52例，女24例で，年齢は33~72才にわたり平均年齢は51.6才である。

これらの対象を安静時心電図のST.Tの変化の有無と程度によって，次のようにA.B.C.Dの4群に分類した。

即ちQRS棘波の高電位とともに，

A群：ST.Tの変化をみるものうちでいわゆる Strain型 (strain pattern) を示すもの。

B群：ST分節部の降下が虚血型 (ischemic type) で0.5mm未満のもの，またはT波の平低化 (即ちRが

10mm以上の場合でT/Rが $\frac{1}{20}$ 以下のもの(を示すもの。(たゞしIII, aV_R誘導は除く.)

C群: ST分節部の降下がJunction型(junctional type)で1.0mm以上のもの。(たゞしIII, aV_R誘導を除く.)

D群: ST, Tの変化がみられないもの。(たゞしIII, aV_R誘導は除く.)

以上の方法で対象を分類すると表2の如くで, A群10例(うち男8例), B群22例(うち男14例), C群17例(うち男13例), D群27例(うち男17例)で, 平均年齢はそれぞれ54.0才, 52.8才, 48.1才, 51.9才であった。

なお腎疾患, 甲状腺疾患, 二次性高血圧症, 心電図のST, Tに変化を与えられ考えられる疾患(特発性心筋症, 心臓弁膜症), 脚ブロック, 電解質異常,

表2 対象の心電図変化による分類

分類	症例数	性		平均年齢	SV ₁ +RV ₅	QRS電気軸	QT比
		男	女				
A 群	10 例	8 例	2 例	54.0 才 ± 7.8	64.7 mm ± 16.0	28.0° ± 27.6°	1.07 ± 0.05
B 群	22	14	8	52.8 ± 9.9	45.0 ± 9.2	40.4 ± 23.8	1.05 ± 0.06
C 群	17	13	4	48.1 ± 8.1	43.7 ± 5.5	53.8 ± 22.4	1.03 ± 0.05
D 群	27	17	10	51.9 ± 9.9	44.2 ± 6.5	43.1 ± 27.0	1.01 ± 0.06
計	76	52	24	51.6 ± 9.5			
健常例	20	6	14	36.7 ± 14.1	27.3 ± 4.7	50.6 ± 21.8	1.04 ± 0.06

ジギタリス, キニジンなどの薬物投与を受けているもの及び心筋硬塞症などは除外した。

これらの検索対象の対照として男6例, 女14例の健常者20例を選んだ。年齢は20才から62才にわたり, 平均年齢は36.7才である。

健常者の選定条件は過去及び現在に循環器系の疾患をもたず, 血圧正常(最高血圧139mmHg以下, 最低血圧89mmHg以下), 胸部X線上で心肥大などのみられないものである。

検査に使用した心電計はフクダ電子株式会社製RS-301型3要素心電計, 搬送速度は毎秒25mmとした。血圧計はRiva-Rocci型水銀血圧計を用いた。

運動負荷試験の方法については運動負荷直前に仰臥位にて右上腕動脈の血圧を測定し, 標準12誘導心電図を記録した後, 性, 年齢, 体重によりMasterの2重2階段試験¹⁾を実施した。運動負荷直後, 5

分後に負荷前と同様に標準12誘導心電図を記録, 一部において血圧も同時に測定した。

運動負荷心電図の判定にはMasterの新判定基準(1961)²⁾, Cohnら(1971)³⁾の判定基準を参考に下記の項目に合致するものを陽性反応とした。

- 1) ST分節部の虚血型降下(ischemic depression)が運動負荷前に比し0.5mm以上降下したものの。
 - 2) ST分節部のJunction型降下(junctional depression)が運動負荷前に比し2.0mm以上降下したものの。
 - 3) T, U波の逆転のみられるもの。
 - 4) 重症不整脈(心室性頻拍, 完全及び不完全房室ブロック, 心房性頻拍, 心房細動, 多源性期外収縮, 3~4ケの連発性心室性期外収縮など)の出現。
- またこれらの高血圧症の対象例のうちから運動負

荷前にベクトル心電図(Frank法)を記録しえたものは50例あり, これらを前述のA, B, C, Dの4群に分類し, 水平面及び空間ベクトルについて検討した。

使用したベクトル心電計はフクダ電子株式会社製VA-3C5型で, 水平面導子は第4肋間とした。

対象は表3に示す如くA群10例(うち男8例), B群15例(うち男9例), C群7例(うち男4例), D群18例(うち男13例)の計50例(うち男34例)で, 平均年齢はそれぞれ54.0才, 51.1才, 42.9才, 51.2才である。

成 績

1) 血圧の変化

運動負荷前及び運動負荷直後, 5分後の最高及び最低血圧の変化は表4に示す如くである。血圧を測定しえた症例はA群7例, B群15例, C群4例, D

表3 ベクトル心電図を記録した対象

分類	症例数	性		平均年齢
		男	女	
A 群	10 例	8 例	2 例	54.0 才 ± 7.9
B 群	15	9	6	51.1 ± 8.2
C 群	7	4	3	42.9 ± 6.0
D 群	18	13	5	53.1 ± 9.4
計	50	34	16	51.2 ± 9.0

表4 運動負荷による血圧の変化

分類	症例数	最高血圧 (mmHg)			最低血圧 (mmHg)		
		負荷前	負荷直後	負荷5分後	負荷前	負荷直後	負荷5分後
A 群	7 例	131.1 ±13.3	156.0 ±17.7	131.1 ±15.2	68.0 ± 8.3	72.6 ± 7.7	68.3 ± 8.8
B 群	15	151.6 ±18.9	164.4 ±20.7	139.6 ±12.2	83.0 ±10.6	80.2 ± 7.3	77.8 ± 5.3
C 群	4	139.5 ±15.8	158.0 ±12.1	130.5 ±12.3	80.7 ±17.0	87.0 ±13.6	81.5 ±10.7
D 群	18	139.4 ±12.8	145.7 ±14.0	139.2 ±15.0	82.8 ± 9.3	84.0 ±10.5	80.6 ± 7.1
健常群	20	122.0 ± 9.0	143.7 ± 7.7	122.4 ± 8.8	74.0 ± 9.7	76.0 ± 7.3	74.4 ±11.1

