

体表面電位図と phase image による異常左軸偏位の検討

Left axis deviation investigated by body surface mapping and phase image analysis

桜井 充  
渡辺 佳彦  
近藤 武  
金子 堅三  
加藤 善久  
桐山 卓三  
黒川 洋  
古田 敏也  
菱田 仁  
水野 康

Mitsuru SAKURAI  
Yoshihiko WATANABE  
Takeshi KONDO  
Kenzo KANEKO  
Yoshihisa KATO  
Takuzo KIRIYAMA  
Hiroshi KUROKAWA  
Toshiya FURUTA  
Hitoshi HISHIDA  
Yasushi MIZUNO

Summary

Relationship between left axis deviation and left anterior fascicular block (LAFB) was investigated by estimating the ventricular excitation and contraction sequence using body surface potential mapping and phase image analysis by radionuclide ventriculography.

This study included seven normal persons, eight patients with complete right bundle branch block (RBBB) without left axis deviation (LAD), twelve with RBBB and unblocked axis (determined by the first half of the QRS complex) of 0° or farther deviated to the left (RBBB with LAD), and three with isolated LAD. The isochrone ventricular activation maps (VAT maps) were obtained by body surface mapping technique. Planar phase images in the left anterior oblique projection and short-axis ventricular tomographic phase images using a seven-pinhole collimator were constructed by ECG-gated equilibrium blood pool scintigrams.

On the VAT maps of RBBB, there was a markedly delayed conduction to the right ventricle, however, in the left ventricle, the excitation was initiated in the anterior paraseptal region, and it proceeded rapidly toward the lateral and posterior walls, and in the same direction as normal. The VAT maps of RBBB with LAD were categorized in three types according to the activation sequence in the left ventricle. Type I, the same as maps of RBBB, consisted of three cases. Type II, four cases, showed excitation starting from the apex and ascending in the anterior wall. There were five cases of type III, which showed the earliest excitation in the basal posteroparaseptal region, proceeding toward the apex and ascending in the anterior wall. Type II was considered compatible with block of the left

藤田学園保健衛生大学医学部 内科  
豊明市杏掛町田楽ヶ窪 1-98 (〒470-11)

Department of Internal Medicine, Fujita-Gakuen  
Health University School of Medicine, Dengakuga-  
kubo 1-98, Kutsukake, Toyoake 470-11

Received for publication August 1, 1985; accepted October 1, 1985 (Ref. No. 29-K16)

anterosuperior fascicle, and type III was that of left anterosuperior and midseptal fascicles. In types II and III, the phase delay in the left anterior wall was recognized in tomographic phase images, and the difference between right and left ventricular mean phase angles in planar phase images was significantly smaller than in cases of isolated RBBB. These were thought to support the existence of LAFB. The range of the unblocked axis of RBBB with LAD was  $-3^{\circ} \sim -13^{\circ}$  ( $-7.7 \pm 5.0^{\circ}$ ) in type I,  $-8^{\circ} \sim -30^{\circ}$  ( $-19.8 \pm 9.1^{\circ}$ ) in type II, and  $-33^{\circ} \sim -60^{\circ}$  ( $-51.0 \pm 10.9^{\circ}$ ) in type III. All cases with left axis deviation beyond  $-30^{\circ}$  were of type III, and suspected to have extensive damage, including the mid-septal fascicle. Attention was also paid to the cases with LAFB of type II, even with left axis deviation below  $-30^{\circ}$ . In cases of LAD without other abnormalities, LAFB was distinguished by the VAT map showing an ascending activation sequence in the left ventricle.

In conclusion, VAT maps and phase images were clinically useful for investigating LAFB in cases of LAD.

