

Frank 法ベクトル心電図に関する研究 (第3報)

高血圧症の Frank 法ベクトル心電図

金沢大学医学部内科学第二講座(主任 村上元孝教授)

山 崎 幹 雄

(昭和43年3月2受付)

本論文の要旨は第26回日本循環器学会総会において発表した。

高血圧症のベクトル心電図については、これまで幾つかの報告があるが、誘導法が統一されていないため種々の誘導法が使用され、同誘導下における十分な知識が得られていない。現在最も利用されている Frank 法によるものでもその報告は少ない。著者は Frank 法による高血圧症患者のベクトル心電図を記録し、主として QRS 環ならびに T 環について検討したので報告する。

研究対象および方法

対象とした高血圧症例は80例であり、いずれも金沢大学 第二内科 入院ならびに 外来の高血圧症患者である。しかし大動脈弁疾患等弁膜疾患、心奇形等の症例は含んでいない。高血圧症判定には収縮期圧 150 mmHg 以上、拡張期圧 90 mmHg 以上の基準を使用した。これら高血圧症はいずれも明らかに2年以上の経過をもつ症例を選んである。ベクトル心電図撮影と同時に胸部レントゲン写真、スカラ心電図を記録し参考とし、他の疾患の合併せる症例はできるだけ除外した。ベクトル心電図は、第1報正常者 Frank 法ベクトル心電図に記したと同様、Frank 法を用いてフクダ医療電機株式会社製 Model FVC-3 型にて撮影記録した。拡大度、刻時点(1.25 msec, 2 msec, 5 msec.)をいろいろかえて前頭面、左側面、水平面を同時に撮影した。胸壁上の導子は胸骨上で第5肋間の高さに置いた²⁾。上記の方法により次の諸因子を測定し検討した。なお面積測定には久永度量衡の NH 式眼鏡プラニメーターを使用した。

1. QRS 環に関して

1) 回転方向, 2) QRS 環の面積, 3) QRS 環最大ベクトルの大きさと方向, 4) QRS 環面積ベクトルの方向, 5) 瞬時 0.005秒, 0.01秒, 0.02秒, 0.03秒, 0.04秒 ベクトルの方向, 6) 1/2 QRS 環最大ベクトルの方向。

2. T 環に関して

1) T 環最大ベクトルの大きさと方向。

3. QRS 環と T 環の関係について

1) QRS 環最大ベクトルと T 環最大ベクトルとの夾角, 2) QRS 環面積ベクトルと T 環最大ベクトルとの夾角。

対比した正常者群は、第1報正常者の Frank 法ベクトル心電図における51例の測定値を使用した。高血圧症例80例は、18歳男子から90歳女子まで平均52.8歳であり、男子52例(平均52.7歳)、女子28例(平均52.9歳)である(表1)。

表1 高血圧症80例の年齢構成

Age (yrs)	Numbers
~ 29	4
30 ~ 39	10
40 ~ 49	15
50 ~ 59	27
60 ~ 69	19
70 ~ 79	4
80 ~	1
Total	80

Studies on Frank Vectorcardiogram (III). Frank Vectorcardiograms in Hypertensive Subjects. Mikio Yamazaki. Department of Internal Medicine (II) (Director: Prof. M. Murakami), School of Medicine, Kanazawa University.

研究成績

測定した結果は、表 2, 3, 図 1~11 に表示してある。図では対比した正常者群での分布範囲と平均値を同時に記載した。

QRS 環の回転方向について：前頭面では正常者群で 86.3% (8 字型 (c→c.c) を含めて) を示していた時計方向回転が、高血圧群では 71.2% と減少、反時計方向回転の増加が著明である (正常者群 9.8% → 高血圧症群 28.7%)。左側面、水平面では共に正常者群と変わらず、その大部分が反時計回転を示している (表 2)。また高血圧症群で殊に水平面において QRS 環型の円形を呈する症例が増える傾向がある。

QRS 環面積について：直交する二軸にそれぞれ 1mV を加えたときに囲まれる面積を 100 単位として表現してあるが、高血圧症例では当然左室肥大が考えられ QRS 環面積の増大も想像されることではあるが、図 1 に示す如く QRS 環面積の極めて大きいもののばらつきは認められるが、全般的には正常者群の分布範囲内にあり、かえって正常者群の平均値以下にあるものも多い (図 1)。また前頭面、左側面、水平面の面積の和およびこれら三平面の中で最大の面積を示すものは、高血圧群と正常者群との間に一定の傾向なく、ただ高血圧群で特に面積の大きいものが目立つ程度である。

QRS 環最大ベクトルの大きさ：QRS 環面積にお

表 2 QRS 環の回転方向

Rotation	Frontal		Left Sagittal		Horizontal	
	Normal	H. T	Normal	H. T	Normal	H. T
C.	32	46				
8 (C.→C.C.)	12	11		1		
8 (C.C.→C.)	2	8	1	2	3	8
Linear	2	2				
C. C	3	13	50	77	48	72
Total	51	80	51	80	51	80