表5 運動負荷によるR-R間隔の変化

分類	症例数	負荷前	負荷直後	負荷5分後
A 群	10 例	1.06 秒 ±0.12	0.86 秒 ±0.14	1.00 秒 ±0.16
B 群	22	0.94 ±0.10	0.78 ±0.10	0.88 ±0.12
C 群	17	0.81 ±0.14	0.74 ±0.12	0.79 ±0.13
D 群	27	0.93 ±0.13	0.77 ±0.16	0.86 ±0.15
健常群	20	0.84 ±0.12	0.69 ±0.12	0.78 ±0.12

表6 運動負荷によるKatz's Index の変化

分類	症例数	負荷前	負荷直後	負荷5分後
A 群	7 例	5193 ±1246	7165 ±1680	5420 ±1134
B 群	15	6735 ±1255	8657 ±1841	6923 ±1177
C 群	4	8263 ±2126	9560 ±1571	8256 ±1500
D 群	18	6306 ±1314	7856 ±1968	6543 ±1373
健常群	20	6351 ±1326	8149 ±1763	6807 ±1165

群18例, 健常群20例である。

最高血圧についてみると, 運動負荷前の血圧は比較的良くコントロールされている。

運動負荷後の最高血圧については, 直後のそれは各群でそれぞれ19.5%, 11.6%, 13.9%, 11.2%, 14.9%の上昇がみられた。しかし運動負荷5分後の最高血圧は運動負荷前の値またはそれ以下に下降し, 各群の最高血圧の反応態度に有意差はみられなかった。

最低血圧についてみると, 安静時のそれは各群ともにほぼ正常値を示し, 各群間に差がみられなかった。運動負荷後の最低血圧は直後に上昇する群 (A

群6.8%, C群11.1%, D群3.3%, 健常群1.7%) と下降する群 (B群-2.1%) がみられた。これはA群とB群の間に有意差がみられた (P<0.05)。運動負荷5分後の最低血圧の変化についても最高血圧の場合と同様な傾向がみられたが, B群と健常群の間に有意差がみられた (P<0.05)。

2) R-R間隔の変化

心電図のR-R間隔についての平均値及び標準偏差は表5の如くである。

運動負荷前のR-R間隔はA群1.06秒, B群0.94秒, C群0.81秒, D群0.93秒, 健常群0.84秒で, A群は徐脈傾向がみられ, 他の4群との間に有意差がみられた (P<0.01)。またB, D群とC, 健常群の間にも有意差を認めた (P<0.02)。

運動負荷直後のR-R間隔はA群-18.0%, B群-16.0%, C群-7.0%, D群-17.9%, 健常群-17.5%, 5分後のR-R間隔はそれぞれ-4.1%, -6.8%, -2.9%, -8.3%, -6.7%と短縮したが, 各群間の反応態度に差はみられなかった。

3) Katz's Index¹⁴ の変化

心仕事量の増減をみるために血圧を測定しえた64例について Katz's Index を算出したのが表6であ

る。

運動負荷前の Katz's Index の値は各群の間に有意差を認めないが、A群の平均値は他の群に比し低い傾向がみられ、運動負荷直後の Index はA群30.9%、B群29.0%、C群18.8%、D群29.1%、健常群30.8%の上昇を認め、5分後にはそれぞれ-0.23%、3.6%、2.3%、6.5%、8.8%と低下しているが、各群間の反応態度には直後、5分後とも有意の差がみられなかった。

4) 運動負荷後の心電図の分析項目

運動負荷後の心電図について、① QT比、② ST分節部の変化(降下)、③ T波高の変化(T_H/R_H)

表7 運動負荷によるQT比の変化

分類	症例数	負荷前	負荷直後	負荷5分後
A 群	10 例	1.07 ±0.05	1.10 ±0.07	1.10 ±0.06
B 群	22	1.05 ±0.06	1.03 ±0.07	1.06 ±0.06
C 群	17	1.03 ±0.05	1.02 ±0.06	1.07 ±0.05
D 群	27	1.01 ±0.06	1.02 ±0.07	1.06 ±0.06
健常群	20	1.04 ±0.06	1.04 ±0.05	1.06 ±0.04

表8 運動負荷後のTTT変化出現部位

分類 誘導部位	A 群	B 群	C 群	D 群	健常群
I	□□	● △			●
II	△ ■□	●●●		●●	●●△
III				●●	
_a V _R					
_a V _L	□				
_a V _F	△ ■	●●●△			
V ₁					■
V ₂		△			■
V ₃	□	△△		△△	△△
V ₄	■□□	○ △△△ △△	△△ □	△△△△□ △△△△	△△△ △
V ₅	□□	●●●▲△△ ● △△	△△ □	●●●▲△△□□ ▲△△	● △△△
V ₆	□	● △△	● △△	●●●▲△△ □ ●	● △△

虚血型ST降下 ● ST ↓ ≥ 0.5mm
 Junction型ST降下 △ ST↓ ≥ 1.0mm
 T波の変化 □ 平低又は二相性化
 ● ST ↓ ≥ 1.0mm
 ▲ ST↓ ≥ 2.0mm & QX/QT ≥ 50%
 ■ 逆転

