

# Beta-Adrenergic Blockade(l-propranolol)投与による 心電図, ベクトル心電図の変化に関する研究

岡山大学医学部第一内科教室 (主任: 長島秀夫教授)

川 崎 智 子

(昭和55年11月12日受稿)

**Key words:** propranolol, vectorcardiogram,  
nonspecific T wave change, QT interval,  
ventricular gradient

## 緒 言

心筋虚血により心電図の再分極相を表現する ST・T 波の変化が起こることはよく知られている。しかし虚血性心疾患以外でも、種々の原因により ST・T 変化は生じ<sup>1)~5)</sup>、これらを鑑別することは臨床的にも重要である。そのうちで交感神経緊張亢進も ST・T 変化をきたす主要な一因である<sup>6)</sup>。Furberg<sup>7)</sup>, Yanowitz<sup>8)</sup>, Behar<sup>9)</sup> らはヒトや実験動物で交感神経の刺激あるいは遮断試験を行ない、心電図 (以下 ECG), ベクトル心電図 (以下 VCG) の変化の検討を行なっているが詳細は未だ不明である。

そこで著者はヒトの ECG・VCG における交感神経の関与および虚血性心疾患との鑑別診断法としての応用について検討する目的で、健康者、若年性 T 波を示すものおよび虚血性心疾患などを対象に交感神経  $\beta$  遮断剤である propranolol<sup>10)~12)</sup> を投与し検討した。

## 対象と方法

対象は岡山大学医学部附属病院第一内科ならびに関連医療機関の職員および受診患者で、年齢は21歳から70歳までの男女計179名である。そのうちで電解質異常例、特殊な薬剤の服用例、極端な肥満者、脚ブロック、右室肥大および不整脈などを有するものは除外した。

これらの対象を、臨床診断と心電図所見により表1のように分類した。すなわち健康者を

Table 1. Classification of subjects by clinical diagnosis and electrocardiographic findings.

| 群   | 臨 床 診 断 | 心 電 図 所 見               |
|-----|---------|-------------------------|
| I   | 健 常     | a 全胸部誘導陽性 T 波           |
|     |         | b 右側胸部誘導陰性 T 波          |
| II  | 神経循環無力症 | a 全胸部誘導陽性 T 波           |
|     |         | b 右側胸部誘導陰性 T 波          |
| III | 虚血性心疾患  | a 左側胸部誘導虚血性 T 変化        |
|     |         | b 上記所見および右側胸部誘導陰性 T 波   |
|     |         | c <sub>1</sub> 前壁中隔心筋梗塞 |
|     |         | c <sub>2</sub> 下壁心筋梗塞   |
| IV  | 高血圧症    | 1 コントロール良好 左室肥大         |
|     |         | 2 コントロール不良 左室肥大         |

- group I -a: healthy controls with positive T waves in all precordial leads
- group I -b: healthy controls with negative T waves in right precordial leads, so-called persistent juvenile T wave pattern
- group II -a: patients of neurocirculatory asthenia(NCA) with positive T waves in all precordial leads
- group II -b: patients of NCA with negative T waves in right precordial leads
- group III -a: patients of ischemic heart disease(IHD) with ischemic T wave changes in left precordial leads
- group III -b: patients of IHD with negative T waves in right and ischemic T waves in left precordial leads

- group III-c<sub>1</sub>: patients of antero-septal myocardial infarction  
 group III-c<sub>2</sub>: patients of inferior myocardial infarction  
 group IV-1: patients of well-controlled hypertension with electrocardiographic findings of left ventricular hypertrophy(LVH)  
 group IV-2: patients of insufficiently controlled hypertension with LVH.

I, 神経循環無力症をII, 虚血性心疾患をIII, 高血圧症例をIV群とした。さらに心電図所見により, I およびII群の中で胸部誘導のすべてが陽性T波を示す例をa, V<sub>1</sub>を含めて右側胸部誘導に陰性T波を有する例(いわゆる成人における若年性T波型)をbと細分類した。III群の中でIII-a群は右側胸部誘導に陽性T波を, 左側胸部誘導に虚血性ST・T変化を有する例で, III-b群は右側胸部誘導に陰性T波, 左側胸部誘導に虚血性T変化を有する例で, 胸部誘導がすべて陰性T波を示す例は含まれていない。虚血性心疾患(III)群のIII-C群は心筋梗塞群で, III-C<sub>1</sub>群は前壁中隔梗塞, III-C<sub>2</sub>は下壁梗塞である。IV群は高血圧症であり全例がQRS波高電位を有し, かつ木村<sup>13)</sup>の左室肥大判定基準のいずれかを満たし, 右側胸部誘導のT波は陽性である。そのうち検査前1ヵ月間の血圧が収縮期圧160mmHg, 拡張期間95mmHg未満のものをコントロール良好(VI-1), それ以上のものを不良群(IV-2)と細分類した。

以上の対象の年齢, 性別の例数は表2のごと

Table 2. Distribution of the number and age of studied cases.

| group |                | male         | female      | total        |
|-------|----------------|--------------|-------------|--------------|
| I     | a              | n=19 (42±10) | n=5 (45±10) | n=24 (42±11) |
|       | b              | 4 (39±8)     | 21 (42±16)  | 25 (42±15)   |
| II    | a              | 3 (31±9)     | 9 (52±13)   | 12 (47±16)   |
|       | b              | 3 (44±17)    | 8 (57±12)   | 11 (53±15)   |
| III   | a              | 16 (60±9)    | 13 (58±10)  | 29 (59±9)    |
|       | b              | 2 (68±1)     | 26 (56±12)  | 28 (57±12)   |
|       | c <sub>1</sub> | 12 (56±11)   | 5 (55±14)   | 17 (56±12)   |
|       | c <sub>2</sub> | 7 (56±10)    | 0           | 7 (56±10)    |
| IV    | 1              | 10 (43±9)    | 6 (58±10)   | 16 (49±12)   |
|       | 2              | 7 (58±10)    | 3 (66±3)    | 10 (61±8)    |
| total |                | 83 (50±14)   | 96 (52±15)  | 179 (51±14)  |

n: the number of cases studied

( ): mean age ± SD, group: see Table 1.

くである。すなわちI-a群は男性が, I-b群は女性が多く, それぞれほぼ80%を占めた。I群の平均年齢はa, bともに42歳で他の群より10~20歳若かった。II-a, II-b群とも女性の方が多かった。III-b群は女性が90%を占めIII-c群は男性の方が多かった。IV-2の平均年齢はIV-1群より約10歳高齢であった。

検査方法は, 空腹時に標準12誘導心電図およびFrank法ベクトル心電図を記録した後, l-propranolol 10mgを経口投与し, 30分, 60分, 90分後にECG, VCG検査を繰り返し, また投与前と投与60分後に採血し, 血清カリウムの測定を行った。ECG, VCGの記録は仰臥位で浅い呼吸時に行ない, 装置はフクダ電子株式会社製三要素直記式心電計DU-3S, 同社製メモリー式ベクトル心電計VA-3Fを用いた。ECGは感度1mV=10mm, 紙送り速度25mm/secとし, II誘導は50mm/secでも記録し, QT時間を計測した。またT波が0.1mV未満の誘導は1mV=20mmでも記録した。VCGはメモリーした同一心拍のQRS, T環およびT環を記録した。これらを印画紙に拡大, 焼付し計測した。計測の項目および方法はベクトル心電図研究会<sup>14)</sup>の取り決めに従った。なお一部の症例では, メモリーしたVCGと同一心拍のFrank誘導のスカラ心電図を併記し, 各誘導のventricular gradientを計測し, 空間および各面における大きさ, 方向を算出した。

## 成 績

propranolol投与による経時的変化は, 投与30分後では最も少なく, 変化を示すものは投与60分後には明らかとなり, その約半数は投与90分後にも明確な変化を示した。また著明に変化した数例については投与120分後も検査したが, いずれも投与90分後に比し変化は減少した。以上より, 個々の症例ごとに最大の変化を生じた時点を調べ, その検査時点に得られた各項目の数値を, propranolol投与後の値として用いた。いづれの群にも重篤な副作用を呈する症例はなかった。

1. RR, PQ, QT 間隔, QTc および心拍数の変化(表3)

propranolol投与前の心拍数では, 50/分以下

Table 3. Effect of propranolol on heart rate, RR, PQ, QT and rate-corrected QT intervals (QT/ $\sqrt{RR}$ ).

| group |                | Heart rate $\frac{\text{beat}}{\text{min}}$ |               | R-R sec            |                      | P-Q sec            |                      | Q-T sec            |                      | QT/ $\sqrt{RR}$      |                        |
|-------|----------------|---------------------------------------------|---------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
|       |                | before                                      | after         | before             | after                | before             | after                | before             | after                | before               | after                  |
| I     | a              | 65 $\pm$ 11                                 | 59 $\pm$ 7**  | 0.94<br>$\pm$ 0.14 | 1.05**<br>$\pm$ 0.14 | 0.16<br>$\pm$ 0.03 | 0.17**<br>$\pm$ 0.03 | 0.38<br>$\pm$ 0.03 | 0.39*<br>$\pm$ 0.03  | 0.398<br>$\pm$ 0.025 | 0.380**<br>$\pm$ 0.022 |
|       | b              | 70 $\pm$ 9                                  | 61 $\pm$ 7**  | 0.87<br>$\pm$ 0.11 | 1.00**<br>$\pm$ 0.12 | 0.16<br>$\pm$ 0.03 | 0.17**<br>$\pm$ 0.03 | 0.38<br>$\pm$ 0.03 | 0.39*<br>$\pm$ 0.03  | 0.405<br>$\pm$ 0.023 | 0.385**<br>$\pm$ 0.030 |
| II    | a              | 76 $\pm$ 20                                 | 66 $\pm$ 15** | 0.86<br>$\pm$ 0.25 | 0.98**<br>$\pm$ 0.22 | 0.14<br>$\pm$ 0.02 | 0.15*<br>$\pm$ 0.02  | 0.37<br>$\pm$ 0.05 | 0.38<br>$\pm$ 0.05   | 0.407<br>$\pm$ 0.022 | 0.386**<br>$\pm$ 0.025 |
|       | b              | 75 $\pm$ 8                                  | 65 $\pm$ 8**  | 0.81<br>$\pm$ 0.10 | 0.94**<br>$\pm$ 0.11 | 0.16<br>$\pm$ 0.03 | 0.17<br>$\pm$ 0.02   | 0.36<br>$\pm$ 0.02 | 0.37*<br>$\pm$ 0.02  | 0.402<br>$\pm$ 0.017 | 0.386**<br>$\pm$ 0.017 |
| III   | a              | 69 $\pm$ 13                                 | 61 $\pm$ 10** | 0.90<br>$\pm$ 0.16 | 1.01**<br>$\pm$ 0.16 | 0.16<br>$\pm$ 0.03 | 0.17*<br>$\pm$ 0.03  | 0.38<br>$\pm$ 0.05 | 0.39*<br>$\pm$ 0.05  | 0.402<br>$\pm$ 0.035 | 0.387**<br>$\pm$ 0.037 |
|       | b              | 69 $\pm$ 13                                 | 62 $\pm$ 10** | 0.90<br>$\pm$ 0.15 | 0.99**<br>$\pm$ 0.15 | 0.16<br>$\pm$ 0.02 | 0.17*<br>$\pm$ 0.03  | 0.38<br>$\pm$ 0.04 | 0.40**<br>$\pm$ 0.04 | 0.406<br>$\pm$ 0.022 | 0.396**<br>$\pm$ 0.023 |
|       | c <sub>1</sub> | 69 $\pm$ 12                                 | 63 $\pm$ 12** | 0.90<br>$\pm$ 0.16 | 0.99**<br>$\pm$ 0.18 | 0.15<br>$\pm$ 0.03 | 0.16*<br>$\pm$ 0.03  | 0.36<br>$\pm$ 0.03 | 0.37**<br>$\pm$ 0.03 | 0.384<br>$\pm$ 0.030 | 0.375**<br>$\pm$ 0.031 |
|       | c <sub>2</sub> | 68 $\pm$ 16                                 | 60 $\pm$ 7**  | 0.92<br>$\pm$ 0.15 | 1.02**<br>$\pm$ 0.10 | 0.61<br>$\pm$ 0.01 | 0.17*<br>$\pm$ 0.01  | 0.38<br>$\pm$ 0.05 | 0.40**<br>$\pm$ 0.05 | 0.397<br>$\pm$ 0.029 | 0.396**<br>$\pm$ 0.033 |
| IV    | 1              | 67 $\pm$ 10                                 | 58 $\pm$ 8**  | 0.91<br>$\pm$ 0.13 | 1.06**<br>$\pm$ 0.13 | 0.16<br>$\pm$ 0.02 | 0.16<br>$\pm$ 0.02   | 0.39<br>$\pm$ 0.05 | 0.41*<br>$\pm$ 0.04  | 0.411<br>$\pm$ 0.034 | 0.397**<br>$\pm$ 0.031 |
|       | 2              | 65 $\pm$ 12                                 | 57 $\pm$ 6**  | 0.95<br>$\pm$ 0.15 | 1.06**<br>$\pm$ 0.11 | 0.17<br>$\pm$ 0.03 | 0.18*<br>$\pm$ 0.02  | 0.39<br>$\pm$ 0.03 | 0.39<br>$\pm$ 0.04   | 0.407<br>$\pm$ 0.027 | 0.390**<br>$\pm$ 0.028 |

Values are given in mean  $\pm$  SD of each group.

before: before administration of propranolol.

after: after administration of propranolol.

\* p<0.05, \*\* p<0.01

group: see Table 1.

Table 4. Changes in percentage of heart rate(HR), RR interval(R-R), PQ interval(P-Q), QT interval(Q-T) and rate-corrected QT interval(QTc).

| group |                | $\Delta\%HR$ | $\Delta\%R-R$ | $\Delta\%P-Q$ | $\Delta\%Q-T$ | $\Delta\%QTc$ |
|-------|----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| I     | a              | -9 $\pm$ 9   | +12 $\pm$ 12  | +4 $\pm$ 5    | +2 $\pm$ 5    | -4 $\pm$ 3    |
|       | b              | -12 $\pm$ 6  | +15 $\pm$ 8   | +4 $\pm$ 5    | +3 $\pm$ 5    | -5 $\pm$ 5    |
| II    | a              | -12 $\pm$ 10 | +15 $\pm$ 13  | +5 $\pm$ 7    | +2 $\pm$ 4    | -5 $\pm$ 6    |
|       | b              | -13 $\pm$ 7  | +12 $\pm$ 5   | +5 $\pm$ 7    | +4 $\pm$ 4    | -4 $\pm$ 3    |
| III   | a              | -10 $\pm$ 7  | +12 $\pm$ 9   | +3 $\pm$ 6    | +2 $\pm$ 4    | -4 $\pm$ 4    |
|       | b              | -10 $\pm$ 6  | +11 $\pm$ 8   | +4 $\pm$ 8    | +3 $\pm$ 5    | -2 $\pm$ 5    |
|       | c <sub>1</sub> | -9 $\pm$ 6   | +11 $\pm$ 8   | +4 $\pm$ 6    | +3 $\pm$ 4    | -2 $\pm$ 4    |
|       | c <sub>2</sub> | -10 $\pm$ 9  | +13 $\pm$ 13  | +4 $\pm$ 4    | +5 $\pm$ 7    | 0 $\pm$ 4     |
| IV    | 1              | -14 $\pm$ 9  | +17 $\pm$ 12  | +3 $\pm$ 9    | +4 $\pm$ 6    | -3 $\pm$ 5    |
|       | 2              | -11 $\pm$ 9  | +13 $\pm$ 13  | +7 $\pm$ 7    | 0 $\pm$ 7     | -3 $\pm$ 3    |

Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

または100/分以上の症例はみられなかった。II群は他の群よりやや心拍数が多い傾向がみられた。propranolol投与により各群に共通した変化はRR, PQ, QT間隔の延長およびQTcの減少であった。心拍数はいずれの群も投与により有意に減少したが、極端な徐脈になった症例はみられなかった。これらの変化を百分率で示すと表4のごとくで、心拍数は各群とも平均10%の減少を示したが、その他の項目は5%前後の変化を示すにとどまった。表5に示すように、各項目とRR間隔の変化率とに有意の相関を認めた群は少なかった。

- : decrease, + : increase, group: see Table 1.

