

心拍数変化による体表面心臓電位分布の変化

Effects of heart rate on body surface potential distribution in patients with atrial pacemaker

大杉 茂樹
林 博史
石川 富久
矢部誠太郎
小島 春紀
高見 和秀
村松 博文
加藤 林也
外畑 巖

Shigeki OHSUGI
Hiroshi HAYASHI
Tomihisa ISHIKAWA
Seitaro YABE
Haruki KOJIMA
Kazuhide TAKAMI
Hirobumi MURAMATSU
Rinya KATO
Iwao SOTOBATA

Summary

Nine patients of sick sinus syndrome with atrial programmable pacemaker (3 males and 6 females, aged from 53 to 72 years) were studied to assess the effect of heart rate on the body surface potential distribution. Body surface maps (87 lead points) and M-mode echocardiograms were recorded at 20-beat increments of heart rate from 60 to 140 beats/min during atrial pacing. The potential changes of R and S voltages were evaluated quantitatively and were correlated with the changes of echocardiographically measured left ventricular dimension.

1. As the heart rate increased, left ventricular dimension in end-diastole (LVDD) decreased gradually (Table 1), and a significant decrease was observed when the heart rate increased from 80 to 100 beats/min and from 100 to 120 beats/min, respectively, ($p < 0.05$).

With a decrease in LVDD, the distance between the left ventricular posterior wall and the anterior chest wall decreased and the left ventricular wall increased in its thickness. These changes, however, were not statistically significant.

2. With an increase in the heart rate, R voltages decreased gradually in the left lateral chest and the sum of R voltages (ΣR) of six lead points in the left lateral chest including leads V_{5-6} decreased significantly when the heart rate increased from 60 to 100 beats/min and from 80 to 120 beats/min, respectively ($p < 0.02$) (Table 2).

On the other hand, R voltages remained unchanged in the left anterior chest during atrial pacing,

名古屋大学医学部 第一内科
名古屋市昭和区鶴舞町 65 (〒462)

The First Department of Internal Medicine, Nagoya University School of Medicine, 65 Tsurumae-cho, Showa-ku, Nagoya 462

Received for publication August 29, 1983 (Ref. No. 26-20)

then the sum of R voltages of six lead points in the left anterior chest including leads V_{2-4} and the sum of R voltages of 87 lead points did not show any significant changes (Table 2).

An increase in the absolute value of S voltages was observed in the left anterior chest and the sum of S voltages of six lead points in the left anterior chest including leads V_{2-4} increased when the heart rate increased from 60 to 100 beats/min and from 80 to 120 beats/min, respectively ($p < 0.1$) (Table 3)

3. A decrease of R voltages in the left lateral chest was consistent with the reduction in LVDD ($p < 0.005$).

It is concluded that the changes in body surface QRS amplitudes during atrial pacing are related to those in the left ventricular dimension and that R voltages in the left lateral chest are fairly sensitive to see the changes in LVDD in cases with no abnormal wall motion of the left ventricle. In addition, the cardiac volume-related changes in body surface QRS amplitude might be in part due to the changes in the distance of the heart from the electrodes over the body surface.

Key words

Body surface mapping Atrial programmable pacemaker Heart rate Potential changes of peak R voltage and of nadir S voltage Cardiac size

はじめに

心拍数の変化が心臓の大きさに影響を及ぼすことは、比較的古くから知られている。すなわち、心拍数増加に伴い左室径が縮小し、左室壁厚が増大することが、ヒト¹⁾ならびに実験動物²⁾で観察されている。また一方、心臓の大きさが変化することにより、体表面心電図および心内膜心電図のQRS波高が変化することも知られている³⁻⁸⁾。これらの事実に基づき、運動負荷試験による虚血性心疾患の診断上、心筋虚血による左室壁運動異常を推定するうえで、心拍数と心電図電位変化との関係を左室壁運動正常群のそれと比較することによって、より高い診断精度が得られるとの報告^{9,10)}もあり、心拍数と電位変化との関係が、最近、注目されてきている。しかし現在までのところ、左室壁正常運動例における心拍数変化と心電図電位変化との関係を定量的に評価し、その電位変化と心臓の大きさの変化の相関を検討した報告はいまだみられない。本研究ではレート可変型心房ペースメーカー装着患者を対象として、心拍数を段階的に漸増した時の体表面心電図電位変化および心エコー図より求めた左室径の変化とを定量的に評価し、この結果に基づいて、電位変化と心臓の大きさの変化との関係を明らかにしようと試

みた。

対象と方法

対象はレート可変型心房ペースメーカーを装着した洞機能不全症候群患者9例(男性3例, 女性6例, 年齢53~72歳, 平均59.2歳)である。心房刺激頻度を変化させることにより、心拍数を60拍/分から140拍/分まで、20拍/分ごとに段階的に増加させ、各心拍数において、体表面心臓電位分布図(電位図, map), 心エコー図を記録した。呼吸による変動を除外するために、安静呼吸時で電位図を記録した。いずれの症例も、検査前および検査中、標準12誘導心電図や心エコー図上で心筋虚血を示唆する異常所見、伝導障害などを有しなかった。

電位図記録は中日電子製 HPM 5100 を用いて行い、Wilson's central terminal を不関電極として同時記録した体表面上87誘導点(前胸部59点, 背部28点)の単極誘導心電図をもとに、電位図を作成した(Fig. 1)。心電波形を4 msec ごとの間隔でデジタル化し、磁気テープに収録した1心拍のデータを off-line で処理し、R 電位 (peak R voltage), S 電位 (nadir S voltage) の体表面上の分布をみる目的で、それぞれ peak R voltage map, nadir S voltage map を作成した。そして