比と T_{Vs}/R_{Vs}比)、④ その他(U波、不整脈、自覚症など)について検討した。

① QT比

Bezett の式¹⁵⁾ QT_c = 0.39√RR を使用し QT比(実測QT値/QT_c)を算出した。それらの結果は表7の如くである。

運動負荷前のQT比はA群:1.07、B群:1.05、C群:1.03、D群:1.01、健常群:1.04で、A群にやゝ延長傾向が認められ、AとD群の間にのみ有意差がみられた(P<0.05)。運動負荷直後のQT比はA群:1.10(変化率1.7%)、D群:1.02(変化率0.8%)と延長、B群:1.03(変化率-2.4%)、C群:1.02(変化率-0.6%)は短縮、健常群は1.04(変化率0.2%)と殆んど不変であったが、各群間の変化率には有意の差が認められなかった。

運動負荷5分後には各群とも運動負荷前に比してそれぞれ1.7%、1.7%、3.5%、4.6%、2.7%と延長しているが、A、B群とD群の間に有意差が認められた(P<0.05)。

② ST分節部の変化

運動負荷後のST.Tの変化は表8に示す如くである。

i) 虚血型(ischemic type)のST降下

運動負荷前の心電図と比較して0.5mm以上の虚血型ST降下をみたものはA群0例, B群8例(36.4%), C群1例(5.9%), D群6例(17.7%), 健常群2例(10.0%)で, その中1.0mm以上の降下をみたものはB群の2例(9.1%)のみであった。ST降下出現部位は表8に示す如くI, II, _aV_F, V₄, V₅, V₆誘導に多く, 特にII, V₅, V₆誘導で多く認められた。

ii) Junction型(junctional type)のST降下1.0mm以上のJunction型のST降下を示し, かつQX/QT \geq 50%のものはA群1例(10.0%), B群5例(22.7%), C群2例(11.8%), D群7例(25.9%), 健常群3例(15.0%)で, その中2.0mm以上のST降下を示したものは僅かB群1例(4.6%), D群3例(11.1%)であった。

以上のSTの変化をまとめると, 前述の運動負荷心電図判定基準に該当するものはA, B, C, D, 健常群でそれぞれ0例, 8例(36.4%), 1例(5.9%), 9例(33.3%), 2例(10.0%)の計20例(20.8%)である。

③ T波の変化

運動負荷後のT波の変化は表8の如くで, T波が平低または(干)二相性になったものはA群で4例(40%), B群0例, C群1例(5.9%), D群2例(7.4%), 健常群0例で, T波の逆転(陰性 \rightarrow 陽性)をみたものはA群の1例(10%), D群1例(3.7%)のみであった。

次にT波の動きを全体として検討するためにII, V₅誘導のT/R比を求めたものが表9, 10である。

運動負荷前のT/R比の平均値はII, V₅誘導ともにA群で最も小さく(-)であり, 他の4群との間に有意差がある(P<0.01)。そしてA, B, C, D, 健常群となるにつれて次第に増高しているが, 後の4群の間には有意の差は認められなかった。

運動負荷による変化では, II誘導ではA群は負荷直後121.0%, 5分後53.1%と増高しており, 直後で他の4群との間に有意差があり(P<0.05), 5分後ではB群(P<0.05), D群(P<0.02), 健常群(P<0.02)との間に差がみられた。B, D群はそれぞれ直後-0.4%, -1.6%, 5分後-19.2%, -19.6

表9 運動負荷後のT/R比の変化

分類	症例数	II 誘 導			V ₅ 誘 導		
		負 荷 前	負荷直後	負荷5分後	負 荷 前	負荷直後	負荷5分後
A 群	10例	-0.01 ±0.09	+0.03 ±0.10	-0.00 ±0.09	-0.13 ±0.09	-0.07 ±0.09	-0.11 ±0.08
B 群	22	+0.20 ±0.14	+0.19 ±0.03	+0.16 ±0.14	+0.13 ±0.10	+0.14 ±0.10	+0.10 ±0.08
C 群	17	+0.23 ±0.09	+0.27 ±0.15	+0.22 ±0.12	+0.17 ±0.07	+0.19 ±0.07	+0.16 ±0.07
D 群	27	+0.25 ±0.10	+0.26 ±0.14	+0.22 ±0.11	+0.23 ±0.08	+0.21 ±0.08	+0.20 ±0.08
健常群	20	+0.27 ±0.10	+0.27 ±0.13	+0.24 ±0.11	+0.27 ±0.12	+0.25 ±0.10	+0.23 ±0.10

表10 運動負荷によるT/R比の変化率

分類	症例数	II 誘 導		V ₅ 誘 導	
		負 荷 直 後	負 荷 5 分 後	負 荷 直 後	負 荷 5 分 後
A 群	10例	+121.0% ±153.9	+53.1% ±88.5	+51.9% ±38.2	+10.7% ±9.1
B 群	22	-0.4% ±46.4	-19.2% ±44.3	+35.3% ±90.2	-2.3% ±65.6
C 群	17	+10.8% ±30.0	-6.9% ±20.9	+20.5% ±37.4	-3.7% ±35.0
D 群	27	-1.6% ±31.6	-19.6% ±20.2	-9.8% ±26.2	-14.3% ±23.6
健常群	20	+2.2% ±38.1	-10.7% ±22.6	-5.3% ±20.0	-16.3% ±16.9

%と減高している。C.および健常群では直後それぞれ10.8%, 2.2%増高, 5分後にはそれぞれ-6.9%, -10.7%と減高しているが, B. C. D. 健常群の4群の間には有意差が認められなかった。

V₅誘導では運動負荷直後増高した群はA群(51.9%), B群(35.5%), C群(20.5%)で, D群(-9.8%)と健常群(-5.3%)は減高している。運動負荷5分後ではA群は10.7%と増高しているが, B. C. D. 健常群ではそれぞれ-2.3%, -3.7%, -14.3%, -16.3%と減高する傾向がみられII誘導の成績とは同様である。