C.: clockwise, C.C.: counterclockwise, 8: figure of 8

図 1 QRS 環の面積

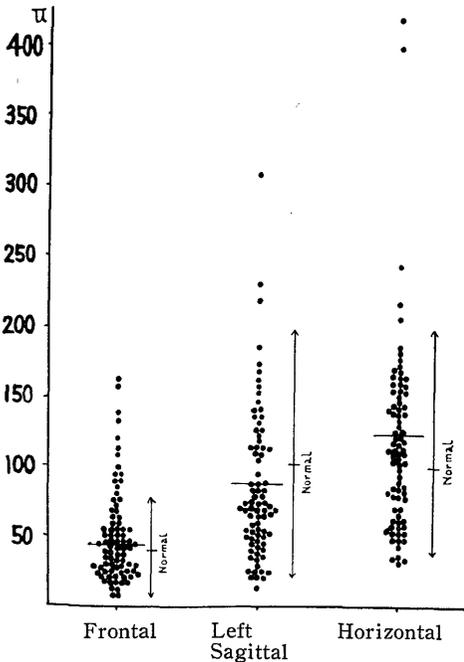
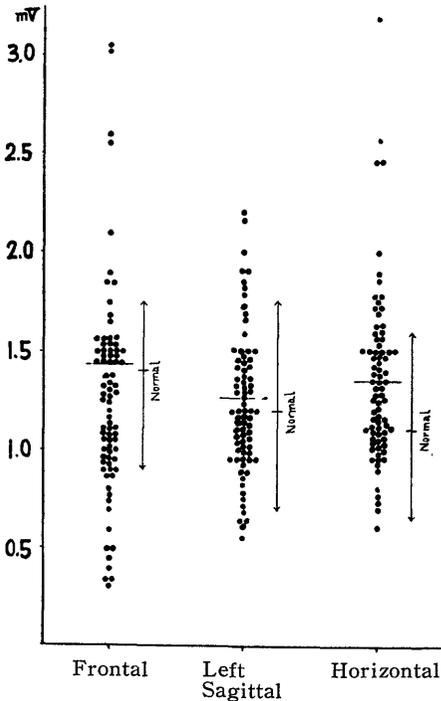


図 2 QRS 環最大ベクトルの大きさ (mV)



いてみられた如く、 2.0 mV を越える極めて大きいものから、かえって正常者の分布より小さいものまで広い分布範囲を呈しているが、全般的には殊に水平面において正常者群平均 1.11 mV を越すものが多いようであり、高血圧症例平均 1.35 mV を呈している (図 2)。

QRS 環最大ベクトルの方向：前頭面、左側面、水平面の三平面共に、右前方に長くのびる 2 症例を除いては、いずれも正常者群と近似の値を示しており、前頭面、左側面においては平均値の上で 47.1 度から 39.4 度、 49.6 度から 38.9 度と高血圧症群はやや後方に偏位するようである。水平面においてはかえって平均値が前方に向う如き結果を得ているが (正常者群平均 -36.8 度、高血圧症群平均 -21.9 度)、これは水平面において正常者群によくみられる右後方に長くつき出す環型をとる症例のあるためでもあろう。したがって正常者群の報告に示した如く、右後方につきだした症例を除いたものの平均値 -19.5 度と比較すれば、前頭面、左側面と同様の結果すなわち QRS 環最大ベクトルの左後上方への偏位の傾向が認められよう (図 3)。このことは図 4 に示す QRS 環半面積ベクトル

の方向においても同様である。

QRS 環半面積ベクトルの方向：半面積ベクトルが QRS 環最大ベクトルよりも、QRS 環全体の方向を表現するのに適していることは第 1 報正常者の Frank 法ベクトル心電図において述べたが、高血圧症群でもかなりまとまった分布を示すのが認められるが、正常者群における分布と大差なくその平均値も前頭面 43.4 度、左側面 62.0 度、水平面 -14.9 度と正常者群の 52.0 度、 72.1 度、 -13.9 度と近似を示し、臨床診断上の助けとはなり得ない (図 4)。

0.005 秒、0.01 秒、0.02 秒、0.03 秒、0.04 秒瞬時ベクトル：前頭面における 0.005 秒、0.01 秒、0.04 秒瞬時ベクトルの分布は正常者群と同様極めてばらつきが大きく一定の傾向を示していない。これは測定上の問題とさらに初期ベクトルが前頭面では後から前方に向うため刻時点の密集をきたすためと考えられ、さらに反時計方向回転の症例が高血圧症群で増加するためもある。前頭面における 0.02 秒、0.03 秒瞬時ベクトルは 2、3 のばらつきを示しながらも正常者群と同様比較的狭く分布するが、正常者群と有意ではない (図 5)。水平面では、0.005 秒、0.01 秒、0.02 秒、0.03

