

体表面電位図による左室肥大判定に関する研究

第 2 編

心臓超音波法との対比

岡山大学医学部第一内科教室（主任：長島秀夫教授）

庵 谷 和 夫

（昭和60年10月15日受稿）

Key words : 体表面心臓電位図, QRS マップ
心エコー図, 高血圧症,
大動脈弁閉鎖不全症,
肥大型心筋症

はじめに

左室負荷様式の違いによる心電図所見については、Cabrera¹⁾²⁾以来多くの報告がある。しかしこれらは主に V_1 誘導、 $V_{5,6}$ 誘導に関する指標が主であり、これらの誘導点だけでは左室負荷の重要な電気現象を見逃している可能性も考えられる。体表面電位図（以下電位図）は、単極誘導を基として、体表面の多誘導点より記録するので、従来の心電図法に比べ、より多くの情報をとらえられ、局所の所見もよく反映する³⁾と考えられる。そこで左室負荷様式の異なる、高血圧症（以下 HT 群）、大動脈弁閉鎖不全症（以下 AR 群）、肥大型心筋症（以下 HCM 群）の電位図を記録し、その特徴を明らかにするとともに、心臓超音波検査より求めた、心室中隔厚、左室後壁厚、左室重量などと電位図の諸指標と対比し、左室肥大の定性および定量診断についての電位図の有用性について検討した。

対象および方法

対象は、HT 群35名、AR 群25名、HCM 群20名、および対照として健常者の45名を選んだ。各群の性別、年齢は表1に示した。AR の診断は、心臓カテーテル検査および心臓超音波検査により行ない、大動脈弁狭窄症および僧帽弁疾

表1 対象

	例数 (男・女)	年齢 (平均)
高血圧症	35 (25, 10)	26~64 (50.9才)
大動脈弁閉鎖不全症	25 (20, 5)	26~68 (43.5才)
肥大型心筋症	20 (17, 3)	22~59 (40.3才)
健常者	45 (32, 13)	26~55 (41.7才)

計 125例

患を合併したものは除外した。HCM の診断は、厚生省の特発性心筋症診断の手引き⁴⁾によった。これらの対象に、標準十二誘導心電図、フランク法ベクトル心電図、断層心エコー図、および電位図を同時期に記録した。ベクトル心電図は、フクダ電子社製ベクトル心電計 VA3Fを使用し、仰臥位で軽度の呼期時に記録した。断層心エコー図は、東芝製 SSH-11A を使用し、通常の方法にて、ストリップチャートに記録した。電位図は、中日電子社製 HPM-5100を使用し、名大、山田ら⁵⁾の方法で、体表面87点より記録した。なお心電図上、心房細動、脚ブロック、WPW 症候群、心筋梗塞の所見を認めるもの、および心エコー図にて、心室中隔厚 (IVST)、左室後壁厚 (PWT)、左室拡張末期径 (LVDd) の計測不能のものは除外した。

〈分析項目〉

- 1) 標準十二誘導心電図のV₁のS波高とV₆のR波高
- 2) ベクトル心電図の最大左方成分(RX)と最大後方成分(RZ)
- 3) 心エコー図のLVDD, IVST, PWTを計測し, Devereuxら⁶⁾の方法により, 左室重量(LVmass)を算出した。

4) 電位図

①極大, 極小⁷⁾の位置

QRS開始より1 msec毎に分析を行ない, 極大および極小のうち, その電位の最も大きいものをそれぞれRmax, Smaxとし, その体表面上の出現部位を検討した。

②RmaxV, SmaxV

Rmax, Smaxの電位の大きさをそれぞれRmaxV, SmaxVとした。

③Q-Rmax時間

QRS開始より, Rmaxに達するまでの時間をQ-Rmax時間とした。

④中隔興奮推定時間(SAT)⁸⁾

中隔興奮に要する時間を推定するため, QRS開始より極大が左鎖骨中線上に移動するまでの時間を, SATとした。

⑤PWmaxV

背部の電位のうち最も大きいものをPWmaxVとした。

これらの項目について, 前述の各群間の比較検討をおこなった。

結 果

1) Rmax および Smax の位置 (図1)