④ その他の変化

i) 不整脈は上室性期外収縮がA群1例(10%), B群3例(13.6%), D群2例(7.4%)に認められたが, いずれも散発乃至一過性であった。心室性期外収縮はD群の僅か1例に認めたに過ぎなかったが, 頻発性に胸内苦悶感を訴えている。その他の不整脈は認めなかった。

ii) U波について検討したが, 判定基準にもうけた陰性U波乃至逆転U波の出現は認めなかった。

iii) 自覚症状については, 負荷後に息切れ, 動悸を訴えたものがA群2例(20%), C群2例(11.8%), D群3例(11.1%)の計7例(7.3%)で, 強い狭心症状を訴えたものはD群の一例のみであった。

以上, 運動負荷後の心電図の解析の結果, 著者の運動負荷心電図判定基準によればA群1例(10%), B群8例(36.4%), C群1例(5.9%), D群9例(22.2%), 健常群2例(10%)の計21例(22.8%)が陽性反応を示した。

5) ベクトル心電図について (Frank法)

ベクトル心電図の分析の結果は表11, 12に示す如くである(記号については表8参照)。

① 水平面QRS環の形

戸山の分類¹⁰⁾により水平面QRS環の形を分類すると, N型はA. B. C. D群にそれぞれ5例(50.0%), 7例(46.7%), 5例(71.4%), 12例(66.7%)にみられ, L_I型はそれぞれ1例(10.0%), 5例(33.3%), 0例, 2例(11.1%), L_{II}型はそれぞれ4例(40.0%), 1例(6.6%), 0例, 0例でA群にL型を示すものが多い。

② 水平面最大QRSベクトルの方向と大きさ

水平面最大QRSベクトルの方向はA群が最も左後方に向き, 次いでB. C. D群の順である。また水平面最大QRSベクトルの大きさはA群が圧倒的に大であり2.04±0.06 mVで, 他の3群に比較して有

●△□ 運動負荷後変化例
●▲■ 運動負荷後無変化例
× 運動負荷後無変化例

表11 QRS環の変化

分類	A群	B群	C群	D群	
症例数	10例	15例	7例	18例	
水平面最大QRSベクトル	RH	××	××	□×××	
	N	□×××	△△△× ●×	□△××× ●▲×××	
	LH _I	□	●●×××	××	
	LH _{II}	■△××	●		
	LH _{III}	□			
方向(θ)	30.0° ±23.0	21.9° ±18.5	18.7° ±23.5	5.3° ±22.0	
大きさ(mv)	2.04 ±0.66	1.40 ±0.17	1.45 ±0.14	1.40 ±0.19	
空間最大QRSベクトル	大きさ(mv)	2.76 ±1.35	1.88 ±0.42	1.95 ±0.21	1.84 ±0.26
	方位角(H°)	35.0° ±28.3	20.1° ±19.8	19.7° ±22.1	5.5° ±21.9
	仰角(V°)	55.4° ±7.5	50.9° ±10.5	48.9° ±7.3	52.0° ±10.6

●△□ 運動負荷後変化例
●▲■ 運動負荷後無変化例
× 運動負荷後無変化例

表12 水平面T環の変化

分類	A群	B群	C群	D群
大きさ(mv)	0.38 ±0.19	0.35 ±0.16	0.34 ±0.10	0.42 ±0.24
方向(θ)	149.4° ±47.5	46.3° ±34.6	24.2° ±8.9	37.9° ±20.3
回転	時計式	■□□× ×××		□ ●×
	反時計式	×	△△●●● ××××	△△□× ××××
	8字型	△		
	線状		××	×
型	円型	□××	●×	△ ×××
	紡錘型	■□×× ×	△△●●● ××××	□××× ● △△□× ××××
	その他	△	××	×
速度	遅→速	■□×× ×	△△△ ××××	×××
	等速	△□××	●●●×	□△××
	速→遅			●×××

QRS-T夾角とT/QRS比の変化

QRS-T夾角(θ)	A群	B群	C群	D群
QRS-T夾角(θ)	179.4° ±59.2	71.5° ±36.8	42.8° ±29.6	36.9° ±21.9
T/QRS比	0.25 ±0.16	0.26 ±0.09	0.23 ±0.06	0.31 ±0.20

意に大である ($P < 0.02$).

③ 空間最大 QRS ベクトルの大きさと方向

空間最大 QRS ベクトルの大きさは水平面における場合と同様に A 群が $2.76 \pm 1.35 \text{ mV}$ と他の 3 群に比して大であるが、有意差は認められなかった。また方位角についても A 群が $35.0 \pm 28.3^\circ$ と最も大きい。B、C 群の間には有意差がなく、D 群との間にも有意の差がみられた ($P < 0.01$)。仰角についても 4 群の間に有意差が認められない。

④ 水平面の T 環について

水平面最大 T ベクトルの大きさには 4 群の間に差を認めないが、その方向に関しては A 群が 149.4° と有意に大であり ($P < 0.001$)、右前方に向う。

水平面 T 環の回転方向をみると、A 群において時計式回転が 8 例 (80.0%)、B 群 0 例、C 群 2 例 (28.6%)、D 群 1 例 (5.6%) で、A 群の異常率が高いが、T 環の型、速度変化については各群の間に差を見出しえず、また著者の判定基準による運動負荷試験陽性例と陰性例の間にも差がみられなかった。

⑤ 空間 QRS-T 夾角と空間 T/QRS 比について

空間 QRS-T 夾角は A 群 179.4° 、B 群 71.5° と開大し、A、B 群の間 ($P < 0.001$)、A、B 群と C、D 群の間 ($P < 0.001$) に有意の差がみられた。

空間 T/QRS 比については 4 群間に差をみなかった。

6) 症例

症例 1. (図 1)

T. I. 男 65 才 本態性高血圧症

自覚症状はない。運動負荷前の心電図で QRS 棘波の高電位 ($SV_1 + RV_5 = 8.6 \text{ mV}$, $SV_1 + RV_6 = 6.91 \text{ mV}$) が著明で、I, II, III, aV_F , V_5 , V_6 誘導に高

