

# 体表面心臓電位図に関する研究

## 第 2 編

### 右室負荷疾患の臨床的検討

岡山大学医学部第一内科学教室（主任：長島秀夫教授）

今 滝 健 介

（昭和61年 8月25日受稿）

Key words：体表面心臓電位図

右室収縮期負荷

右室拡張期負荷

標準12誘導心電図

#### 緒 言

慢性的右室負荷により右室肥大をきたす疾患は多様である。その原因を血行動態的にみると、右室収縮期圧負荷および右室拡張期容量負荷の2つの負荷様式に大別されるが、両者の合併した負荷様式も臨床的にしばしば見られる。右室肥大の電気生理学的診断法については、Sokolow and Lyon<sup>1)</sup>の診断基準をはじめとして様々な診断基準<sup>2,3)</sup>が提唱され未だにそれらの有用性に関する議論が続いている。また、右室肥大の背景としての血行動態差異に基づく心電図波形の差異についても、その有無に関する議論をも含めて多くの報告がみられる。従来の電気生理学的検査法（標準12誘導心電図、ベクトル心電図）による諸家の臨床的検討では、右室肥大の血行動態的負荷様式を識別し得る根拠としてあげられた所見は主に定性的なものである。著者は、第1編に於いて、実験的右室圧負荷犬の電気生理学的所見と病理解剖学的所見を対比検討した結果右室肥大の診断上、右前胸部及び背部にも多くの誘導点をもつ体表面電位図が標準12誘導心電図にない診断情報を含んでいることを示した。Blumenscheinら<sup>4)</sup>は、小児の心房中隔欠損症、Fallow 4徴症及び肺動脈弁狭窄症に

ついて体表面心臓電位図を検討した結果、体表面心臓電位図は圧負荷に基づく右室肥大と容量負荷に基づく右室肥大を鑑別し得る診断情報を含んでいると示唆した。そこで、この体表面電位図を用い、右室負荷疾患39例（原発性肺高血圧症4例、肺動脈狭窄症7例、二次口心房中隔欠損症17例、肺高血圧症合併二次口心房中隔欠損症11例）について臨床的に右室負荷疾患の血行動態的差異を定量的指標により判別しうるか否かについて検討した。また標準12誘導心電図より得た右室肥大診断基準項目の評価も同時に行った。

#### 対象と方法

対象は右心カテーテル法を含む検査法により診断された二次口心房中隔欠損症（以下 ASD と略す）17例（平均年齢 $33.8 \pm 8.09$ 歳，男6名，女11名，左→右シャント率 $57.8 \pm 12.1\%$ ），肺動脈狭窄症（以下 PS と略す）7例（平均年齢 $19.6 \pm 8.2$ 歳，男3名，女4名），原発性肺高血圧症（以下 PPH と略す）4例（平均年齢 $32.3 \pm 11.8$ 歳，男1名，女3名），右室収縮期圧 $60 \text{ mmHg}$ 以上の肺高血圧症を伴う二次口心房中隔欠損症（以下 ASD + PH）11例（平均年齢 $33.3 \pm 13.5$ 歳，男4名，女7名，左→右シャ

ト率 $55.8 \pm 14.15\%$ )の計39例である。これらを血行動態的負荷様式により右室圧負荷群(以下P群と略す)、右室容量負荷群(以下V群と略す)、右室容量負荷及び圧負荷(以下V+P群と略す)の3群に分類した。P群はPS 7例及びPPH 4例より、V群はASD 17例より、V+P群はASD+PH 11例より構成される。これら全例に標準12誘導心電図(以下ECGと略す)及び体表表面心臓電位図(以下電位図と略す)記録を行った。電位図の記録は、名大山田らの方法<sup>5)</sup>により、体表面87点(前胸部59点、背部28点)に電極を装着し、中日電子社製HPM-5100及びHPM-6500電位図作成装置を用いて行った。電位記録時のサンプリング時間は1 msecとし、電位図は0.40 mV 間隔の等電位線で描いた。まず、3群それぞれの電位図の変化の特徴を観察するため、87誘導点の電位のマトリックスを、各誘導点毎に平均して得られた値より、各群の平均電位図(以下mean MAPと略す)を作成し比較検討した。次に、QRSの陽性最大電位を $R_{max} \cdot V$ (単位 mV)、QRS 開始時点より $R_{max} \cdot V$ を示す迄の時間を、 $R_{max} \cdot T$ (単位 msec)とし、QRSの最も深い陰性電位の絶対値を $S_{max} \cdot V$ (単位 mV)、QRS 開始時点より $S_{max} \cdot V$ を示す迄の時間を、 $S_{max} \cdot T$ (単位 msec)とした。QRS 開始時点(QRS initial)は、87体表表面誘導点の電位の自乗の総和の平均の平方根(RMS: Root Mean Square)が連続して上昇を示す最初の時相とし、QRS 終了時点(QRS terminal)はQRSの後半にRMSが連続して下降する最後の時相とした。このQRS initialよりQRS terminal迄の時間をQRS intervalとした。また、QRSの電位図で前胸部中央付近に於て負電位領域の一部が正電位領域に向かって小さく突出するパターンがみられ、零電位線の負領域への部分的突出として観察される(niche)。この現象をBreakthroughと呼び、Breakthroughの初めて出現した時点での電位図パターンをBreakthrough initialという。これに続いてBreakthroughの出現以前の時相では右前胸部上方に位置した極小がBreakthrough initialより数 msec後の時相でnicheの最初の出現位置に降りてくる現象が観察され、