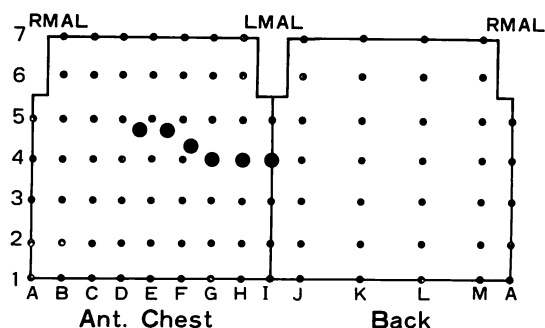
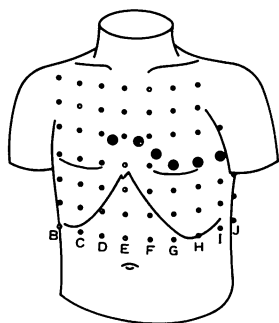


Fig. 1. The electrode array for body surface mapping.

Map of 87 points is displayed in the frame shown in the lower panel. The left side of the frame corresponds to the anterior chest, and the right side, the back. Large six black dots indicate the precordial position V_{1-6} in the conventional 12 lead ECG.

RMAL=right mid-axillary line; LMAL=left mid-axillary line.

体表面 87 誘導点の R 電位の最大値 (R 最大電位, maximum of peak R voltages), S 電位の最大値 (S 最大電位, minimum of nadir S voltages), および体表面 87 誘導点の電位の総和である ΣR , ΣS , 心拍数変化に伴う電位変化を求めた。

さらに, 心拍数 60 拍/分と 140 拍/分での peak R voltage map, と nadir S voltage map より, その差の電位図 (subtraction map of peak R voltage and of nadir S voltage) を作成し, 心拍数が増加した時に, R 電位, S 電位が最も大きく変化した体表面上の領域を求めた。

超音波心臓断層図を東芝製 11 A を用いて記録

し, これとらえた僧帽弁尖部から M モード心エコー図を記録し, 各心拍数における心室中隔 (IVS), 左室後壁 (LVPW) の壁厚, 左室拡張終期径 (LVDd), および前胸壁左室後壁間距離 (Ant. chest-LVPW) を計測した (Fig. 2).

結 果

1. 心拍変化に伴う左室の解剖学的変化: M モード心エコー図による解析

Fig. 2 は心房刺激頻度を 60 拍/分から 140 拍/分に増加させた時の M モード心エコー図である。心拍数の増加に伴い, IVS, LVPW は壁厚を増し, LVDd は減少した。また前胸壁左室後壁間距離も減少し, 左室拡張期径の減少に伴って, 左室後壁が前胸壁に接近することが示唆された。

対象 9 例の中で, 良好な M モード心エコー図が記録できた 7 例につき, 以上の左室諸計測値の変化を, 心拍数の 20 拍/分の増加ごとに Fig. 3, Table 1 に示した。IVS, LVPW 壁厚は心拍数の増加とともに増す傾向を示したが, 有意差は認めなかった。LVDd は心拍数増加とともに漸減し, 心拍数 20 拍/分の増加時 (80 拍/分と 100 拍/分, および 100 拍/分と 120 拍/分の間) には $p < 0.05$ で, また心拍数 40 拍/分の増加時 (60 拍/分と 100 拍/分, および 80 拍/分と 120 拍/分の間) には $p < 0.02$ で統計的に有意差を認めた。一方, 前胸壁左室後壁間距離も心拍数増加とともに減少する傾向を示したが, 統計的には有意差を認めなかった。

2. 心拍数変化に伴う体表面心電図の R 電位 (peak R voltage), S 電位 (nadir S voltage) の電位変化

Fig. 4 は心拍数 60 拍および 140 拍/分における標準 12 誘導心電図の 1 例である。心拍数 140 拍/分では 60 拍/分に比べ, V_{5-6} の左側胸部誘導で R 電位が著しく減高し, 逆に V_{2-4} の左前胸部誘導で S 波が深くなり, S 電位が増大した。

Fig. 5 は Fig. 4 と同一症例の, 心拍数 60 拍および 140 拍/分における peak R voltage map, nadir S voltage map を示す。Peak R voltage