図 1 症例 1. T. I. 男 65 才
運動負荷前 運動負荷 3 分後

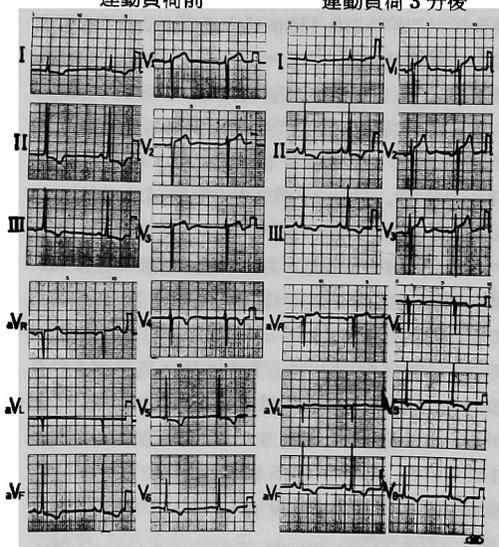
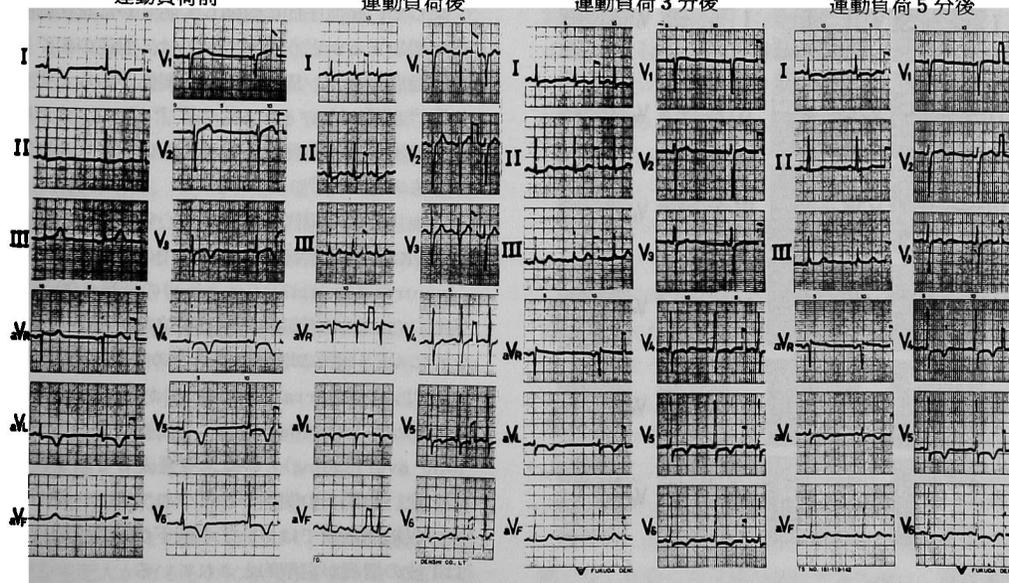


図 2 症例 2. S. H. 女 26 才

運動負荷前 運動負荷後 運動負荷 3 分後 運動負荷 5 分後



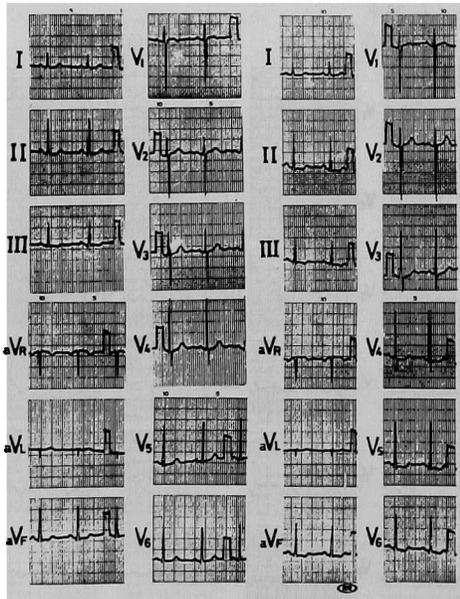
度の ST.T 低下 (strain pattern) を認め A 群に属する。運動負荷前の血圧 128/70 mmHg, RR=1.36 秒, Master の 2 重 2 階段試験直後の血圧 140/74 mmHg, RR=1.00 秒で運動負荷後 ST.T の変化がみられなかった。

症例 2. (図 2)

S. H. 女 26 才 クッシング氏病

頭痛, 手指振顫, 肥満 (身長 152 cm, 体重 60 kg), 高血圧 (初診時 230/130 mmHg) を認め, 運動負荷前の心電図で洞徐脈 (RR=1.28 秒), 軽度の QRS 棘波の高電位 ($SV_1 + RV_5 = 3.7 \text{ mV}$, $SV_1 + RV_6 = 3.6 \text{ mV}$), 高度の ST.T 変化 (I, aV_L , V_3 , V_4 , V_5 , V_6 誘導) を認める。血圧のコントロール (120/78 mmHg) 後, Master の 2 重 2 階段試験 (46 回/3 分) を試みたが, 運動負荷の途中 (32 回), 強い息切れ, 動悸, 胸内苦悶感を訴え中止, 直後の血圧 164/98 mmHg, 心電図で RR=0.46 秒, II, III, aV_F 誘導で虚血型 ST 降下 (0.05 mV 以上), V_4 , V_5 , V_6 誘導で ST 分節部軽度上昇, T 波は V_3 , V_4 誘導で陽転し, I, aV_L , V_5 , V_6 誘導で平低乃至二相性化 (±) がみられ負荷陽性と判定される。本症例は対象に含まれないが, あまり QRS 棘波の高電位差がなくて, Strain 型の ST.T 変化を示す例として呈示した。

図 3 症例 3. K. E. 女 45 才
運動負荷前 運動負荷 3 分後



症例 3. (図 3)