この電位図上のパターンをBreakthrough minimumという。これらは心内膜面からの興奮が右心室表面に到達するための現象と考えられている。そこでQRS initialより、Breakthrough initialに至るまでの時間をBT time(単位 msec)として求めた。またT波の最大値を $T_{max} \cdot V$ (単位 mV)とした。以上に加えて、標準12誘導心電図よりRV1, SV5, RV1+SV5, VAT(V1), R/S(V1)及びQRS電気軸を求めた。更にこれら6指標についてSokolow and Lyonの診断基準における陽性率を同時に算出した。また、電位図より得た指標であるBT time, QRS interval,  $R_{max} \cdot V$ ,  $R_{max} \cdot T$ ,  $S_{max} \cdot V$ ,  $S_{max} \cdot T$ ,  $T_{max} \cdot V$ 及び標準12誘導心電図より求めた指標であるRV1, SV5, RV1+SV5, VAT(V1), QRS電気軸の各々について、P群、V群、V+P群の3群に於て分散分析による検討を行った。分散分析により、各群間に有意差を示した指標の内より3群の判別に有力と思われる複数の指標を選び、判別関数による解析を施行した。解析には、田中のプログラム<sup>6)</sup>を用いた。

## 成 績

対象者の右室収縮期圧は表1に示す如く、P群及びV+P群で、V群に比べ有意に高い。また、P群とV+P群との比較では、それらの右室収縮期圧に差は殆ど無く、同程度の圧負荷の存在を示した。なお、今回の検討対象としたASD及びASD+PH症例の短絡は全て左から右へのものである。また対象とした3群の年齢に有意差はない。これら39名の対象者は全員外来通院可能な状態であり、NYHAの心機能分類ではI度に相当した。次にこれらの右室圧負荷疾患をECGにて、どの程度正確に診断し得るかに関して、右室肥大診断に日常多用されるSokolow and Lyonの診断基準中の6項目につき検討した(表2)。QRS電気軸は、平均値で比較すれば、V+P群で最も右に偏位し、V群で最も右軸偏位の程度は軽かった。但し、3群間に有意差を認めなかった。V1誘導のR/S比は、正規分布を示さないで、表2には参考までに平均値のみを示したが、3群共に1以上の

Table 1 Subjects

	P	V	V+P
RV systolic pressure (mmHg)	74.0±38.7	33.8±8.1	81.2±18.1
Shunt Ratio(%) (R L)		57.8±12.1	55.8±14.1
Age	24.2±11.1	31.9±13.9	33.3±13.5
number	11	17	11

表1 対象を示す。対象は右心カテーテル法を含む検査法により診断された二次口心房中隔欠損症(以下 ASD と略す) 17例, 肺動脈狭窄症(以下 PS と略す) 7例, 原発性肺高血圧症(以下 PPH と略す) 4例, 肺高血圧症を伴う二次口心房中隔欠損症(以下 ASD+PH) 11例の計39例である。これらを血行動態的負荷様式により右室圧負荷群(以下 P群と略す), 右室容量負荷群(以下 V群と略す), 右室容量負荷及び圧負荷(以下 V+P群と略す)の3群に分類した。P群は PS 7例及び PPH 4例より, V群は ASD 17例より, V+P群は ASD+PH 11例より構成される。

Table 2 Indices derived from standard 12 leads ECG

	P	V	V+P
QRS axis (degree)	94.4±21.7	89.4±17.3	104.7±28.3
R/S ratio in V1	2.10	1.91	3.27
RV1(mV)	1.04±0.70	0.66±0.37	1.34±0.57
SV5(mV)	0.90±0.51	0.92±0.26	1.37±0.57
RV1+SV5(mV)	1.95±1.06	1.58±0.51	2.72±1.11
VAT in V1	0.41±0.13	0.59±0.12	0.52±0.23

mean±SD

表2 ECGの指標として右室肥大診断に日常多用される Sokolow and Lyonの診断基準中の6項目の値を示す。

例が多くみられた。RV1は, V+P群で最も高く, V群では比較的軽度の増高であった。SV5は, P群とV群共に同程度に深くなりV+P群では他の2群よりも, 一層深くなっていた。RV1+SV5は, V+P群, V群, P群の順で大きな値を示した。VAT (V1)はV群で最も延長し, V+P群, P群の順でこれに続いた。次

Table 3 Incidence of positive criteria of Sokolow and Lyon

	P	V	V+P
QRS axis >110	18.2	11.8	45.5
R/S in V1 >1	63.6	70.6	72.7
RV1 >0.7mV	63.6	47.1	90.9
SV5 >0.7mV	63.6	94.1	100.0
RV1+SV5 >1.05mV	72.7	82.4	90.9
VAT >0.04sec	54.5	94.1	72.7

(%)

表3 ECGの指標として右室肥大診断に日常多用される6項目の, 3群での Sokolow and Lyonの診断基準における陽性所見率を示す。

に, これら6項目の, 3群での Sokolow and Lyonの診断基準における陽性率を検討した(表3)。QRS電気軸が110°をこえる率は, V+P群で45.5%であり, 他の2群では, 更に低率であった。R/S (V1)は, 3群共に63.6%~72.7%とかなり高い陽性率を示した。RV1はV+P群で90.9%と高い陽性率を示したが, V群では47.1%と最も低かった。SV5はV+P群で100%の陽性率を示し, V群でも94.1%と高い陽性率であったが, P群では63.6%と他の2群よりも低かった。RV1+SV5はV+P群90.9%, V群82.4%, P群72.7%と3群ともかなり高い陽性率を示した。時間的指標であるVAT (V1)は, V群で94.1%, V+P群72.7%と右室容量負荷群で陽性率は高く, P群で54.5%と比較的低かった。以上の6項目を総合的に検討することにより, ECGでかなり高率に右室肥大を診断し得たが, 3群を定量的な値に基づいて有意に判別し得なかった。次に, 電位図について検討した。まず, 87誘導点の電位マトリックスを各誘導点毎に平均して得られた値より, mean MAPを3群それぞれにつき作成した。図1に示す如く, QRS前半のQRS initialより20 msecの時相に於いて, P群で他の2群よりも前胸部の陽