図 3 QRS 環の最大ベクトルの方向

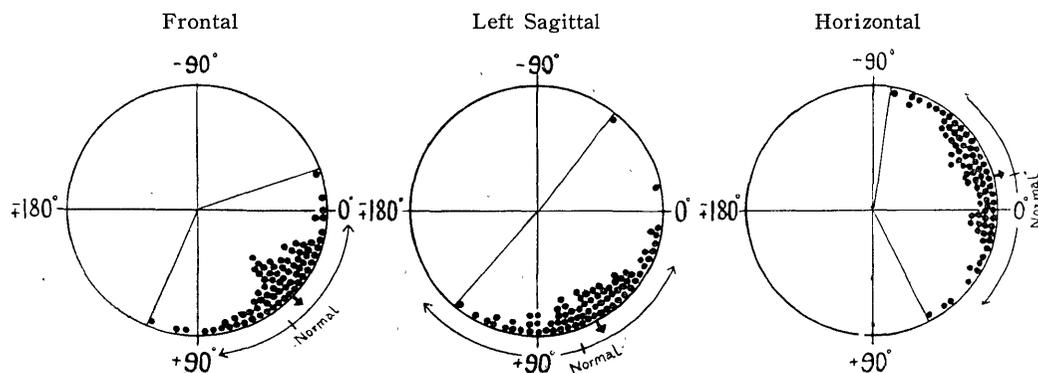
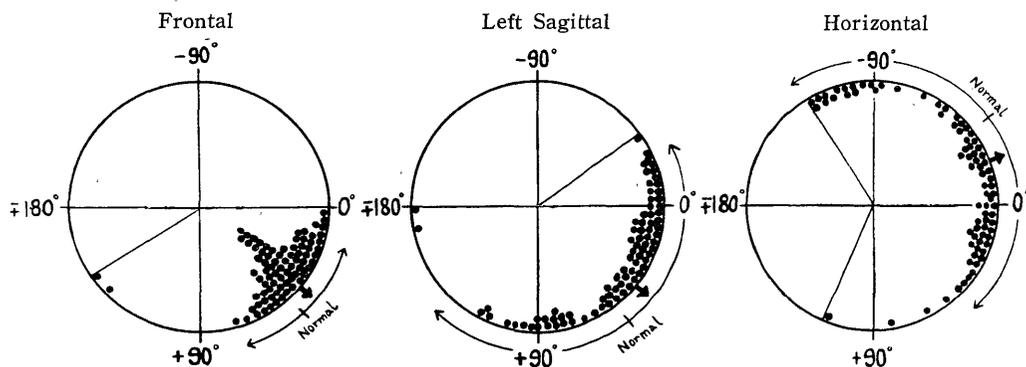


図 4 QRS 環半面積ベクトルの方向



秒, 0.04秒瞬時ベクトルいずれも その大部分の分布が正常者群の分布範囲内にあるが, 高血圧症例全体の傾向として初期0.01秒ベクトルまでは右前方から左前方へと偏位するが, 0.03秒, 0.04秒と時間の経過と

共に左方には移行するが後方には向わない(図7). このことは左側面での0.005秒, 0.01秒ベクトルの下方への傾向, 0.04秒ベクトルの下方への転移等からもうかがえることであり(図6), これらは典型的な

図5 QRS環初期瞬時ベクトルの方向(前頭面)

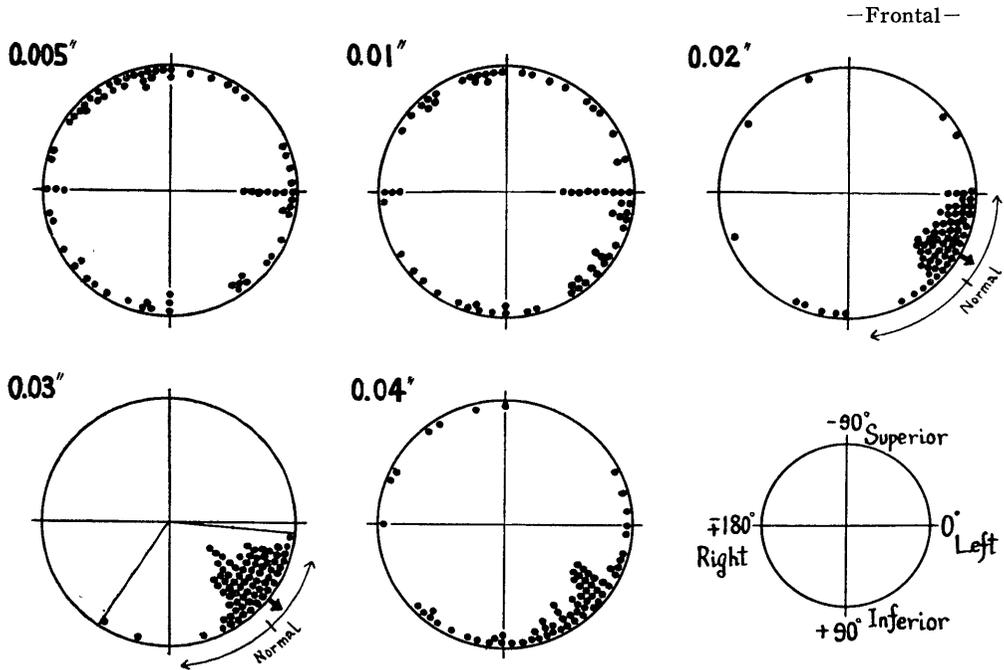
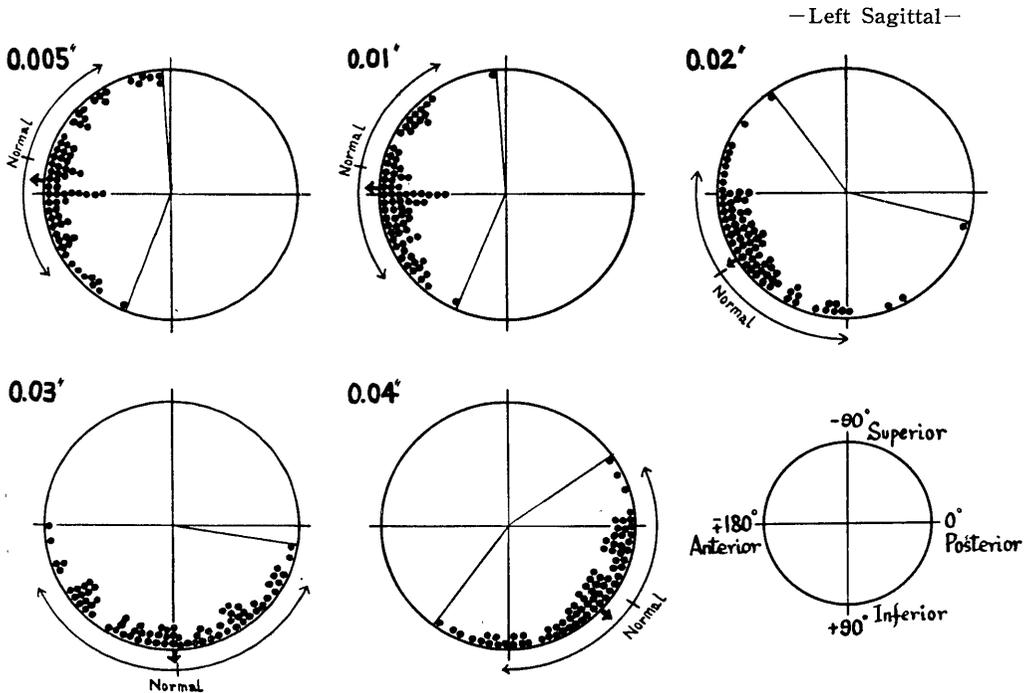