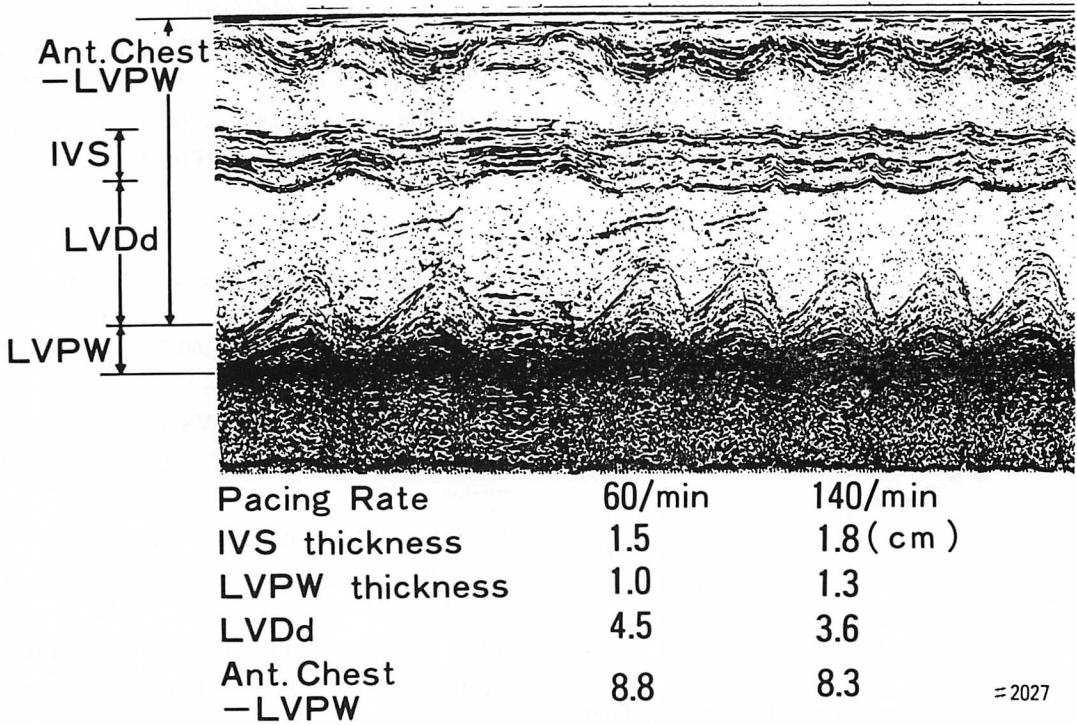


Fig. 2. Echocardiogram of the long-axis of the heart during atrial pacing (62-year-old man).

As the heart rate increases from 60 to 140 beats/min, IVS and LVPW are slightly thickened. LVDd is reduced and the distance between the LVPW and the anterior chest (Ant. chest-LVPW) is decreased as the result of shift of the LVPW toward the anterior chest.

IVS=interventricular septum; LVPW=left ventricular posterior wall; LVDd=left ventricular dimension in end-diastole; Ant. chest-LVPW=distance between the LVPW and the anterior chest.

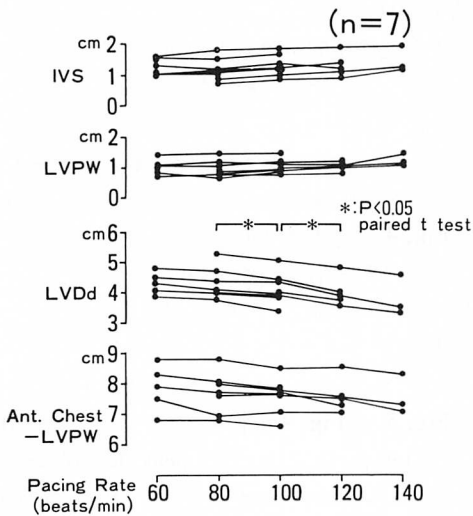


Fig. 3. Echocardiographic changes of the left ventricle at 20-beat increments of heart rate from 60 to 140 beats/min (n=7).

Table 1. Changes of echocardiographic indices with the change of heart rate

Heart Rate (beats/min)	60	80	100	120	140
IVS thickness (cm)	1.26±0.22	1.14±0.36	1.22±0.34	1.18±0.36	1.33±0.33
LVPW thickness(cm)	0.98±0.24	0.91±0.25	0.95±0.22	0.86±0.10	1.07±0.17
LVDd (cm)	4.32±0.35	4.32±0.54	4.16±0.54	4.04±0.50	3.90±0.70
LVPW-Ant.chest(cm)	7.86±0.76	7.69±0.69	7.59±0.60	7.60±0.58	7.57±0.64

(Mean±SD * : P<0.05 paired t test)
** : P<0.02

IVS =interventricular septum

LVPW=left ventricular posterior wall

LVDd=left ventricular dimension in end-diastole

LVPW-Ant.chest=distance between LVPW and the anterior chest

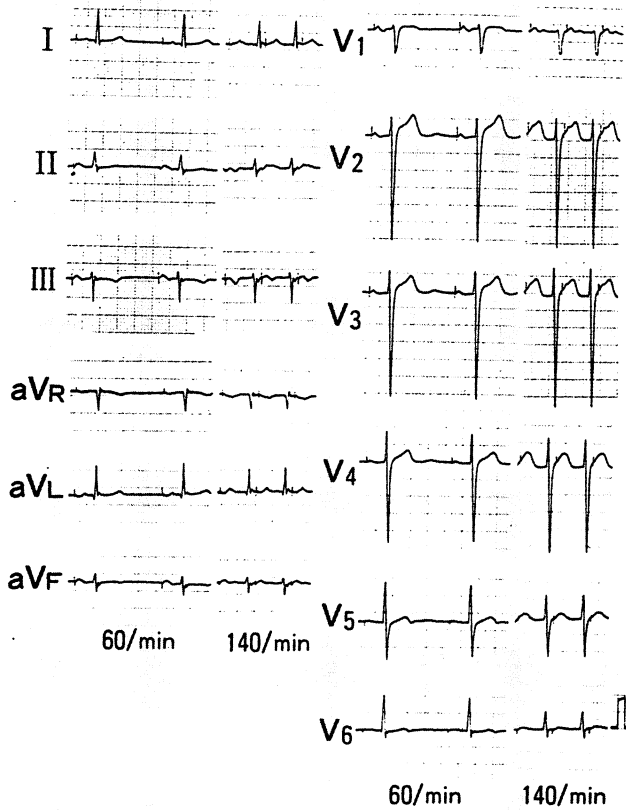


Fig. 4. Electrocardiograms during atrial pacing (62-year-old man).