性電位が増高していた。40 msec では P 群で Breakthrough minimum が既に出現しているのに比べ、V 群および V+P 群では未だ Breakthrough initial のパターンを示しており、これより右室容量負荷のかかっている V 群および V+P 群では、P 群と比べ BT time の延長していることが示唆された。QRS 後半の 60 msec では P 群で陰性電位が前胸部に拡がっているのに比べ、V 群及び V+P 群では右前胸部下方になお陽性電位が残っており、これより右室圧負荷群に比べ右室容量負荷群では右心室の興奮が時間的に遅延している可能性が示唆された。また、右室負荷の最も高度である V+P 群で S 波が最も深く、S max・V が他の 2 群より大であった。胸部誘導の T 波の電位が高い時相である 320 msec の T 波の mean MAP では、V+P 群で極大の位置が、やや右方に偏位をしめしたが、3 群間で電位の差は明らかでなかった。そこで、mean MAP のパターンにより示唆された定性的観察事実をより詳細に且つ定量的に解析する目的で、R max・V、S max・V、R max・T、S max・T につき一元配置法による分散分析を用いて検討

し、有意であった誘導点について 3 群間相互に t 検定により比較した。図 2 に示す如く、P 群と V 群の比較では前胸部中央から左前胸部にかけて P 群で有意に R max・V の増高がみられ、一部右背部にも R max・V の増高がみられた。P 群に於ける R max・V の増高は胸骨左縁第 5 肋間付近にて最も顕著であった。時間的指標である R max・T は右前胸部を中心に V 群で P 群よりも明確な遅延が認められた。しかし左背部上方では逆に P 群で V 群よりも遅延し、これに隣接する右背部では R max・T が右前胸部と同様に V 群で P 群よりも遅延を示した。S max・V に関する検討では左前胸部にて P 群が有意に増大を示し、圧負荷群に於いて容量負荷群よりも左前胸部の S 波の深いことが示唆された。S max・T は左前胸部下方および左背部上方で V 群の方が延長を示したのに対して右前胸部下方では逆に P 群の方が延長していた。次に図 3 に示す如く V 群と V+P 群の比較を行った。R max・V は前胸部及び右背部に於いて V+P 群にて V 群よりも有意に増高がみられた。S max・V に関する検討でも左前胸部、左側胸部

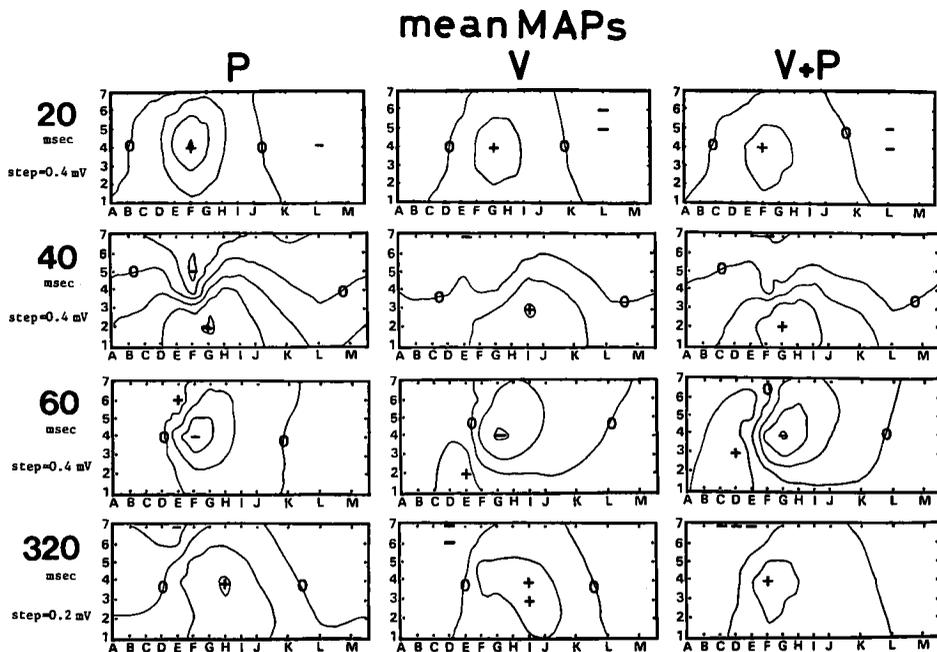


図1 mean MAPを示す。87誘導点の電位のマトリックスを各誘導点毎に平均して得られた値より、mean MAPを3群それぞれにつき作成した。

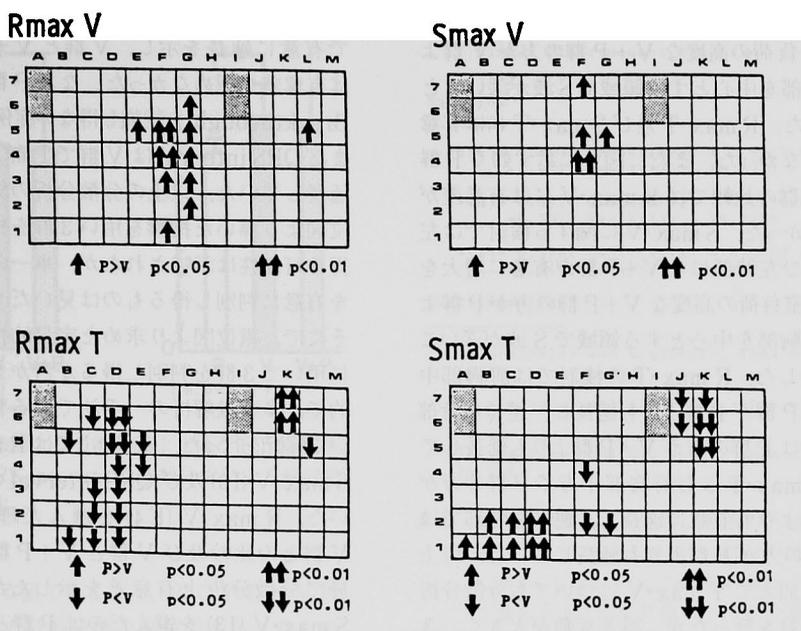


図2 P群とV群の電位図指標の比較

Rmax・V, Smax・V, Rmax・T および Smax・T についてP群とV群の比較を行った。一元配置法による分散分析を用いて検討し、有意であった誘導点について3群間相互にt検定により比較した。