K. E. 女 45 才 本態性高血圧症

病期は WHO 分類の II 期に相当する。労作時息切れ, 動悸を訴える。運動負荷前の心電図で QRS 棘波の高電位 ($SV_1 + RV_5 = 4.0 \text{ mV}$, $SV_1 + RV_6 = 3.7 \text{ mV}$) と II, III, aV_F , V_6 に軽度の ST 低下を認め B 群に属する症例である。運動負荷前の血圧 128/80 mmHg, RR=0.76 秒, Master の 2 重 2 階段試験で運動負荷直後に血圧 140/80 mmHg, RR=0.97 秒と変化, 心電図で II, V_4 , V_5 , V_6 誘導に虚血型 ST 降下 (0.05 mV 以上) を認め負荷陽性と判定される。

考 査

動脈血圧の異常な上昇が持続する場合, 心血管系に種々な変化を来すことは明らかである。心臓ではその機械的負荷の増大に伴い左室の求心性, 次いで拡張性の肥大をおこし遂に心不全の状態となる。これを血行動態の面からみると初期には心拍出量は増大しているが, 全末梢抵抗は殆んど正常である¹⁷⁾しかしこの時期に運動負荷を行うと心拍出量の増加, 全末梢抵抗の低下の仕方は正常者より少くない¹⁸⁾そして高血圧が持続し固定してくると, 全末梢抵抗は明らかに増大し肥大をおこすことになる。次いで左室容積の増大をおこすようになる。

一方, 本態性高血圧症と虚血性心疾患の合併は日常臨床上比較的よくみられるが, こゝで問題となるのは冠状動脈硬化の問題がある。

果して, 高血圧症に附随して明らかに冠状動脈硬化が増加するかどうかについては, 前述の如く多くの問題点がある。即ち高血圧と関係があるとするもの^{19)~21)}関係がないとするもの^{22)~24)}がある。また肥大心の冠不全は, 随伴する冠不全という考えを疑問視するものもある²⁵⁾

高血圧症の心電図の特徴は左心室肥大心電図で, ① QRS 棘波の増高, ② QRS 巾の延長, ③ VAT (ventricular activation time) の延長, ④ ST.T 変化, ⑤ QRS 電気軸の左方偏位などが挙げられ, とくに QRS 棘波の増加と ST.T の変化が重要である。

また, Cabrerra & Monroy が²⁶⁾「収縮期負荷 (systolic overloading)」, 「拡張期負荷」(diastolic overloading) の概念を発表して以来, 心電図と血行動態との関係が注目されて来た。即ち左心室の収縮期負荷では ST.T の低下が, 拡張期負荷では T 波の増高が定型的とされている。

そこで, こゝでとりあげた高血圧症は収縮期負荷

の左室肥大と考えることが出来る。左室肥大心電図にみられる特徴的なST.Tの変化—“strain pattern”²⁶ (それは現在のところ波型上の呼称で、定量的な規定はされていない)は、QRS棘波の高電位 (QRS high voltage) に基づく二次的な変化 (secondary change) とするもの、QRS棘波の高電位と関係なく左心室の一次的な過重 (strain) の表現で可逆的な変化とするもの、また左室肥大と冠硬化の合併の表現であるとするなどの意見がある。しかし、Ventricular strain の本来の定義²⁶は心室肥大とは別個のもので、比較的急性に正常心に発生し心肥大を認めない。そして本来の肥大はQRS棘波の高電位であるとされている。そして、その成因としては心筋の虚血、PHの変化などが挙げられ、また心筋K⁺の減少などもあげられている²⁷。

これらの論点を明らかにする目的で、著者は血圧が良くコントロールされた本態性高血圧症を選び、運動負荷前の心電図及び運動負荷後の心電図について検討を加えた。

最近高血圧性心疾患の左心室の超音波診断によると²⁸非対称性の中隔肥厚ではST.Tの変化が最も著明で、T波の陰転が最も深く、SV₁+RV₆の値も最も高い。対称性の肥大をおこす場合は、非対称性のものに次いでQRS棘波は高く、ST.Tの変化は非対称性肥大の場合よりも少ない。また左心室の拡大の場合は、QRS棘波は対称性の肥大の場合と同程度でありST.Tの多少の変化もみられる。このように非対称性の中隔肥厚の場合のST.Tの著明な変化は、1つには心室再分極過程の変化が大いに関係があるといえる。著者の成績でも安静時心電図の比較において、“strain pattern”を呈するもの即ちA群の心電図の特徴は他の群に比較して、①際立ったQRS棘波の増高、②QT比の増大、③左軸偏位の傾向がみられた。これらの変化の中、QT比の増大、左軸偏位などはいわゆるQRS棘波の増高による二次的な変化と考えることが可能である。

一方、高血圧症の運動負荷心電図についてもその陽性反応は偽陽性であるとする考え方もあり²⁹、その変化はST部分の小さな変化とか、STの部の一部のみの低下とか、II, III, V₄~V₆誘導のT波の陰転で、STの変化を伴わないものであるとしている。一方では、合併症のない高血圧では運動負荷による陽性率には他のものとの間に差がなく、胸部X線、心電図で左室肥大があるものに陽性率が高いとするものもある³⁰。また負荷による収縮期圧の上昇と負荷後

のST変化との間に相関があるとする説もある³¹。

またFrank誘導による運動負荷ベクトル心電図の検討の報告³²では、運動負荷の陰性率は対照群で80.0%、高血圧群では84.2%、また偽陽性率は20%、15%、狭心症で10.3%、心筋硬塞群で20.0%と報告しているが、この場合も高血圧症の安静時心電図による分類は作られていない。