Table 5. Correlations between changes in percentage of RR interval(X) and of PQ interval, QT interval and QTc(Y).

| group | Y              | $\Delta\%P-Q$ |       |       | $\Delta\%Q-T$ |       |        | $\Delta\%QT_c$ |       |         |
|-------|----------------|---------------|-------|-------|---------------|-------|--------|----------------|-------|---------|
|       |                | p             | q     | r     | p             | q     | r      | p              | q     | r       |
| I     | a              | 0.06          | 2.29  | 0.16  | 0.31          | -2.24 | 0.84** | -0.09          | -3.38 | -0.40   |
|       | b              | 0.29          | -0.17 | 0.47* | 0.34          | -2.46 | 0.56** | 0.02           | -5.31 | 0.03    |
| II    | a              | -0.67         | 12.24 | -0.48 | -0.09         | 4.57  | -0.12  | -0.17          | -1.78 | -0.26   |
|       | b              | 0.22          | 1.28  | 0.42  | 0.09          | 0.10  | 0.34   | -0.37          | 0.59  | -0.80** |
| III   | a              | -0.12         | 4.21  | -0.19 | 0.14          | -0.10 | 0.32   | -0.21          | -1.14 | -0.45*  |
|       | b              | 0.23          | 1.25  | 0.23  | 0.16          | 1.41  | 0.26   | -0.25          | 0.35  | -0.37   |
|       | c <sub>1</sub> | 0.06          | 2.80  | 0.09  | 0.14          | 1.64  | 0.29   | -0.27          | 0.96  | -0.53*  |
|       | c <sub>2</sub> | 0.13          | 1.84  | 0.39  | 0.35          | 0.57  | 0.65   | -0.10          | 0.95  | -0.34   |
| IV    | 1              | 0.41          | -4.13 | 0.54* | 0.31          | -0.79 | 0.56*  | -0.12          | -1.28 | -0.30   |
|       | 2              | 0.03          | 6.17  | 0.06  | 0.02          | -0.72 | 0.05   | -0.10          | -1.28 | -0.51   |

formula for first order linear regression :

 $Y=pX+q$ 

r : coefficient of correlation

\*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ 

group : see Table 1.

## 2. R波高の変化(表6)

R波高はI-a群のI, aV<sub>R</sub>, I-b群のV<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, II-a群のI, aV<sub>R</sub>, aV<sub>L</sub>, II-b群のII, III-a群のIII, III-b群のV<sub>1</sub>の各誘導において有意の減少を示した。そして表7, 表8に示すごとく, 有意の減少を認めた誘導においてR波およびT波高の変化率と心拍数の変化率との間に有意の相関を認めなかった。

## 3. T波高の変化(表9)

I-a群においてI, II, III, aV<sub>F</sub>, V<sub>2-6</sub>誘導で有意に増高した。この変化はI-b, II-a, II-bおよびIV-1群にも共通して認められた。しかしIII-a, III-c, IV-2群ではこの所見は認められず, III-b群ではI, II, III,

Table 6. Effect of propranolol on amplitude of R wave.

Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

| group | lead           | I              | II             | III            | aV <sub>R</sub> | aV <sub>L</sub> | aV <sub>F</sub> | V <sub>1</sub> | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | V <sub>4</sub> | V <sub>5</sub> | V <sub>6</sub> |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|       |                | B              | A              | B              | A               | B               | A               | B              | A              | B              | A              | B              | A              |
| I     | a              | .60 $\pm$ .27  | .55 $\pm$ .24  | .67 $\pm$ .31  | .65 $\pm$ .30   | .67 $\pm$ .30   | .61 $\pm$ .28   | .69 $\pm$ .25  | .68 $\pm$ .25  | .75 $\pm$ .27  | .73 $\pm$ .27  | .44 $\pm$ .28  | .43 $\pm$ .29  |
|       | b              | .121 $\pm$ .42 | .119 $\pm$ .40 | .101 $\pm$ .59 | .100 $\pm$ .61  | .091 $\pm$ .57  | .087 $\pm$ .54  | .082 $\pm$ .44 | .079 $\pm$ .38 | .083 $\pm$ .32 | .080 $\pm$ .28 | .054 $\pm$ .26 | .053 $\pm$ .25 |
|       | c <sub>1</sub> | .82 $\pm$ .49  | .80 $\pm$ .43  | .56 $\pm$ .48  | .55 $\pm$ .50   | .39 $\pm$ .35   | .39 $\pm$ .33   | .36 $\pm$ .39  | .31 $\pm$ .34  | .34 $\pm$ .24  | .33 $\pm$ .24  | .38 $\pm$ .27  | .37 $\pm$ .28  |
|       | c <sub>2</sub> | -.90 $\pm$ .30 | -.87 $\pm$ .30 | -.83 $\pm$ .38 | -.81 $\pm$ .36  | -.73 $\pm$ .40  | -.68 $\pm$ .35  | -.74 $\pm$ .25 | -.72 $\pm$ .22 | -.71 $\pm$ .35 | -.71 $\pm$ .33 | -.38 $\pm$ .26 | -.37 $\pm$ .25 |
| II    | a              | .22 $\pm$ .18  | .21 $\pm$ .17  | .32 $\pm$ .24  | .32 $\pm$ .23   | .34 $\pm$ .23   | .30 $\pm$ .20   | .41 $\pm$ .24  | .46 $\pm$ .25  | .45 $\pm$ .25  | .45 $\pm$ .23  | .35 $\pm$ .28  | .35 $\pm$ .27  |
|       | b              | 1.04 $\pm$ .50 | 1.03 $\pm$ .46 | .75 $\pm$ .56  | .73 $\pm$ .56   | .62 $\pm$ .48   | .60 $\pm$ .44   | .50 $\pm$ .43  | .48 $\pm$ .38  | .51 $\pm$ .30  | .49 $\pm$ .29  | .42 $\pm$ .24  | .42 $\pm$ .24  |
|       | c <sub>1</sub> | .48 $\pm$ .33  | .48 $\pm$ .34  | .29 $\pm$ .22  | .26 $\pm$ .19   | .28 $\pm$ .28   | .26 $\pm$ .28   | .32 $\pm$ .27  | .30 $\pm$ .26  | .32 $\pm$ .23  | .30 $\pm$ .21  | .28 $\pm$ .12  | .28 $\pm$ .12  |
|       | c <sub>2</sub> | .92 $\pm$ .52  | .92 $\pm$ .50  | .59 $\pm$ .33  | .56 $\pm$ .30   | .60 $\pm$ .35   | .62 $\pm$ .39   | .61 $\pm$ .43  | .62 $\pm$ .43  | .67 $\pm$ .37  | .68 $\pm$ .36  | .79 $\pm$ .82  | .83 $\pm$ .13  |
| III   | a              | 1.18 $\pm$ .58 | 1.18 $\pm$ .58 | .81 $\pm$ .44  | .80 $\pm$ .42   | .83 $\pm$ .40   | .81 $\pm$ .33   | 1.11 $\pm$ .57 | 1.12 $\pm$ .58 | .96 $\pm$ .45  | .94 $\pm$ .45  | 1.04 $\pm$ .24 | 1.05 $\pm$ .28 |
|       | b              | 1.78 $\pm$ .59 | 1.75 $\pm$ .59 | 1.31 $\pm$ .78 | 1.30 $\pm$ .71  | 1.55 $\pm$ .58  | 1.50 $\pm$ .57  | .79 $\pm$ .62  | .82 $\pm$ .60  | 1.48 $\pm$ .57 | 1.48 $\pm$ .58 | .65 $\pm$ .65  | .82 $\pm$ .86  |
|       | c <sub>1</sub> | 1.86 $\pm$ .48 | 1.80 $\pm$ .43 | 1.42 $\pm$ .57 | 1.41 $\pm$ .56  | 1.50 $\pm$ .58  | 1.50 $\pm$ .63  | 1.81 $\pm$ .44 | 1.86 $\pm$ .45 | 1.68 $\pm$ .47 | 1.68 $\pm$ .48 | .70 $\pm$ .70  | .70 $\pm$ .70  |
|       | c <sub>2</sub> | 1.41 $\pm$ .35 | 1.39 $\pm$ .32 | 1.28 $\pm$ .47 | 1.26 $\pm$ .42  | 1.17 $\pm$ .57  | 1.18 $\pm$ .57  | 1.36 $\pm$ .32 | 1.37 $\pm$ .33 | 1.38 $\pm$ .43 | 1.37 $\pm$ .41 | .72 $\pm$ .44  | .75 $\pm$ .43  |
| IV    | 1              | .69 $\pm$ .25  | .68 $\pm$ .25  | .75 $\pm$ .27  | .73 $\pm$ .27   | .44 $\pm$ .28   | .43 $\pm$ .29   | .69 $\pm$ .25  | .68 $\pm$ .25  | .75 $\pm$ .27  | .73 $\pm$ .27  | .44 $\pm$ .28  | .43 $\pm$ .29  |
|       | 2              | .114 $\pm$ .25 | .109 $\pm$ .30 | .138 $\pm$ .46 | .135 $\pm$ .46  | .52 $\pm$ .55   | .50 $\pm$ .52   | .114 $\pm$ .25 | .109 $\pm$ .30 | .138 $\pm$ .46 | .135 $\pm$ .46 | .52 $\pm$ .55  | .50 $\pm$ .52  |
|       | c <sub>1</sub> | -.15 $\pm$ .12 | -.32 $\pm$ .19 | -.48 $\pm$ .18 | -.51 $\pm$ .18  | .65 $\pm$ .32   | .62 $\pm$ .34   | -.15 $\pm$ .12 | -.32 $\pm$ .19 | -.48 $\pm$ .18 | -.51 $\pm$ .18 | .65 $\pm$ .32  | .62 $\pm$ .34  |
|       | c <sub>2</sub> | .58 $\pm$ .32  | .57 $\pm$ .35  | .80 $\pm$ .49  | .87 $\pm$ .50   | .48 $\pm$ .31   | .49 $\pm$ .27   | .58 $\pm$ .32  | .57 $\pm$ .35  | .80 $\pm$ .49  | .87 $\pm$ .50  | .48 $\pm$ .31  | .49 $\pm$ .27  |
| V     | a              | .86 $\pm$ .45  | .85 $\pm$ .44  | .72 $\pm$ .38  | .72 $\pm$ .39   | .31 $\pm$ .18   | .31 $\pm$ .20   | .86 $\pm$ .45  | .85 $\pm$ .44  | .72 $\pm$ .38  | .72 $\pm$ .39  | .31 $\pm$ .18  | .31 $\pm$ .20  |
|       | b              | 1.15 $\pm$ .41 | 1.04 $\pm$ .38 | 2.26 $\pm$ .65 | 2.22 $\pm$ .70  | 2.61 $\pm$ .74  | 2.51 $\pm$ .64  | 1.15 $\pm$ .41 | 1.04 $\pm$ .38 | 2.26 $\pm$ .65 | 2.22 $\pm$ .70 | 2.61 $\pm$ .74 | 2.51 $\pm$ .64 |
|       | c <sub>1</sub> | 2.06 $\pm$ .54 | 2.03 $\pm$ .54 | 2.06 $\pm$ .54 | 2.03 $\pm$ .54  | 2.06 $\pm$ .54  | 2.03 $\pm$ .54  | 2.06 $\pm$ .54 | 2.03 $\pm$ .54 | 2.06 $\pm$ .54 | 2.03 $\pm$ .54 | 2.06 $\pm$ .54 | 2.03 $\pm$ .54 |
|       | c <sub>2</sub> | 2.16 $\pm$ .58 | 2.16 $\pm$ .58 | 2.16 $\pm$ .58 | 2.16 $\pm$ .58  | 2.16 $\pm$ .58  | 2.16 $\pm$ .58  | 2.16 $\pm$ .58 | 2.16 $\pm$ .58 | 2.16 $\pm$ .58 | 2.16 $\pm$ .58 | 2.16 $\pm$ .58 | 2.16 $\pm$ .58 |

unit: mV

B: before administration of propranolol

A: after administration of propranolol

\*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ 

group: see Table 1.

Table 7. Correlations between changes in percentage of RR interval(X) and of amplitude of R wave(Y) in groups with decreased R wave after propranolol.

| group | lead | p               | q     | r      |       |
|-------|------|-----------------|-------|--------|-------|
| I     | a    | I               | -0.26 | -4.30  | -0.27 |
|       |      | aV <sub>R</sub> | -0.07 | -2.82  | -0.12 |
|       | b    | V <sub>1</sub>  | -0.41 | -0.71  | -0.30 |
|       |      | V <sub>2</sub>  | -0.17 | -1.19  | -0.14 |
| II    | a    | I               | -0.21 | -5.03  | -0.28 |
|       |      | aV <sub>R</sub> | -0.37 | 1.21   | -0.54 |
|       |      | aV <sub>L</sub> | -0.04 | -7.93  | -0.04 |
|       | b    | II              | 1.76  | -20.00 | 0.48  |
| III   | a    | III             | 0.19  | -10.67 | 0.08  |
|       | b    | V <sub>1</sub>  | -0.67 | 0.57   | -0.37 |

$$Y=pX+q$$

r: coefficient of correlation

group: see Table 1.

Table 8. Correlations between changes in percentage of amplitude of T wave(X) and of amplitude of R wave(Y) in groups with decreased R wave after propranolol.

| group |   | lead            | p     | q     | r     |
|-------|---|-----------------|-------|-------|-------|
| I     | a | I               | 0.02  | -5.71 | 0.03  |
|       |   | aV <sub>R</sub> | 0.06  | -4.00 | 0.18  |
|       | b | V <sub>1</sub>  | -0.01 | -7.23 | -0.16 |
|       |   | V <sub>2</sub>  | 0.03  | -4.08 | 0.11  |
| II    | a | I               | 0.13  | -9.90 | 0.41  |
|       |   | aV <sub>R</sub> | 0.13  | -5.47 | 0.25  |
|       |   | aV <sub>L</sub> | -0.01 | -8.32 | -0.05 |
|       | b | II              | 0.01  | 0.42  | 0.01  |
| III   | a | III             | -0.03 | -8.38 | -0.11 |
|       | b | V <sub>1</sub>  | 0.02  | -7.06 | 0.05  |

$$Y=pX+q$$

r: coefficient of correlation

group: see Table 1.

Table 9. Effect of propranolol on amplitude of T wave.

Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

| group | lead | I | II       | III      | a V <sub>R</sub> | a V <sub>L</sub> | a V <sub>F</sub> | V <sub>1</sub> | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | V <sub>4</sub> | V <sub>5</sub> | V <sub>6</sub> |          |
|-------|------|---|----------|----------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| I     | a    | B | .21±.06  | .33±.14  | .12±.10          | -.26±.08         | .06±.07          | .22±.12        | .31±.17        | .75±.26        | .83±.30        | .78±.34        | .60±.29        | .39±.17  |
|       |      | A | .23±.06  | .36±.14  | .14±.11          | -.27±.09         | .06±.08          | .25±.13        | .32±.18        | .80±.29        | .90±.30        | .86±.33        | .68±.28        | .45±.18  |
|       | b    | B | .25±.09  | .31±.14  | .06±.12          | -.27±.10         | .10±.08          | .18±.12        | -.13±.07       | .21±.25        | .37±.22        | .45±.23        | .42±.19        | .36±.16  |
|       |      | A | .26±.09  | .34±.17  | .08±.15          | -.30±.12         | .10±.10          | .22±.15        | -.13±.07       | .21±.23        | .41±.22        | .50±.24        | .49±.18        | .41±.15  |
| II    | a    | B | .17±.07  | .23±.15  | .08±.06          | -.19±.09         | .06±.05          | .16±.10        | .18±.13        | .47±.25        | .52±.24        | .43±.22        | .34±.15        | .24±.12  |
|       |      | A | .18±.06  | .25±.15  | .09±.09          | -.20±.10         | .07±.06          | .16±.11        | .22±.15        | .57±.27        | .61±.22        | .57±.20        | .43±.14        | .31±.17  |
|       | b    | B | .17±.08  | .19±.09  | .05±.05          | -.17±.08         | .07±.05          | .09±.06        | -.15±.09       | .13±.23        | .21±.23        | .24±.20        | .24±.16        | .21±.13  |
|       |      | A | .19±.08  | .22±.10  | .04±.04          | -.19±.09         | .09±.05          | .12±.05        | -.12±.06       | .14±.24        | .27±.27        | .32±.22        | .30±.18        | .25±.12  |
| III   | a    | B | .10±.10  | .19±.09  | .09±.10          | -.12±.10         | .01±.09          | .14±.07        | .24±.11        | .54±.23        | .47±.31        | .34±.34        | .23±.27        | .16±.18  |
|       |      | A | .09±.10  | .20±.10  | .10±.11          | -.12±.11         | .01±.09          | .14±.08        | .24±.13        | .56±.26        | .48±.33        | .32±.36        | .23±.27        | .16±.19  |
|       | b    | B | .16±.07  | .19±.09  | .03±.08          | -.17±.08         | .07±.06          | .11±.08        | -.17±.07       | -.03±.19       | .07±.18        | .15±.22        | .23±.20        | .23±.16  |
|       |      | A | .17±.06  | .20±.10  | .05±.08          | -.18±.08         | .07±.06          | .13±.10        | -.15±.08       | .00±.17        | .11±.16        | .16±.17        | .24±.17        | .24±.15  |
|       | c    | B | -.07±.08 | .09±.12  | .14±.08          | +.01±.09         | .09±.07          | .14±.09        | .11±.23        | .01±.45        | -.30±.59       | -.38±.37       | -.30±.22       | .14±.14  |
|       |      | A | -.07±.07 | .09±.12  | .15±.10          | +.02±.09         | .10±.09          | .14±.08        | .11±.24        | .00±.45        | -.31±.58       | -.44±.39       | -.34±.23       | .15±.15  |
|       | c    | B | .11±.10  | -.05±.10 | -.16±.10         | -.10±.17         | .15±.08          | -.09±.08       | .40±.22        | .77±.37        | .74±.36        | .48±.34        | .25±.30        | .63±.22  |
|       |      | A | .10±.10  | -.04±.11 | -.15±.11         | -.14±.28         | .13±.06          | -.09±.08       | .42±.25        | .89±.40        | .81±.37        | .57±.38        | .26±.33        | .86±.20  |
| IV    | 1    | B | .13±.13  | .16±.15  | .05±.14          | -.05±.19         | .05±.12          | .12±.11        | .33±.23        | .70±.28        | .58±.28        | .43±.30        | .28±.26        | .17±.18  |
|       |      | A | .14±.13  | .22±.13  | .07±.13          | -.05±.21         | .04±.12          | .15±.11        | .33±.22        | .70±.32        | .65±.32        | .53±.28        | .36±.23        | .22±.17  |
|       | 2    | B | -.05±.23 | .07±.26  | .12±.15          | +.05±.20         | -.08±.15         | .09±.14        | .30±.19        | .58±.46        | .33±.79        | .13±.82        | -.12±.84       | -.17±.37 |
|       |      | A | -.03±.21 | .08±.26  | .14±.16          | +.03±.20         | -.10±.15         | .09±.16        | .34±.20        | .57±.46        | .35±.85        | .06±.98        | -.10±.77       | -.17±.48 |

