非閉塞性肥大型心筋症の体表面電位図所見

中村和治* 八巻通安* 立木 楷* 安井昭二*

肥大型心筋症患者における心電図変化の特徴を正常群との隔たりを表現する departure map を作成して検討した。対象は心エコー図にて中隔厚13mm をこえる肥大型心筋症患者24名で、この疾患群を後壁厚13mm 以下のA群16名と13mm をこえるB群8名とに分類した。体表面電位図は87誘導点より記録、各誘導点のQRS 波形につき、(1)QRS 開始より10, 20, 30, 40, 50, 60msec の各電位、(2)QRS 波形の時間積分値AQRS、(3)心室興奮到達時間VAT を求めた。Departure index(DI)を[(各計測値-正常群より求めた平均値)/正常群より求めた標準偏差]の式にて算出、DI の体表面分布を departure map として表現した。DI ≥ 2 を+2SD area とし異常正領域と考えた。A群、B群の相違は50・60msec, AQRS, VAT にて明瞭であり、それぞれの departure map 上の+2SD area は、A群では左前胸部上方・側胸部上方に、B群では左前胸部から側胸部・背部にかけて広範に出現した。心筋の肥大部位が departure map に表現され、その推定が可能と考えられた。また、50, 60msec, AQRS, VAT の各 departure map 上の+2SD area の面積と、壁厚和(中隔厚+後壁厚)は、それぞれ $r=0.63\sim0.81$ の相関を示し心筋肥大の程度も推定可能と考えられた。肥大型心筋症の心電図変化の特徴は、心筋の肥大部位に対応した心起電力の増大と心室興奮伝播遅延と考えられた。(心電図12: No. 3, 299~309, 1992)

特発性肥大型心筋症は、心室の種々の部分に肥厚をもたらすことが知られている。肥厚による心臓電気現象の変化は体表面上に捉え

ることができると考えられ、心筋の肥厚部位、程度を心電図による情報から知ろうとする試みがなされてきた。肥大型心筋症の心電図は、R波高増大、Q波、ST-T の変化などが主であるが、各症例の心電図変化を比較すると必ずしも一様ではなく、強いST変化をみるものから、一見正常な心電図所見を有するものまできわめて多彩であり¹⁾、肥大型心筋症に特徴的な心電図変化を認めないという報告^{2)~5)}も多い。標準12誘導心電図と比較して、

Key Words

- 体表面電位図
- 肥大型心筋症
- departure map
- VAT
- AQRS

* 山形大学医学部第1内科
(〒990-23 山形市飯田西2-2-2)

The body surface mapping in patients with non obstructive hypertrophic cardiomyopathy
Kazuharu Nakamura, Michiyasu Yamaki, Kai Tsuiki, Shoji Yasui

1988年5月19日 原稿受領/1991年12月9日 掲載承認

より多くの情報をもつ体表面電位図^{9)~8)}を用いて、QRS 波につき、正常との隔たりを表現する departure map を作成し^{9)~11)}、電位図異常の空間的、時間的關係から、心筋肥大の部位診断、定量診断を試みた。

さらに、QRS 振幅の変化をまとめて捉える目的で QRS 波形の積分値 AQRS¹²⁾を計測した。また、心筋の肥大による心室興奮伝播過程の変化を捉える目的で心室興奮伝播時間 (VAT)^{13),14)}の計測も同時に行った。

I. 対象および方法

1. 対象

対象はMモード心エコー図にて中隔厚13 mm をこえる中隔肥大を有する非閉塞性肥大型心筋症患者群24例(男性16例, 女性8例), 年齢16~66歳(平均46歳)であった。全例に冠動脈造影, 左室造影を施行した。高血圧などの中隔肥大の原因となりうる基礎疾患を有する例, 左室造影で akinesis 以上の壁運動異常を有した例, 冠動脈造影で有意な狭窄を認めた例, Tl-201 心筋シンチグラムにて defect を認めた例は除外した。また, 今回の検討において, 圧負荷を生じ得る閉塞性肥大型心筋症は除外した。そのほか WPW 症候群, 脚ブロックなど伝導障害を合併した例, QRS 間隔が100msec 以上に延長した例, 弁膜疾患, 先天性心疾患を有する症例, うっ血性心不全を呈する症例は除外した。