Rmaxの位置は, 健常群では, 左鎖骨中線第五肋間の誘導点を中心にその上下に位置した(G-3, G-4, H-3, H-4)。これは標準十二誘導心電図では, ほぼV₄, V₅誘導を中心とし, その上下であった。HT群では, 健常群に比べ, やや左下方に位置するものが多かったが, 位置としては健常群とほぼ同様であった(G-3, G-4, H-3, H-4)。AR群では, 健常群に比べ, 左方(H-4, H-5)に位置するものが多かった。HCM群では, 他群に比べ, より広い範囲に位置し, 他群ではみられないF-3, F-4に位置するものがあつた。

Smaxの位監は, 健常群では, 正中線および左傍胸骨線上, 第四, 五肋間を中心に位置した(E-3, E-4, E-5, F-3, F-4, F-5)。これは標準十二誘導心電図と比較すると, V_{2,3}誘導の下方に位置した。HT群では, 健常群とほぼ同様の部位に位置した。AR群では, 健常群に比べやや下方に位置したが, その範囲はほぼ同様であった。HCM群も, 健常群に比べやや下方に位置していたが, 二例は, D-7, E-7とV_{1,2}誘導に比べ上方に位置していた。

2) RmaxV, SmaxV (図2)

RmaxVは, 健常群に比べ, 3群とも有意に大であった。またHT群に比べ, AR群, HCM群で有意に大であった。AR群とHCM群では有意差を認めなかった。RmaxVとLVmassとの相関は, $r=0.558(p<0.01)$ と正相関を認めた。(表2) SmaxVも, 同様の傾向を認め, 健常群に比べ, 3群とも有意に大であった。HT群に比べ, AR群, HCM群で有意に大であったが, AR群とHCM群は有意差を認めなかった。SmaxVとLVmassとの相関は, $r=0.67(p<0.01)$ の正相関をみとめた。(表2)

3) Q-Rmax時間 (図3)

Q-Rmax時間は, HT群では, 健常群と有意差を認めなかった。AR群, HCM群は, 健常群に比べ有意に延長していた。Q-Rmax時間とLVmassの相関は, $r=0.593(p<0.01)$ の正相関を認めた。(表2)

4) 中隔興奮推定時間(SAT)(図4)

SATは, HT群では, 健常群に比べ有意に小であり, AR群, HCM群では, 健常群に比べ有意に延長していた。またHCM群とAR群を比較すると, HCM群が有意に延長していた。心エコー図より求めたIVSTとSATとの相関は, $r=0.40(p<0.01)$ 程度の相関であった。(表2, 図7)

5) PWmaxV (図5)

電位図での背部の最大電位を示す部位は, すべて左背部傍脊椎線(K列)に位置した。その電位の大きさは, 健常群に比べ, 3群とも有意に大であり, 3群間の比較では, AR群は, HT群に比べ有意に大であったが, HCM群とAR群, HT群は有意差を認めなかった。心エコー