図6 QRS環初期瞬時ベクトルの方向(左側面)



左室肥大での左後上方への偏位との報告³⁾と態度を異にするものである。これら初期瞬時ベクトルは全般的には、正常者群のやや右前方から次第に左下方を経てゆく左後方の主部に移行するものと認められる。

1/2 QRS 環最大ベクトル: 1/2 QRS 環最大ベクトルが初期瞬時ベクトル0.02(～0.03)秒ベクトルにほぼ相当し、初期瞬時ベクトルの一応の代用として使用し得ることは第1報正常者の Frank ベクトル心電図において述べた。高血圧症例では0.03秒ベクトルに近似であり、正常者群0.02秒ベクトルよりやや遅れているが、これは心室の肥大と近接様効果の遅れのためと考えられる。1/2 QRS 環最大ベクトルは前述した QRS

環最大ベクトル、QRS 環半面積ベクトル、0.03秒瞬時ベクトルなどと同様正常者群より左下方に存する。殊に左側面において著明である (図8)。

T環ベクトルの大きさ: T環ベクトルの回転は遅くかつその環も小さいので、T環の瞬時ベクトルを観察することは困難な場合が多く、したがって本報告では刻時点によって瞬時ベクトルを測定せず、T環最大ベクトルの大きさおよびその方向についてのみ検討した。図9に示す如く前頭面におけるT環最大ベクトルは最小 0.11 mV から最大 0.68 mV まで平均 0.30 mV で正常者群の平均 0.43 mV より明らかに小さい傾向を示している (P<0.05)。左側面 (P<0.01),

図7 QRS 環初期瞬時ベクトルの方向 (水平面)