As the heart rate increases from 60 and 140 beats/min, R voltages in the left chest lateral leads (V₅₋₆) are decreased and S voltages in the left anterior chest leads (V₂₋₄) are increased.

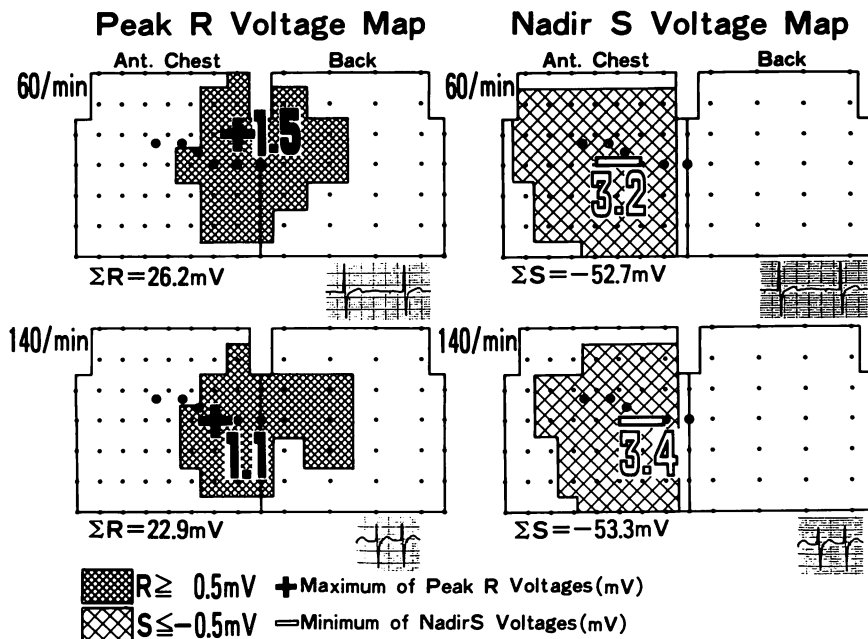


Fig. 5. Body surface potential distribution at atrial pacing rates of 60 and 140 beats/min (62 year-old man).

Peak R voltage map (left panel): The high positive area with peak R voltage of higher than 0.5 mV at 60 beats/min is located in the left antero-lateral chest including leads V_{2-6} and in the left back. The maximum of peak R voltages is 1.5 mV and ΣR (sum of peak R voltages of 87 lead points) is 26.2 mV (left upper panel). At the rate of 140 beats/min, the maximum of peak R voltages and ΣR decrease to 1.1 mV and 22.9 mV, respectively, without a remarkable change in the high positive area (left lower panel).

Nadir S voltage map (right panel): The area with nadir S voltage of lower than -0.5 mV at 60 beats/min occupies all over the anterior chest (right upper panel). At the rate of 140 beats/min, the minimum of nadir S voltages deepens and the absolute value of ΣS (sum of nadir S voltages of 87 lead points) is increased (right lower panel).

map 上, 心拍数 60 拍/分では, R 電位が 0.5 mV 以上の R 高電位領域は V_{3-6} を含む左前胸部および左背部に存在し, R 最大電位は 1.5 mV (V_5 より 1 肋間上方), ΣR は 26.2 mV であった (Fig. 5 左上). 心拍数 140 拍/分では R 高電位領域は小さくなり, R 最大電位, ΣR は 1.1 mV (V_4), 22.9 mV へと減高した (Fig. 5 左下). Nadir S voltage mapでは, 心拍数 60 拍/分では S 電位が -0.5 mV 以下の S 高電位領域は V_{1-5} を含む左前胸部全体に存在し, S 最大電位は -3.2 mV (V_3 より 1 肋間下方), ΣS は -52.7 mV であっ

た (Fig. 5 右上). 心拍数 140 拍/分では, S 高電位領域は小さくなったが, S 最大電位は -3.4 mV (V_4), ΣS は -53.3 mV と電位が増大した.

Fig. 6 は Fig. 5 に示した peak R voltage map, および nadir S voltage map より求めた R 電位, S 電位の差の電位図 (subtraction map of peak R voltage and of nadir S voltage) で, 心拍数が 60 拍/分 から 140 拍/分 に増加した時の電位変化の度合を図示したものである. R 電位の差の電位図では, 心拍数が 60 拍/分から 140 拍/分に増加すると, R 電位は V_{5-6} を含む左側胸部を中心に減

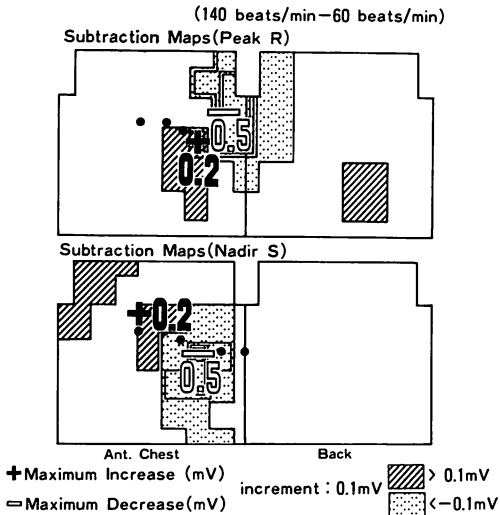


Fig. 6. Subtraction map of peak R voltage (top) and of nadir S voltage (bottom) (62 year-old-man).

Subtraction maps are obtained by subtracting peak R or nadir S voltage map at the rate of 60 beats/min from that at 140 beats/min, respectively.