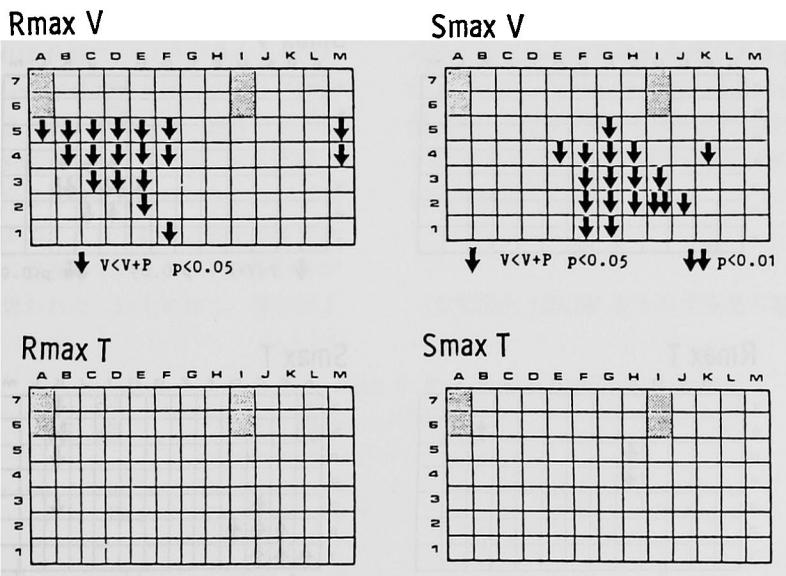


図3 V群とV+P群の電位図指標の比較

Rmax・V, Smax・V, Rmax・T および Smax・T につき、V群とV+P群の比較を行った。

及び一部左背部にて V+P 群が有意に増大を示し、右室負荷の高度な V+P 群の方が V 群よりも左胸部を中心とする領域で S 波が深いことを示唆した。R max・T 及び S max・T には有意差を認めなかった。また、図 4 に示す如く P 群と V+P 群の比較では R max・V には有意差がみられなかった。S max・V に関する検討では左側胸部及び左背部にて V+P 群が有意に増大を示し、右室負荷の高度な V+P 群の方が P 群よりも左側胸部を中心とする領域で S 波が深いことを示唆した。R max・T の検討では前胸部中央で V+P 群が P 群よりも延長し、逆に左背部の一部では P 群の方が V+P 群よりも延長していた。S max・T は右前胸部下方で P 群の方が V+P 群よりも有意に延長し、逆に左背部では V+P 群の方が P 群よりも延長していた。以上の検討に加えて T max・V についても分散分析による検討を行ったが、誤差変動が大きく、3 群間で有意差を認めなかった。また時間的指標として電位図より得た BT time および QRS interval の検討では、BT time は P 群よりも

右室容量負荷のかかっている V 群及び V+P 群で有意に延長を示し、V 群と V+P 群の間には有意差を認めなかった。なお P 群で 1 例のみ Breakthrough を認識し得ない症例が存在した。また QRS interval は V 群で P 群よりも有意に延長していた。以上の分散分析の結果より、電位図より導いた指標を用い 3 群を相互に判別し得る可能性は示唆されたが、単一の指標で 3 群を有意に判別し得るものは見いだせなかった。そこで、電位図より求めた定量的指標を複合的に用いて 3 群を判別し得るか否かを検討する目的で、多変量解析の一手法である判別分析を用いて解析を行った。変量としては R max・V (F4)、S max・V (I3) 及び QRS interval の 3 指標を用いた。R max・V (F4) を選んだ理由は P 群と V 群との比較及び V 群と V+P 群との比較に於て分散分析上有有意差を示したためである。S max・V (I3) を選んだのは P 群と V+P 群との比較及び V 群と V+P 群との比較に於て分散分析上有有意差を示したためである。QRS interval を選んだ理由は、全例で確実にかつ客観

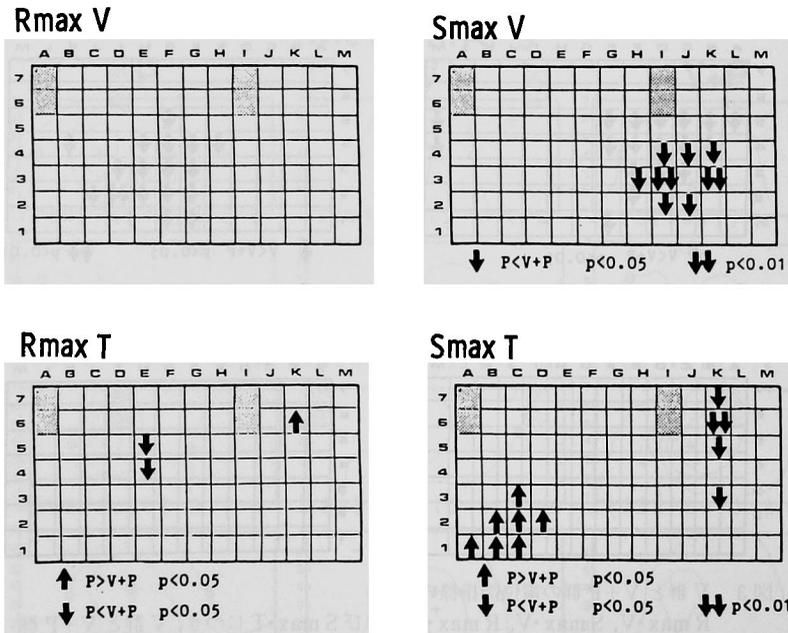


図 4 P 群と V+P 群の電位図指標の比較  
R max・V, S max・V, R max・T および S max・T につき、P 群と V+P 群の比較を行った。