対照群として健常人40例(全例男性), 年齢22~52歳(平均28歳)を用いた。心疾患, 高血圧症の既往のあるもの, 脚ブロックの所見を認めるもの, および WPW 症候群は除外した。

疾患群はMモード心エコー図より測定した後壁厚により, 13mm 以下の A 群16例と13 mm をこえる B 群8例に分類した。

2. 電位図記録法¹⁵⁾

中日電子社製 HPM-5100装置を用いて前胸部59点, 背部28点, 計87点より単極誘導心電図, Frank 誘導 X, Y, Z スカラー心電図

を同時記録した。サンプリング間隔は1 msec とした。また, 心電図記録は仰臥位, 安静呼吸時にを行った。

得られた心電図データはカセットマグネットテープにデジタル記録され, off line でミニコンピュータ DEC 社 VAX11/750に入力し, 以下の map を作成した。また, QRS 波の開始点と終末点を Frank 誘導スカラー心電図により決定した。

3. Departure map^{9)~11)}

① QRS 開始より10, 20, 30, 40, 50, 60msec の電位。

② QRS 開始より終了まで, 基線より上方を正, 下方を負として求めた QRS 波形の時間積分値(AQRS)。

③ QRS 開始から QRS 波の一次微分値が最小となる点までの時間, 心室興奮到達時間 (VAT)。

以上を, 疾患群, 対照群の全例につき各誘導点ごとに算出した。続いて, 疾患群における①, ②, ③の各計測値につき, 対象群からの隔たりを表わす departure index (DI) を以下に示す式(1)にて各誘導点ごとに求め, DI の体表面分布を departure map として表現した。それぞれの departure map を, ① potential departure map, ② AQRS departure map, ③ VAT departure map と呼んだ。

$$DI = (\text{各計測値} - \text{対照群より求めた平均値}) / \text{対照群より求めた標準偏差} \quad (1)$$

DI > 0 は, それぞれ① QRS 電位の増大, ② AQRS の増大, ③ VAT の延長を表現する。

Departure map において DI が +2 以上の領域を“+2 SD area”として異常正領域と考えた。+2 SD area の体表面上の面積を電極間距離を5 cm として(背部の J 列から M 列までの列間隔は10cm として)計算した。

4. 超音波エコー図

超音波エコー図は, Toshiba SSH-40A を用いて B モード心エコー図により肥大部位を確認し, ストリップチャートレコーダ Toshiba LSR-20B にて M モード心エコー図を

左側仰臥位にて記録した。このストリップチャート記録よりR波の頂点における中隔厚(ST)、後壁厚(PWT)および左室内径を測定¹⁶⁾した。心室中隔厚と後壁厚の和を壁厚和

(ST+PWT)と呼び、心筋厚増大の指標とした。

5. 統計学的検討

心電図データと心エコー計測値との相関係

図1 a A群(n=16)にて+2 SD areaを示した症例数

各誘導点ごとに、QRS開始10, 20, 30, 40, 50, 60msecのpotential departure mapで+2 SD areaが出現した症例数を示す。30%以上の症例で+2 SD areaが出現した誘導を太線で囲った。

図1 b B群(n=8)にて+2 SD areaを示した症例数

30%以上の症例で+2 SD areaが出現した誘導を太線で囲った。

数を算出した。

II. 結 果

1. Potential departure map

QRS 開始より10, 20, 30, 40, 50, 60msec の各瞬時ごとに departure map を作成した。

A 群：異常正電位領域+ 2 SD area は QRS 開始10, 20msec の時点では左前胸部, 右前胸部, あるいは背部と出現する領域に一定の傾向をもたなかった。+ 2 SD area は30 msec にて前胸部に出現する傾向を示し, 40, 50, 60msec と時間を追い左前・側胸部上方および左背部上方に局限して出現する傾向を認めた(図1 a)。