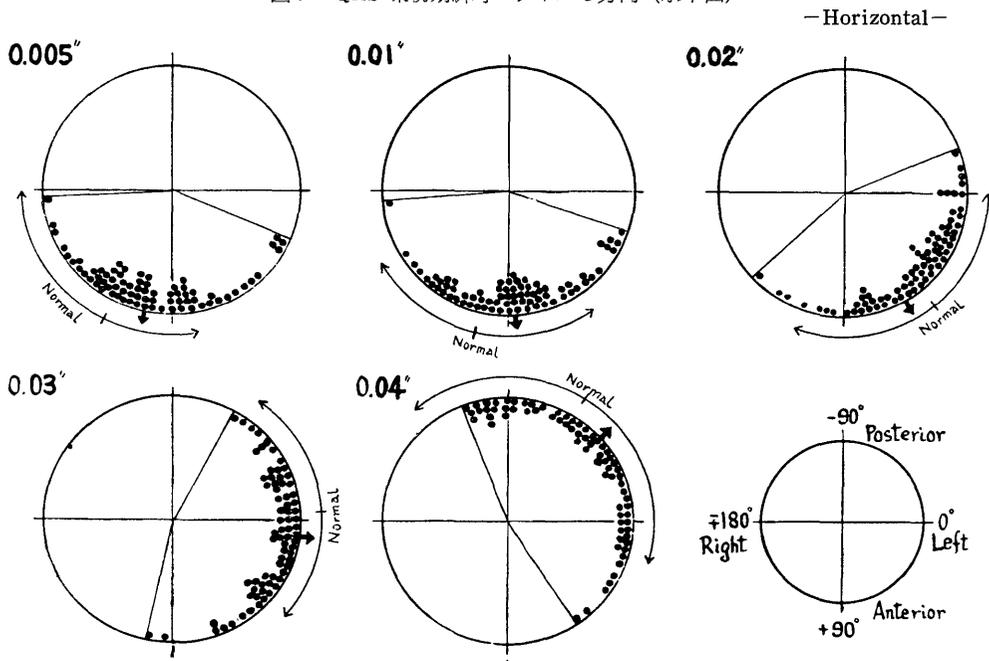


図8 QRS 環の1/2 最大ベクトルの方向

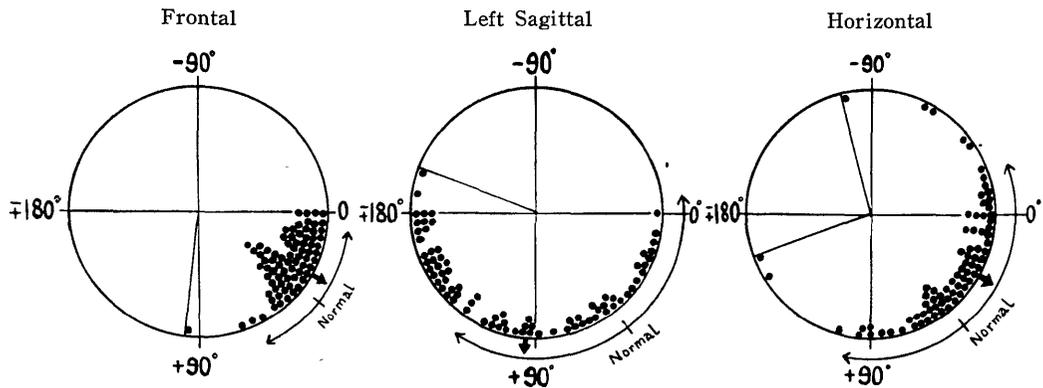
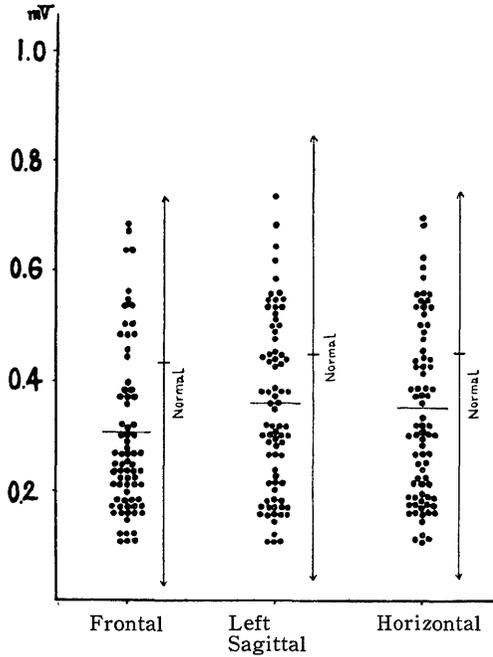


図9 T環最大ベクトルの大きさ (mV)



水平面 ($P < 0.01$) でも同様であり、高血圧症例ではQRS環最大ベクトルの大きさが正常者群とそれほど差を示さないがT環の小さい傾向を示すのが興味深い(図9)。このT環最大ベクトルの大きさの変化は左室肥大におけるT環の態度と同様である。

図11 QRS環最大ベクトルおよび半面積ベクトルとT環最大ベクトルとの夾角

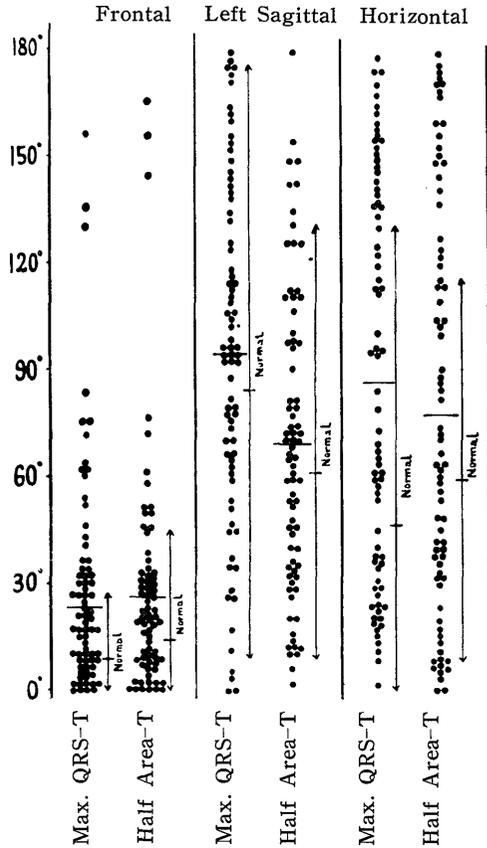
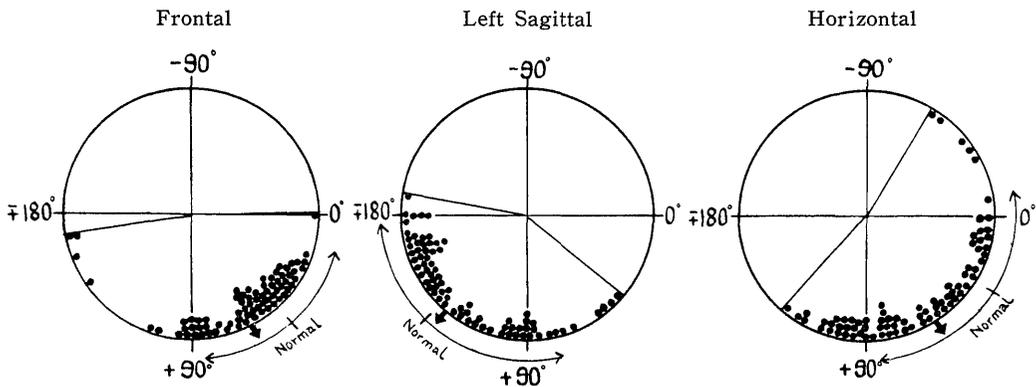