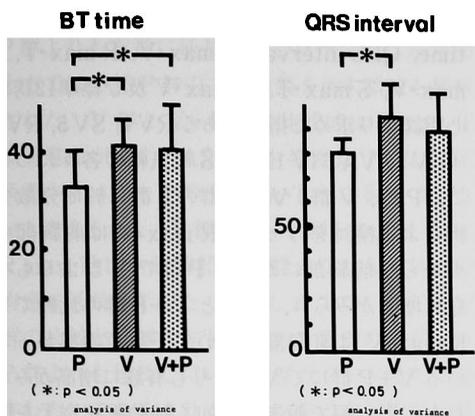


図5 時間的指標として電位図より得たBT timeおよびQRS intervalの分散分析による検討結果を示す。

的に求められる値であること、及びP群とV群との比較に於て分散分析上有意差を示したためである。これら3指標を用いて多群間の判別を目的とする線形判別関数を田中らの方法により導いた。その式を表4に示す。判別の方法は以下の如くである。u(x), v(x), w(x)の値を式の如く求め、u(x), v(x), w(x)の値のうち、u(x)が最も大きければP群に、v(x)が最も大きければV群に、w(x)が最も大きければV+P群にそれぞれ分類された。その結果、表5に示す如くP群で81.8%、V群で76.5%、V+P群で63.5%が正確に3指標により判別された。これら3群のうちでは、右室圧負荷と右室容量負荷が種々の程度に混在しているV+P群の判別が最も難しいと思われた。以上の如く、電位図よ

Table 4

Linear Discriminant Function

Equation

$$u(x) = 0.4907 \text{ QRSinterval} + 0.9624 \text{ RmaxV(F4)} - 1.4211 \text{ SmaxV(I3)} - 20.7371$$

$$v(x) = 0.5912 \text{ QRSinterval} - 0.7830 \text{ RmaxV(F4)} + 0.5912 \text{ SmaxV(I3)} - 28.2499$$

$$w(x) = 0.5162 \text{ QRSinterval} + 0.0087 \text{ RmaxV(F4)} + 6.8151 \text{ SmaxV(I3)} - 25.3173$$

Discrimination

If  $u(x) > v(x)$  and  $u(x) > w(x)$ , then classified in P.

If  $v(x) > u(x)$  and  $v(x) > w(x)$ , then classified in V.

If  $w(x) > u(x)$  and  $w(x) > v(x)$ , then classified in V+P.

表4 線形判別関数式を示す。判別の方法は以下の如くである。u(x), v(x), w(x)の値を式の如く求め、u(x), v(x), w(x)の値のうち、u(x)が最も大きければP群に、v(x)が最も大きければV群に、w(x)が最も大きければV+P群にそれぞれ分類された。Rmax・V(F4)はF4誘導に於けるRmax・Vの値を、Smax・V(I3)はI3誘導に於けるSmax・Vの値を、QRS intervalは、QRS間隔をそれぞれ示す。

り得た定量的かつ客観的指標であるRmax・V(F4), Smax・V(I3)及びQRS intervalの3指標を用いて右室に対する負荷様式の異なるP群、V群及びV+P群の判別をかなり高率(74.4%)に為し得た。

考 案

右室肥大(RVH)をきたす疾患の電気生理学

Table 5

Result of Discrimination

Group	No. of Cases	No. of Correct	Percent Correct	No. of P	cases V	classified V+P
P	11	9	81.8	9	0	2
V	17	13	76.5	1	13	3
V+P	11	7	63.5	1	3	7

表5 判別分析による3群間の判別成績を示す。

的手段による非観血的診断は、必ずしも容易でない。そのため、Sokolow and Lyon の報告をはじめ、種々の判定基準が提唱され、その有用性についての議論が未だに続いている。RVH の心電図診断を困難にしている原因を解剖学的にみると、右室が左室に比べて壁厚が薄く、扁平で、しかも歪んだ三次元構造を有することが挙げられる。そのため右室とその背方の中隔および左室の起電力が複雑に統合化され、更に、その起電力が、肺・胸膜・筋・脂肪組織等より成る不均一導体を介して、胸壁上に表現された結果として心電図が記録される。従って心筋重量が通常では左室よりも小さい右室の変化を体表面から従来の標準12誘導心電図 (ECG) やベクトル心電図 (VCG) により把えるのは困難な場合がある。Taccardi<sup>7)</sup> の報告以来電位図は、従来の ECG や VCG にない診断情報を含んだ非観血的診断法の一つとして注目され、実験的検討のみならず広く臨床的応用が試みられている。右室肥大の背景となる負荷様式は血行動態的に収縮期圧負荷、拡張期容量負荷及び両者の複合したもの大別される。Cabrera<sup>8)</sup> らは、心電図所見により右室圧負荷疾患と右室容量負荷疾患を鑑別し得ることを示唆しており、Benchimol<sup>9)</sup>、Ziegler<sup>10)</sup> および哲翁<sup>11)</sup> らも、右室負荷疾患臨床例での VCG 所見の解析により右室負荷様式の判別については肯定的な意見を述べている。また、Blumenschein ら<sup>4)</sup> は右室負荷疾患小児例の電位図を検討し、右室圧負荷疾患に於ける右前胸部での陽性電位の増高等の定性的所見により、右室負荷疾患の負荷様式を判別し得ることを示唆した。しかし一方、右室負荷様式の判別はできないとした Bassingthwaighte ら<sup>12)</sup> 及び Human ら<sup>13)</sup> の報告もある。これらの報告の多くは何れも ECG、VCG の定性的所見を根拠として判別の可否を論じており、VCG の定量的解析をおこなった哲翁や Ziegler の報告に於ても群間の判別の可否を決定する統計的根拠は明確でない。そこで右胸部や背部にも誘導点を有し右室の電位変化を詳細に体表面にて捉え得る電位図を用い、右室負荷疾患の血行動態的負荷様式を定量的に判別し得るか否かにつき、多変量解析を用いて検討した。判別に有用な指標