### Key words

Left axis deviation  
Phase image

Left anterior fascicular block

Body surface isochrone ventricular activation map

## はじめに

Rosenbaum<sup>1-4)</sup> が左脚の hemiblock の概念を提唱して以来、左軸偏位および左脚前枝ブロック (LAFB) に対する関心が高まり、数多くの報告がみられるようになった<sup>5-13)</sup>。左軸偏位に関しては、古くは 1956 年に Grant<sup>14)</sup> がその病的意義について報告しており、今日でも左脚前枝ブロックの存在を疑う重要な所見とされている。しかし、左脚前枝ブロックの診断基準には、軸偏位の程度を含め、一定の見解がなく、その興奮伝播過程や収縮様式は必ずしも明らかにされていない。興奮伝播過程を知る上で、体表面電位図は標準 12 誘導心電図やベクトル心電図よりも詳細な情報を提供し、有用とされているが<sup>15)</sup>、一方、心プールシンチグラフィから得られる phase image<sup>16)</sup> は壁運動における局所の非協調性 (asynchrony) を表現し、心収縮様式を反映している。本研究ではこれらの点を考慮し、体表面電位図と phase image を用い、左室内の伝播をみるのに適した右脚ブロック例を中心として、左軸偏位と左脚前枝ブロックとの関連について検討した。

## 対象と方法

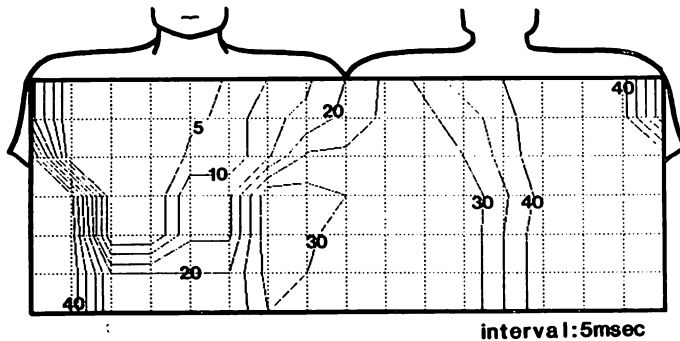
### 1. 対象

正常 7 例 (23~34 歳, 平均 27 歳), 左軸偏位を伴わない完全右脚ブロック (RBBB) 8 例 (34~77 歳, 平均 58 歳), QRS 群前半部分で判定した前額面軸が  $0^{\circ}$  以上の左軸偏位を呈する完全右脚ブロック (RBBB  $\bar{c}$  LAD) 12 例 (33~80 歳, 平均 62 歳), 前額面 QRS 軸が  $-26^{\circ}$  から  $-54^{\circ}$  の軸偏位を呈し、しかも他の異常を認めない症例 (LAD) 3 例 (55~70 歳, 平均 62 歳) を対象とした。いずれの症例も心筋梗塞の既往はなく、肺疾患の合併を認めなかった。

### 2. 方法

#### 1) 体表面電位図

中日電子工業所製 HPM-6500 を用い、体表面上の 87 誘導点 (前胸部 59 点, 背部 28 点) から、Wilson の中心電極を不関電極として、2 msec ほどの単極誘導心電図を記録した<sup>17)</sup>。また心室内の興奮伝播過程を表現するため、各誘導点の心室興奮到達時間 (VAT) の等しい点を結び、その等時線図 (VAT map) として表示した。心室興奮到達時間は QRS 群開始から R 波の頂点までの時間とし、コンピューター処理により 5 msec 間隔の等時線図を作製した。ただし、QS 波を呈した



**Fig. 1. Ventricular activation time (VAT) map in a normal subject (34-year-old man).**  
 Numerical values in the map indicate the ventricular activation time (msec) on the isochronic lines.  
 The time interval of the isochronic lines is 5 msec.

場合の興奮到達時間は 0, RSR' 波形で電位の大きさが  $R < R'$  の場合は, R' 波の頂点までの時間を興奮到達時間とした。

## 2) Phase image

$^{99m}\text{Tc}$ -アルブミン 20 mCi を静注後, 平衡時心電図同期法にて, 左前斜位 planar 像と心室短軸断層像の心プールシンチグラフィを撮像し, 位相解析法により, それぞれの phase image を作製した, Planar 像は日立製高分解能パラレルホールコリメーター (37,000 ホール), 断層像は CMS 製 7 ピンホールコリメーター (ピンホール径 4.5 mm) を装着した日立製ガンマカメラ RC-IC-1635LD を用い, planar 像は一心拍 32 分割, 断層像は 8 分割にてデータ収集を行った。データ処理は ADAC system IV により行った<sup>18)</sup>。また, 各症例における両心室の収縮の時間差を定量的に評価するため, planar 像の phase image で両心室にあたる部分にそれぞれ関心領域を設定し, 右室と左室の平均位相値を求め, その差を比較した。