unit: mV

B: before administration of propranolol

A: after administration of propranolol

\* p<0.05, \*\* p<0.01

group: see Table 1.

Table 10. Correlation between changes in percentage of RR interval(X) and of amplitude of T wave in lead V<sub>5</sub>(Y).

| group |                | p      | q      | r      |
|-------|----------------|--------|--------|--------|
| I     | a              | 2.43   | -6.58  | 0.88** |
|       | b              | 1.17   | 11.22  | 0.23   |
| II    | a              | -10.02 | 18.27  | -0.40  |
|       | b              | 2.49   | -0.14  | 0.84** |
| III   | a              | -1.05  | 10.85  | -0.18  |
|       | b              | -3.00  | 71.78  | -0.19  |
|       | c <sub>1</sub> | 0.93   | -21.38 | 0.14   |
|       | c <sub>2</sub> | -0.05  | 12.29  | -0.03  |
| IV    | 1              | -0.06  | 71.87  | -0.01  |
|       | 2              | -2.33  | 20.03  | -0.39  |

$$Y=pX+q$$

r: coefficient of correlation

\*\* p&lt;0.01

group: see Table 1.

Table 12. Correlation between changes in percentage of amplitude of T wave in lead aV<sub>F</sub>(X) and of amplitude of T wave in lead V<sub>5</sub>(Y).

| group |                | X<br>Δ%TaV <sub>F</sub> | Y<br>Δ%TV <sub>5</sub> | Y=pX+q |      |        |
|-------|----------------|-------------------------|------------------------|--------|------|--------|
|       |                |                         |                        | p      | q    | r      |
| I     | a              | 18.0±33.4               | 23.5±36.6              | 0.8    | 8.4  | 0.77** |
|       | b              | 23.7±30.0               | 29.0±41.9              | 0.6    | 16.2 | 0.45*  |
| II    | a              | 3.3±27.4                | 37.9±37.8              | -0.7   | 40.3 | -0.52  |
|       | b              | 67.8±116.0              | 66.4±126.7             | 1.0    | -0.8 | 0.91** |
| III   | a              | 9.1±22.2                | -2.1±54.1              | 0.4    | -5.7 | 0.17   |
|       | b              | 18.6±37.2               | 38.7±120.3             | 0.6    | 27.3 | 0.19   |
|       | c <sub>1</sub> | 3.4±13.9                | -11.2±52.5             | -0.5   | -9.3 | -0.14  |
|       | c <sub>2</sub> | 1.2±7.8                 | 11.6±26.7              | -0.6   | 12.3 | -0.17  |
| IV    | 1              | 60.9±72.6               | 70.9±88.9              | -0.1   | 74.6 | -0.10  |
|       | 2              | 30.3±69.8               | -13.2±40.3             | -0.5   | 1.4  | -0.09  |

$$Y=pX+q$$

r: coefficient of correlation

\* p&lt;0.05, \*\* p&lt;0.01

group: see Table 1.

aV<sub>F</sub>誘導でのみT波の増高がみられたが胸部誘導では有意の変化を示さなかった。左側胸部誘導でT波の増加を認めた群の中で、I-aおよびII-b群では表10に示すごとく、T波の変化率とRR間隔の延長率とに有意の相関を示したが、他の群では認められなかった。またV<sub>5</sub>誘導のT波高とR波高の変化率の間にも表11に示すよ

Table 11. Correlation between changes in percentage of amplitude of R wave(X) and of amplitude of T wave(Y) in lead V<sub>5</sub>.

| group |                | p     | q     | r     |
|-------|----------------|-------|-------|-------|
| I     | a              | 1.20  | 25.81 | 0.29  |
|       | b              | 1.16  | 28.89 | 0.29  |
| II    | a              | 1.18  | 37.13 | 0.55  |
|       | b              | 5.49  | 43.28 | 0.34  |
| III   | a              | 0.88  | -4.80 | 0.12  |
|       | b              | 0.58  | 37.53 | 0.06  |
|       | c <sub>1</sub> | -0.33 | -9.14 | -0.06 |
|       | c <sub>2</sub> | 3.07  | 7.89  | 0.67  |
| IV    | 1              | -3.63 | 65.17 | -0.41 |
|       | 2              | -2.22 | -8.35 | -0.47 |

$$Y=pX+q$$

r: coefficient of correlation

group: see Table 1.

うに有意の相関を認めた群はなかった。T波高相互の関係について、共に有意に増高する群の多いaV<sub>F</sub>とV<sub>5</sub>誘導のT波高の高化率についてみると表12に示すごとく、I-a, I-bおよびII-b群で有意の相関を示したが、他の群では認められなかった。

#### 4 胸部誘導のQRS棘波の移行帯 (図1)

QRS棘波の移行帯はV<sub>3</sub>, V<sub>3-4</sub>を中心にV<sub>1-2</sub>からV<sub>5-6</sub>誘導まで分布していたが、propranolol投与によりV<sub>3</sub>からV<sub>3-4</sub>に変化した症例が2例、V<sub>3-4</sub>からV<sub>3</sub>に変化した症例が1例あったのみで、他には変化した症例はみられなかった。

#### 5 空間最大QRS, Tベクトル

空間最大QRSベクトルのX, Y, Z各成分および大きさ (図2), 方位角および仰角 (図3) はいずれもpropranolol投与により有意の変化を示さなかった。空間最大QRSベクトルの大きさの変化と心拍数の変化に有意の相関を示す群も認めなかった (表13)。空間最大TベクトルのX, Y, Z各成分および大きさで図4に示すごとく有意な変化がみられた。すなわちX成分はII-b, IV-1群で有意に

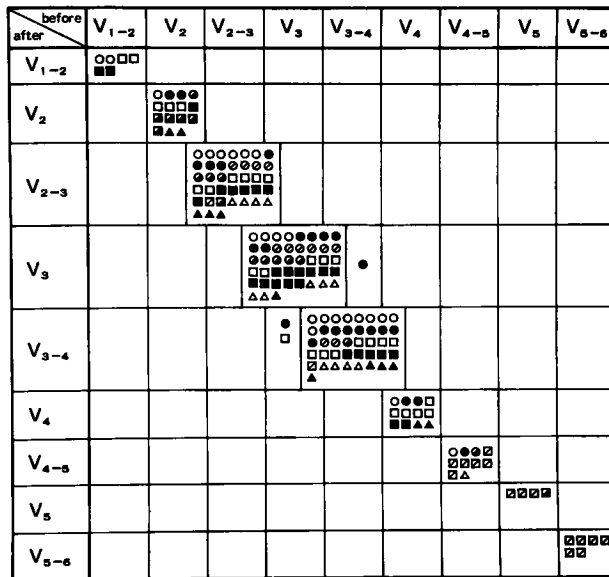


Fig. 1. Effect of propranolol on the transitional zone of QRS in the precordial lead.

before: before administration of propranolol

after: after administration of propranolol

Legends: group I-a: ○, group I-b: ●, group II-a: □, group II-b: ■, group III-a: ◻, group III-b: ◼, group III-c1: ▨, group III-c2: ▩, group VI-1: △, group VI-2: ▲

増加し、I-a, I-b, III-b 群でも増加傾向がみられ、心電図の I 誘導および左側胸部誘導の T 波増高傾向とはほぼ一致した。Y 成分は I-a, I-b, II-b, III-b および IV-1 群で有意に増大し、これらの群の II, III, aV<sub>F</sub> 誘導の T 波が有意に増高することと一致した。Z 成分は I-b, II-a, IV-1 群で有意に増加した。II-a 群の V<sub>2</sub> 誘導の T 波が有意に増加したが、I-b および IV-1 群では V<sub>1</sub> あるいは V<sub>2</sub> 誘導の T 波は変化せず、空間最大 T ベクトルの Z 成分と、V<sub>1</sub> あるいは V<sub>2</sub> 誘導に投影される T 環の大きさとは必ずしも一致しなかった。

以上の各成分から算定した空間最大 T ベクトルの大きさは、I-a, I-b, II-a, II-b, IV-1 群で有意に増大し、これらの群の左側胸部誘導の T 波が有意に増高したと一致した。その他の群では T ベクトルの大きさも、左側胸部誘導の T 波も有意の変化を示さなかった。空間最大 T ベクトルの大きさの変化率と RR 間隔の変化率との相関をみると表 14 に示すごとく、I-a 群で

のみ有意の相関を認め、心拍数の減少に伴い T ベクトルが大きくなる傾向がみられたが、他の群では認められなかった。また空間最大 T ベクトルの大きさの変化は、QRS ベクトルの大きさの変化とは II-a 群を除き有意の相関を示さなかった (表 15)。T ベクトルの大きさの変化と V<sub>5</sub> 誘導の T 波高の変化とは I-a, I-b, II-a 群で有意の相関を示した (表 16)。

空間最大 T ベクトルの仰角は  $\cos^{-1} Y / \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$  で求めたが、図 5 に示すように III-b, IV-1 群で有意の減少を示したが、他の群では有意の変化を認めず、また Y 成分が増大しただけでは、空間最大 T ベクトルの仰角の減少をきたさなかった。

空間最大 T ベクトルの方位角は  $\tan^{-1} Z/X$  で求めたが、図 6 に示すごとく、propranolol 投与により III-b 群で  $-27.6^\circ$  から  $-22.2^\circ$  に有意の変化を示した。しかし他の

群では X あるいは Z 成分が有意に変化した群でも有意な方位角の変化を示さなかった。

空間最大 T ベクトルと QRS ベクトルの大きさの比は図 7 に示すごとく、III-a, III-c1, III-c2 および IV-2 群以外の群では有意に増大し、空間最大 T ベクトルの大きさが増大した群と一致した。III-b 群は T ベクトルも QRS ベクトルも有意の変化を示さなかったが、T/QRS の値は増大した。

空間最大 QRS-T 夾角は I-b 群では有意に減少したが、他の群では有意の変化を認めなかった (図 8)。

## 6. T 環の空間における width, length, width/length (表 17, 図 9)

T 環の 3 平面各々において最大巾と長軸の長さを求め、その中での最大値を空間における width および length とした。width は II-a, III-c1 群で有意に増大し、length は I-a, I-b, II-a, II-b および IV-1 群で有意に増大した。width/

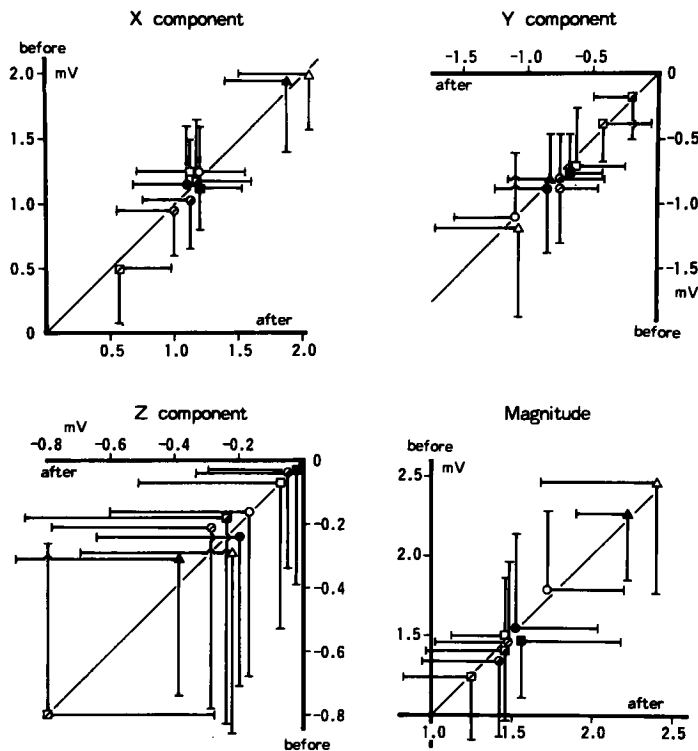


Fig. 2. Effect of propranolol on the X, Y and Z component and magnitude of the spatial maximum QRS vector.

before: before administration of propranolol

after: after administration of propranolol

Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

unit: mV

Symbols: see the legend to Fig. 1.

length は III-c<sub>1</sub> 群を除き他の群は減少する傾向を示した。

関与した投影面は width は最大値が左矢状面および水平面に多く存在し、length は 3 面に分布していた。propranolol 投与により最大値の存在面が変化した症例もみられたが、一定の傾向は図10に示すごとく認められなかった。

#### 7. 水平面における T 環の型

水平面における T 環の型を図11に示すごとく 10 種類に分類、検討した。すなわち 1. 線状、2. 三日月型、3. 半月型、4. 8 字型、5. 棒状、6. 楕円型、7. 滴状、8. 三角型、9. 円型、10. 変型

強度である。open loop はそれぞれの類似型に含めた。いずれの群も propranolol 投与により一定の変化は示さなかった。しかし後述する描記速度、回転方向に変化がほとんど生じなかった事と比較すると、型の変化を生ずる例は多かった。投与前の型では、I-a 群は楕円型をなすものが最も多く、棒状や滴状のものもみられた。I-b 群は楕円型より棒状のものが多かった。II 群は半月型、棒状、楕円型、滴状と種々の型を示した。III 群および IV 群は変型強度のものが多かった。各群の b 群には棒状、線状のものが多い傾向が認められた。

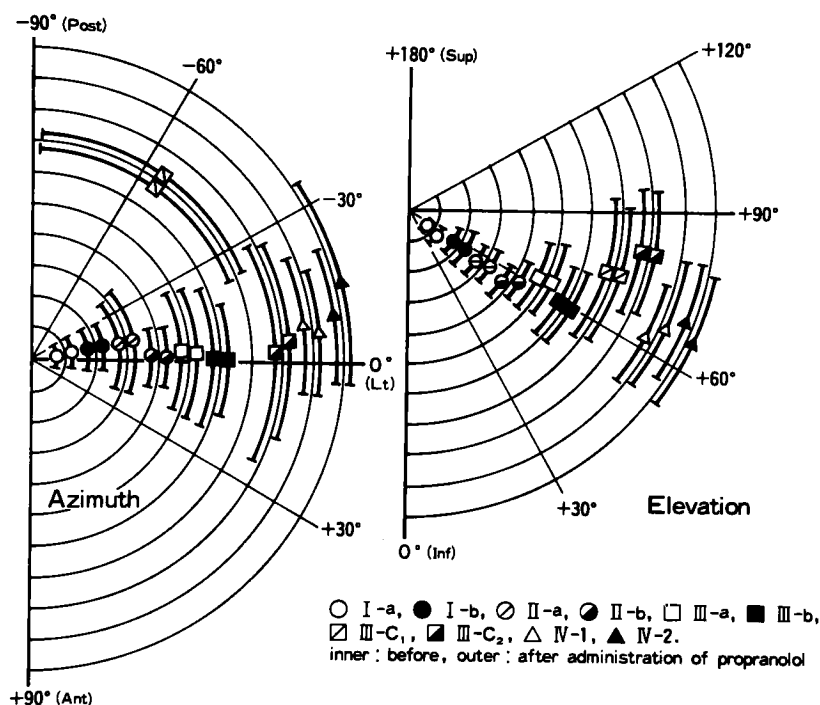


Fig. 3. Effect of propranolol on the azimuth(left) and elevation(right) of the spatial maximum QRS vector.