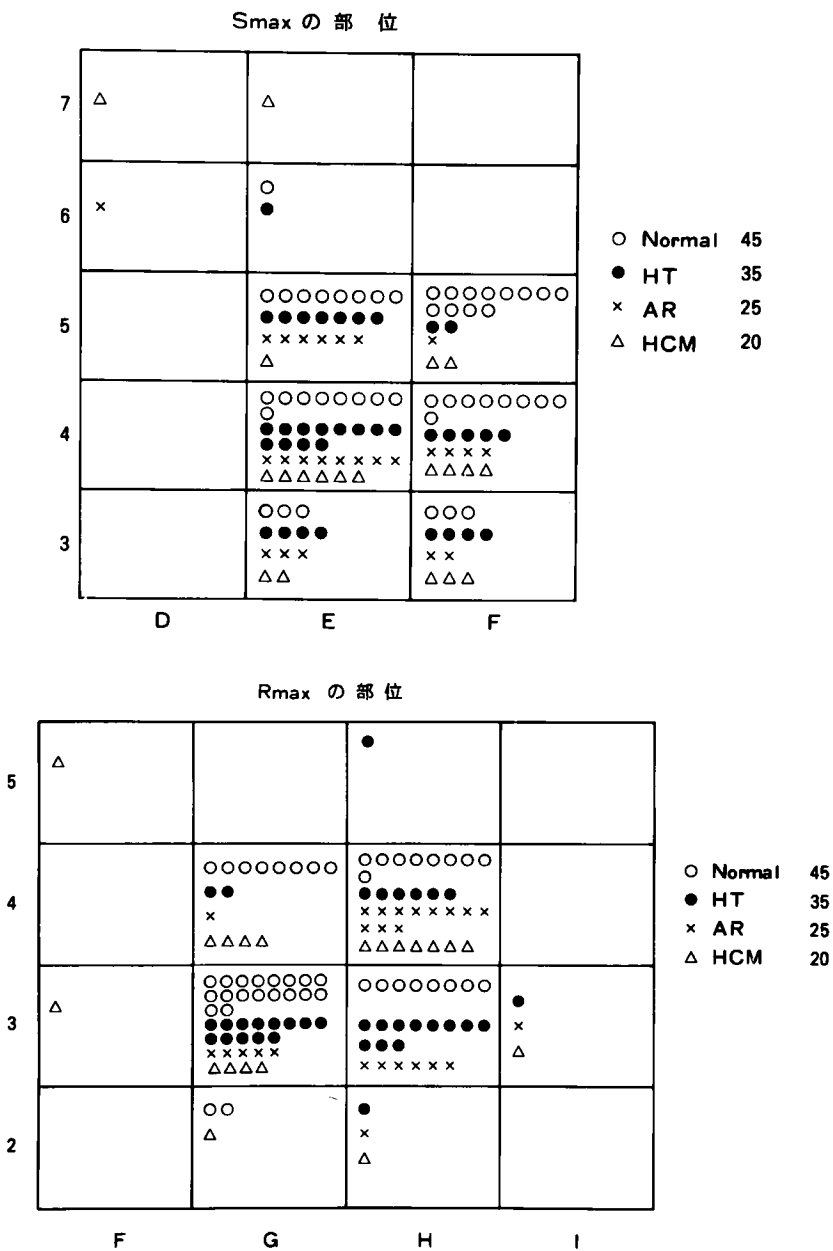


図1 各群における Rmax, Smax の部位
E は正中線, G は左鎖骨中線, I は左中腋窩線,
4 は第5肋間, 5 は第3肋間

図より求めた PWT と, PWmaxV の相間は,
 $r=0.69(p<0.01)$ とよく相関した。(表2, 図7)

考 察

左室肥大の心電図変化としては, QRSに関して
は, 左測胸部誘導のR波の増大, 右側胸部誘
導のS波の増大, 左側胸部誘導における心室興
奮時間の延長⁹⁾¹⁰⁾などが, 特徴的所見とされて

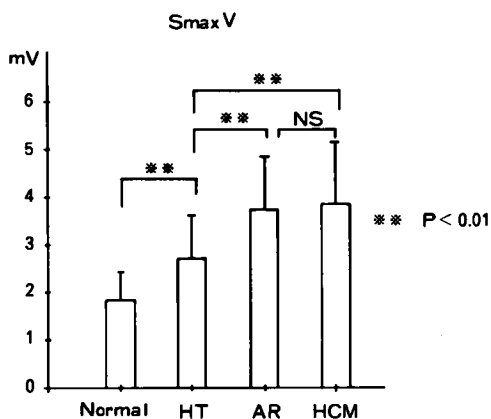
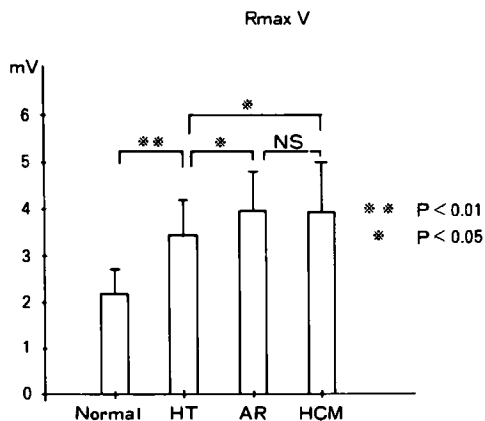