## 結 果

### 1. 正常群

#### 1) 等時線図 (VAT map)

正常例では右前胸部に最も早い時相が出現して左下方に向かい, 背部に移行して, 左から右方への伝播がみられた。この変化は右から左へ方向

性であり, 40~60 msec 程度の短時間で終了した (Fig. 1)。

#### 2) Phase image

Planar 像では心室中隔上部 (前壁側) に最も早い位相が認められたが, 左右両心室はほぼ均等な位相を呈した。断層像でも同様の所見であり, 心尖部から心基部までの断面で, 両心室に明らかな位相差は認められなかった (Fig. 3-A)。

### 2. 完全右脚ブロック群 (RBBB 群)

#### 1) 等時線図

前胸部左側に最も早い時相を認め, 左方へは側胸部から背部まで, 正常例と同程度の短時間で伝播がみられた。右前胸部への伝播は著明に遅れており, 最も早い時相から 60 msec 程度の時間差が認められた (Fig. 2-1)。

#### 2) Phase image

Planar 像でも断層像でも左室内の位相はほぼ均一であり, 右室自由壁側の位相は, 左室に比して明らかに遅れていた。断層像では, 心尖部より心基部の断面で, 右室の位相の遅れがより顕著であった (Fig. 3-B)。

### 3. 左軸偏位を伴う完全右脚ブロック群 (RBBB 伴 LAD 群)

#### 1) 等時線図

前胸部右側の興奮到達時間は, 完全右脚ブロック群同様, 著明に遅れていたが, 前胸部左側から

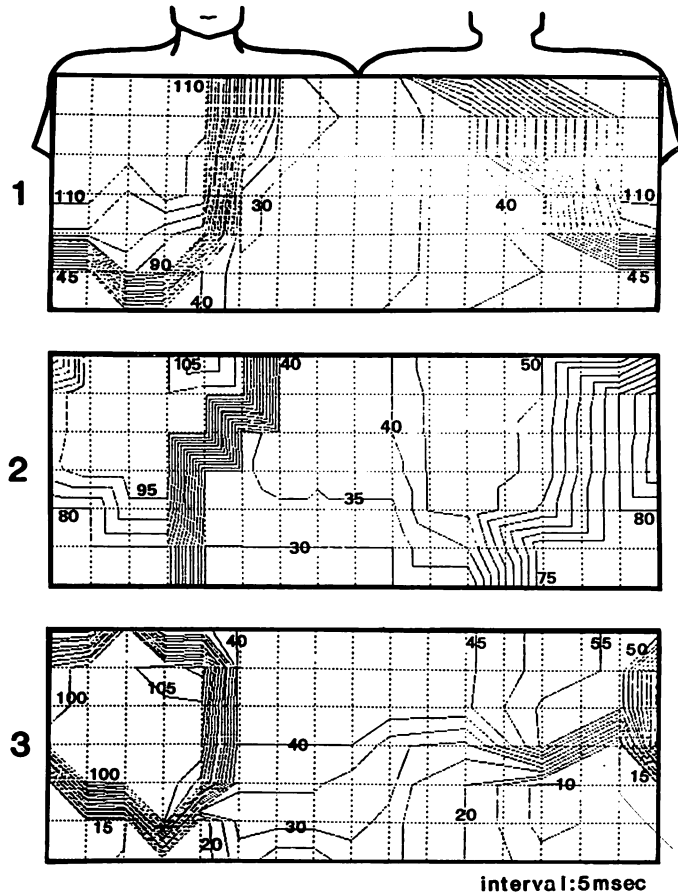


Fig. 2. VAT maps in patients with complete right bundle branch block (RBBB).

1=RBBB (60-year-old woman); 2=RBBB with left axis deviation ( $\bar{c}$  LAD) of type II (37-year-old man); 3=RBBB  $\bar{c}$  LAD of type III (72-year-old man).

背部の伝播様式により, 次の3型に分類できた.