The inner symbol for each set of paired ones represents the value before administration of propranolol and the outer one after administration of propranolol. Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

unit: degree

Symbols: see the legend to Fig. 1.

## 8. T環の描記速度

水平面におけるT環の描記速度を1.遠心脚が求心脚より緩徐, 2.初期遅延, 3.遠心脚を越えて遅延, 4.全体均一, 5.遠心脚より求心脚が緩徐, 6.不定で途中で速くなったり遅くなったりするもの, の6種類に分類, 検討した(図12). propranolol 投与前にはIおよびII群は全例1に属し, IIIおよびIV群は4, 6が多かった. いずれの群も propranolol 投与により一定の変化を生じなかったが, 6から4に変化したものが4例みられた.

## 9. 水平面におけるT環の回転方向

propranolol 投与により図13に示すごとく, 回転方向に一定の変化は認められなかったが, 線状のものは変化しやすい傾向がみられた. 時

計回転をするものはI-b, III-b, III-c1群に多かった.

## 10. 水平面におけるwidth, length, width/length (表18)

WidthはI-aおよびIV-1群で, lengthはI-a, I-b, II-a, II-bおよびIV-1群で有意に増大し, width/lengthはIII-aおよびIII-b群を除き他の群は減少傾向を示した.

## 11. 水平面における最大TおよびQRSベクトルの方向とT-QRS 夾角 (表19)

propranolol 投与によりQRSベクトルの方向に有意の変化は認められなかったが, TベクトルはII-bおよびIII-b群で左後方からより前方に, III-a群では左前方からより後方へ動くことが有意に認められた. T-QRS 角はII-bで $-22^\circ$ か

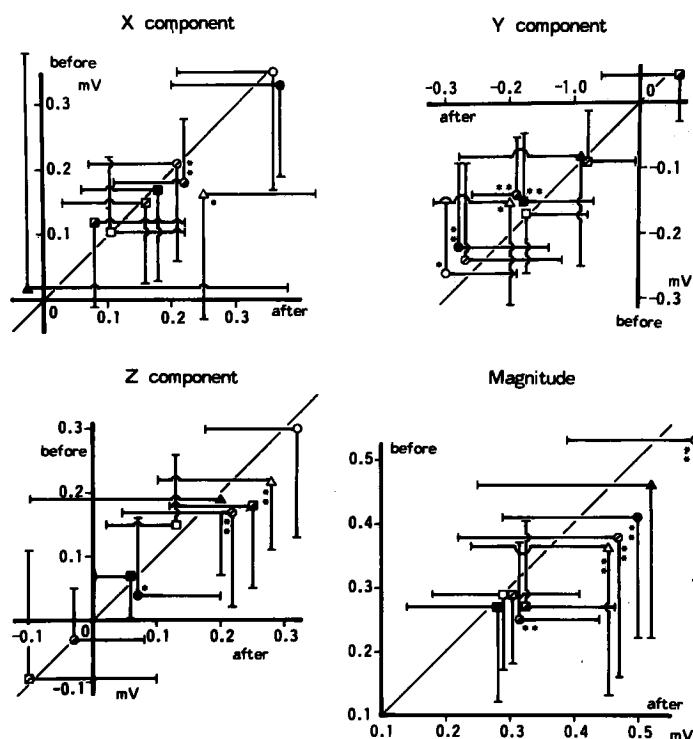


Fig. 4. Effect of propranolol on the X, Y and Z component and magnitude of the spatial maximum T vector.

before: before administration of propranolol

after: after administration of propranolol

Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

unit: mV

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

Symbols: see the legend to Fig. 1.

Table 13. Correlation between changes in percentage of RR interval(X) and of magnitude of spatial maximum QRS vector(Y).

| group |                | p     | q     | r     |
|-------|----------------|-------|-------|-------|
| I     | a              | 0.01  | -1.91 | 0.03  |
|       | b              | -0.07 | 1.06  | -0.07 |
| II    | a              | 0.14  | 0.92  | 0.15  |
|       | b              | -0.92 | 17.98 | -0.22 |
| III   | a              | -0.01 | -2.03 | -0.01 |
|       | b              | -0.16 | 1.32  | -0.15 |
|       | c <sub>1</sub> | 0.04  | -0.64 | 0.05  |
|       | c <sub>2</sub> | 0.57  | -4.26 | 0.31  |
| IV    | 1              | -0.03 | -1.48 | -0.09 |
|       | 2              | -0.03 | -1.03 | -0.05 |

ら $-11^{\circ}$ に有意に変化し、III-a、III-b 群でも減少傾向がみられた。

12. 各 b 群の中で、T 環が propranolol 投与前に左後方に存在していた症例に限定して、水平面における最大 T および QRS ベクトルの大きさと方向および心電図の V<sub>1</sub>誘導における T 波と R 波高について検討した (表 20, 図 14)。

水平面における最大 QRS ベクトルの大きさと方向に有意の変化はみられなかったが、V<sub>1</sub> 誘導

$$Y = pX + q$$

r: coefficient of correlation

group: see Table 1.

Table 14. Correlation between changes in percentage of RR interval(X) and of magnitude of the spatial maximum T vector(Y).

| group |                | p     | q      | r      |
|-------|----------------|-------|--------|--------|
| I     | a              | 2.15  | -7.92  | 0.85** |
|       | b              | 0.87  | 14.03  | 0.29   |
| II    | a              | 0.89  | 30.82  | 0.12   |
|       | b              | 1.66  | 12.44  | 0.43   |
| III   | a              | 0.02  | 3.40   | 0.01   |
|       | b              | 0.70  | 3.03   | 0.21   |
|       | c <sub>1</sub> | -0.48 | 11.72  | -0.13  |
|       | c <sub>2</sub> | 2.45  | 1.23   | 0.59   |
| IV    | 1              | -0.15 | 45.80  | -0.03  |
|       | 2              | 3.54  | -28.91 | 0.34   |

$$Y=pX+q$$

r: coefficient of correlation

\*\* p<0.01

group: see Table 1.

Table 15. Correlation between changes in percentage of magnitude of the spatial maximum QRS vector(X) and of that of T vector(Y).

| group |                | p    | q     | r      |
|-------|----------------|------|-------|--------|
| I     | a              | 0.26 | 19.14 | 0.06   |
|       | b              | 0.19 | 27.35 | 0.06   |
| II    | a              | 3.67 | 26.71 | 0.84** |
|       | b              | 0.40 | 38.23 | 0.22   |
| III   | a              | 0.59 | 4.88  | 0.22   |
|       | b              | 1.01 | 11.62 | 0.33   |
|       | c <sub>1</sub> | 0.55 | 6.93  | 0.11   |
|       | c <sub>2</sub> | 2.34 | 25.45 | 0.36   |
| IV    | 1              | 4.55 | 52.08 | 0.26   |
|       | 2              | 0.48 | 18.47 | 0.07   |

$$Y=pX+q$$

r: coefficient of correlation

\*\* p<0.01

group: see Table 1.

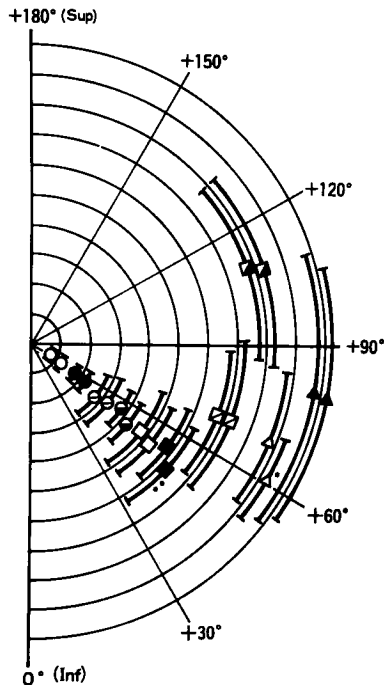


Fig. 5. Effect of propranolol on the elevation of the spatial maximum T vector.

The inner symbol for each set of paired ones represents the value before administratio of propranolol. Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

Table 16. Correlation between changes in percentage of magnitude of the spatial maximum T vector(X) and of amplitude of T wave in lead V<sub>5</sub>(Y).

| group |                | p     | q     | r      |
|-------|----------------|-------|-------|--------|
| I     | a              | 0.97  | 5.41  | 0.89** |
|       | b              | 1.01  | 1.38  | 0.61** |
| II    | a              | 0.44  | 21.24 | 0.58 * |
|       | b              | -0.45 | 84.80 | -0.14  |
| III   | a              | 0.43  | -4.38 | 0.23   |
|       | b              | 0.04  | 1.48  | 0.08   |
|       | c <sub>1</sub> | -0.62 | 2.88  | -0.32  |
|       | c <sub>2</sub> | -0.05 | 13.13 | -0.09  |
| IV    | 1              | 0.60  | 44.83 | 0.46   |
|       | 2              | -0.43 | -3.84 | -0.61  |

$$Y=pX+q$$

r: coefficient of correlation

\* p<0.05, \*\* p<0.01

group: see Table 1.

unit: degree

\* p<0.05, \*\* p<0.01

Symbols: see the legends to Fig. 1.

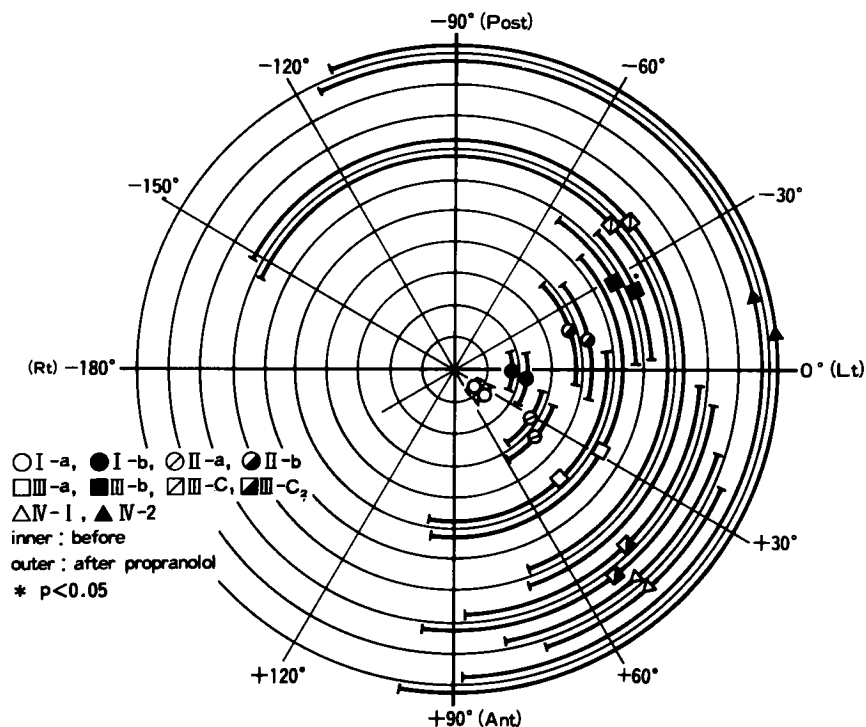


Fig. 6. Effect of propranolol on the azimuth of the spatial maximum T vector.

The inner symbol for each set of paired ones represent the value before administration of propranolol and the outer one after administration of propranolol. Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

unit: degree

\*  $p < 0.05$

Symbols: see the legend to Fig. 1.

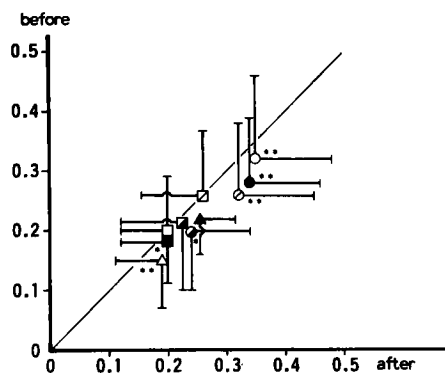


Fig. 7. Effect of propranolol on the spatial maximum T magnitude-to-QRS magnitude ratio.

before: before administration of propranolol

after: after administration of propranolol

Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

Symbols: see the legend to Fig. 1.

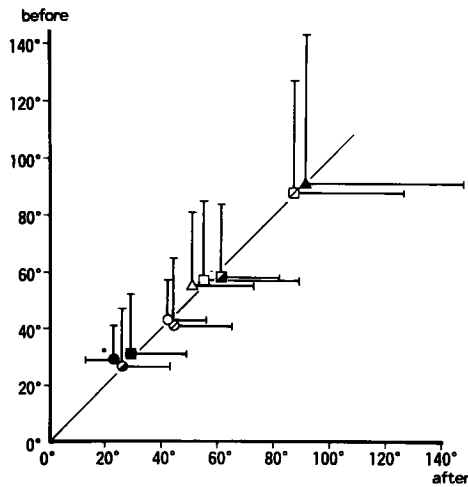


Fig. 8. Effect of propranolol on the spatial QRS-T angle.

before: before administration of propranolol  
after: after administration of propranolol

Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

unit: degree

\*  $p < 0.05$

Symbols: see the legend to Fig. 1.

Table 17. Effect of propranolol on the width, length and width-to-length ratio of the spatial T loop.

| group |                | Width           |                   | Length          |                    | Width/Length    |                    |
|-------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
|       |                | before          | after             | before          | after              | before          | after              |
| I     | a              | 0.15 $\pm$ 0.05 | 0.15 $\pm$ 0.06   | 0.51 $\pm$ 0.21 | 0.54 $\pm$ 0.19 *  | 0.34 $\pm$ 0.15 | 0.30 $\pm$ 0.11    |
|       | b              | 0.07 $\pm$ 0.03 | 0.07 $\pm$ 0.04   | 0.39 $\pm$ 0.17 | 0.48 $\pm$ 0.20 ** | 0.22 $\pm$ 0.12 | 0.16 $\pm$ 0.08 ** |
| II    | a              | 0.19 $\pm$ 0.06 | 0.10 $\pm$ 0.08 * | 0.36 $\pm$ 0.20 | 0.42 $\pm$ 0.20 *  | 0.28 $\pm$ 0.18 | 0.25 $\pm$ 0.12    |
|       | b              | 0.07 $\pm$ 0.03 | 0.07 $\pm$ 0.02   | 0.24 $\pm$ 0.11 | 0.30 $\pm$ 0.11 ** | 0.35 $\pm$ 0.22 | 0.26 $\pm$ 0.12    |
| III   | a              | 0.13 $\pm$ 0.06 | 0.13 $\pm$ 0.06   | 0.29 $\pm$ 0.11 | 0.30 $\pm$ 0.11    | 0.48 $\pm$ 0.17 | 0.47 $\pm$ 0.21    |
|       | b              | 0.06 $\pm$ 0.04 | 0.06 $\pm$ 0.04   | 0.26 $\pm$ 0.15 | 0.27 $\pm$ 0.11    | 0.29 $\pm$ 0.17 | 0.25 $\pm$ 0.14    |
|       | c <sub>1</sub> | 0.16 $\pm$ 0.11 | 0.18 $\pm$ 0.10 * | 0.30 $\pm$ 0.12 | 0.32 $\pm$ 0.12    | 0.53 $\pm$ 0.27 | 0.56 $\pm$ 0.23    |
|       | c <sub>2</sub> | 0.12 $\pm$ 0.05 | 0.11 $\pm$ 0.04   | 0.32 $\pm$ 0.15 | 0.36 $\pm$ 0.14    | 0.42 $\pm$ 0.13 | 0.37 $\pm$ 0.18    |
| IV    | 1              | 0.16 $\pm$ 0.12 | 0.18 $\pm$ 0.11   | 0.37 $\pm$ 0.23 | 0.46 $\pm$ 0.22 ** | 0.48 $\pm$ 0.24 | 0.38 $\pm$ 0.14    |
|       | 2              | 0.20 $\pm$ 0.07 | 0.21 $\pm$ 0.09   | 0.52 $\pm$ 0.22 | 0.58 $\pm$ 0.22    | 0.46 $\pm$ 0.22 | 0.39 $\pm$ 0.13    |

Values were determined by employing the largest width and longest maximum T vector among the three planes. Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

unit: mV

before: before administration of propranolol

after: after administration of propranolol

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

group: see Table 1.