図2 各群間の RmaxV, SmaxV の比較

左室後壁厚との対比		左室重量との対比	
PWmaxV	r = 0.69 (P < 0.01)	RmaxV	r = 0.55 (P < 0.01)
SVi	r = 0.63 (")	SmaxV	r = 0.67 (")
SmaxV	r = 0.61 (")	RmaxV+SmaxV	r = 0.70 (")
Rz	r = 0.17 (N, S)	SVi+RVi	r = 0.72 (")
		Rx+Rz	r = 0.72 (")
		Q-RmaxT	r = 0.59 (")

表2 左室後壁厚, 左室重量と各種パラメーターの相関

いる。また負荷様式の違いによる心電図変化についても多くの報告¹⁾²⁾がある。しかし標準十二誘導では誘導部位が限られており、重要な情報をのがしている可能性がある。そこで局所の所見をよくとらえうる可能性が考えられている電位図を用いて、左室肥大の変化について負荷様式の異なる疾患について検討した。電位図でしかとらえられない所見の一つとして、極大、

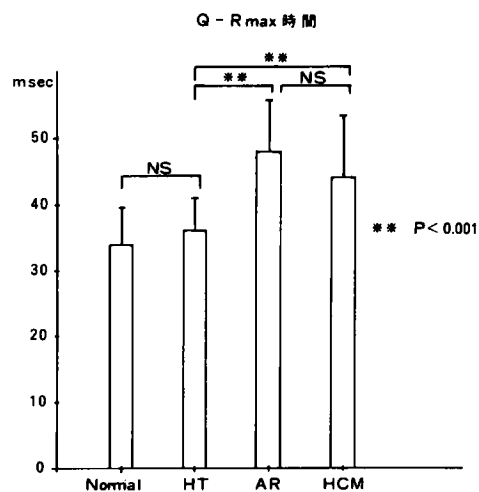


図3 各群間の Q-Rmax 時間の比較

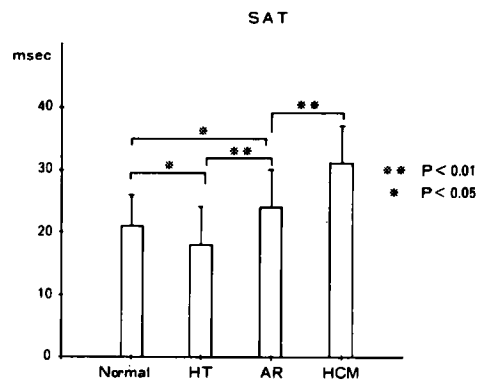


図4 各群間の SAT の比較

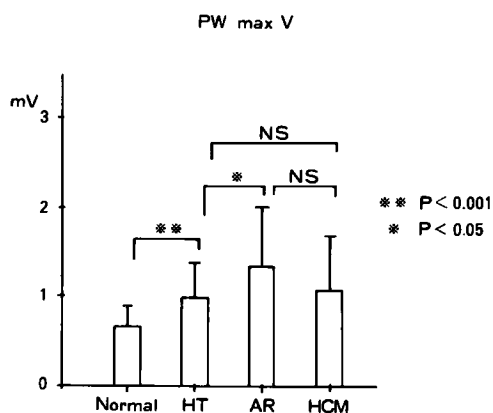


図5 各群間の PWmaxV の比較

極小⁷⁾があるが、そのうちの電位の最も大きいものである Rmax, Smax に関しての検討では、その位置は、HT 群では、健常群に比べ、やや

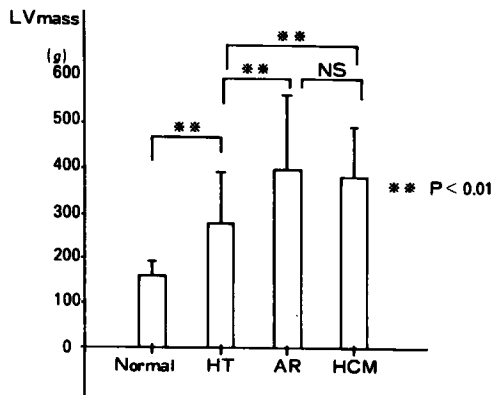


図6 各群間のLVmassの比較

左下方に位置したが、左に位置するものほど左室重量の増加が著しい傾向にあり、特に左中腋窩線に存在した一例では著明な左室重量の増加を認めたことより、左室肥大の著明なものほど左方に位置すると考えられた。またAR群では、健常群に比べ左方に位置したものが多かったが、著しい心拡大を示すとのほど、左方に偏位する傾向を認めたことから、その機序として心拡大による心臓の左方への回転が関係している可能性が考えられた。HCM群では、Rmaxはより広い範囲に位置したが、これは肥大型心筋症における肥厚の部位に差があるためと考えられた。林ら¹¹⁾¹²⁾も肥大の部位により体表面電位分布に差が生じると述べており、これらの肥大部位の差をとらえる上でも、電位図は有用であると考えられた。