I型は完全右脚ブロック症例と同じく, 左前胸部から左側胸部, 背部へと伝播が進む型で, 3例に認められた.

II型は左前胸部下方から前胸部を上行し, 左側胸部から背部に伝播がみられる型で, 4例がこの型に属した (Fig. 2-2).

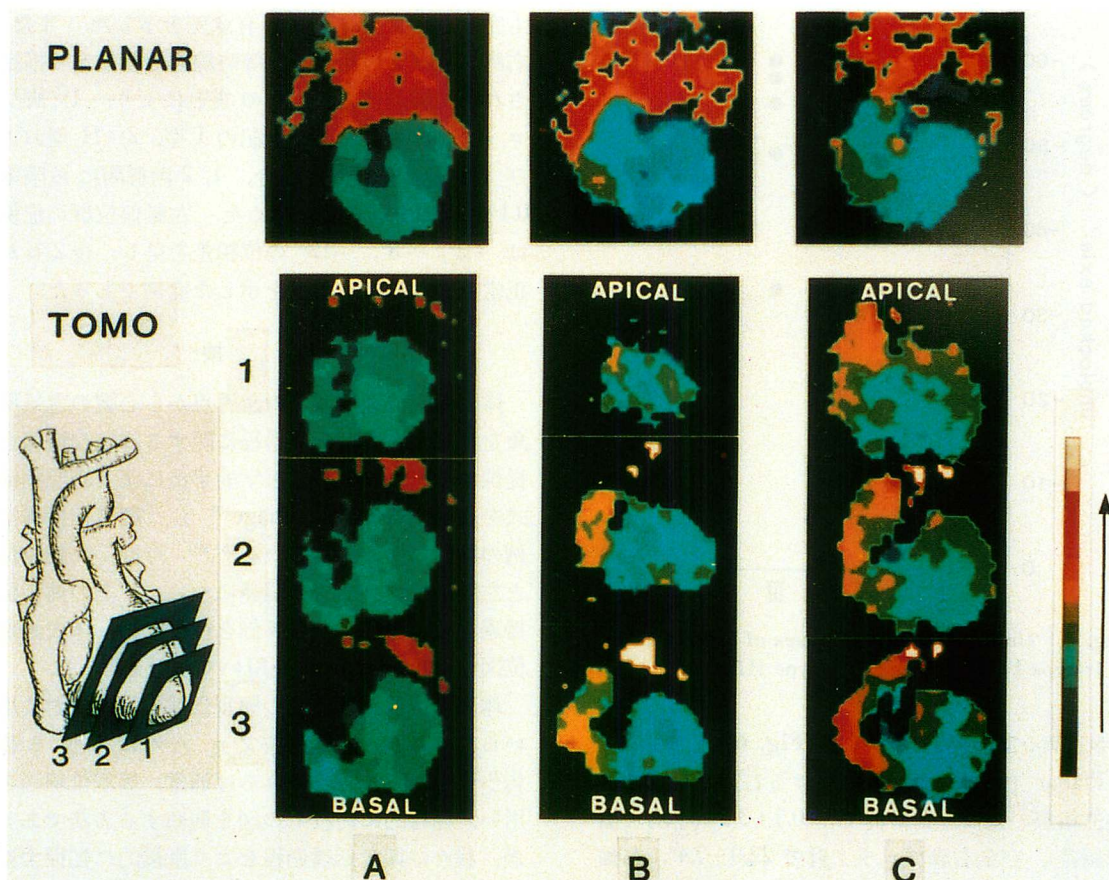
III型は背部下方に最も早い時相が出現し, その後, 左前胸部下方から上方への伝播がみられる型で, 5例に認められた (Fig. 2-3).

## 2) Phase image

Planar 像では12例中9例で右室自由壁側の位相の遅れを認めたが, 等時線図上, II型の1例とIII型の2例は, 両心室の位相差が不明瞭であった. 断層像では全例で右室自由壁側の位相の遅れが認められた. また, II型の4例中2例, III型の5例中4例では, 左室内にも前壁から側壁に位相の遅れが認められた (Fig. 3-C).