Subtraction map of peak R voltage (top): With an increase of heart rate, peak R voltage is decreased in the left lateral chest including leads V_{5-6} (dotted area) and the maximum decrease is 0.5 mV (above lead V_5) in contrast to a slight increase in the left anterior chest including leads V_{2-4} (shaded area).

Subtraction map of nadir S voltage (bottom): Nadir S voltage deepenes and the absolute value of nadir S voltage is increased in the left anterior chest including leads V_{2-4} (dotted area) and the maximum increase of the absolute value of nadir S voltage is 0.5 mV (V_4).

高し, V_5 の 1 肋間上方で最大の減高 (0.5 mV) が認められた. V_{2-4} を含む左前胸部では逆にわずかながら増高するのが認められた (Fig. 6 上). S 電位の差の電位図では, 心拍数が 60 拍/分から 140 拍/分に増加すると, S 電位は V_{2-5} を含む左前胸部を中心に深くなり, 電位が増高した. V_4 で最大の増高 (0.5 mV) を認めた (Fig. 6 下).

R 最大電位, ΣR , S 最大電位, ΣS を指標として, 心拍数変化に伴う電位変化を検討した. また差の電位図によって得られた所見に基づき, 最も電位変化の大きかった領域での電位変化も検討

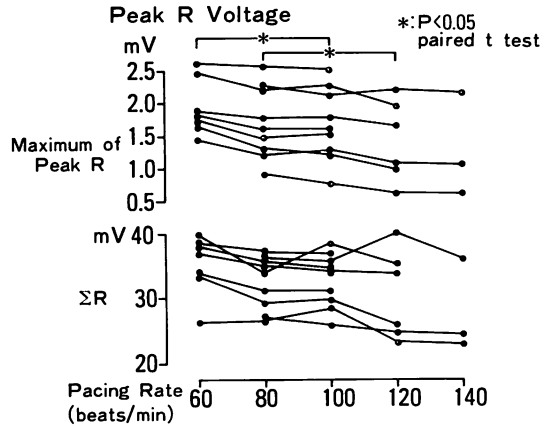


Fig. 7. The potential changes of the maximum of peak R voltages and ΣR at 20-beat increment of heart rate (n=9).

した.

1) R 最大電位, ΣR の変化: R 最大電位は心拍数増加とともに漸減し, 心拍数 40 拍/分の増加時 (60 拍/分と 100 拍/分および 80 拍/分と 120 拍/分の間) に, $p < 0.05$ の有意差を認めた (Fig. 7 上, Table 2). ΣR も心拍数増加に伴い減少する傾向を示したが, 有意差は認められなかった (Fig. 7 下, Table 2).

R 電位の差の電位図で得られた所見より, R 電位が最も大きく変化した V_{5-6} を含む左側胸部より 6 誘導点を選び, その R 電位の和 (左側胸部の ΣR , ΣR in left lateral chest) の心拍数変化に伴う電位変化を検討した. また, V_{2-4} を含む左前胸部からも 6 誘導点を選び, その R 電位の和 (左前胸部の ΣR , ΣR in anterior chest) の電位変化と比較した. 左前胸部の ΣR は心拍数変化によって有意な変化を示さなかった (Fig. 8 左, Table 2). 左側胸部の ΣR は心拍数増加とともに漸減し, 心拍数 40 拍/分の増加時 (60 拍/分と 100 拍/分, および 80 拍/分と 120 拍/分の間) に $p < 0.02$ で有意差を認めた (Fig. 8 右, Table 2).

2) S 最大電位, ΣS の変化: S 最大電位は, 心拍数増加に伴い電位が漸増する傾向を示したが有意差はなかった (Fig. 9 上, Table 3). ΣS は

Table 2. Potential changes of peak R voltages with the change of heart rate

Heart Rate (beats/min)	60	80	100	120	140
Maximum of peak R voltages (mV)	1.9±0.4	1.7±0.5*	1.7±0.7*	1.4±0.7	1.3±0.8
ΣR (mV)	35.1±4.5	32.5±4.0	33.1±4.2	30.7±7.0	28.3±7.8
ΣR in anterior chest (mV)	5.9±1.4	6.0±2.1	5.9±2.0	5.7±2.9	6.0±4.1
ΣR in left lateral chest (mV)	9.1±2.8	8.0±3.2**	7.7±3.2	6.1±3.1	4.9±3.4

(Mean±SD * : P<0.05 paired t test
** : P<0.02)

ΣR = sum of peak R voltage of 87 lead points
 ΣR in anterior chest = sum of peak R voltages of 6 lead points in the left anterior chest including leads V_{2-4}
 ΣR in left lateral chest = sum of peak R voltages of 6 lead points in the left lateral chest including leads V_{5-6}

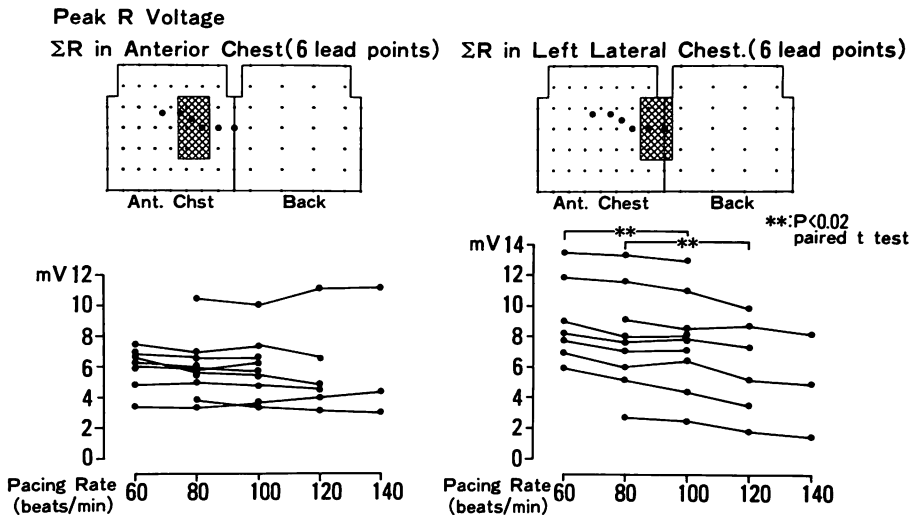


Fig. 8. The potential changes of ΣR in two body surface areas at 20-beat increments of heart rate (n=9).