図10 T環最大ベクトルの方向



T環最大ベクトルの方向: 左側面では高血圧症群, 正常者群共に分布範囲もほぼ同様でその平均値も酷似している。しかし前頭面では正常者群より, より右方に, 水平面ではより前方に分布するものが増加し, その平均値も前頭面で47.9度から62.3度, 水平面で41.5度から56.6度と右方前方への偏位が著明であり正

常者群との有意差も認められる(水平面 $P < 0.05$)。このT環最大ベクトルの正常者群からの, より右上方への移行は, QRS環最大ベクトルの左方後方への転移と対称的である(図10)。

QRS環とT環の関係: この関係を表現するものとしてQRS環最大ベクトルとT環最大ベクトルとの夾

表3 高血圧症における Frank 法ベクトル心電図の各測定値 (平均値)

	Frontal		Left Sagittal		Horizontal	
	Normal	H. T	Normal	H. T	Normal	H. T
QRS-Loop Area (u)	40.9 (11.1~77.6)	48.2 (11.0~160.6)	102.4 (22.2~27.4)	88.9 (19.3~207.4)	99.7 (36.1~199.4)	121.8 (33.2~42.0)
Max. QRS Vector Magnitude (mV)	1.40 (0.89~1.74)	1.41 (0.74~2.63)	1.20 (0.74~1.79)	1.23 (0.63~2.21)	1.11 (0.68~1.63)	1.35 (0.63~3.16)
" Direction (deg)	47.1 (16~71)	39.4 (7~147)	49.6 (-28~0~134)	38.9 (-34~0~180)	-36.8 (-23~0~46)	-21.9 (-123~0~81)
Half Area Vector Direction (deg)	20.9 (10~32)	43.4 (-18~0~111)	72.1 (22~137)	62.0 (-52~0~130)	-13.9 (-52~0~41)	-14.9 (-80~0~62)
1/2 Max. QRS Vector (deg)	38.2 (8~63)	29.6 (0~95)	127.8 (-56~180~-170)	94.4 (0~180~-170)	49.9 (-21~0~101)	28.5 (-104~0~162)
0.005" Instantaneous Vector (")	*	*	-165.3 (145~180~-60)	-174.4 (11~180~-95)	113.3 (80~180)	102.2 (27~175)
0.01" " " (")	*	*	-171.5 (158~180~-63)	-178.0 (115~180~-95)	104.4 (55~150)	86.7 (27~175)
0.02" " " (")	36.7 (0~81)	29.2 (-44~0~124)	147.0 (8~0~90)	147.9 (14~180~-127)	50.5 (0~110)	59.8 (-20~0~135)
0.03" " " (")	46.2 (15~85)	37.6 (7~122)	90.7 (25~154)	89.5 (12~163)	-2.8 (-56~0~42)	7.4 (-58~0~101)
0.04" " " (")	77.2 (-7~0~180)	*	33.2 (-24~0~92)	42.8 (-33~0~128)	-53.5 (-128~0~17)	-43.1 (-115~0~55)
Max. T Vector Magnitude (mV)	0.46 (0.05~0.74)	0.30 (0.11~0.74)	0.45 (0.53~0.89)	0.36 (0.11~0.74)	0.45 (0.53~0.74)	0.35 (0.11~0.67)
" Direction (deg)	47.9 (15~85)	62.3 (0~170)	134.3 (76~176)	129.3 (45~180~-127)	41.5 (-10~0~85)	56.6 (-58~0~130)
Max. QRS-T Angle (deg)	9.8 (1~26)	23.4 (0~156)	83.0 (9~173)	93.8 (0~178)	45.8 (1~30)	86.0 (8~174)
Half Area-T Angle (")	14.2 (0~45)	26.5 (0~165)	61.3 (9~124)	69.1 (2~178)	58.9 (8~109)	77.3 (0~178)

*: widescatter () range

角が考えられる。QRS 環最大ベクトルの項で述べた如く、QRS 環最大ベクトルは前頭面以外あまりまとまった分布を示していない。一方T環最大ベクトルは比較的まとまった分布を示すことから、QRS 最大ベクトルとT環最大ベクトルの夾角は、図11に示す如く最大178度におよぶ極めて広い分布を示している。