### a) 軸偏位の程度

Fig. 4にQRS群前半部分で判定した前額面軸 (unblocked axis) を各型別に示す. I型の症例は  $-3^{\circ} \sim -13^{\circ}$  の範囲にあり, 平均  $-7.7 \pm 5.0^{\circ}$



**Fig. 3. Phase images in a normal subject (A) and patients with complete right bundle branch block (RBBB) without (B) and with left anterior fascicular block (LAFB) (C).**

These are the same patients whose VAT maps are shown in Fig. 1 (A), Fig. 2-1 (B) and Fig. 2-3 (C). Top: Planar phase images in left anterior oblique projection (PLANAR). Bottom: Tomographic phase images (TOMO) of apical (1), middle (2) and basal (3) regions illustrated in the left panel. Phase sequence is represented as in the color scale (right).

(±標準偏差), II型の症例は $-8^{\circ}\sim 30^{\circ}$ の範囲にあり, 平均 $-19.8\pm 9.1^{\circ}$ , III型の症例は $-33^{\circ}\sim -60^{\circ}$ の範囲にあり平均 $-51.0\pm 10.9^{\circ}$ であった. なお, QRS群全体の平均前額面軸は, I型が平均 $-12.7\pm 5.7^{\circ}$ , II型が平均 $-38.8\pm 15.1^{\circ}$ , III型が平均 $-65.6\pm 18.2^{\circ}$ であった.

#### 4. 左軸偏位群 (LAD 群)

##### 1) 等時線図

3例中, 1例の等時線図は正常例と同様のパターンを呈し, 前額面 QRS 軸は $-36^{\circ}$ であった. 2

例は正常例と異なり, 興奮伝播は右前胸部下方から左側下方へ向かい, その後, 左前胸部と左背部を上行して右背部上方へ移行した (Fig. 5). それらの前額面 QRS 軸は $-26^{\circ}$ と $-54^{\circ}$ であった.

##### 2) Phase image

等時線図が正常パターンを呈した症例は, planar 像, 断層像ともに両心室に位相差を認めず, 左室内の位相もほぼ均等であったが, 他の2例では, 左室前壁と思われる部位に位相の遅れが認められた.

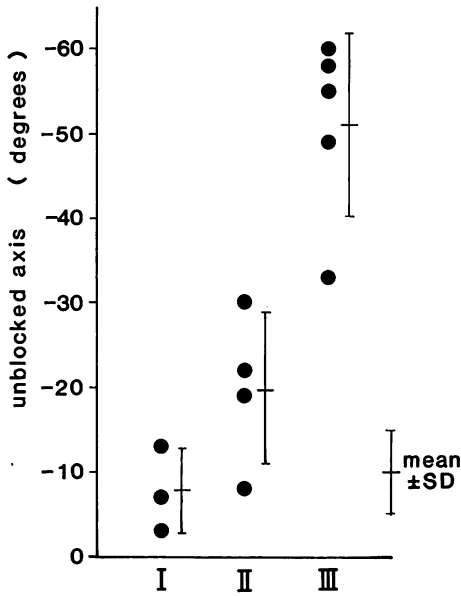


Fig. 4. Unblocked axis in cases of RBBB  $\bar{c}$  LAD. I=type I; II=type II; III=type III.

5. 両心室の平均位相値の差 (Fig. 6)

Planar phase image における右室と左室の平均位相値の差は、正常群で  $-0.3 \pm 3.5^\circ$  (平均  $\pm$  標準偏差), 完全右脚ブロック群で  $22.0 \pm 7.4^\circ$ , 左軸偏位を伴う完全右脚ブロック群 I 型  $25.3 \pm 8.3^\circ$ , II 型  $11.5 \pm 8.2^\circ$ , III 型  $9.2 \pm 3.9^\circ$  で, II 型は危険率 5% 以下, III 型は 1% 以下で, いずれ

も完全右脚ブロック群と有意差を示した。また, 右脚ブロックの症例を, 等時線図の相違から推定された左脚前枝ブロックの有無により, 1) 脚ブロックのみの群および上記の I 型, 2) II 型および III 型に分類した場合, 1, 2 両群間に危険率 0.1% 以下で有意差を認めた。左軸偏位群の症例は  $-2^\circ, -8^\circ, -12^\circ$  の位相差を呈し, 後 2 者が正常と異なる等時線図を示した症例であった。