ΣR in the anterior chest (left) is the sum of peak R voltages of six lead points in the left anterior chest including leads V_{2-4} and ΣR in the left lateral chest (right) is the sum of those in the left lateral chest including leads V_{5-6} .

有意な変化を示さなかった (Fig. 9 下, Table 3).

S 電位の差の電位図では, S 電位は V_4 を中心とする左前胸部で最も大きく変化することが示されたので, V_{2-4} を含む左前胸部より 6 誘導点を選び, その S 電位の和 (左前胸部の ΣS , ΣS in

anterior chest) の心拍数変化による電位変化を検討した. 左前胸部の ΣS は心拍数の増加とともに漸減し, 心拍数の 40 拍/分の増加時 (60 拍/分と 100 拍/分, および 80 拍/分と 120 拍/分の間)に, $p<0.1$ で, 電位が増大する傾向を認めた (Fig. 10,

Table 3. Potential changes of nadir S voltages with the change of heart rate

Heart Rate (beats/min)	60	80	100	120	140
Minimum of nadir S voltages (mV)	-1.7±0.9	-1.6±0.8	-1.6±0.8	-1.7±0.9	-2.0±1.3
ΣS (mV)	-33.6±10.4	-32.3±10.4	-31.9±10.4	-31.2±12.0	-34.8±17.3
ΣS in anterior chest (mV)	-7.3±4.1	-7.1±4.0	-7.4±4.0	-7.8±4.8	-9.6±6.6

(Mean±SD)

ΣS= sum of nadir S voltages of 87 lead points

ΣS in anterior chest= sum of nadir S voltages in the left anterior chest including leads V₂₋₄

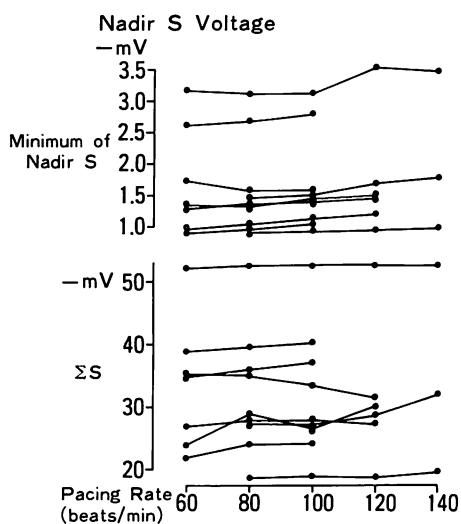


Fig. 9. The potential changes of the minimum of nadir S voltages and ΣS at 20-beat increments of heart rate (n=9).

**Nadir S Voltage
ΣS in Anterior Chest(6 lead points)**

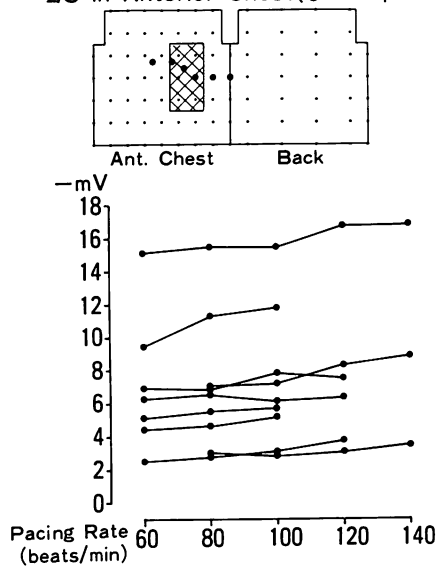


Fig. 10. The potential changes of ΣS in the anterior chest at 20-beat increments of heart rate (n=9).

ΣS in the anterior chest is the sum of nadir S voltages of 6 lead points in the left anterior chest including leads V₂₋₄.

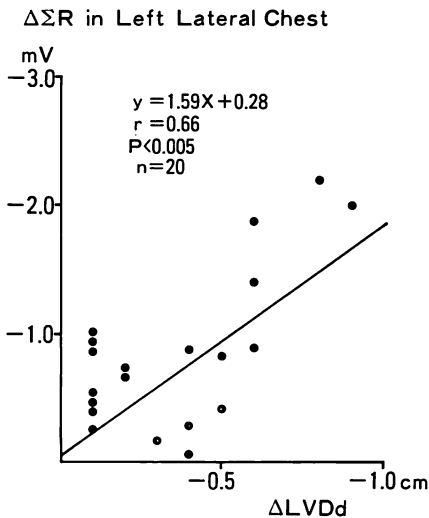


Fig. 11. The relationship between the changes of ΣR in the left lateral chest and those of LVDd.

Table 3).