を求める目的で電位図より得た指標である BT time, QRS interval, R max·V, R max·T, S max·V, S max·T, T max·V 及び標準12誘導心電図より求めた指標である RV1, SV5, RV1+SV5, VAT (V1), QRS 電気軸の各々について、P 群、V 群、V+P 群の3群に於て分散分析による検討を行った。R max·V は前胸部中央から左前胸部にかけて P 群で V 群よりも有意に増高がみられ、V 群と V+P 群の比較でも R max·V は前胸部に於いて圧負荷の加わっている V+P 群にて V 群よりも有意に増高がみられた。第一編で報告した如く肺動脈狭窄犬を用いた動物実験に於いても、慢性的に右室圧負荷が増加するにつれ、右前胸部にて R max·V の経時的増大が観察された。今回の臨床的検討でも、P 群及び V+P 群で R max·V は前胸部に於いて V 群よりも有意に増高がみられた。なお、同様の右室圧負荷を示す P 群と V+P 群との比の事実より R max·V の前胸部に於ける増大は右室圧負荷に特徴的な所見と考えられた。R max·V に於ける結論は Cabrera の報告や Blumenschein らの報告とも合致していた。S max·V は左前胸部にて P 群で V 群よりも有意に増大がみられた。V 群と V+P 群の比較でも S max·V は左前胸部下方に於いて圧負荷の加わっている V+P 群にて V 群よりも有意に増大を示した。P 群と V+P 群との比較では、V+P 群で左側胸部から左背部にかけて有意の増大を示した。このことから S max·V の右前胸部に於いての増大は、R max·V の前胸部に於ける増大と同様に右室圧負荷を反映し、左側胸部から左背部にかけての増大は圧負荷を合併した右室容量負荷の反映と考えられた。T max·V は3群間で有意差を示さなかった。Cabrera<sup>8)</sup> は右室収縮期圧負荷疾患で T 波の平低化もしくは陰性化が特徴的と述べている。この見解に対して Bassingthwaighte<sup>12)</sup> らは53例の PS を対象として VCG にて検討した結果、軽症ないし中等症の PS では、ほぼ50%に Cabrera のいう拡張期パターンを認めたと報告し、Cabrera の見解に否定的意見を述べている。以上より少なくとも今回検討を加えた程度の右室圧負荷疾患では T 波に特徴的変化を伴わないものと考えられた。

R max・T は右前胸部領域を中心として V 群で P 群よりも有意に延長を示したが、逆に左背部上方では一部 P 群の方が延長を示す領域も観察された。V 群と V+P 群の比較では R max・T に有意差がなく、ASD に中等度以下の右室圧負荷が伴ってもその R max・T への影響は少ないと考えられた。P 群と V+P 群との比較では、R max・T は右前胸部で P 群よりも V+P 群で有意に延長を示した。しかしここでも P 群と V 群の比較と同様に左背部上方で P 群の方が V+P 群よりも延長している誘導点が一ヶ所だけ存在した。これらより R max・T の右前胸部に於ける延長は右室容量負荷に特徴的な所見と考えられた。また、左背部上方における R max・T の延長は右室収縮期圧負荷による右室流出路付近の肥大に伴う興奮遅延の背部への反映と推定された。S max・T は P 群に於いて V 群や V+P 群よりも右前胸部下方で延長を呈した。これは圧負荷による右室流出路付近の部分的な肥大に伴い、心室脱分極相後半に背部上方に向かう電気的興奮が遅延するのを鏡像的に右前胸部下方で局所的に捉えたものと考えられた。これとは逆に左背部上方に於ては、V 群および V+P 群の方が P 群よりも延長を示した。この誘導部位での心室脱分極波形は陰性波が主体であり、同領域での右室容量負荷 2 群の S max・T 延長は、左前胸部誘導での R max・T の延長と同じく右室容量負荷の背部領域への反映と考えられた。次に心室脱分極の時間的経過を総合的に表現し得る指標として電位図より BT time および QRS interval を求めた。これらについて、3 群間で分散分析を用いて検討した結果 V 群で BT time および QRS interval とともに、P 群と比べ有意の延長を示した。なお、電位図上 Breakthrough を認識し得ない症例が P 群に 1 例認められた。Hill ら<sup>14)</sup> は右室肥大犬で右室表面の QRS 電位が左室よりも遅延すると報告している。また Wallace<sup>15)</sup> らは、人の右室活動電位伝播過程は犬に類似しており、右室肥大を有する人の右心室表面の Breakthrough は遅延し、右室自由壁の肥厚が高度になるにつれて QRS の後半が時間的に遅延すると述べている。これらは高度の右室肥大を対象とした研究報告である。