またHCM群でのRmaxの位置は、標準十二誘導心電図の誘導部位とは、大きくはずれており、電位図においてのみとらえられる所見であった。RmaxV, SmaxVについてみると、その電位はLVmassと正相関を認め、電位の増大は、LVmassの増大による変化が関係していると考えられた。(表2, 図2, 6)またRmaxVに比べSmaxVがよりよくLVmassと相関しており、肥大心では胸部誘導のR波よりS波の方が、心重量をよく反映しているとするCarterら¹³⁾、石川ら¹⁴⁾の報告と一致した。しかし、LVmassとの相関で、最もよい相関を認めたものは、ベクトル心電図におけるRx+Rz ($r=0.72$, $p<0.01$)であり、電位図のRmaxV+SmaxVの指標とLVmassとの相関は、 $r=0.70$

($p<0.01$)であり、従来の方法と大差なかった。(表2)これはRmax, Smaxの部位が、V_{4,5}, V_{1,2}付近に存在するためであり、第1編での検討で、左室重量を最もよく反映した部位は、D5、すなわちV₁のやや右上方、I₄、すなわちV₆のやや上方であったという結果からすると、Rmax, Smaxの位置がそれからすこし離れているためと、考えられた。

QRSの開始からRmaxに達する時間Q-Rmax時間は、RmaxがV_{4,5}付近に位置することから、胸部誘導における、左室興奮時間とほぼ同等と考えられ、AR群でより延長していたのは、従来の報告と一致する¹¹⁾¹⁵⁾¹⁶⁾と考えられた。

中隔興奮を推定する時間として、林ら⁸⁾は、QRS開始とともに出現した極大が、左鎖骨中線上に移動する時間を、中隔興奮推定時間(SAT)とし、これが肥大型心筋症の中隔肥大において有意に増大することを示し、電位図での有用な指標であるとした。この指標について、主としてHT群で中隔肥大を示すものについて検討したが、HCM群では健常群に比べ、有意に延長していたが、HT群では健常群に比べ、むしろ短縮していた。このことから、同じ様に中隔肥大を示すHCMとHTとでもその病能の差を鑑別する指標になりうると考えられ、電位図における有用な点の一つと考えられた¹⁷⁾。このような肥大様式の違いにより差がみられた原因として、心筋症にみられる不規則な心筋配列、心筋の線維化、局所伝導障害の合併などにより、中隔興奮に要する時間が延長することが¹⁸⁾¹⁹⁾その一因と考えられた。