3. 左側胸部の ΣR と LVDd の関係

前2項より, 心エコー図の指標の LVDd と体表面心電図の左側胸部の ΣR は, 心拍数の変化を鋭敏に反映した. Fig. 11 は LVDd の減少度 ($\Delta LVDd$) と左側胸部の ΣR の減少度 ($\Delta \Sigma R$ in left lateral chest) との関係を示したものであるが, 両者の間には有意な正相関を認めた ($r=0.66, p<0.005$).

考 察

体表面心電図の R 電位, S 電位は心起電力の大きさを反映しており, 心室肥大や心筋壊死に伴う心起電力の増減を表わす指標として, 心疾患の診断上, 重要視されている. しかし電位の大きさは, 心表面と記録電極との距離や, 肺とか皮下組織の電気伝導度など, 心起電力以外の因子¹¹⁾により大きく影響され, 体位¹²⁾や呼吸¹³⁾などで電位が著しく変化することが知られている. このような電位変化は心拍数が変化した時にもみられ, 日常臨床でも, 頻脈発作時や心房細動の心電図などで, 電位が変動することがしばしば観察されてい

る. しかし心拍数が変化した時の電位変化を定量的に評価した報告はなく, またその機序についての検討もなされていない.

今回の我々の成績は, 心拍数を変化させた時の体表面心電図の電位変化が, 主として心臓の大きさの変化によって起こっていることを示唆し, 特に左側胸部の R 電位は, 左室拡張終期径の変化を反映している.

心拍数の変化と心臓の大きさの変化との関係については, De Maria ら¹⁾の正常人での詳細な報告がある. 彼らは心房ペースメーカーを用いて心拍数を増加させると左室径が減少し, 左室壁厚が増大することを認めた. 我々の成績でも, 心拍数の増加とともに左室拡張終期径は漸減し, もとの心拍数に対しそれぞれ 20 拍/分の増加で有意差が認められた. また統計的には有意ではなかったが, 心拍数増加によって左室拡張終期径が漸減するのに従い, 左室後壁が前胸壁に接近する傾向を認めた.

一方, 心拍数が増加することによって, 体表面心電図の電位も大きく変化した. 体表面 87 誘導点の中の R 最大電位は心拍数増加とともに漸減し, もとの心拍数に対しそれぞれ 40 拍/分の増加で有意な減高を認めた. しかし, 体表面 87 誘導点の R 電位の和 (ΣR) には有意な変化がみられず, 電位変化が体表面で一様でないことを示しており, このことは差の電位図で電位変化の分布を検討することにより明らかである. そこで, 差の電位図で最も大きな減高を認めた V_{5-6} を含む左側胸部の領域の 6 誘導点を選び, その R 電位の和を求めてみた. 複数誘導点の電位の和を求めた理由は, 心拍数の変化により左室径が変化すると, 記録電極と心表面との位置関係が変わることが予想され, ある領域での電位変化を検討することにより, みかけ上の変化をできるだけ避けるためである. この結果, 左側胸部の 6 誘導点の R 電位の和は, R 最大電位よりも鋭敏に心拍数の変化を反映し, その減少度は, 左室拡張終期径の減少度とを反映していることが分った.

S 最大電位, 87 誘導点の S 電位の和 (ΣS) は, 心拍数増加により有意な変化を示さなかったが, 差の電位図で最も電位変化の大きかった V_{2-4} を含む左前胸部より選んだ 6 誘導点の S 電位の和で検討すると, もとの心拍数より 40 拍/分 ほどの増加で電位が増高する傾向を認めた.

左室容積と心電図の電位との関係については, Brody⁹⁾ 以来, 数々の報告がなされている. Lekven ら⁶⁾は動物実験において, 左室径が小さくなると心内膜電位が増高すると報告している. Battler ら⁸⁾も同じく動物実験において, 左室径が減少するにつれて心内膜電位が増高するが, 心外膜電位には有意な変化がみられず, 体表面心電図の電位は逆に減高することを観察した. 彼らはこの結果から, 体表面心電図の電位変化が主として心電図の記録部位と心表面との距離の変化によると推測した. つまり, 左室容積が小さくなることにより左室径が減少すれば, 心臓は前縦隔と横隔膜で固定されているため, 左室側壁の心表面は左側胸壁より遠ざかり, 左室後壁の心表面は前胸壁に接近することが予想される. 体表面心電図の電位は主として心外膜電位を反映していると思われるので, 今回の我々の成績で示されたように, 心拍数増加時に左側胸部で R 電位が減高し, その減高の度合が左室拡張終期径の減少の度合とよく相関したことから, この R 電位の減高は, 左室径が減少することにより, 体表面上の記録電極と左室側壁心表面との距離が遠ざかったことで説明できる.

また, 左前胸部の S 電位の増高は, この電位が一部は左室後壁において背部へ向かう興奮を反映しており, 左室径が小さくなった結果, 左室後壁が前胸壁に接近した結果とみることができる.

以上のごとく, 心拍数が増加した時の電位変化は左室径の変化と関連することが認められた. そして左室径が変化することによって, 心表面と体表面上の記録電極との距離が変化することが, この電位変化の機序である可能性が示唆された. 今回の成績は, 検査中を通じて, 超音波心断層図で

左室壁運動異常がない時の電位変化を検討したものである. 最近, 虚血性心疾患を診断するうえで運動負荷試験やペースメーカーを利用した狭心痛誘発試験¹⁴⁾が広く行われるようになり, その診断精度を高めるために, 心電図の ST 変化のみでなく, R 電位の変化も指標として用いられるようになってきた^{9,10,15)}. 今回の成績に基づき, 左室壁運動異常が存在または新たに出現した時の心電図の電位変化を検討することが, 今後, 虚血心を診断するうえで有用であると思われる.