次に高血圧という状態から考えると、心筋の酸素消費の異常な上昇が当然考えられる。そこで心筋酸素消費を規定する因子³³としては、心室内腔即ち心室の容積と血圧 (とくに収縮期圧)、心拍数、心筋収縮力の3つが主たるものであるが、高血圧症においてはとくにこの収縮期圧の上昇が問題となり、とくに運動負荷による血圧の異常反応により、血圧正常者の場合と同程度の負荷を与えたかどうかに関係がある。著者の検査対象は血圧が良くコントロールされた症例を選んであり、負荷後の血圧の上昇、脈拍数増加から算出したKatz's Indexの変動を検討したが4群の間に特別な差を認めなかった点は、前述の心筋酸素消費量を規定する重要な因子の中の心拍数、血圧の値に差がなく、これは各群の運動負荷量がほぼ同一であったと云える。

このようにして行ったMasterの2重2階段試験の結果、ST.Tのstrain patternの変化を伴いQRS棘波が有意に大きいA群では、虚血型のST降下を1例も認めず、逆にSTの軽度な変化とT波の平低下を認めQRS棘波はA群ほど大きくないB群では、22例中8例 (36.4%)に虚血型STの降下を認めた。またQRS棘波の増高は軽度でST.Tに変化がみられないD群の中にも27例中9例 (33.3%)の虚血型ST降下を認めた点から、A群の著明なST.Tの変化 (strain pattern) は、冠不全という問題は完全に否定することは出来ないが、その変化の大部分はQRS棘波の増高に附随するような二次的な変化である可能性が大である。

一方、症例2に示した様に、急性に左心室に収縮期負荷が加わった様な例においては、QRS棘波の高電位が余りなくていわゆる“strain pattern”を呈するものは、図2に示した様に運動負荷試験では陽性反応がみられた。この様な古典的なstrain patternとQRS棘波の著明な増高に伴うstrain型のST.Tの変化は、その解釈に差異があると考えられる。

次にB、D群の様に、QRS棘波の波高がそれ程著明でなく運動負荷試験が陽性である例は、現在までの運動負荷試験の考え方からすれば、そのST.T変化

は虚血性変化と考えられる。

次に、運動負荷後のT波の変化については4群の間に差を認めず、何れもこれは運動負荷試験に伴う通常の変化(交感神経系の反応)と考えることができる。

以上のようにA群の安静時心電図の特徴はベクトル心電図(Frank法)による検討でも明らかであり、水平面QRS最大ベクトルの左後方への偏位とその増大、空間最大ベクトルの大きさとその増大、方位角の増大、水平面T環の型、回転速度の変化のみられない点などからも明らかであった。

結 語

本態性高血圧症の心電図変化とくにそのST.Tの変化の成因を明らかにする目的で、ほぼ正常な血圧にコントロールされ、安静時心電図で $SV_1 + RV_5$ or RV_6 が35mm以上の本態性高血圧症の患者76例(男52例, 女24例)を対象にMasterの2重2階段試験を行なった。対象はいずれも降圧剤とともにカリウム塩を常時投与し、少なくとも臨床上低カリウム血症は認めなかった。これらの対象を安静時心電図のST.Tの変化の程度によってA, B, C, Dの4群に分類し、あわせて20例の健常者とを比較検討した。これら対象の運動負荷量をKatz's Indexで検討し

た結果、各群とも運動量としてはほぼ同一の変化量を負荷したことを確認した。

成績は以下の如くであった。

① 安静時心電図でST.T変化が著明なstrain patternを示すA群は、QRS棘波の電位が著しく高く、左軸偏位、QT比の延長がみられた。

② このA群の運動負荷後の心電図では、いわゆる陽性反応を示すものは殆んどなく、この結果からQRS棘波の電位が著しく高い場合のST.T変化は、主として脱分極過程の変化に伴う再分極過程の変化、つまり二次的变化と考えられた。

③ この安静時心電図変化はベクトル心電図(Frank法)においても、QRS最大ベクトルの左後方への偏位並びに増大、T環の形態の変化を伴わない方向の変化と考えられた。

④ QRS棘波の増高がそれ程著明でない場合(B, D群)の運動負荷後の陽性例は一応心筋障害に伴う一次的な変化と考えられた。

稿を終えるにあたり、小坂淳夫教授、原岡昭一助教授の御指導、御校閲を深謝いたします。

本論文の要旨は、第35回日本循環器学会総会で発表した。

参考文献

- 1) Hodge, J. V. and Smirk, F. H.: The effect of drug treatment of hypertension on the distribution of deaths from various causes. A study of 173 deaths among hypertensive patients in the years 1959 to 1964 inclusive. *Am. Heart J.*, **73**: 441, 1967.
- 2) World Health Organization: Technical report series. No. 231. Arterial hypertension and ischemic heart disease. Geneva. 1962.
- 3) 戸山靖一, 宮川定吉, 鈴木恵子: 高血圧, 動脈硬化の重症度と予後. *日本臨床*, **26**: 779, 1968.
- 4) 東京大学三内科高血圧研究会: 高血圧患者治療基準に関する試案. *最新医学*, **22**: 2027, 1967.
- 5) 日本循環器管理研究協議会: 高血圧動脈硬化性疾患の重症度判定基準, 第4回日本循環器管理研究協議会総会, 1969.
- 6) Sokolow, M. and Perloff, D.: The prognosis of essential hypertension treated conservatively. *Circulation*, **23**: 697, 1961.
- 7) Freis, E. D.: Veterans Administration Hospital Study on Antihypertensive Agents; A double blind control study of antihypertensive agent. *Arch. Int. Med.*, **106**: 81, 1960.
- 8) Sonnenblick, E. H., Ross, J., Jr. and Braunwald, E.: Oxygen consumption of the heart: Newer concepts of its multifactorial determination. *Am. J. Cardiol.*, **22**: 328, 1968.
- 9) Master, A. M. and Openheimer, E. T.: Simple exercise tolerance test for circulatory effi-