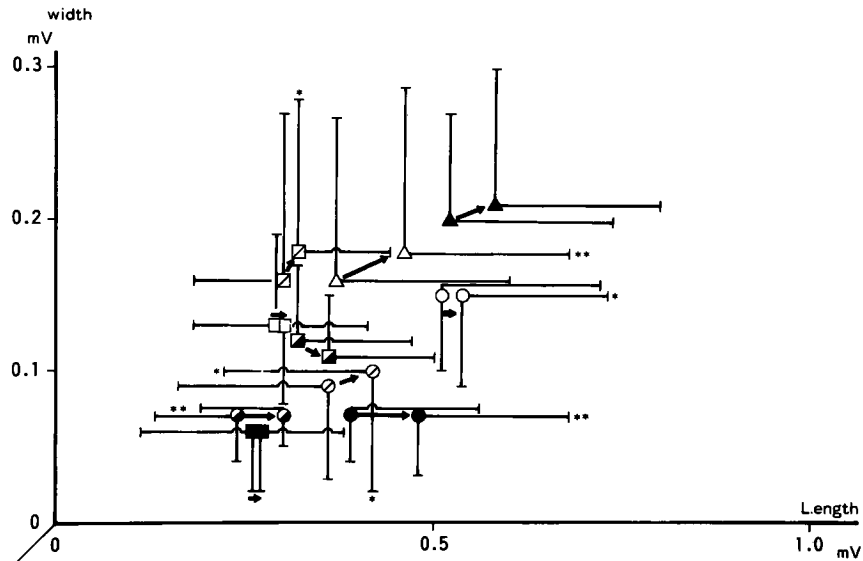


Fig. 9. Effect of propranolol on the width and length of the spatial T loop.

Values were determined by employing the largest width and longest maximum T vector among the three planes. Arrows indicate the direction from the values before administration to those after administration of propranolol. Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

unit: mV

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

Symbols: see the legend to Fig. 1.

| Width  |                                                                                         |                                      |                                                                                                 | Length |                                                        |                                                                                                     |                                                                                             |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| before | LS                                                                                      | F                                    | H                                                                                               | before | LS                                                     | F                                                                                                   | H                                                                                           |
| after  | LS                                                                                      | F                                    | H                                                                                               | after  | LS                                                     | F                                                                                                   | H                                                                                           |
| LS     | ○○○○○○○○<br>○○○○○○●●<br>●●●●●●●●<br>□□□□□□<br>□□□□□□<br>■□■□■□<br>■□■□■□<br>△△△△△△<br>△ | ●□                                   | ●●●●<br>■□■                                                                                     | LS     | ○○○○○○<br>○○○○○○<br>□□□□<br>□□□□<br>△△△△<br>△△△△<br>△△ | □□□△                                                                                                | ■□△△                                                                                        |
| F      | ●□■□                                                                                    | ●●●●●●<br>●●●●●●<br>■□■□■□<br>■□■□■□ | ○●●●■□                                                                                          | F      | ○●●●■□                                                 | ○○○○○○●●<br>○○○○○○●●<br>●●●●●●●●<br>●●●●●●●●<br>□□□□□□<br>□□□□□□<br>■□■□■□<br>■□■□■□<br>△△△△△△<br>△ | ○○○○●●<br>●●●●△<br>●                                                                        |
| H      | ○○○○<br>□□■□<br>△△△<br>△                                                                | ○○●△                                 | ○○○○●●●●<br>●●●●●●●●<br>□□□□□□<br>□□□□□□<br>■□■□■□<br>■□■□■□<br>△△△△△△<br>△△△△△△<br>△△△△△△<br>△ | H      | ○●□□<br>△△■                                            | ○○●△                                                                                                | ○○○○○○<br>○○○○○○<br>■□■□■□<br>■□■□■□<br>■□■□■□<br>■□■□■□<br>△△△△△△<br>△△△△△△<br>△△△△△△<br>△ |

Fig. 10. Changes of the plane contributing to the largest width and length of the spatial T loop following propranolol administration.

before: before administration of propranolol

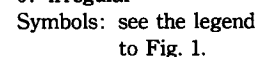
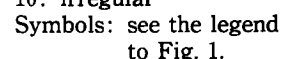
after: after administration of propranolol

LS: left sagittal plane

F: frontal plane

H: horizontal plane

Symbols: see the legend to Fig. 1.



propranolol 投与前の空間 V.G. の大きさ, 方位角および仰角は I-a 群は  $103 \mu\text{Vsec}$ ,  $30^\circ$ ,  $58^\circ$

| A \ B  |     |    |        |   |
|--------|-----|----|--------|---|
|        | CCW | CW | $\ell$ | 8 |
| CCW    |     |    |        |   |
| CW     |     |    |        |   |
| $\ell$ |     |    |        |   |
| 8      |     |    |        |   |

Fig. 13. Effect of propranolol on the rotation of the T loop in the horizontal plane.

B: before administration of propranolol

A: after administration of propranolol

CCW: counterclockwise rotation

CW: clockwise rotation

$\ell$ : linear shape

8: figure of eight

Symbols: see the legend to Fig. 1.

Table 18. Effect of propranolol on the width, length and width-to-length ratio of the T loop in the horizontal plane.

| group |                | Width     |              | Length    |             | Width/Length |             |
|-------|----------------|-----------|--------------|-----------|-------------|--------------|-------------|
|       |                | before    | after        | before    | after       | before       | after       |
| I     | a              | 0.11±0.05 | 0.13±0.07 *  | 0.46±0.22 | 0.50±0.21*  | 0.28±0.14    | 0.27±0.12   |
|       | b              | 0.06±0.03 | 0.05±0.03    | 0.34±0.15 | 0.41±0.18** | 0.19±0.08    | 0.14±0.07** |
| II    | a              | 0.08±0.06 | 0.09±0.07    | 0.28±0.20 | 0.36±0.19** | 0.34±0.17    | 0.27±0.18   |
|       | b              | 0.07±0.02 | 0.06±0.03    | 0.21±0.10 | 0.25±0.09 * | 0.39±0.26    | 0.28±0.18 * |
| III   | a              | 0.10±0.05 | 0.10±0.05    | 0.24±0.11 | 0.24±0.12   | 0.45±0.20    | 0.46±0.22   |
|       | b              | 0.05±0.03 | 0.05±0.03    | 0.22±0.13 | 0.21±0.10   | 0.28±0.24    | 0.29±0.21   |
|       | c <sub>1</sub> | 0.12±0.11 | 0.12±0.12    | 0.29±0.13 | 0.30±0.13   | 0.43±0.31    | 0.39±0.30   |
|       | c <sub>2</sub> | 0.12±0.05 | 0.11±0.04    | 0.32±0.14 | 0.36±0.13   | 0.46±0.16    | 0.34±0.15   |
| IV    | 1              | 0.14±0.10 | 0.18±0.11 ** | 0.34±0.21 | 0.43±0.20** | 0.43±0.20    | 0.40±0.15   |
|       | 2              | 0.16±0.09 | 0.19±0.09    | 0.47±0.24 | 0.50±0.25   | 0.42±0.23    | 0.40±0.19   |

Values are given in mean ± SD for each group.

unit: mV

before: before administration of propranolol

after: after administration of propranolol

\* p<0.05, \*\* p<0.01

group: see Table 1.

Table 19. Effect of propranolol on the maximum T vector, QRS vector and of the T-QRS angle in the horizontal plane.

| group |                | T vector    |              | QRS vector |            | T-QRS angle |              |
|-------|----------------|-------------|--------------|------------|------------|-------------|--------------|
|       |                | before      | after        | before     | after      | before      | after        |
| I     | a              | 43.8±17.1   | 41.7±13.9    | -5.4±24.7  | -4.0±20.7  | 48.8±26.2   | 46.5±24.4    |
|       | b              | 2.0±20.9    | 7.3±14.5     | -11.0±22.2 | -9.0±21.2  | 13.0±34.9   | 16.3±28.7    |
| II    | a              | 36.3±21.0   | 40.5±17.5    | -13.7±25.4 | -14.3±24.5 | 50.0±37.2   | 54.8±29.7    |
|       | b              | -21.2±29.3  | -11.5±25.3** | -0.8±12.4  | -0.6±14.3  | -22.0±38.9  | -10.8±34.5** |
| III   | a              | 59.0±27.9   | 53.0±27.8*   | -6.8±36.4  | -8.2±34.0  | 61.1±43.1   | 55.1±37.5    |
|       | b              | -28.0±26.8  | -24.4±20.0*  | -3.6±16.7  | -3.8±17.5  | 33.5±31.6   | 28.6±28.9    |
|       | c <sub>1</sub> | -39.1±111.4 | -36.4±111.2  | -57.4±33.3 | -58.2±33.0 | 18.4±121.1  | 21.1±121.3   |
|       | c <sub>2</sub> | 58.9±41.4   | 65.4±47.7    | 3.1±24.6   | 5.3±23.2   | 55.7±47.3   | 60.1±47.7    |
| IV    | 1              | 51.9±35.0   | 54.9±28.1    | -15.0±25.0 | -14.2±24.7 | 66.9±50.4   | 69.1±42.0    |
|       | 2              | 25.4±105.6  | 20.4±102.1   | -15.1±23.8 | -21.0±22.1 | 40.7±118.5  | 42.6±113.4   |

Values are given in mean ± SD for each group.

unit: degree

before: before administration of propranolol

after: after administration of propranolol

\* p<0.05, \*\* p<0.01

group: see Table 1.

Table 20. Effect of propranolol on the maximum magnitude and direction of T and QRS vectors in the horizontal plane and on the amplitudes of T and R waves in lead V<sub>1</sub>.

| G     |   | T mag.<br>mV | QRS mag.<br>mV | T ang.<br>degree | QRS ang.<br>degree | T-QRS ang.<br>degree | V <sub>1</sub> T vol.<br>mV | V <sub>1</sub> R vol.<br>mV |
|-------|---|--------------|----------------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|       |   |              |                |                  |                    |                      |                             |                             |
| I b   | B | 0.25±0.12    | 1.06±0.34      | -20.6±14.5       | 0.3±20.9           | -20.9±23.2           | -0.19±0.05                  | 0.36±0.17                   |
|       | A | 0.31±0.13*   | 1.07±0.30      | -2.9±13.7*       | 3.3±17.7           | -6.5±23.9*           | -0.15±0.07*                 | 0.30±0.14*                  |
| II b  | B | 0.16±0.06    | 0.99±0.33      | -38.6±22.5       | 5.3±11.9           | -43.9±32.3           | -0.17±0.10                  | 0.23±0.15                   |
|       | A | 0.20±0.06*   | 1.00±0.44      | -26.3±19.6*      | 3.4±15.1           | -29.7±29.0*          | -0.17±0.08                  | 0.19±0.14*                  |
| III b | B | 0.22±0.13    | 1.28±0.38      | -37.3±22.1       | 2.9±17.2           | -40.3±29.5           | -0.18±0.07                  | 0.32±0.23                   |
|       | A | 0.21±0.10    | 1.31±0.33      | -29.7±17.6*      | 3.6±17.9           | -33.1±28.0*          | -0.16±0.08                  | 0.30±0.24*                  |

The cases included had the T loop in the left posterior quadrant before administration of propranolol.

G: group--see Table 1. mag: magnitude, ang: angle, vol: voltage,

B: before administration of propranolol

A: after administration of propranolol

Values are given in mean ± SD for each group.

units: mV and degree \* p<0.05, \*\* p<0.01

the number of cases--- I-b: 9, II-b: 7, III-b: 22

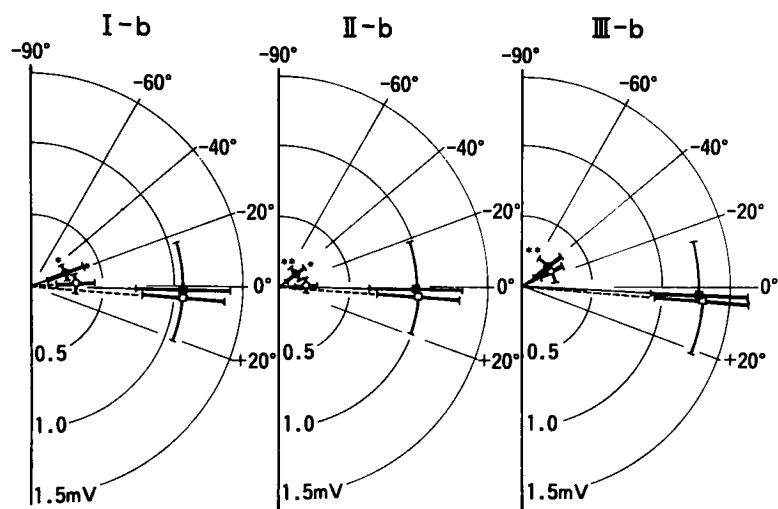


Fig. 14. Effect of propranolol on the direction and magnitude of the maximum QRS and T vectors in the horizontal plane.

The cases included had the T loop in the left posterior quadrant before administration of propranolol. The solid line stands for the control and the dot line for the values after propranolol administration.

● : T vector before propranolol, ○ : T vector after propranolol,  
■ : QRS vector before propranolol, □ : QRS vector after propranolol

Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

the number of cases---I-b: 9, II-b: 7, III-b: 22

Symbols: see the legend to Fig. 1.

であり I-b 群では  $68 \mu\text{Vsec}$ ,  $-0.3^\circ$ ,  $57^\circ$  で, b 群の方が小さく, 左後方に向った。II 群, III 群ともに I-a 群より小さく, より後方に存在した。propranolol 投与により I-a, I-b および IV-1 群は有意に大きさを増し, II-a 群は 2 例ともに, II-b 群は 3 例中 2 例, IV-2 群は 5 例中 4 例が増大した。方位角は IV-1 群で有意に増加し, II-a, II-b 群は全例前方に向かい, I-a 群では 11 例中 5 例が前方に, 6 例が後方に動き, I-b 群では 16 例中 10 例が前方, 6 例が後方を向いた。仰角に有意の変化をきたす群はなかった。I-a 群は 11 例中 7 例で増加, 2 例で減少し, I-b 群の 16 例中 11 例で増加, 5 例で減少した。

各 b 群の中で propranolol 投与前に T 環が左後方に存在していた症例に限定して, 水平面における V.G. の大きさと方向を検討した。該当例は I-b 群に 7 例あり, 大きさは  $41 \pm 15$  から  $54 \pm$

$21 \mu\text{Vsec}$  に有意に増大し, 方位角は  $-16 \pm 16$  から  $-5 \pm 12^\circ$  に有意に前方に動いた。II-b 群には 2 例あり  $40 \pm 10$  から  $34 \pm 3 \mu\text{Vsec}$  となり方向は 2 例ともより前方を向き  $-14 \pm 5$  から  $-9 \pm 2^\circ$  になった。III-b 群には該当例が 6 例あったが,  $44 \pm 25$  から  $41 \pm 17 \mu\text{Vsec}$ ,  $-27 \pm 29$  から  $-13 \pm 10^\circ$  に変化し, 一定の傾向を認めなかった。

#### 14. ECG の ST 偏位

左側胸部誘導の虚血型 ST 低下のみを対象としたが, III-a 群に 6 例, IV-1 群に 4 例, IV-2 群に 4 例あった。propranolol 投与により III-a 群では 4 例が不変, 1 例は ST 低下の程度が減少し, 1 例は  $V_4$  で変化なく  $V_5$  誘導でより低下した。IV-1 群では 3 例が不変, 1 例はより浅くなり, IV-2 群では 2 例で不変, 2 例でより ST 低下が減少した。

#### 15. 血清カリウム値

Table 21. Effect of propranolol on the magnitude(Mag) of ventricular gradient in both the horizontal plane(H) and the spatial(Sp), azimuth and elevation in the spatial.