図2 の上段に A 群の一例を呈示した。

+ 2 SD area は10msec にて左側胸部下方に出現し, 20, 30msec には出現していない。40, 50, 60msec にては上記のごとく左側胸部上方に出現している。

B 群：10, 20msec にて + 2 SD area が出現したが, その出現部位は背部あるいは前胸部と一定の傾向をもたず, 30msec では A 群と同様に左前胸部に出現する傾向を認めた。しかし, 40, 50, 60msec では, A 群とは異なり左側胸部上方から下方まで背部を含めて広範に出現した(図1 b)。

図2 下段に B 群の症例を呈示した。この症例では + 2 SD area は QRS 初期より左前胸

図2 A 群, B 群症例の potential departure map

48歳男性, 中隔厚18mm・後壁厚12mm の A 群症例を上, 66歳男性, 中隔厚24mm・後壁厚16mm の B 群症例を下に示した。等しい departure index を結んで線を引いた。+ は departure index の最大点, - は最小点を示す。+ 2 SD area を点で覆った。

部に出現し、後半の50, 60msec にて左側胸部から背部にかけて広範に存在した。A群、B群両者の相違はQRS 後半に明瞭であった。

表 1 に、全症例における中隔厚、後壁厚、壁厚和、左室内径と各瞬時ごとの departure map における + 2 SD area の体表面上の面積との相関関係を示した。50, 60msec における + 2 SD area は後壁厚、壁厚和と $r=0.71$ から 0.80 の良好な相関を示した。

全症例の50msec における + 2 SD area の面積と壁厚和の関係を図 3 に示した。

2. AQRS departure map, VAT departure map

肥大に伴う心電図変化、特に QRS 振幅の変化の特徴、興奮伝播遅延を検出する目的で AQRS, VAT を計測し、両者の departure map を作成し検討した。

表 1 Potential departure map における + 2 SD area の面積と、心エコー図より求めた各計測値との相関係数

	中隔厚	後壁厚	壁厚和	左室内径
10msec	-0.05	-0.05	-0.06	0.11
20	-0.21	-0.21	-0.24	0.03
30	-0.08	-0.16	-0.14	-0.01
40	0.18	0.21	0.22	0.02
50	0.38	0.80**	0.72**	0.10
60	0.50*	0.72**	0.71**	0.04

* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$

図 3 壁厚和 (ST+PWT) と 50msec にて出現した + 2 SD area の面積との関係
 $r=0.72$ の相関が得られた。

(1) AQRS departure map では A 群 16 例中 11 例 (69%), B 群 8 例全例に + 2 SD area を認めた。A 群では前胸部あるいは側胸部上方に局限して出現したのに対し、B 群では左前胸部、側胸部から背部に広範に出現した (図 4)。

(2) VAT departure map では A 群 16 例中

図 4 AQRS departure map にて + 2 SD area を示した症例数

A 群を上、B 群を下に示した。30% 以上の症例で + 2 SD area が出現した誘導を太線で囲った。

図 5 VAT departure map にて + 2 SD area を示した症例数

A 群を上、B 群を下に示した。30% 以上の症例で + 2 SD area が出現した誘導を太線で囲った。

13例(81%), B群8例全例に+2 SD area を認めた. その出現部位はAQRS departure

図6 A群, B群症例のAQRs departure map
A群を上, B群を下に示した. A群, B群ともに図2と同一症例である. 線は図2と同様に等しいdeparture indexを結んで引いた. +はdeparture indexの最大点, -は最小点を示す. +2 SD areaを点で覆った.

mapと同様A群で左前胸部上方から左側胸部上方に局限し, B群では左前胸部, 側胸部, そして背部まで及んだ. しかし, +2 SD areaの出現はAQRs departure mapに比し, A群ではより出現部位が局限し, B群では広範囲であり, 両群間の差異は明瞭であった(図5).

図6にA・B各群のAQRs departure mapの典型例を示す. AQRs departure mapの+2 SD areaは, A群では前側胸部上方に局限して, B群では左側胸部に広範に認められる.