- ciency with standard tables for normal individuals. *Am. J. Med. Sci.*, **177** : 223, 1929.
- 10) 木村登, 戸嶋裕徳, 良光光啓, : 心筋硬塞のリハビリテーション. 呼と循, **17** : 145, 1969.
 - 11) Cohn, P. F., Vokonas, P. S., Herman, M. V. and Gorlin, R. : Postexercise electrocardiogram in patients with abnormal resting electrocardiograms. *Circulation*, **43** : 648, 1971.
 - 12) Master, A. M. and Rosenfeld, I. : The "two-step" exercise test brought up to date. *N. Y. State J. Med.*, **61** : 1850, 1961.
 - 13) Master, A. M. and Rosenfeld, I. : Criteria for the clinical application of the "two-step" exercise test. Obviation of false-negative and false-positive responses. *J. A. M. A.*, **178** : 129, 1961.
 - 14) Katz, L. N. and Feinberg, H. : Relation of cardiac effort to myocardial oxygen consumption and coronary flow. *Circulation Res.*, **6** : 656, 1958.
 - 15) Bezett, H. C. : Analysis of the time relations of electrocardiograms. *Heart*, **7** : 1918.
 - 16) 戸山靖一 : 心電図とベクトル心電図. 心電図の一つの読み方. 最新医学社, 大阪, 1966.
 - 17) 荒川規矩男 : 本態性高血圧症の成因. *心臓*, **3** : 215, 1971.
 - 18) Sonnerstedt, R. : Hemodynamic response to exercise in patients with arterial hypertension. *Acta Med. Scand. suppl.*, **458** : 55, 1966.
 - 19) Conner, L. A. and Halt, E. : The subsequent course and prognosis in coronary thrombosis. An analysis of 287 cases. *Am. Heart J.*, **5** : 705, 1929.
 - 20) White, P. D. and Bland, E. F. : Further report on the prognosis of angina pectoris and of coronary thrombosis. A study of five hundred cases of the former condition and of two hundred cases of the latter. *Am. Heart J.*, **7** : 1, 1931.
 - 21) Fisher, R. L. and Zukerman, M. : Coronary thrombosis. *J. A. M. A.* **131** : 385, 1946.
 - 22) Mintz, S. S. and Katz, L. N. : Recent myocardial infarction. An analysis of five hundred and seventy-two cases. *Arch. Int. Med.*, **80** : 205, 1947.
 - 23) Goldstein, F., Jenson, K., Waldron, J. M. and Duncan, G. G. : The relationship between hypertension and coronary occlusion. *Ann. Int. Med.*, **44** : 446, 1956.
 - 24) Sigler, L. H. : The role of hypertension in the etiology and prognosis of coronary occlusion. *Ann. Int. Med.*, **42** : 369, 1955.
 - 25) 諏訪紀夫, 荒井茂, 町田淳, 中村俊夫, 田所正路 : 肥大心の病理. 呼と循, **16** : 379, 1968.
 - 26) Cabrera, E. and Monroy, J. R. : Systolic and diastolic loading of the Heart I. physiologic and clinical data. *Am. Heart J.*, **43** : 661, 1952.
 - 27) Barnes, A. R. and Whitten, M. B. : Study of T wave negativity in predominant ventricular strain. *Am. Heart J.*, **5** : 14, 1929.
 - 28) Toshima, H., Koga, Y., Yoshioka, H., Akiyoshi, T. and Kimura, N. : Echocardiographic Classification of Hypertensive Heart Disease. A correlative study with clinical features. *Jap. Heart J.*, **16** : 377, 1975.
 - 29) Lepeschkin, E. and Surawicz, B. : Characteristics of true-positive and false-positive results of electrocardiographic Master two-step exercise test. *New Engl. J. Med.*, **258** : 511, 1958.
 - 30) Wong, H. O., Kasser, I. S. and Bruce, R. A. : Impaired maximal exercise performance with hypertensive cardiovascular disease. *Circulation*, **39** : 633, 1969.
 - 31) Chaing, B. N., Alexander, E. R., Bruce, R. A., Thompson, D. J. and Ting, N. : Factors related to ST-segment depression after exercise in middle-aged chinese men. *Circulation*, **40** : 315, 1969.
 - 32) 村山正博, 春見健一, 山本睦夫, 井口欽之丞, 陳家茂, 村尾覚, 上田英雄 : Frank 誘導運動負荷ベクトル心電図における STT 変化の研究. *心臓*, **2** : 925, 1970.

Exercise electrocardiographic studies on left ventricular hypertrophy in essential hypertension

Takeshi MINATO

The First Department of Internal Medicine

Okayama University Medical School, Okayama

(Director: Prof. Kiyowo Kosaka)

The exercise electrocardiogram of the patients with left ventricular hypertrophy was studied, especially on its STT change.

Seventy six patients with essential hypertension, who were under good control, were included for the study. They were 52 males and 24 females. Their ages ranged from 33 to 70 years (the average was 51.6 ± 7.8 years of age). The patients were divided into four groups according to changes in ST segment and T wave on standard 12 lead ECG (III, aVR were excluded): Group A consisted of 10 subjects, whose ECG showed so-called "Strain Pattern"; Group B included 22 subjects, showing ischemic depression less than 0.5 mm below the isoelectric line or low T wave ($T/R \leq 1/20$ and $R \geq 10$ mm); Group C included 17 subjects, junctional depression was equal to or exceeded 1.0 mm; Group D included 27 subjects without marked STT change. Twenty healthy men (6 males and 14 females) were studied as control. They ranged in age from 20 to 62 (the average was 36.7 ± 14.1 years of age). As a rule, they were subjected to the Master's test (double two step).

In the pre-exercise electrocardiogram of Group A, QRS voltage, LAD and QT ratio were significantly greater than any other groups. In the post-exercise electrocardiogram, Group A showed chiefly T wave changes without ST deviation. I could not find any cases in the group with positive response. Therefore, the "Strain Pattern" with marked QRS high voltage might be secondary STT changes. On the other hand, patients in Group B and D showed mainly ST changes and most of them were determined to have positive response of the test. So, the STT changes without marked QRS high voltage might be primary changes.