| group |                | H-Mag $\mu$ Vsec |                 | Sp-Mag $\mu$ Vsec |                 | Azimuth degree  |                | Elevation degree |               |
|-------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|---------------|
|       |                | before           | after           | before            | after           | before          | after          | before           | after         |
| I     | a              | 88 $\pm$ 46.5    | 100 $\pm$ 42.9* | 103 $\pm$ 53.8    | 115 $\pm$ 49.0* | 30 $\pm$ 15.2   | 30 $\pm$ 13.8  | 58 $\pm$ 10.1    | 61 $\pm$ 8.9  |
|       | b              | 57 $\pm$ 32.6    | 73 $\pm$ 33.2** | 68 $\pm$ 38.4     | 87 $\pm$ 42.9** | -0.3 $\pm$ 22.7 | 3.6 $\pm$ 12.8 | 57 $\pm$ 8.8     | 60 $\pm$ 7.4  |
| II    | a              | 45 $\pm$ 8.5     | 53 $\pm$ 7.1    | 51 $\pm$ 11.9     | 61 $\pm$ 8.0    | 13 $\pm$ 9.5    | 21 $\pm$ 0.4   | 62 $\pm$ 4.6     | 60 $\pm$ 0.2  |
|       | b              | 40 $\pm$ 7.3     | 46 $\pm$ 11.0   | 48 $\pm$ 8.6      | 50 $\pm$ 8.6    | -8 $\pm$ 11.9   | -1 $\pm$ 14.1  | 59 $\pm$ 7.4     | 61 $\pm$ 5.9  |
| III   | a              | 42 $\pm$ 24.9    | 48 $\pm$ 30.4   | 52 $\pm$ 26.3     | 56 $\pm$ 30.4   | 15 $\pm$ 32.0   | 20 $\pm$ 29.7  | 58 $\pm$ 18.2    | 59 $\pm$ 17.4 |
|       | b              | 45 $\pm$ 23.3    | 40 $\pm$ 15.4   | 52 $\pm$ 24.3     | 47 $\pm$ 18.0   | -11 $\pm$ 14.2  | -10 $\pm$ 9.5  | 60 $\pm$ 9.3     | 59 $\pm$ 10.5 |
|       | c <sub>1</sub> | 48 $\pm$ 13.3    | 45 $\pm$ 5.9    | 56 $\pm$ 10.9     | 53 $\pm$ 3.6    | -103 $\pm$ 21.1 | -99 $\pm$ 21.7 | 64 $\pm$ 18.7    | 65 $\pm$ 19.4 |
|       | c <sub>2</sub> | 96               | 107             | 104               | 112             | 61              | 66             | 68               | 73            |
| IV    | 1              | 67 $\pm$ 50.9    | 79 $\pm$ 46.2** | 78 $\pm$ 60.0     | 91 $\pm$ 56.5** | 12 $\pm$ 21.6   | 24 $\pm$ 18.2* | 69 $\pm$ 19.6    | 67 $\pm$ 18.8 |
|       | 2              | 86 $\pm$ 48.4    | 109 $\pm$ 44.7  | 87 $\pm$ 49.5     | 112 $\pm$ 44.5  | 4 $\pm$ 102.4   | 12 $\pm$ 107.6 | 82 $\pm$ 5.3     | 80 $\pm$ 8.5  |

before: before administration of propranolol

after: after administration of propranolol

Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

unit:  $\mu$ Vsec and degree

\* p<0.05, \*\* p<0.01

the number of cases---I-a: 11, II-b: 16, II-a: 2, II-b: 3, III-a: 10, III-b: 9,  
III-c<sub>2</sub>: 3, III-c<sub>1</sub>: 1, IV-1: 13, IV-2: 5.

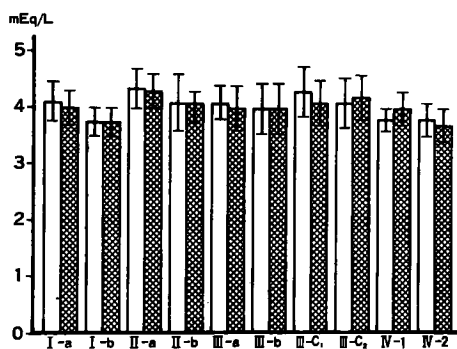


Fig. 15. Effect of propranolol on the serum potassium level.

□: before administration of propranolol

▨: 60 minutes after administration of propranolol

Values are given in mean  $\pm$  SD for each group.

Classification: see Table 1.

propranolol 投与前および投与60分後に測定した血清カリウム値は図15に示すごとく、いずれの群も正常範囲にあり、投与により有意の変化は認められなかった。

#### 16. 症例

次に定型例を示す。

図16は、20歳、女性の健常者（I-b群）から得られたものである。電解質その他に異常所見は認めなかった。propranolol 投与前後で、心拍数は70/分から57/分に、QT 間隔は0.34から0.36 sec. に、QTcは0.37から0.35となり、V<sub>1</sub>誘導のT波は-0.15から-0.05mV、V<sub>5</sub>では0.30から0.50mVに増高し、空間最大Tベクトルの大きさは0.22から0.46mV、方位角は-16.0から+21.8°に変化し、空間最大T/QRSは、0.12から0.26になり、ventricular gradientの大きさは48.1から84.9 $\mu$ sec. V、方位角は-7.0から14.3°に変化した。

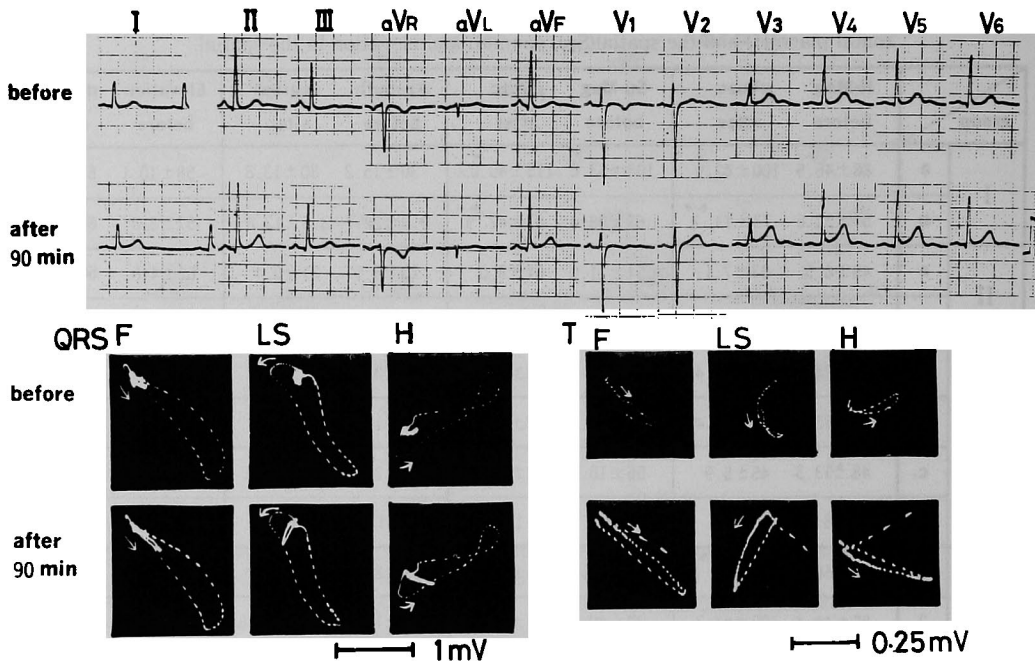


Fig. 16. A case of persistent juvenile T wave pattern(Group I-b).

The upper tracings show those before administration of propranolol and the lower those after 90 minutes of propranolol administration.

F: frontal plane

LS: left sagittal plane

H: horizontal plane

A 20-year-old healthy female with normal physical appearance had a small T loop in the left posterior quadrant before administration of propranolol. The T wave was inverted in  $V_1$  and notched in  $V_2$ . After 90 minutes of propranolol administration, the T loop became enlarged and located in the left anterior quadrant and the T waves increased in height in II, III,  $aVF$  and in all precordial leads.

図17は52歳の女性で、10年前に子宮筋腫の摘出手術を受けた既往がある。主訴は約2年前から2-3ヵ月に一度、誘因なく生ずる動悸である。理学的に異常を認めず、神経循環無力症と診断され(II-a群)、マスターの二重運動負荷試験も陰性であった。propranolol投与により、心拍数は95/分から55/分、QTは0.36から0.42 sec、QTcは0.44から0.40となり $V_1$ 誘導のT波は0.28から0.29mV、 $V_5$ 誘導では0.20から0.52mVに増高し、空間最大Tベクトルの大きさは0.20mVから0.52mV、方位角は23.5から20.1°、空間最大T/QRSは0.11から0.26になり、ventricular gradientの大きさは49.4から80.6 $\mu$ sec.V、方位角は-7.0から14.3°に変化した。

## 考 案

心電図学において、T波の変化する要因は多いが、大別してQRS波の変化によるものとこれによらない場合の2通りが考えられている。すなわち 1) 心室の脱分極順序が異常であると、QRS波の変化を生ずるが、この場合活動電位の形、持続が正常であっても、再分極、すなわちT波に変化をきたすこととなる。これはT波の二次的变化と呼ばれ、ventricular gradientは変化しない。 2) 脱分極の順序が正常であっても生ずるT波の変化は一次的变化とされ、QRS波は変化せず、V.G.が変化するが、これには2つの機序が考えられている。その第一は、各部位で一様に活動電位の形、持続のどちらか、ま

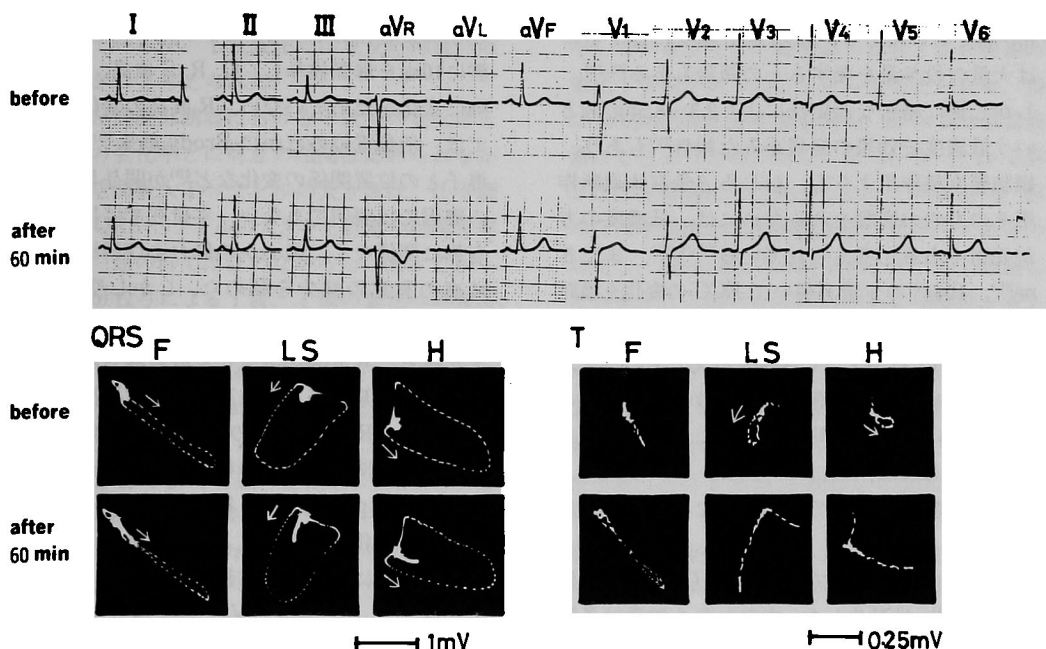


Fig. 17. A case of neurocirculatory asthenia(Group II-a).

The upper tracings show those before administration of propranolol and the lower those after 60 minutes of propranolol administration.

F: frontal plane

LS: left sagittal plane

H: horizontal plane

A 52-year-old female with normal physical appearance and normal exercise tolerance test had palpitation occasionally without precipitating cause. After 60 minutes of 10 mg oral administration of propranolol the T loop became enlarged and the T wave increased in height.

たは両者に変化がある場合で、再分極の順序が正常であってもT波は変化をきたす。第二は一部の活動電位の形、持続のいずれか、または両者に変化があった場合で、再分極の順序は異常となり、T波が変化することとなる。臨床的にみられるT波の変化には、これら一次のおよび二次的な変化が複雑に関与していると考えられる。

従来、器質的な心疾患を伴わないT波の変化は非特異的 (nonspecific)、あるいは機能的 (functional) なT変化と表現されてきた。この中に虚血性心疾患との鑑別が重要である神経循環無力症にみられるT波の変化や、成人にみられる若年性T波型も含まれる。また左右の心臓交感神経の支配域に差があることから、不均一な交感神経の緊張亢進により、心拍数の変化とは別に非特異的なT波の変化をきたすことは考

えられる。

そこで、非特異的なT波の変化の成因と、交感神経系の関与がどのような場合に考えられるかを明らかにするために検討を行なった。

健常対照群 (I群) のうち、I-b群の大部分は女性であり、これは右側胸部誘導の陰性T波、いわゆる若年性T波が、女性に多くみられるという諸家の報告<sup>1,15,16)</sup>と一致した。またI-b群のventricular gradientが小さく、後方に向かったことも、女性が多かったため<sup>17)</sup>と考えられる。神経循環無力症のII群はa, bともに女性が多数を占めたが、本症が女性に多いためと考えられた<sup>18)</sup>。虚血性心疾患のうちのIII-b群においても女性が多く、90%を占めた。

propranololの投与法は10mgを一律に経口投与とした。Coltart<sup>19)</sup>らは経口一回投与で交感神

経遮断作用を最もよく発現させる血中濃度は40 ng/mlであったとし、有効血中濃度に達するには大量の投与量を要するとの報告もある<sup>20,21)</sup>。しかし更に精密な測定法により2.3~8.5ng/mlという低濃度で効果の発現をみた報告<sup>22)</sup>もあり、細胞膜直接作用よりも、むしろ $\beta$ 受容体遮断作用そのものの影響をみるためには、低濃度の方が妥当であると考えられている<sup>23,24,25)</sup>。また5 mg<sup>26)</sup>、10mg<sup>9)</sup>の少量を用いてECGの変化を検討した報告もある。従って小量経口一回投与法によってもECG, VCGに影響を与えるものと考えられた。事実各群で有意の心拍数減少が認められたことは、 $\beta$ 遮断効果があったことを示すものと考えられた。

#### 1) 各群に共通して認められた心電図の変化について

各群にほぼ共通してRR, PQ, QT 間隔が延長し、QTcは減少した。すなわち心拍数は各群ともに10%程度減少した。これは propranolol による洞結節の細胞活動電位の拡張期脱分極相の抑制効果が各群に共通して発現したものと考えられる。PQ 間隔の延長も各群において興奮伝導遅延が生じたためと考えられた<sup>23,24,27,28,29)</sup>。propranolol 投与により実測 QT 間隔の延長を生じたが、RR 間隔が著明に延長したために、QTcは減少した。Stern ら<sup>30)</sup>、Seides ら<sup>31)</sup> も実測 QT 間隔の延長、QTcの減少を報告している。しかし Milne ら<sup>32)</sup>は、恒常心拍数下における検討で、propranolol 投与により QT 間隔の延長あるいは不変例は存在したが、短縮例はなかったと報告している。Propranolol 投与により、活動電位の持続時間が短縮し、不応期も短縮するとの説が多いが<sup>23,31,33,34)</sup>、延長するとの説や<sup>8,35)</sup>、心室筋の再分極相には何ら影響を及ぼさないと<sup>36)</sup>もあり、一定していない。従って QTc が減少した機序としては、再分極相の短縮または、活動電位の持続時間の一様化の2通りが考えられた。

#### 2) R 波高、QRS 環および QRS 棘波の移行帯について

R 波高の変化については、交感神経を興奮させると考えられる運動負荷試験による報告は多く、健常群ではR波が高くなり、冠動脈狭窄例で

は増高するとの報告<sup>37,38)</sup>が多い。propranolol 投与による検討は少ないが、Stern ら<sup>30)</sup>は健常群に10mgを静脈投与し、Q, R, S 波高、QRS 間隔に変化を認めていない。R 波高の変化に関しては、活動電位のほかに Brody 効果<sup>39)</sup>、心臓と導子との位置関係の変化など<sup>40)</sup>が関与し、単一の要因では説明できない。本研究では原疾患の有無に関係なく、幾つかの群および誘導で、R 波高の有意の減少を認めた。しかし空間最大QRSベクトルには有意の変化がみられなかった。また有意にR波高が減少した群の該当する誘導において、R 波高とT波高およびRR間隔の間、空間最大QRSベクトルの大きさとRR間隔の変化率相互の間には有意の相関が認められなかった。従って propranolol 投与により、心筋の脱分極相に変化を生じたことも想定されるが、後述するようにT波が健常群および非特異的T波変化群では、II, III, aVF, V<sub>2-6</sub> 誘導で増高し、虚血性心疾患群では変化しなかったことに比較すると、R 波高の減少は健常群にも虚血性心疾患群にもみられ、誘導位置にも一定の傾向がみられず、臨床的意義は少ないと考えられた。