図7の upper段に正常人40名の平均の等時線図を示す. 右上胸部より心室興奮の到達が認められ, 左前胸部, 背部へと興奮の到達が移動している. 中段左にA群症例の等時線図を, 右にB群症例の等時線図を示し, 下段にはそれぞれの症例のVAT departure mapを示す. A群の等時線図では左前胸部上方で等時線の密集が認められ, 正常人に比し左前胸部上方

図7 VAT mapとVAT departure map

左上に正常40名の平均の等時線図, 中段にA群, B群症例の等時線図, 下段に各症例のVAT departure mapを示す. A群, B群ともに図2と同一症例である. +はdeparture indexの最大点, -は最小点を示す. +2 SD areaを点で覆った. これはVATの異常な延長領域を表わす.

表2 AQRS departure map における+2 SD areaの面積、VAT departure map における+2 SD areaの面積と心エコー図より求めた各計測値との相関係数

	中隔厚	後壁厚	壁厚和	左室内径
AQRS	0.45*	0.62**	0.63**	-0.04
VAT	0.56**	0.82**	0.81**	-0.22

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

から側胸部上方にかけて興奮到達時間の延長が認められ、それが departure map 上に+2 SD area として表現されている。一方、B群の等時線図では左前胸部上方から側胸部、背部下方にかけて心室興奮伝播の遅れが認められ、それが departure map 上に+2 SD area として表現されている。

表2にAQRS departure map, VAT departure map の+2 SD areaの面積と心筋厚との相関を示した。壁厚和はAQRS departure map, VAT departure map の+2 SD areaと、それぞれ $r=0.63$, $r=0.81$ の相関を示した。中隔厚はそれぞれ $r=0.45$, $r=0.56$ の弱い相関を示した。

図8に全症例のAQRS, VATのdeparture map における+2 SD areaの面積と壁厚和の関係を示す。両者の間に良好な正相関を認める。

III. 考 察

肥大型心筋症の心電図変化を標準12誘導心電図により十分に捉えることは困難であり、EstesらはST-T異常が最も一般的に認められ、P波、QRS波形にも異常を認める例が多いが、全例に共通した変化を認めなかったと述べている²⁾。また、Savageらは非閉塞性肥大型心筋症患者の85%に心電図異常を認め、そのうちわけとしては再分極過程の異常が最も多く、次いでQRSの振幅の増大を認めたが、特徴的な心電図変化はないと報告した⁵⁾。Hollisterらは肥大型心筋症、拡張型心筋症、拘束型心筋症の心電図につき比較し、いずれの心筋症も明確な特徴をもたないとした³⁾。

図8 壁厚和(ST+PWT)と+2 SD areaの面積との関係

上段に壁厚和とAQRS departure map, 下段に壁厚和とVAT departure mapの関係を示す。それぞれ $r=0.63$, 0.81 の相関が得られた。

Stuartらは90例の心電図経過につき検討し、56%に異常Q波を認めたが、心機能、予後に差を認めず経過中異常Qの出現が11例に、消失が12例に認められたと報告した⁴⁾。

以上のように肥大型心筋症の心電図は多彩であり、その特徴については明らかにされていない。体表面電位図は従来の心電図検査に比し、心臓の電気現象を捉えるための利点を多くもち、これによれば心臓各部位の電気現象をある程度分離して理解することができると考えられる^{17),18)}。

各個人の計測値の正常値からの隔たりを表現するdeparture indexを算出し、departure indexの分布をdeparture mapとして作成し、departure index ≥ 2 , すなわち正常値から2 SD以上正へ偏位する領域を+2 SD areaと呼び異常正領域と考えた。

Departure mapは、客観的に異常領域を判

別しうる簡便な方法と考える。本研究の目的は、この departure map 作成により肥大型心筋症患者における心肥大の局在、程度を知ろうとするものである。

1. Potential departure map

(1) A群

心室中隔のみに肥厚を認めたA群では、16例中14例にQRS開始10msec, 20msecにて+2SD areaを認めた。しかし、その分布領域に特徴を認めなかった。心室中隔は心室の中で最も早く興奮する部位であり、ヒトの心室中隔は30msecにはほぼ興奮を終了するとされている^{19),20)}。