要 約

レート可変型心房ペースメーカーを装着した洞機能不全症候群患者 9 例 (男性 3 例, 女性 6 例, 年齢 53~72 歳, 平均 59.2 歳) を対象として, 心拍数変化が体表面心電図の電位に及ぼす影響について検討した. 心拍数を 60 拍/分 から 140 拍/分まで 20 拍/分 ごと増加させ, 各心拍数において体表面心臓電位分布図 (電位図, map) および M モード心エコー図を記録し, R および S 波の電位変化と左室径の変化とを定量的に評価した. さらに両者の関係から, 電位変化の機序につき考察を加えた.

1. 左室拡張終期径は心拍数増加とともに漸減し, 心拍数 80 拍/分と 100 拍/分 および 100 拍/分と 120 拍/分 の間で, $p < 0.05$ の有意な減少を認めた (Table 1). また左室拡張終期径の減少に伴って, 統計的には有意ではなかったが, 左室後壁が前胸壁に接近する傾向を示した. 左室壁厚には有意な変化を認めなかった.

2. 心拍数増加とともに, R 電位は左側胸部を中心に減高し, S 電位は左前胸部を中心に増高した. V_{5-6} を含む左側胸部の 6 誘導点の R 電位の和 (左側胸部の ΣR) は心拍数増加とともに漸減し, 心拍数 60 拍/分と 100 拍/分 および 80 拍/分と 120 拍/分 の間で, $p < 0.02$ の有意な減少を認めた (Table 2).

一方, V_{2-4} を含む左前胸部の 6 誘導点の S 電位の和 (左前胸部の ΣS) は心拍数増加とともに漸増

する傾向を示した (Table 2).

3. 左側胸部の ΣR の減少の度合と左室拡張終期径の減少の度合との間には, $r=0.66$, $p<0.005$ で, 有意な正相関が認められた.

以上より, 心拍数増加時の体表心電図の電位変化は左室拡張終期径の変化とよく相関し, 左側胸部の R 電位が左室拡張期径の変化を鋭敏に反映することが示された. この電位変化の機序として, 左室径が小さくなることにより, 一部には, 左室側壁心表面と体表面上の記録電極との距離が遠ざかることが関与していると思われた.

文 献

- 1) DeMaria AN, Neumann A, Schubart PJ, Lee J, Mason DT: Systematic correlation of cardiac chamber size and ventricular performance determined with echocardiography and alterations in heart rate in normal persons. *Am J Cardiol* **43**: 1, 1979
- 2) Higgins CB, Vatner SF, Franklin D, Braunwald E: Extent of regulation of the heart's contractile state in the conscious dog by alteration in the frequency of contraction. *J Clin Invest* **52**: 1187, 1973
- 3) Brody DA: A theoretical analysis of intracavitary blood mass influence on the heart lead relationship. *Circulat Res* **4**: 731, 1956
- 4) Voukydis PC: Effect of intracardiac blood on the electrocardiogram. *N Engl J Med* **291**: 612, 1974
- 5) Talbot S, Kilpartrick D, Jonathan A, Raphael MJ: QRS voltage of the electrocardiogram and Frank vectorcardiogram in relation to ventricular volume. *Br Heart J* **39**: 1109, 1977
- 6) Lekven J, Chatterjee K, Tyberg JV, Stowe DF, Mathey DG, Parmley WW: Pronounced dependence of ventricular endocardial QRS potentials on ventricular volume. *Br Heart J* **40**: 891, 1978
- 7) Hoberg E, Lemke R, Klaus D: Evaluation of R-wave amplitude during left ventricular volume changes in normal adults. *Z Kardiol* **71**: 544, 1982
- 8) Battler A, Froelicher VF, Gallagher KP, Kumada T, Mchknw D, Kemper WS, Ross J: Effects of changes in ventricular size on regional and surface QRS amplitudes in the conscious dog. *Circulation* **62**: 174, 1980
- 9) Bonoris PE, Greenberg PS, Christison GW, Castellanet MJ, Ellestad MH: Evaluation of R wave amplitude changes versus ST-segment depression in stress testing. *Circulation* **57**: 904, 1978
- 10) Bonoris PE, Greenberg PS, Castellanet MJ, Ellestad MH: Significance of changes in R wave amplitude during treadmill stress testing: angiographic correlation. *Am J Cardiol* **41**: 846, 1978
- 11) Rudy Y, Wood R, Plonsey R, Liebman J: The effect of high lung conductivity on electrocardiographic potentials. *Circulation* **65**: 440, 1982
- 12) Einthoven W, Fahr G, de Waart A: On the direction and manifest size of the variations of potential in the human heart and on the influence of the position of the heart on the form of the electrocardiogram. *Am Heart J* **40**: 163, 1950
- 13) Simonson E, Nakagawa K, Schmitt OH: Respiratory changes of the spatial vectorcardiogram recorded with different lead systems. *Am Heart J* **54**: 919, 1957
- 14) Bourdillon PD, Lorell BH, Mirsky I, Paulus WJ, Wynne J, Grossman W: Increased regional myocardial stiffness of the left ventricle during pacing-induced angina in man. *Circulation* **67**: 316, 1983
- 15) Takenaka K, Sakamoto T, Inoue H, Amano K, Hada Y, Yamaguchi T, Ishimitsu T, Uchiyama I, Kawahara T, Murayama M, Mashima S, Muraio S: Pacing echocardiography: regional wall motion, left ventricular dimension and R wave amplitude in patients with angina pectoris. *Jpn Heart J* **23**: 1, 1982