QRS の移行帯にも変化を認めず、空間最大QRSベクトルの方位角に変化を認めなかったことと対応した。

#### 3) T 波、T 環について

propranolol 投与により健常者のT波は増高し、機能的T波変化は正常化ないしその傾向を示すが、器質的T波変化は不変あるいはより異常の度を増すといわれている<sup>7,9,30,41-43)</sup>。本研究においても健常群ではI, II, III, aVF, V<sub>2-6</sub> 誘導でT波が有意に増高した。空間最大TベクトルのX, Y成分が増大し、大きさを増し、ECGに相当する変化を示した。虚血性心疾患群ではこれらの変化を示さず、諸家の報告と一致する結果を得た。

T 波高の変化と他の項目との相関についてみるとI-a, II-b 群では心拍数減少に伴いT波が増高することが認められたが、他の群では認められなかった。Behar ら<sup>9)</sup>も必ずしも心拍数とT波変化が一致しないことを述べている。従って propranolol 投与によるT波増高には心拍数以外の要素も大きく関与していると考えられた。

すなわち心拍数には主として右心臓交感神経が感与しているが、T波変化には左交感神経の関与も大きいと考えられた。

また左側胸部誘導におけるT波高の変化率とR波高の変化率とに有意の相関は認められなかった。空間最大Tベクトルの大きさは、II-a群でのみQRSベクトルの大きさと有意の相関を認めたが、他の群では認めなかった。従って propranolol 投与によるT波、T環の変化へのR波、QRS環の関与は少ないと考えられた。

またV<sub>s</sub>誘導のT波高と空間最大Tベクトルの大きさの変化とはI-a、I-b、II-a群で有意の相関を示し、V<sub>s</sub>誘導とaV<sub>F</sub>誘導のT波の変化率はI-a、I-b、II-b群で有意の変化を示した。しかしV<sub>s</sub>、aV<sub>F</sub>誘導のT波やTベクトルの大きさが有意に増大しても、各々の間に相関を認めなかった群もあり、またTベクトルの大きさが増大しても、X成分とY成分が同様に増加するとは限らなかった。従って必ずしも左方と下方と同時にT環が大きくなるとは限らないと考えられた。

なおY成分が有意に増大してもIII-b、IV-1群以外は仰角に有意の減少がみられなかった。これは仰角を $\cos^{-1} - Y / \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ で求めたため、I-a群などではY成分もTベクトルの大きさも共に増大し、仰角の有意の変化をきたさず、III-bとIV-1群ではY成分の増大の方が大きさの増大より大きかったためと考えた。

方位角はIII-b群でのみ有意に左後方からより前方に変化した。他の群では有意の変化を示さなかった。しかしI-b、II-b群も propranolol 投与前にT環が左後方にあったものに限定すると、両群ともにT環はより前方に有意に動き、特徴的であった。

空間Width/Lengthも再分極過程の正常、異常を示す指標の一つである。propranolol 投与前にW/Lが正常値<sup>44)</sup>以上のものはIII-a、III-c<sub>1</sub>、III-c<sub>2</sub>、IV-1およびIV-2群であり、Chouら<sup>45)</sup>(L/Wを用いているが)の左室肥大、心筋梗塞、心筋虚血で異常値を示すとの報告と全く一致した。I-b、II-a、III-b群の値が小さいのは、棒状や線状をなすT環が多かったためと考えられる。propranolol 投与によりW/LはIII-c<sub>1</sub>群を除き減少傾向を示し

た。これはLの増大のみならず、型の変化も関与していることが、最大値の存在する投影面が変化する例があったことから考えられる。特に propranolol 投与後もIII-a、III-c<sub>1</sub>群が異常高値にとどまったのに対し、III-c<sub>2</sub>、IV-1、IV-2群はほぼ正常値にまで減少した。これはIII-c<sub>1</sub>群の17例中14例が心筋梗塞発症1年以内であるのに対し、III-c<sub>2</sub>群は7例中5例が1年以上経過していることと何らかの関係がある可能性が考えられた。すなわちIII-a、III-c<sub>1</sub>群では再分極過程の異常がより高度あるいは交感神経系の関与がより少なく、III-c<sub>2</sub>やIV群のT波変化には交感神経系の関与がより大であると推定された。なお空間におけるW/Lに関与した投影面は水平面とは限らず、水平面におけるW/Lの変化も空間における変化に類似した傾向を示したが、それほど明かでなく、W/Lの検討には空間におけるW/Lを用いるのが適当と考えられた。

各群のb群は右側胸部誘導に陰性T波を有する群である。この型はいわゆる成人にみられる若年性T波型(persistent juvenile T wave pattern)<sup>41)</sup>と呼ばれ、若年女性に多くみられ<sup>46)</sup>、その成因の一つに自律神経系の関与があげられている<sup>16,47,48)</sup>。同様のT波所見を呈するものとして鈴木は若年狭心症についての報告<sup>49)</sup>の中で、右側胸部誘導に陰性T波を有し、T環が左後方に偏位する場合、左室前壁の虚血性変化を考え、特に中年以降の症例には冠硬化病変が存在することを述べている。本研究においてIII-b群は虚血性心疾患と考えられたが、I-bおよびII-b群には心筋虚血を示唆する臨床所見は認められなかった。年齢的にも中年以降の症例が多かったが、他の報告<sup>15)</sup>でも若年性T波型が中年以降にも存在することを示している。従ってI-b、II-b群は心筋虚血とは別の機序によるT波変化群と考えられた。propranolol 投与によりI-b、II-bおよびIII-b群に共通して認められた変化は、空間最大TベクトルのY成分増大とT/QRS増大であり、健常群にみられた所見と一致する。I-b、II-b群では空間最大Tベクトルの大きさが増大し、左側胸部誘導のT波が増高し、健常群と同様の変化を示したが、III-b群ではこのような変化を認めなかった。また propranolol 投与前に

若年性T波型の特徴をより明らかに示すT環が左後方に存在していた症例に限ってみると、いずれの群も有意に前方に動き、水平面におけるT-QRS夾角も有意に減少した。従って成人にみられる若年性T波型には交感神経系も関与した非特異的なものであり、propranolol投与によりI-a群にみられるT環に近づき、より前方を向き、大きくなったと考えられた。III-b群には心筋虚血が加味しているために、虚血と交感神経緊張の両者の特性を現わし、方向は前方に動くが、大きさは健常群にみられるほど増大しなかったと考えられる。ventricular gradientはIII-b群では大きさも方向も有意の変化を示さず、虚血性心疾患群と類似の反応を示した。

II群は神経循環無力症群(NCA)であるが、propranolol投与前にI群に比し、心拍数が多く、T波が低く、T環が小さく、V.G.も小さい傾向が認められた。NCAに特徴的なECG所見はないとの報告<sup>18,50)</sup>もあるが、本研究と同様の所見を認めた報告<sup>51)</sup>もある。propranolol投与によりII-a群はI-a群に、II-b群はI-b群に類似の変化傾向を示し、Wolfら<sup>43)</sup>の報告と同様の結果を得た。従ってNCA群にみられる低いT波、小さいT環も交感神経系が関与している非特異的な変化であり、 $\beta$ 遮断剤投与により健常群で得られた値に近づいたものと考えられた。

IV群はECGで左室肥大の所見を有する高血圧症例群であるが、propranolol投与によりIV-1群はT環が増大し、左側胸部誘導のT波が増高し、V.G.の増大が認められ、I-a群と同じ変化を示した。IV-2群は有意のT波、T環の変化を示さなかったが、V.G.を計測した5例中4例に大きさの増大を認めた。

#### 4) Ventricular Gradientについて

本邦におけるV.G.の正常値はMashima<sup>17)</sup>と森<sup>52)</sup>の報告とでは多少異なるが、本研究においていずれの群の平均値も正常範囲内であった。各群を比較すると大きさはI-a群で大きく、他の群では小さかった。これは前述したようにI-b群に女性が多かったためと考えられた。同様にII群が小さいのは女性が多かったためか、I-a群に比し心拍数が多かったためか<sup>52)</sup>、あるいは交感神経緊張が関与している<sup>17,53)</sup>のかもわから

ない。III群が小さかったのは心筋虚血が関与<sup>52)</sup>しているためと考えられた。方位角がI-a群より小さかったのも各群で大きさが小さかったのと同じ要因によるものと考えられた。propranolol投与によりI, II, IV群でV.G.は大きくなり、V.G.の方位角はI-bおよびII-b群の中でT環がpropranolol投与前に左後方に存在していた群およびVI-1群において、有意に時計方向に前方に移動した。

#### 5) 血清カリウム値について

電解質異常もT波の変化をきたす重要な要因である<sup>4)</sup>。その中でも血清カリウム値は重要で、カリウム負荷試験によりT波異常の鑑別がなされたこともあった<sup>54)</sup>。交感神経系もカリウム代謝に関与している<sup>55)</sup>。運動負荷あるいはカリウム投与による血清カリウム値の上昇が $\beta$ 遮断剤投与により持続するとの報告<sup>56)</sup>があるが、安静時においてはpropranolol投与により血清カリウム濃度に著変をみないとの報告<sup>57)</sup>もある。本研究ではpropranolol投与前と投与60分後では、どの群にも血清カリウム値に有意の変化を認めなかった。一方、ECG, VCGの変化は60分後にも出現した。従ってこれらの変化は血清カリウム値の変動に関係しない他の要因によるものと考えられた。すなわち $\beta$ 遮断作用そのものによる変化が主体であると考えられた。

以上のことから、propranolol投与によるT波増高の機序としては次のように考えられる。すなわち(1)心臓各所は自律神経系による支配を受けているが、均一なものではない<sup>8)</sup>。propranolol投与によって交感神経の $\beta$ 受容体が遮断され、心筋活動電位の持続や形に局所的な変化を生じ、この総和としてT波の変化をきたす、とするものである。従来の研究では、機能的ST-T波変化は主に交感神経緊張亢進による自律神経不均衡により、あるいはカテコラミンに対する感受性が高いことにより生ずる、そして $\beta$ 遮断剤によりそれらが是正されることによってST-T波変化は消失する<sup>58)</sup>とされている。一方覚醒犬を用いた実験で、isoproterenol投与による変化はpropranololで遮断し得るが、無処置のものにpropranololを投与した場合、心拍数、房室伝導、Purkinje線維の伝導速度などに

変化を生じない、従って正常覚醒時には交感神経系は余り関与せず、propranolol は交感神経緊張亢進時のみ効果を発現するとの説もある<sup>59)</sup>。しかし本研究において、健常群を含めて、T波の増高を生じた群のすべてが propranolol 投与前に、異常に交感神経緊張亢進状態にあったとは考え難い。一方、副交感神経緊張が優位であると考えられる運動選手にみられる機能的T波変化が、atropine 投与や運動負荷などで消失することが知られている<sup>60)</sup>。従ってT波変化には、交感神経と副交感神経系の相互の均衡が大きく関与していることが考えられる。

T波の変化に対する他の機序として、(2)propranolol 投与により心筋の酸素の需要と供給の均衡が改善されるために、ECGでST・T波の異常が減少するという説もある<sup>61,62,63)</sup>。すなわち一方では心拍数減少、心収縮速度低下、収縮期圧低下などの心抑制作用により心筋酸素消費量が減じ、他方血管外圧の変化ないしは細い血管を支配している $\beta$ 交感神経<sup>64)</sup>を遮断することにより、心内膜側の相対的血流増加や酸素分圧上昇が生じ、その結果として酸素の需給関係が改善されるとするものである。しかしこれらの検討は静脈内大量投与あるいは長期投与例についてなされたものである。また心抑制作用が出現してもST電位は不変であるとの報告もみられる<sup>65,66)</sup>。本研究において健常群を含めてT波増高群が、propranolol 投与前に心筋虚血状態にあったとは考え難い。従って、propranolol 投与によるT波の変化は、心筋の虚血状態の改善が主要因ではなく、前述(1)の心筋活動電位の局所的な変化の総和として生じたものと考えられた。

本研究において健常群では、左前下方にあったT環が propranolol 投与により細長く大きくなった。心全体としての再分極過程の指標である ventricular gradient も左下方に大きくなった。V.G.の方向や大きさは活動電位の持続時間、心拍数、異常V.G.の有無などの影響で変化する。Schweitzer ら<sup>53)</sup>は前額面における検討で、交感神経緊張亢進により、V.G.は反時計方向を向き大きさを減ずると報告しているが、 $\beta$ 遮断剤(pronethalol)投与により正常群では著明な変化を認めていない。本研究ではV.G.は前述のよ

うにI、IIおよびIV群で変化を生じた。また本研究では propranolol を経口全身投与したため、心全体の $\beta$ 受容体遮断が生じたと考えられるが、投与前の交感神経の心筋各所への関与に差があり、投与による遮断の程度も心全体で一様でないと考えられる。しかしT環が左下方に大きくなり、若年性T波型では前方を向き、V.G.も左前下方に大きくなったことを考えると、心全体から見ると他の部位に比べ、右後上方の心筋活動電位の持続がより長くなったことが推定される。一方T波の終末部と心内膜側の細胞活動電位の再分極終了がほぼ一致するとの報告<sup>67)</sup>を考慮すると、心内膜側の活動電位の持続が延長したことも推定される。動物実験によると、村山ら<sup>6)</sup>は交感神経刺激あるいは切断により直後とそれに続く時相とで2相性の変化を認めている。T波の動きからみると、本研究の結果は左星状神経節刺激あるいは右星状神経節切断時の第2時相にみられる変化に相当する。また本研究ではQT間隔の延長を認めたが、村山らは活動電位の持続時間の短縮を認めているが、QT間隔の変化を認めていない。同様のT波変化を認めたYanowitz ら<sup>8)</sup>は有効不応期の延長およびQT間隔の延長を認めている。体表面誘導ECGから得られたQT間隔あるいはRR間隔で補正したQTcと、特定の心筋の活動電位の持続時間とが一致しないことは当然であり、有効不応期と活動電位の持続時間とも必ずしも同一視できない。前述したように、propranolol 投与により活動電位の持続時間は短縮するとの報告が多く、あるいはむしろ左前下方、心外膜側で活動電位の持続時間が短縮することが、propranolol 投与によるT波変化の本態とも考えられる。またT波高の増加がみられなかった虚血性心疾患群においてもQT間隔の延長およびQTc減少は、T波増高群と同じように認められた。従って活動電位の持続時間よりもその形の変化が、より大きくT波の変化に関与していた可能性も考えられる。同時に、T波の変化には生体内において $\beta$ 受容体遮断により副交感神経支配が優位になるとか、虚血性心疾患には障害ベクトルが関与しているとか、他の複雑な要因も関与していると考えられる。

従来は propranolol により活動電位の持続時間が短縮するという観点から、部分的に異常に延長した活動電位を是正することによりT波異常は正常化するとされていた。しかしアドレナリン投与によるT波の変化の説明に、活動電位の持続が延長する場合と短縮する場合の2通りの仮説がある<sup>68)</sup>ように、propranolol 投与による活動電位の変化に関して統一見解のない現時点では、投与によるT波の変化に対しても、活動電位の持続時間の延長、短縮あるいは形の変化のいずれが主因であるか結論できない。しかしいずれにせよ、活動電位に変化を生じ、その相対的な総和としてT波の変化を生じたものと考えられる。

以上より交感神経系の関与した可逆的T波変化は、propranolol 投与により健常群にみられると同様の変化を生ずるが、交感神経系以外の、たとえば心筋虚血のような他の要因が大きいT波変化は propranolol 投与により変化をきたさないと考えられた。従って propranolol 負荷試験は機能的、非特異的なものと、器質的な要因によるT波の変化との鑑別法として臨床的に有用であると考えられた。

## 結 語

Propranolol 10mgを経口投与し、心電図、ベクトル心電図、血清カリウム値の変化を、健常群、若年性T波群、神経循環無力症群、虚血性心疾患群および高血圧症群の合計179名の成人男女について検討し以下の所見を得た。