Potential departure mapにおいてQRS開始初期の10, 20msecにて+2SD areaが認められたことは、中隔肥大にてQRS初期の電位が増大していることを示すと考え、QRS初期に+2SD areaが出現することは中隔肥大の特徴的所見と考えられた。30msecにて+2SD areaは前胸部に出現しているが、これは興奮前面の方向が変化し、中隔から心尖部にかけての肥大が反映されたことを示すと考えられる。30msecにて+2SD areaが出現したことは中隔の興奮が持続し、また電位が増強され、興奮前面の方向の変化とともに出現したことを示すと考えられる。

40, 50, 60msecと心室興奮伝播が進むに従い、+2SD areaは前胸部から左前胸部、左側胸部上方へと収束しており、中隔の肥大による影響が時間とともに減少することが考えられた。しかし、異常高電位領域は50msecで16例中13例に、60msecで11例に左側胸部上方に認められた。正常のヒトの心筋では中隔基部の興奮がおよそ45msecまで残るとされており¹⁹⁾、中隔肥大例ではさらに興奮の伝播遅延が生じると考える。50, 60msecにて出現した異常高電位領域は中隔基部の興奮の増大を反映すると推測された。50, 60msecにて出現する+2SD areaもまた中隔肥大の特徴と考えられた。

(2) B群

中隔のみでなく後壁にも肥大の存在するB群においてもQRS開始10, 20msecより異常高電位領域が全例に認められたが、その出現領域には一定の傾向を認めず、A群と同様の分布を示した。

30msecにてA群と同様前胸部に+2SD areaが出現しており、これらは中隔肥大の反映と考えられた。40, 50, 60msecと心室興奮伝播が進むに従い、A群とは異なり+2SD areaは前胸部、側胸部、背部にかけ上方から下方にまで出現した。これは主に左室後壁の肥大による心室興奮の増大を示すと考えられた。

A群、B群の+2SD area出現部位の差異は50, 60msecにて最も顕著である。両者の識別は容易であり、肥大部位の推定が可能であると考えられた。また、50, 60msecの+2SD areaの面積は壁厚和(中隔厚+後壁厚)と $r=0.72$, $r=0.71$ と良好な相関を示し、肥大の程度の推定も可能と考えられた。

2. AQRS departure map および VAT departure map

各瞬時ごとのpotential departure mapにて肥大の部位、程度の推定は可能であるが、そのもつ情報量は膨大であり、処理は複雑なものとなっている。Montagueら¹²⁾は効率的で簡便な情報処理法としてtime integral analysisを提唱した。今回我々もこの方法を用いて検討を行った。また、potential departure mapで、QRS後半の50, 60msecが肥大部位、程度とよく相関することは、心室興奮伝播過程の変化が関与することを示唆する。そこで、心室興奮伝播過程を反映するVAT departure mapについても検討を加えた。

(1) AQRS departure map

+2SD areaは24例中19例にて認められ、ほぼpotential departure mapの結果と同様の出現率であった。また、その出現部位はpotential departure mapの50, 60msecでの出現部位とほぼ同様で、A群にて左側胸部上

方を中心に、B群にては左前胸部から側胸部、背部に出現した。この所見は、肥大型心筋症における特徴的所見を表現していると考えられた。AQRS departure map にても、肥大型心筋症の診断、部位推定は可能と考えられた。壁厚との相関は50, 60msec における potential departure map に比し劣るものの、肥大の程度の推定も可能と考えられた。Time integral analysis は簡便な方法であり、肥大型心筋症の心電図変化の解析にも有用と思われる。

(2) VAT departure map

+ 2 SD area の出現領域は、A群にて左前胸部から側胸部上方に、B群にては左前胸部から側胸部、背部にまで広範であり、肥大部分位をよく反映すると考えられた。