左室後壁の情報をよく反映する部位を検討するため、背部の電位、前胸部の電位について、すべての部位で相関を求めて検討したが、背部の電位が最もよい相関を示した。そこで、背部の電位のうち最大のものをPWmaxVとして求め、検討したが、左室後壁厚とは、 $r=0.69$ ($p<0.01$)と他の指標より良い相関を示し、電位図での背部の電位の有用性が示唆された。左室後壁厚との対比では、Bahlerら²⁰⁾は、従来の心電図の指標とは良い相関を示さなかったとしているが、背部の電位は従来の心電図ではない誘導部位であり、電位図によってのみこれらの相

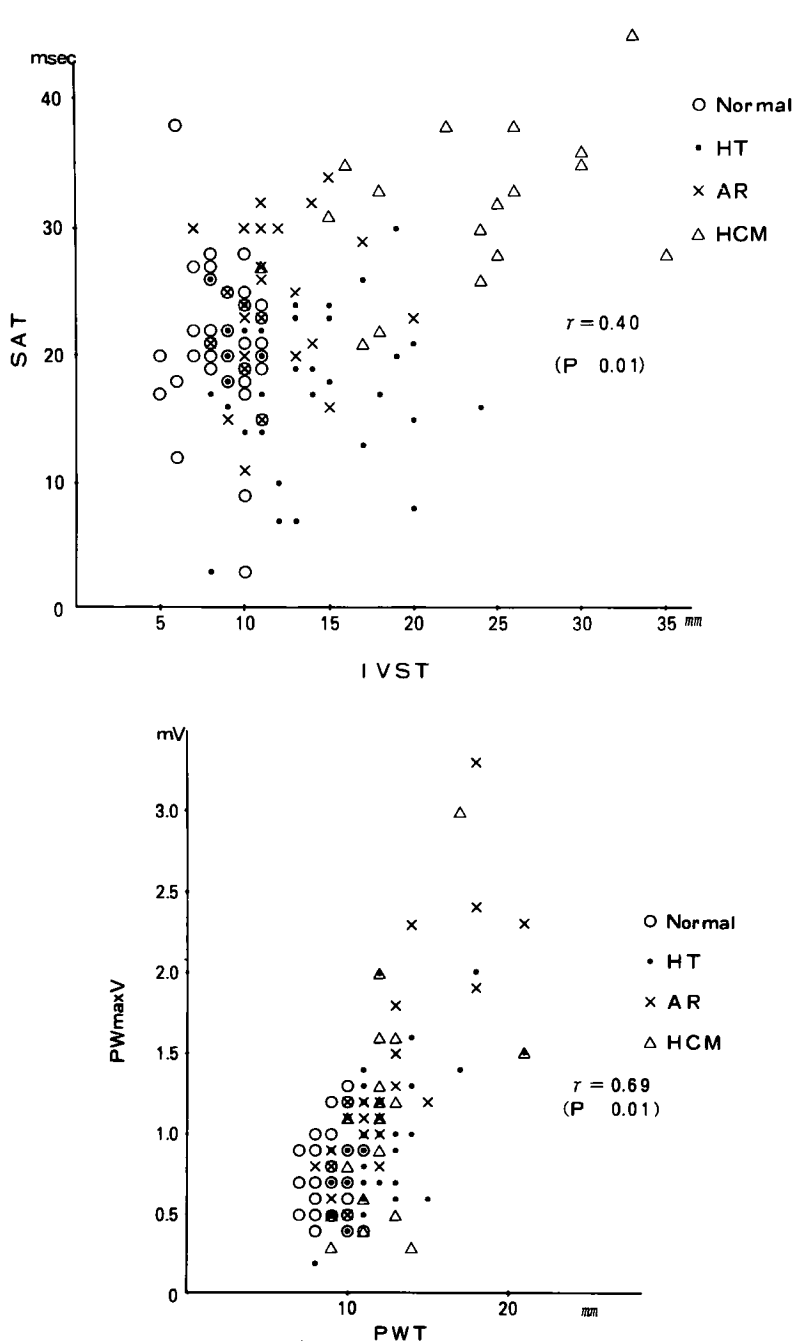


図7 心臓超音波法より求めたIVST, PWTとSAT, PWmaxVの相関

関を得ることが可能と考えられた。しかし、この電位は、かなり低電位であるため、電極の装着や、ノイズの混入を防ぐなど、記録、測定に際しては、十分注意を払う必要があると考えら

れる。

ま と め

左室負荷様式の異なる、高血圧症、大動脈弁閉鎖不全症、肥大型心筋症の電位図を記録し、その特徴を明らかにするとともに、心臓超音波検査より求めた、心室中隔厚、左室後壁厚、左室重量などと、電位図の諸指標を対比し、電位図の有用性について検討した。

1) 電位図での Rmax, Smax の位置は、それぞれ V₄, V₅ 誘導および V₂, V₃ 誘導の下方に位置したが、HCM 群では他群に比べひろい範囲に位置し、これは肥厚部位が一定でないためと考えられた。

2) RmaxV, SmaxV は、健常群に比べ、3群とも有意に大であったが、これは LVmass の増加による変化が、主であると考えられた。

3) 電位図から求めた中隔興奮推定時間 (SAT) は、心エコー図から求めた心室中隔厚と、あまり良い相関は認めなかったが、中隔肥厚を示す HT 群と HCM 群を、よく鑑別することができ、一つの有用な指標と考えられた。

4) 電位図での背部の電位 (PWmaxV) は、心エコー図より求めた左室後壁厚と良い相関を示した。

(本論文の要旨は第45回日本循環器学会において
発表した。)

教授に深甚なる謝意を表わすとともに、御懇篤なる
御指導をいただいた原岡昭一教授に深謝いたします。

稿を終えるに臨み、御校閲をいただいた長島秀夫

文 献

1. Cabrera, E. and Monroy, J.R.: Systolic and diastolic loading of the heart. *Am. Heart J.* **43**, 661—668, 1952.
2. Cabrera, E. and Gaxiola, A.: Diagnostic contribution of the vectorcardiogram in hemodynamic overloading of the heart. *Am. Heart J.* **90**, 296—317, 1960.
3. Abildskov, J.A., Burgess, M.J., Lux, R.L. and Wyatt, R.F.: Experimental evidence for regional cardiac influence in body surface isopotential maps of dogs. *Circ. Res.* **38**, 386—391, 1976.
4. 特発性心筋症診断の手引：厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班昭和57年度研究報告集, 13—15, 1983.