QRS 環最大ベクトルに代る因子として QRS 環半面積ベクトルをとり上げ検討してきたが、この QRS 環半面積ベクトルとT環最大ベクトルとの夾角も一定の傾向を示し得ずほとんど180度におよぶ広い分布を示している。しかし高血圧症群における相反する QRS 環半面積ベクトルの態度とT環最大ベクトルの態度を反映し、その夾角は正常者群のそれよりも大きい傾向が認められる(図11)。(正常者群平均前頭面14.2度、左側面61.3度、水平面58.9度、高血圧症群平均はそれぞれ26.5度、69.1度、77.3度)。図示しなかったが、1/2 QRS 環最大ベクトルとT環最大ベクトルの夾角も同様である

考察および総括

今回著者は他の疾患を有しない高血圧症を対象とし、臨床上新高血圧症ひいては左室肥大のベクトル心電図判読に際して最も有用な因子を得るべく検討し報告した。

QRS 環については高血圧症のベクトル心電図は単に左室の肥大による影響のみではなく、冠動脈硬化症を通じての変化により修飾されることは想像に難くない。したがって典型的な左室肥大を対象としているこれまでの報告^{3)~10)}とは態度を異にしている計測因子も多い。QRS 環面積は、前頭面、左側面ではそれほど正常者群と相異なく QRS 環面積の増大傾向を示すものが目立つ程度にすぎないが、水平面においては正常者群(平均 99.7 U, S.D=39.6)に対し高血圧症群(平均 121.8 U, S.D=63.9)では大きなもの増加が著明であり、有意の差をもって QRS 環の増大を示している($P<0.05$)。QRS 環最大ベクトルの大きさも従来の左室肥大の判定基準、すなわち QRS 環最大ベクトルが2.0 mV を越えるとする基準^{3) 6)~11)}を満足するものではないが、正常者群に比しベクトル増大傾向があり前頭面、左側面では増大傾向を示すにとどまるが、水平面で高血圧症群は明らかに正常者群と有意の差を示している($P<0.01$)。QRS 環最大ベクトルの方向は心室の左後方に向うベクトルが強く働くことにより、正常より左方やや後方に向うものが多く、QRS 環半面積ベクトルも同様の傾向を示している。すなわち QRS 環全体に左方やや後方に偏してい

る。このことは左室肥大と正常者におけるほど著明な差を呈していないのは前述した如く左室壁の肥大の程度によるものと考えられる。この QRS 環全体の左方やや後方への偏位が QRS 環の前頭面での回転方向に影響し、QRS 環の求心脚を遠心脚より上にみるようになる結果(前頭面からみて)、反時計方向回転するものが増すものと考えられる。

上記のように高血圧症例においては QRS 環は左後方にひっぱられる型をとるため、QRS 環初期ベクトルも当然左方に偏位してゆくことは想像できる。事実0.005秒より0.01秒、0.02秒と初期瞬時ベクトルは、正常者群とはほぼ同様の分布範囲をとりながら左下方、左後方に移行を示している。中でも左方への偏位が最も大きいようである。しかし0.04秒ベクトルにおいてみられる如く正常者群の分布を越えてまで左後方に分布するものではない。1/2 QRS 環半面積ベクトルが初期ベクトルの態度をある程度代弁し得ることは前記した通りであるが、ここでも同じように1/2 QRS 環最大ベクトルは正常者群より大きく左下方に偏位する。初期0.02秒~0.03秒ベクトルと同傾向を示すこの1/2 QRS 環最大ベクトルは正常者群におけると同様初期ベクトルに代り得ると同時に、高血圧症におけるベクトル心電図の指標となり得るようである($P<0.05$)。

これらの QRS 環における各ベクトルの態度は、収縮期負荷の大きい高血圧症における個々の心筋から生ずる起電力の増加によるものであろうし、また心筋肥大に伴う線維化による伝導遅延により他側心室とのバランスのくずれからベクトル環中間部~終末部の起電力が左方に大きく表現されることにもよるであろう。Burch⁹⁾によれば、左室肥大では心室中隔の心筋の線維性変性による心興奮伝導の変化が正常の初期ベクトルの右方への方向を左方へ転ずるとしている。しかし多くの左室肥大ベクトル心電図の報告では、左心室の左方後方に向うベクトルの強い影響による初期ベクトルの変化とみなしている。Wallace³⁾によれば正常 QRS 環起始部が右方前方に向うのに反し、左室肥大では左方前方にさらに左方に向うものが増えるとし、これらは左室肥大の原因とその程度に影響されるとしている。また Cabrera¹²⁾は、左室肥大の中でもこの正常に近い右方に向う QRS 環起始部をもつものは、その QRS 環も小さいとしている。このことは著者の成績と一致している。