また、心筋壁厚との対比にても、壁厚和と $r=0.81$ と良好な相関を示し、肥大型心筋症の心電図変化には肥大心筋での興奮伝播遅延が強く関与していることが推定された。VAT departure map にてA群、B群の差異は最も明らかであり、また、肥厚の程度を最もよく反映した。VAT の算出は容易であり、情報の処理も簡便である。肥大型心筋症の肥大部分位、程度を知るためには VAT departure map の利用が臨床上最も有効な方法と考えられた。

心電図のQRS波形の大きさは、個人の体格、性別に影響され、QRSの各瞬時ごとの値AQRSは影響を受けることが考えられた。しかし、VATの値はQRSの一次微分値が最小となるまでの時間であり、電位の大きさに左右されにくく、安定した値が得られることが予想されたが、実際、今回用いた3種の心電図解析法のうちで壁厚と最も良好に相関し、肥大型心筋症の特徴をよく表現すると思われた。

今回の検討では、肥大に伴う心電図変化を評価する目的で、T1-201心筋シンチグラムにて defect の認められる例、心機能異常を呈する例、圧負荷を生じ、二次的な心筋肥大を生じ得る閉塞性肥大型心筋症例および虚血性心

疾患合併例は除外した。上記の例では、心肥大に加え、心筋線維化、心筋虚血など他の要素が心電図変化を修飾する可能性が考えられる。これらの例の心電図変化を解釈するためには、さらに多くの対象に検討を加える必要があると思われる。

一方、心筋厚が増大する疾患として高血圧症が知られている^{21),22)}。正常人の、各瞬時ごとの最大電位の出現部位は10msec, 20msec において前胸部中央であり、次第に左やや下方に向かう。50msec では左側胸部に、そして60msec では左背部に達する。高血圧症患者の異常高電位領域は、正常人における各瞬時ごとの最大電位の出現部位にほぼ一致して出現するとされ、中隔肥大では20msec に、後壁肥大では60msec に出現するとされる²³⁾。しかし、肥大型心筋症の+ 2 SD area は中隔肥大のみにても10~60msec の各瞬時すべてに出現しており、その局在高血圧症患者とは異なるため両者の鑑別は容易であると考えられた。同様な心筋壁厚を示す高血圧と、肥大型心筋症の心電図変化が異なることは興味深いと考える。

IV. ま と め

体表面電位図を用いて、QRS波につきdeparture mapを作成し、電位図異常の空間的、時間的關係から、肥大型心筋症における心筋肥大の部位診断、定量診断を試みた。中隔のみに肥大を認める例をA群、中隔のみならず後壁にも肥大を認める例をB群とした。Potential departure map にてQRS開始50, 60msec で両群の差異は明らかであり、A群では左側胸部上方に、B群では左側胸部上方から下方まで背部を含めて広範に+ 2 SD area が出現した。また、+ 2 SD area の面積は壁厚和と $r=0.72$, $r=0.71$ の相関を認めた。AQRS departure map, VAT departure map にてもA群で左側胸部上方に、B群で左側胸部上方から下方まで背部を含めて広範に+ 2 SD area が出現したが、その面積は壁

厚とそれぞれ $r=0.63$, $r=0.81$ の相関を示した。肥大型心筋症の心電図変化の特徴は肥大大部位に対応した電位の増大と興奮伝播の遅延であると考えられた。Departure map から肥大型心筋症の心筋肥大の部位、程度が推定可能と考えられた。

(文 献)