吉田ら<sup>16)</sup> は、ASD、ECD 症例で右室拡張期径が大きくなるにつれ、電位図上、Breakthrough minimum の出現時間は遅延すると報告している。今回の検討では、軽度ないし中等度の容量負荷群 (V 群) で有意に圧負荷群 (P 群) よりも BT time および QRS interval が延長していた。また電位図の検討と同時に施行した ECG の検討でも VAT (V1) の陽性率は V 群で P 群よりも高率であった。以上の結果より VAT (V1)、BT time および QRS interval の延長は右室容量負荷の存在を示唆する所見と考えられた。このように 3 群間の比較により、定性的な差のみならず定量的にも有意差を示す指標を少なからず認めることより、右室の血行動態的負荷様式を電気生理学的所見により推定可能とする Cabrera や Blumenschein らの考えは妥当なものと思われた。ところで、今回検討した指標のなかで、単独で 3 群を相互に全て鑑別し得るものは見い出せなかった。そこで P 群と V 群および V 群と V+P 群間の比較で有意であった R max・V (F4)、V 群と V+P 群及び P 群と V+P 群間の比較で有意であった S max・V (I3) 及び、P 群と V 群の比較に有意であった QRS interval の 3 指標を選び、これらを複合的に用いて多群間の判別を目的とする線形判別関数式を導いた。 $u(x)$ 、 $v(x)$ 、 $w(x)$  の値を式の如く求め、これらにより判別を 3 群間で行った。その結果、表 5 に示す如く P 群で 81.8%、V 群で 76.5%、V+P 群で 63.5% が正確に 3 指標により判別された。また、誤判別例をみても真の P 群例のうち誤って V 群とされた例は無く、真の V 群例のうち誤って P 群とされた例は僅か 1 例だけであった。また、判別に用いる変数を電位の指標にしぼり R max・V (F4) と S max・V (I3) の 2 指標だけを用いて判別分析を行ったところ、全体としては 3 指標の場合と同じく 39 例中 29 例で正しい判別がなされた。しかしながら、誤判別例をみると真の P 群例のうち誤って V 群とされた例は 2 例に増加し、真の V 群例のうち誤って P 群とされた例はなくなった。従って、右室の血行動態的負荷様式の判別上最も重要なものは R max・V (F4) と S max・V (I3) の 2 指標に代表される電位の指標であると推察された。しか

し、より正確な判別を得るためには QRS interval に代表される時間の指標も重要と思われた。さて、電位図指標の検討と同時にを行った右室肥大診断の心電図判定基準 6 項目の検討では、各群でかなり良い陽性率を認め、右室負荷疾患スクリーニングに於ける ECG の重要性は再確認されたが、これらの項目を用いて血行動態的負荷様式を明確に判別できなかった。これに比べて、電位図より得た定量的指標を分散分析を用いて系統的に検討し、判別に有用と思われる少数指標を選択し、判別関数を求めることにより右室の血行動態的負荷様式を明確に判別できた。以上より電位図は、右室肥大の原因となる右室の血行動態的負荷様式を判別し得る有力な非観血的臨床診断法の 1 つと考えられた。

### 結 語

体表面電位図（電位図）を用い、右室負荷疾患 39 例について臨床的に右室負荷疾患の血行動態的差異を定量的指標により判別する可能性について検討した。また標準 12 誘導心電図 (ECG) による右室肥大診断基準項目の評価も同時に行った。右室負荷疾患 39 例を血行動態的負荷様式により右室圧負荷群 (P 群)、右室容量負荷群 (V 群)、右室容量負荷及び圧負荷 (V+P 群) の 3 群に分類した。P 群は PS 7 例及び PPH 4 例より、V 群は ASD 17 例より、V+P 群は ASD+PH 11 例より構成される。電位図より得た指標である BT time, QRS interval, R max·V, R max·T, S max·V, S max·T, T max·V 及び ECG より求めた指標である RV1, SV5, RV1+SV5, VAT (V1), QRS 電気軸の各々について、3 群に於て分散分析による検討を行った。分散分析により、各群間に有意差を示した指標の内より 3 群の判別に有力と思われる複数の指標の選び、判別関数による解析を施行した。解析には、田中のプログラムを用いた。

1) 右室肥大診断の心電図指標 6 項目の検討では、各群でかなり良い陽性率を認め、右室負荷疾患スクリーニングに於ける ECG の重要性は再確認されたが、これらの項目を用いて血行動態的負荷様式を明確に判別できなかった。

2) R max·V の前胸部に於ける増大は右室圧

負荷に特徴的な所見と考えられた。

3) S max·V の右前胸部に於ける増大は、R max·V の前胸部に於ける増大と同様に右室圧負荷を反映し、左側胸部から左背部にかけての増大は圧負荷を合併した右室容量負荷の反映と考えられた。

4) T max·V は 3 群間で有意差を示さなかった。

5) R max·T の右前胸部に於ける延長は右室容量負荷に特徴的な所見と考えられた。また、左背部上方における R max·T の延長は右室収縮期圧負荷による右室流出路付近の肥大に伴う QRS 前半の興奮遅延の背部への反映と推定された。

6) S max·T の右前胸部付近での延長は、圧負荷による右室流出路付近の部分的な肥大に伴い、心室脱分極相後半に背部上方に向かう電気的興奮が遅延するのを鏡像的に右前胸部下方で局所的に捉えたものと考えられた。これとは逆に左背部上方に於ける延長は、左前胸部誘導での R max·T の延長と同じく右室容量負荷の背部領域への反映と考えられた。

7) VAT (V1), BT time および QRS interval の延長は右室容量負荷の存在を示唆する所見と考えられた。

8) 電位図より得た定量的かつ客観的指標である R max·V (F4), S max·V (I3) 及び QRS interval の 3 指標を用いて右室に対する負荷様式の異なる P 群、V 群及び V+P 群の判別をかなり高率 (74.4%) に為し得た。