T環ベクトルについては、高血圧症ではスカラー心電図でもT波の変化が重要な所見とされているが、ベクトル心電図においてもT環ベクトルは特徴ある変化

を示している。T環最大ベクトルは大きさ、形、方向などさまざまであるが、全体的には円形の小さいものか、あるいは右方前方にのびる細長いT環を呈しているようである。この特徴は特に水平面において判然としている。正常T環ベクトルは、水平面で約30度付近に向うものが多いが、高血圧症群では平均56.6度(−58度〜0度〜122度に分布)と正常者群(平均41.5度)より大きなばらつきを示しながらも次第に右方前方に偏位し、明らかに有意の差を示している。(P<0.05)。これは高血圧症群においてQRS環が左後方に移行するのと全く逆の傾向を示している。T環最大ベクトルの大きさもかなり大小ばらばらではあるが、全般的には正常者群より小さいものの分布が著明であり、前頭面、左側面、水平面において正常者群と明らかな差を示している(それぞれP<0.05, P<0.01, P<0.01)。これらのT環の変化は左室肥大のベクトル心電図ではQRS環の増大による興奮過程の変化から消退過程にも変化を生ずるとする二次性T変化に原因を求めているものが多いが、本報での高血圧症ではQRS環の変化が少ない割に、T環の変化の強いことも考え合せBüchnerらのいう心筋の変化による心筋虚血、冠不全等による所謂一次性T変化をも含んでいる可能性は強い。左室肥大における数々の判定基準がQRS環ベクトルの増大傾向とT環ベクトルの変化^{13) 14)}を強調している如く、高血圧症例におけるベクトル心電図においても重要な所見である。

したがって、QRS環ベクトルの左方後方への移行、T環ベクトルの右方前方への移行の結果、QRS環とT環の夾角は当然さらに開いてその分布も水平面で1〜177度と平均86.0度を示すに至る。QRS環ベクトルとT環ベクトルの夾角は左室肥大の高度なほど、心筋虚血を併うほど大きいとする報告^{15) 16)}もあり、高血圧症においても収縮期負担による左室肥大、興奮消退過程、心筋虚血の有無を知る一助となり得るとも考えられる。QRS環半面積ベクトルとT環ベクトルの夾角も同様である。

結 論

80例の高血圧症のFrank法によるベクトル心電図について報告した。

1. QRS環初期ベクトルの左方転移, 1/2 QRS環最大ベクトルの左方転移。
2. QRS環最大ベクトルの左方転移。
3. QRS環最大ベクトルの増大傾向。
4. QRS環面積の増加傾向。
5. T環最大ベクトルの右方前方転移と, T環最大

ベクトルの縮小。

6. QRS環最大ベクトルとT環最大ベクトルの夾角, QRS環半面積ベクトルとT環ベクトルの夾角の増大。

などの所見が認められた。

稿を終るに当り、御教示、御校閲をたまわつた恩師村上元孝教授、終始直接御指導、御鞭撻を仰いだ村上暎二講師に深甚なる謝意を表します。また御協力、御援助をいただいた積良博士、高橋、竹越、平丸、土屋、小野江学士に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Frank, E. : Circulation, 13, 737 (1956).
- 2) McCall, B. W., Wallance, A. G. & Ester, E. H. : Amer. J. Cardiology, 10, 514 (1962).
- 3) Wallace, A. G., McCall, B. W. & Ester, E. H. : Amer. Heart J., 63 (4), 466 (1962).
- 4) Sano, T., Oshima, H., Tsuchihashi, H. & Shimamoto, T. : Jap. Heart J., 1, 226 (1960).
- 5) Bristow, J. D., Porter, G. A. & Griswold, H. E. : Amer. Heart J., 62 (5), 621 (1961).
- 6) Variable, P., Alfenito, J. C. & Kennedy, R. : Circulation, 33, 569 (1966).
- 7) Borum, E. S., Chapman, J. M. & Massey, F. J. : Amer. J. Cardiology, 18 (5), 656 (1966).
- 8) Bristow, J. D. : Amer. Heart J., 61, 242 (1961).
- 9) Burch, G. E. & Depasquale, N. P. : Circulation, 26, 544 (1962).
- 10) Massie, E. & Walsh, T. J. : Clinical Vectorcardiography and Electrocardiography, p. 125, Chicago, The Year Book Publishers Inc., 1960.
- 11) Mazzelémi, A., Wolff, R. & Wolff, L. : Amer. Heart J., 58, 648 (1959).
- 12) Cabrera, E. C. & Monroy, J. R. : Amer. Heart J., 43, 661 (1952).
- 13) Toyama, S. : Jap. Circulation J., 27, 57 (1963).
- 14) Murata, K., Kurihara, H., Mastushita, S., Ikeda, M. & Seki, M. : Amer. Heart J., 49, 73 (1967).
- 15) Karni, H. : Amer. Heart J., 52, 867 (1956).
- 16) Karni H. : Amer. Heart J., 56, 518 (1958).

Abstract

In this report the vectorcardiographic findings on eighty hypertensives were presented. Frank lead system was used.

1) Detailed results of quantitative analysis of vectorcardiograms were described in the table.

2) The initial instantaneous vectors (0.005, 0.01, 0.02, 0.03, and 0.04 second vectors), the maximum vector, the 1/2 maximum vector and the half area vector of the QRS-loop were directed to the left. The distribution of the half area vectors were similar to that observed in controls.

3) In hypertensives the magnitude of the maximum vectors of the QRS-loop became greater than in normal subjects.

4) The QRS-loop area had a tendency to be larger than that of normal subjects.

5) The maximum T-loop vector was directed anteriorly and to the right.

6) The leftward displacement of the QRS-loop and the rightward displacement of the T-loop caused an increase in the angle between the maximum vectors of the QRS-loop and the T-loop, as well as that between the half area vectors of the QRS-loop and the maximum vector of the T-loop.