(1) PQ, QT, RR 間隔延長, QTc 減少は各群にはば共通して認められた。

(2) 健常群ではT波およびT環が大きくなり ventricular gradient も増大した。

(3) 神経循環無力症群はT波が低く、T環およびV.G.が健常群より小さくより後方を向く傾向にあったが、propranolol 投与により健常群と同様の反応を示し、V.G.はより前方を向き、この群のT波変化は非特異的T変化と考えられた。

(4) 虚血性心疾患群ではT波、T環、V.G.に変化を認めなかった。

(5) 高血圧症群では血圧のコントロールが良好な群は propranolol 投与により健常群と類似の変化を生じたが、不良な群では生じ難い傾向がみられた。

(6) 成人にみられる若年性T波型のT環およびV.G.は後方にあったが、propranolol 投与により大きさを増し、前方を向き、右側胸部誘導における陰性T波が浅くなり、この群のT波変化は非特異的T変化と考えられた。

(7) すべての群でQRS棘波の移行帯、QRS環の変化は少なかった。

(8) 血清カリウム値にはいづれの群も変化を認めなかった。

(9) 重篤な副作用は認めなかった。

以上のことから、非特異的なT波変化の有無についての鑑別法として、propranolol 負荷試験は有用と考えた。

御校閲をいただいた長島秀夫教授ならびに直接御指導いただいた原岡昭一助教授に深謝いたします。

本論文の要旨は日本循環器学会中国四国地方会第35回総会において発表した。

## 文 献

1. Littmann, C.D.: Persistence of the juvenile pattern in the precordial leads of healthy adult negroes, with report of electrocardiographic survey on three hundred negro and two hundred white subjects. *Am. Heart J.* **32**, 370-382, 1946.
2. Hiss, R.G., Averill, K.H. and Lamb, L.E.: Electrocardiographic findings in 67375 asymptomatic subjects VIII. Non-specific T wave changes. *Am. J. Cardiol.* **6**, 178-189, 1960.
3. Marriott, H.J.: Coronary mimicry: normal variants, and physiologic, pharmacologic and pathologic influences that simulate coronary patterns in the electrocardiogram. *Ann. Intern. Med.* **52**, 411-427,

- 1960.
4. Surawicz, B. and Ky, L.: Relationship between electrocardiogram and electrolytes. *Am. Heart J.* **73**, 814–834, 1967.
  5. Surawicz, B.: The pathogenesis and clinical significance of primary T-wave abnormalities. In, *Advances in Electrocardiography*, ed., J.W. Hurst, and R. Schlant, Grune & Stratton, New York, pp 377–421, 1972.
  6. 村山正博, 春見建一, 真島三郎, 下村克朗, 村尾 覚: 交感神経とT波. *心臓*, **10**, 755–765, 1978.
  7. Furberg, C.: Effects of beta-adrenergic blockade on ECG, physical working capacity and central circulation with special reference to autonomic imbalance. *Acta. Med. Scand.(suppl.)* **488**, 1–46, 1968.
  8. Yanowitz, F., Preston, J.B. and Abildskov, J.A.: Functional distribution of right and left stellate innervation to the ventricles. *Circ. Res.* **18**, 416–428, 1966.
  9. Behar, S. and Kariv, I.: Effect of propranolol on “nonspecific” S-T segment and T-wave changes: Differentiation of coronary from noncoronary ECG changes. *Chest* **63**, 376–379, 1973.
  10. Black, J.W., Crowther, A.F., Shankr, R.G., Smith, L.H. and Dornhorst, A.C.: A new adrenergic beta-receptor antagonist, *Lancet* **1**, 1080–1081, 1964.
  11. Hayes, A. and Cooper, R.G.: Studies on the absorption, distribution and excretion of propranolol in rat, dog and monkey. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* **176**, 302–311, 1971.
  12. Walle, T. and Gaffney, T.E.: Propranolol metabolism in man and dog: mass spectrometric identification of six new metabolites. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* **182**, 83–91, 1972.
  13. 倉光 宏: 心室肥大, 臨床医のための心電図. 南江堂, 東京, pp 34–43, 1973.
  14. ベクトル電図研究会: 健康成人男子の Frank 誘導ベクトル心電図. *日臨*, **24**, 2385–2390, 1966.
  15. Mizuno, Y.: Normal limits and variability of electrocardiographic items of the Japanese. *Jpn. Circ. J.* **30**, 357–378, 1966.
  16. 原岡昭一, 斉藤大治, 高原光弘, 中川雅博, 万袋嘉敬: 成人にみられる若年性T波について, *日臨*, **37**, 5–8, 1979.
  17. Mashima, S., Fu, L. and Fukushima, K.: The normal ventricular gradient determined with Frank's lead system and its relation to the heart rate change induced by various procedures. *Jpn. Heart J.* **5**, 337–346, 1964.
  18. Kannel, W.B., Dawber, T.R. and Cohen, M.E.: The electrocardiogram in neurocirculatory asthenia: a study of 203 neurocirculatory asthenia patients and 757 healthy controls in the Framingham study. *Ann Intern. Med.* **49**, 1351–1360, 1958.
  19. Caltart, D.J. and Shand, D.G.: Plasma propranolol levels in the quantitative assessment of  $\beta$ -adrenergic blockade in man. *Br. Med. J.* **3**, 731–734, 1970.
  20. Evans, G.H. and Shand, D.G.: Disposition of propranolol. *Clin. Pharmacol. Ther.* **14**, 487–493, 1973.
  21. Wit, A.L. Hoffman, B.F. and Rosen, M.R.: Electrophysiology and pharmacology of cardiac arrhythmias. IX. Cardiac electrophysiologic effects of beta adrenergic receptor stimulation and blockade. *Am. Heart J.* **90**, 665–675, 1975.
  22. Davies, R., Pickering, T.G., Morganti, A., Bianchetti, G., Morselli, P.L., Romankiewicz, J. and Laragh, J.H.: Beta-blockade and blood levels after low-dose oral propranolol. *Lancet* **1**, 407–410, 1978.
  23. Singh, B.N. and Hauswirth, O.: Comparative mechanisms of action of antiarrhythmic drugs. *Am. Heart J.* **87**, 367–382, 1974.
  24. Freeman, S.E. and Turner, R.J.: The effects of *l*-propranolol and practolol on atrial and nodal transmembrane potentials. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* **195**, 133–139, 1975.

25. 泉 堯, 市原和夫, 安孫子保:  $\beta$ -遮断剂循環系における薬理. 総臨, 27, 759-764, 1978.
26. Furberg, C.: Adrenergic beta-blockade and electrocardiographical ST-T changes. *Acta. Med. Scand.* 181, 21-32, 1967.
27. Priola, D.V.: Effects of beta receptor stimulation and blockade on A-V nodal and bundle branch conduction in the canine heart. *Am. J. Cardiol.* 31, 35-40, 1973.
28. 渡部良夫, 西村昌雄: 刺激伝導系機能と各種薬剤使用. 総臨, 28, 19-27, 1979.
29. Vasquez, M., Chuquimia, R., Shantha, N., Khar, M. and Narula, D.S.: Clinical electrophysiological effects of propranolol on normal sinus node function. *Br. Heart J.* 41, 709-715, 1979.
30. Stern, S. and Eisenberg, S.: The effect of propranolol (Inderal) on the electrocardiogram of normal subjects. *Am. Heart J.* 77, 192-195, 1969.
31. Seides, S.F., Josephson, M.E., Batsford, W.P., Weisfogel, G.M., Lau, S.H. and Damato, A.N.: The electrophysiology of propranolol in man. *Am. Heart J.* 88, 733-741, 1974.
32. Milne, J.R., Camm, A.J., Ward, D.E. and Spurrell, R.A.: Effect of intravenous propranolol on QT interval. A new method of assessment. *Br. Heart J.* 43, 1-6, 1980.
33. Bigger, J.T. JR. and Heissenbuttel, R.H.: Clinical use of antiarrhythmic drugs. *Postgrad. Med.* 47, 119-125, 1970.
34. Pruett, J.K., Walle, T. and Bagwell, E.E.: Association of in vivo and in vitro propranolol levels in canine Purkinje fibers with antiarrhythmic effects. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 202, 45-54, 1977.
35. Martins, J.B. and Zipes, D.P.: Effects of sympathetic and vagal nerves on recovery properties of the endocardium and epicardium of the canine left ventricle. *Circ. Res.* 46, 100-110, 1980.
36. Davis, L.D. and Temte, J.V.: Effects of propranolol on the transmembrane potentials of ventricular muscle and Purkinje fibers of the dog. *Circ. Res.* 22, 661-677, 1968.
37. Bonoris, P.E., Greenberg, P.S., Christison, G.W., Castellane, M.J. and Ellestad, M.H.: Evaluation of R wave amplitude changes versus ST-segment depression in stress testing. *Circulation* 57, 904-910, 1978.
38. Wagner, S., Cohn, K. and Selzer, A.: Unreliability of exercise-induced R wave changes as indexes of coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* 44, 1241-1246, 1979.
39. Brody, D.: The theoretical analysis of intracavitary blood mass influence on the heart-lead relationship. *Circ. Res.* 4, 731-738, 1956.
40. Voukydis, P.C.: Effect of intracardiac blood on the electrocardiogram. *N. Engl. J. Med.* 291, 612-616, 1974.
41. Nordenfelt, O.: Orthostatic ECG changes and the adrenergic beta-receptor blocking agent, propranolol. *Acta. Med. Scand.* 178, 393-401, 1965.
42. Bergman, F. and Furberg, C.: Adrenergic beta-receptor blockade and ECG changes of organic origin. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 19, 274-279, 1967.
43. Wolf, E., Braun, K. and Stern, S.: Effects of beta-receptor blocking agents propranolol and practolol on ST-T changes in neurocirculatory asthenia. *Br. Heart J.* 36, 872-879, 1974.
44. 外畑 巖: 日本人正常成人ベクトル心電図に関する研究. 特に成人男子のT環について. *Jpn. Circ. J.* 31, 665-681, 1967.
45. Chou, T.C., Helm, R.A. and Iach, R.: The significance of a wide Ts loop. *Circulation* 30, 400-410, 1964.
46. Greene, C.R. and Kelly, J.J.: Electrocardiogram of the healthy adult negro. *Circulation* 20, 906-909, 1959.

47. Wasserburger, R.H.: Observation on the "Juvenile pattern" of adult negro males. *Am. J. Med.* **18**, 428-437, 1955.
48. Takahara, M., Wake, Y., Ueda, M., Hirano, K., Saito, D. and Haraoka, S.: Significance of persistent juvenile T wave pattern. *Jpn. Circ. J.* **41**, 759, 1977.
49. 鈴木恵子: 心臓神経症と誤診され易い若年狭心症について. 日臨, **28**, 2863-2877, 1970.
50. White, P.D., Cohen, M.E. and Chapman, W.P.: The electrocardiogram in neurocirculatory asthenia, anxiety neurosis or effort syndrome. *Am. Heart J.* **34**, 390-394, 1947.
51. Holmgren, A., Jonsson, B., Levander, M., Linderholm, H., Sjöstrand, T. and Ström, G.: Ecg changes in vasoregulatory asthenia and the effect of physical training. *Acta. Med. Scand.* **165**, 259-271, 1959.
52. 森 博愛: 心電図とベクトル心電図. 金原出版株式会社, 東京, pp 11-14, 1975.
53. Schweitzer, P., Hildebrand, T., Klvaňová, H., Simko, S., Glajdová, E. and Gregorová, J.: Der Einfluß der adrenergen Blockade auf die orthostatischen Veränderungen der Integralvektoren von QRS, T sowie des Ventrikelgradienten bei Patienten mit heurozirkulatorischer Asthenie und Thyreotoxikose. *Z. Kreislaufforsch.* **56**, 316-325, 1967.
54. Thomsen, J.H., Corliss, R.J. and Wasscrburger, R.H.: Potassiumloading test in the differentiation of T wave abnormalities. *Am. J. Cardiol.* **30**, 298-303, 1972.
55. Clausen, T. and Flatman, J.A.: The effect of catecholamines on Na-K transport and membrane potential in rat soleus muscle. *J. Physiol.* **270**, 383-414, 1977.
56. Rosa, R.M., Silva, P., Young, J.B., Landsberg, L., Brown, R.S., Rowe, J.W. and Epstein, F.H.: Adrenergic modulation of extra renal potassium disposal. *N. Engl. J. Med.* **302**, 431-434, 1980.
57. Carlsson, E., Fellenius, E., Lundborg, P. and Svensson, L.:  $\beta$ -adrenoceptor blockers, plasma-potassium, and exercise. *Lancet* **2**, 424-425, 1978.
58. Behar, S. and Neufeld, H.N.: Comparison of the effects of propranolol and exercise on nonspecific ST segment and T-wave changes. *Angiology* **28**, 528-524, 1977.
59. Wallace, A.G., Troyer, W.G., Lesage, A. and Zotti, E.: Electrocardiologic effects of isoproterenol and beta blocking agents in awake dogs. *Circ. Res.* **18**, 140-148, 1966.
60. Lichtman, J., O'Rourke, R.A., Klein, A. and Karliner, J.S.: Electrocardiogram of the athlete. *Arch. Intern. Med.* **132**, 763-770, 1973.
61. 伊藤 健: Propranolol および Digitoxin 併用による心房細動に対する効果検討. 通信医学, **21**, 867-870, 1969.
62. Gianelly, R.E., Treister, B.L. and Harrison, D.C.: The effect of propranolol on exercise-induced ischemic S-T segment depression. *Am. J. Cardiol.* **24**, 161-165, 1969.
63. 蔵本 築, 松下 哲: 狭心症と $\beta$ 遮断剤. 最新医学, **30**, 1354-1361, 1975.
64. Zuberbuhler, R.C. and Bohr, D.F.: Responses of coronary smooth muscle to catecholamines. *Circ. Res.* **16**, 431-440, 1965.
65. Bodenheimer, M.M., Banka, V.S. and Holfant, R.H.: Propranolol in experimental myocardial ischemia: dissociation of effects on contraction and epicardial ST segments. *Am. Heart J.* **92**, 481-486, 1976.
66. Vatner, S.F., Baig, H., Manders, W.T., Ochs, H. and Pagani, M.: Effects of propranolol on regional myocardial function, electrocardiogram, and blood flow in conscious dogs with myocardial ischemia. *J. Clin. Invest.* **60**, 353-360, 1977.
67. 福島 勇, 真柴裕人: ST-T 変化の成立機序に関する実験的研究. 心臓, **1**, 552-559, 1969.
68. Taggart, P., Carruthers, M., Joseph, S., Kelly, H.B., Marcomichelakis, J., Noble, D., O'Neill, G. and Somerville, W.: Electrocardiographic changes resembling myocardial ischemia in asymptomatic men with normal coronary arteriograms. *Br. Heart J.* **41**, 214-225, 1979.

## Effect of oral administration of propranolol on the electrocardiogram and vectorcardiogram in man

Tomoko KAWASAKI

The First Department of Internal Medicine, Okayama University Medical School,

Okayama

(Director : H. Nagashima)

The effects of oral administration of propranolol on the electrocardiogram (ECG), vectorcardiogram (VCG) and plasma potassium levels were studied in the following groups: healthy controls, and patients with neurocirculatory asthenia (NCA), ischemic heart disease (IHD), hypertension and persistent juvenile T wave pattern. ECG and VCG were taken before, 30, 60 and 90 minutes after oral administration of propranolol in a single dose of 10 mg. The results were as follows:

- 1) RR, PQ and QT intervals were prolonged while the rate-corrected QT interval was shortened in each group.
- 2) The amplitude of the T wave and the magnitudes of spatial maximum T vector and of ventricular gradient (V.G.) were increased in the healthy control group.
- 3) In the NCA group, which was characterized by a low T wave, small T loop, small V.G. and posteriorly directed V.G. before propranolol administration, the T wave, T loop and V.G. were enlarged and V.G. was rotated toward anteriorly.
- 4) In the IHD group, which was characterized by a low T wave and small T loop and V.G., the changes were unremarkable after the administration of propranolol.
- 5) In the well controlled hypertensive group the effects resembled those of the healthy control group. In the hypertensive group without sufficient treatment, the effects were similar to those of the IHD.
- 6) In the persistent juvenile T wave group, a typical pattern was the location of the T loop and V.G. in the left posterior quadrant. The drug rotated the T loop and V.G. anteriorly.
- 7) Little change was found in the R wave amplitude and spatial maximum QRS vector in each group.
- 8) Plasma potassium level was not effected by the drug.
- 9) No undesirable effects were seen during the study.
- 10) The maximum effects were obtained within 60 to 90 minutes after the administration of propranolol.

From the above results, propranolol appears to be useful in differentiating T wave changes associate with increased beta-sympathetic tone from changes due to other causes.