5. Yamada, K., Toyama, J., Wada, M., Sugiyama, S., Sugeno, Y., Toyoshima, H., Mizuno, Y., Kobayashi, T. and Okajima, M.: Body surface isopotential mapping in Wolff-Parkinson-White syndrome: noninvasive method to determine the localization of the accessory atrioventricular pathway. *Am. Heart J.* **90**, 721—734, 1975.
6. Devereux, R.B. and Reichek, N.: Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. *Circulation* **55**, 613—618, 1977.
7. Taccardi, B.: Distribution of heart potentials on the thoracic surface of normal human subjects. *Circ. Res.* **12**, 341—352, 1963.
8. 石川富久, 林 博史, 上松治儀, 小島春紀, 外畑 巖, 安井昭二：体表面心臓電位図による中隔肥大の定性的および定量的評価。呼と循, **25**, 545—551, 1981.
9. Sokolow, M. and Lyon, T.P.: The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am. Heart J.* **37**, 161, 1949.
10. Romhilt, D.W. and Estes, E.H., Jr.: A point-score system for the ECG diagnosis of left ventricular hypertrophy. *Am. Heart J.* **75**, 752—758, 1968.
11. 林 博史, 石川富久, 稲垣春夫, 上松治儀, 和田正敏, 横田充弘, 渡辺佳彦, 安井昭二：肥大型特発性心筋症における心筋局所肥大の体表面心臓電位図による判定。総合臨床, **28**, 2155—2159, 1979.
12. 林 博史, 石川富久, 上松治儀, 小島春紀, 稲垣春夫, 河合直樹, 外畑 巖：心尖部肥大型心筋症の体表面電位分布の特徴と定量的評価。日内会誌, **71**, 647—656, 1982.
13. Carter, W.A. and Harvey Estes, E., Jr.: Electrocardiographic manifestations of ventricular hypertrophy; a computer study of ECG-anatomic correlations in 319 cases. *Am. Heart J.* **68**, 173—182, 1964.
14. 石川富久, 林 博史, 上松治儀, 小島春紀, 高見和秀, 外畑 巖：大動脈弁閉鎖不全症における体表面上R波およびS波の診断的意義。呼と循, **30**, 925—933, 1982.
15. 森 博愛, 河村 久, 矢永尚士, 大下賢竜, 竹下 勇, 柴田 卓：左室肥大診断における心室興奮時間の臨床的及び剖検的検討。日循誌, **28**, 259—265, 1964.
16. Sabrio, J.A., Mate, I., Codina, J., Rico, J. and Sabrio, N.: Vectorcardiogram in severe aortic insufficiency. Clockwise rotation of QRS loop in the horizontal plane. *Chest* **67**, 568—572, 1975.
17. 吉田英紀, 原岡昭一, 庵谷和夫, 長花春樹, 西原正信, 木村正司, 今滝健介, 庵谷文夫, 森近 豊, 大西茂明, 藤井章伸, 斎藤大治, 長島秀夫：高血圧心と肥大型心筋症に関する心エコー図および体表面電位図