9) 以上より、電位図は右室負荷疾患の血行動態的負荷様式を明確に判別し得る、有力な非観血的診断法と考えられた。

### 謝 辞

稿を終えるにあたり、御校閲を頂いた長島秀夫教授に深甚な謝意を表するとともに御懇篤な御指導を頂いた原岡昭一教授並びに吉田英紀講師に深謝致します。

本論文の要旨は、昭和 59 年 10 月 18 日、日本心電学会第一回総会にて発表した。

## 文 献

1. Sokolow, M. and Lyon, T.P.: The ventricular complex in right ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am. Heart J.* **38**, 273-294, 1949.
2. Roman, G.T.Jr., Walsh, T.J. and Massie, E.: Right ventricular hypertrophy-correlation of electrocardiographic and anatomic findings. *Am. J. cardiol.* **7**, 481-487, 1961.
3. 森 博愛, 大下賢竜, 日高義之: 心室肥大心電図の基礎と臨床. *呼吸と循環* **13**, 25-32, 1965.
4. Blumenschein, S.D., Spach, M.S., Boineau, J.P., Barr, R.C., Gallie, T.M., Wallace, A.G. and Ebert, P.A.: Genesis of body surface potentials in varying types of right ventricular hypertrophy. *Circulation* **38**, 917-932, 1968.
5. 芝田憲一, 山田和生, 岡島光治, 立松 広, 任書 皇, 伊藤厚士, 豊嶋英明, 大熊 攻, 和田正敏, 亀井 栄一: ミニコンピューターによる体表面心臓電位分布図データ収集, 処理システム, *医用電子と生体工学* **11**, 363-368, 1973.
6. 田中 豊, 垂水共之, 脇本和昌: パソコン統計解析ハンドブック多変量解析編, 共立出版, 東京, pp. 112-137, 1984.
7. Taccardi, B.: Distribution of heart potentials on the thoracic surface of normal human subjects. *Circ. Res.* **12**, 341-352, 1963.
8. Cabrera, E. and Monrey, J.R.: Systolic and diastolic loading of the heart electrocardiographic data. *Am. Heart J.* **43**, 661-669, 1952.
9. Benchimol, A. and Lucena, E.G.: Vectrocardiography in congenital heart disease with the use of the Frank system. *Br. Heart J.* **27**, 236-251, 1965.
10. Ziegler, R.F.: The importance of positive R waves in the right precordial electrocardiogram during the first year of life. *Am. Heart J.* **52**, 533-546, 1956.
11. 哲翁元治: 右室負荷ベクトル心電図の定量的分析. *日循誌* **33**, 623-640, 1969.
12. Bassingthwaite, J.B., Parkin, T.W., DuShane, J.W., Wood, E.H. and Burchell, H.B.: The electrocardiographic and hemodynamic findings in pulmonary stenosis with intact ventricular septum. *Circulation* **28**, 893-905, 1963.
13. Human, G.P.: Precordial lead patterns in right ventricular hypertension. *Circulation* **30**, 562-568, 1964.
14. Hill, J.D. and Moore, E.N.: Epicardial excitation studies in dogs with congenital right ventricular hypertrophy. *Circ. Res.* **10**, 649-657, 1967.
15. Wallace, A.G., Spach, M.S., Estes, E.H. and Boineau, J.P.: Activation of the normal and hypertrophied human right ventricle. *Am. Heart J.* **75**, 728-735, 1968.
16. 吉田秀紀, 庵谷和夫, 長花晴樹, 西原正信, 兵頭多津男, 内田俊明, 木村正司, 武田 光, 藤井章伸, 斉藤大治, 種谷節郎, 喜多利正, 堺 裕, 原岡昭一: 右脚ブロックの体表面心臓電位図(特に心房中隔欠損症を中心として)超音波検査, 右心カテーテル検査との対比. *岡山医誌* **93**, 579-592, 1981.

## A Study of Body Surface Isopotential Mapping

### Part 2 A Clinacal Study of Varying Types of Right Ventricular Overload

Kensuke IMATAKI

The First Department of Internal Medicine, Okayama University Medical School

(Ditector : Prof. H. Nagashima)

In order to diagnose right ventricular hypertrophy (RVH) more precisely and quantitatively, isopotential body surface mappings (MAPs) and standard 12 lead electrocardiograms (ECGs) were studied in 39 patients with three different hemodynamic types of chronic right ventricular overload. Sokolow and Lyon's criteria were useful in detecting right ventricular overload. However, ECG parameters were not useful in differentiating between hemodynamic states. The increase of  $R_{max}\cdot V$  from precordial leads was thought to be characteristic of right ventricular pressure overload. The Increase in  $S_{max}\cdot V$  from right precordial leads was thought to be characteristic of right ventricular volume overload, while the increase in  $S_{max}\cdot V$  from left lateral chest and left back leads reflected right ventricular volume and pressure overload.  $T_{max}\cdot V$  showed no significant findings. The prolongation of  $R_{max}\cdot T$  in the right precordial area was thought to be characteristic of right ventricular volume overload, while the prolongation of  $R_{max}\cdot T$  in the left high back was regarded as indicating hypertrophy in the right ventricular outflow tract due to pressure overload. The prolongation of  $S_{max}\cdot T$  in the right precordial area was thought reflect right ventricular pressure overload, while the prolongation of  $S_{max}\cdot T$  in the left high back was regarded as indicating right ventricular volume overload. The prolongation of VAT (V1), BT time and QRS interval suggested chronic right ventricular volume overload.  $R_{max}\cdot V$  (F4),  $S_{max}\cdot V$  (I3) and QRS interval were selected for analysis of variance, and discriminant analysis was made using these variables. Twenty nine out of 39 patients were classified correctly, and the accuracy of discrimination was 74.4%.