- 1) Toshima H, Koga Y, Kimura N : Correlations between electrocardiographic, ventriculographic and echocardiographic findings in patients with left ventricular overload. *Am Heart J* 79 : 547, 1977
- 2) Estes EH, Whalen RE, Reberts SR, Mckintosh HD : The electrocardiographic findings in idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. *Am Heart J* 65 : 155, 1963
- 3) Horrister RM, Goodwin JF : The electrocardiogram in cardiomyopathy. *Br Heart J* 25 : 357, 1963
- 4) Frank S, Braunwald E : Idiopathic hypertrophic sobaortic stenosis. Clinical analysis of 126 patients with emphasis on the natural history. *Circulation* 37 : 759, 1968
- 5) Savage DD, Seides SF, Clark CE, Henry WL, Maron BJ, Robinson FC, Epstein SE : Electrocardiographic findings in patients with obstructive and nonobstructive hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* 54 : 402, 1978
- 6) 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 29 : 545, 1981
- 7) 林 博史, 石川富久, 上松治儀, 小島春紀, 稲垣晴夫, 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, 1982
- 8) Yoshida H, Imataki K, Nagahana H, Ihoriya F, Nakao Y, Saito D, Haraoka S : Cardiac hypertrophic cardiomyopathy and hypertension evaluated by echocardiography and body surface isopotential mapping. *J Cardiography* 16 : 399, 1986
- 9) Flowers NC, Horan LG, Johnson JC : Anterior infarctional changes occurring during mid and late ventricular activation detectable by surface mapping techniques. *Circulation* 54 : 906, 1976
- 10) Ikeda K, Kubota I, Tonooka I, Tsuiki K, Yasui S : Detection of posterior myocardial infarction by body surface mapping : A comparative study with 12 lead ECG and VCG. *J Electrocardiol* 18 : 361, 1985
- 11) Tonooka I, Kubota I, Watanabe Y, Tsuiki K, Yasui S : Isointegral analysis of body surface maps for the assessment of location and size of myocardial infarction. *Am J Cardiol* 52 : 1174, 1983
- 12) Montague TJ, Smith ER, Cameron DA, Rautaharju PM, Klassen GA, Fehnington GS, Horacek BM : Isointegral analysis of body surface maps : surface distribution and temporal variability in normal subjects. *Circulation* 63 : 1166, 1981
- 13) Ikeda K, Kubota I, Igarashi A, Yamaki M, Tsuiki K, Yasui S : Detection of abnormalities in ventricular activation sequence by body surface isochrone mapping in patients with previous myocardial infarction. *Circulation* 72 : 801, 1985
- 14) Okajima M, Doniwa K, Ishikawa T, Niimi N, Koike Y : On body surface VAT isochrone maps generated by computer using simulated excitation sequences in ventricular model. *Proceedings of Computers in Cardiology*, October 1980, Williamsburg, VA, 1981, 187
- 15) Watanabe T, Toyama J, Toyoshima H, Oguri H, Ohno M, Ohta T, Okajima M, Naito Y, Yamada K : A practical microcomputer based mapping system for body surface, precordium, and epicardium. *Comput Biomed Res* 14 : 341, 1981
- 16) Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A : Committee on M-mode Standarization of the American Society of Echocardiography : Recommendations regarding quantification in M-mode echocardiography : results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 58 : 1072, 1978
- 17) Horan LG, Flowers NC, Brody DA : Body surface potential distribution : Comparison of naturally and artificially produced signals as analyzed by digital computer. *Cir Res* 13 : 373, 1963
- 18) Abildskov JA, Burgess MJ, Lux RL, Wyatt RF : Experimental evidence for regional cardiac influence in body surface isopotential maps of dogs. *Cir Res* 38 : 386, 1976
- 19) Durrer D, van Dam RT, Freud GE, Janse MJ, Meijler FL, Arzbaeher RC : Total excitation of the isolated human heart. *Circulation* 58 : 398, 1978

- 20) Scher AM, Young AC, Malgren AL, Erickson RV : Activation of the inter ventricular septum. *Cir Res* 3 : 56, 1955
- 21) Cohen A, Hagan AD, Watkins J, Mitas J, Schwartzman M, Mazzoreni A, Cohen IM, Warren SE, Viebeg WV : Clinical correlates in hypertensive patients with left ventricular hypertrophy diagnosed with echocardiography. *Am J Cardiol* 47 : 335, 1981
- 22) Safer ME, Lehner JP, Vincent MI, Plainfosse MT, Simon ACh : Echocardiographic dimensions in borderline and sustained hypertension. *Am J Cardiol* 44 : 930, 1979
- 23) Hoshi H, Kubota I, Ikeda K, Tsuiki K, Yasui S : Determination of the hypertrophic site of the left ventricle by body surface mapping in patients with hypertension. *Jpn Heart J* 28 : 829, 1987