- による検討. 岡山医誌, 96, 921—932, 1984.
18. Wingle, E.D. and Silver, M.D.: Myocardial fiber disarray and ventricular septal hypertrophy in asymmetrical hypertrophy of the heart. *Circulation* 58, 398—402, 1978.
 19. Ferrans, V.J., Morrow, A.G. and Roberts, W.C.: Myocardial ultrastructure in idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. A study operatively excised left ventricular outflow tract muscle in 14 patients. *Circulation* 40, 769, 1972.
 20. Bahler, A.S., Teichholz, L.E., Gorlin, R. and Herman, M.V.: Correlation of electrocardiography and echocardiography in determination of left ventricular wall thickness: study of apparently normal subjects. *Am. J. Cardiol.* 39, 189—195, 1977.

**A study of left ventricular hypertrophy
with body surface isopotential maps**

II. Comparative study of two dimensional echocardiograms

Kazuo IHORIYA

The First Department of Internal Medicine, Okayama University Medical School

(Director: Prof. H. Nagashima)

The purpose of this study was to compare body surface isopotential maps with echocardiographically-obtained IVST, PWT, LVDD and LV mass in 45 cases of hypertension (HT), 25 of aortic regurgitation (AR), 20 of hypertrophic cardiomyopathy (HCM) and 45 normal subjects. In most cases, Rmax (the highest point of maximum) was located at V₄ and V₅, though occasionally above, below or left of V₄ and V₅. Smax (the highest point of minimum) was located below V₂ and V₃. The Rmax voltage and Smax voltage were significantly greater in the three disease groups. The Rmax voltage correlated roughly to the LVmass ($r=0.55$), as did the Smax voltage ($r=0.67$). Though there was no correlation between IVST and the time reflecting septal activation (time for Rmax to move to the left midclavicular line) in maps, the time in HCM was much longer compared to that in HT. Furthermore, the maximum voltage of the R wave in the left back leads (left scapular line) correlated to PWT ($r=0.69$, $p<0.01$).

These results indicate the usefulness of body surface isopotential maps for presuming underlying disorders of LVH and for estimating the left ventricular posterior wall thickness.