考 按

体表面電位図は多くの誘導点から心臓の電気現象をとらえ, 興奮伝播過程に関する詳細な情報を提供する<sup>15)</sup>。また, 核医学的手法により心収縮様式を表現する phase image<sup>16)</sup> も, 興奮伝播異常例の検討に用いられている<sup>18-20)</sup>。今回, 左軸偏位と左脚前枝ブロックの関連について, その興奮伝播過程と収縮様式から評価を行うため, 体表面電位図と phase image を用いて検討を行った。

体表面電位図は各種の興奮伝播異常の検討に用いられており, 左脚前枝ブロックに関する報告<sup>21,22)</sup> もみられる。それらは通常, 等電位線図を用い, 経時的に何枚もの図を観察する方法であるが, 我々は興奮伝播過程をより直接的に把握するため, 等時線図 (VAT map)<sup>23,24)</sup> による検討を行った。

完全右脚ブロック (RBBB) 群, 左軸偏位を伴

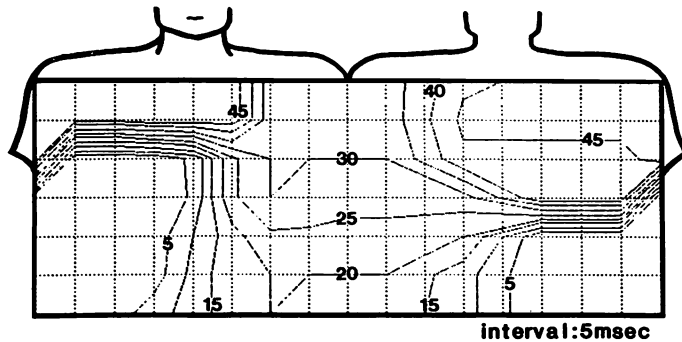
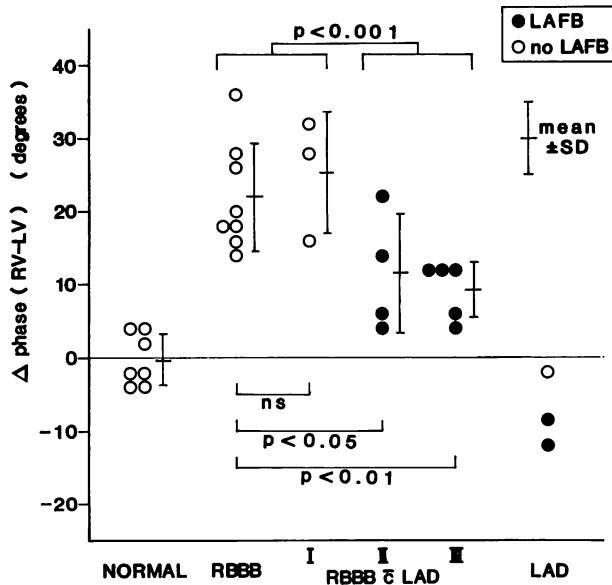


Fig. 5. VAT map in a patient with left axis deviation ( $-54^\circ$ ) suspected of LAFB (55-year-old man).



**Fig. 6. Difference between right and left ventricular mean phase angles [ $\Delta$  phase (RV-LV)] in planar phase images.**

The cases with LAFB suspected by VAT map are shown as closed circles and the cases without LAFB as open circles.

う完全右脚ブロック (RBBB  $\bar{c}$  LAD) 群の等時線図は正常例と異なり、前胸部中央左側に等時線が密集し、その右側への伝播は著明に遅延していた。この部位は心室中隔より右室側の興奮を示していると考えられ、右脚ブロックによる伝導遅延が表現されている。また、心室中隔に相当する部位から左側へ背部までの領域は、左室の興奮伝播を反映していると考えられる。RBBB 群および RBBB  $\bar{c}$  LAD 群 I 型の症例では、等時線図の前胸部左側から背部への伝播は正常例と同方向に短時間で進行しており、健全な左脚による興奮伝播と思われる。しかし、RBBB  $\bar{c}$  LAD 群 II 型および III 型では、この伝播様式とは異なり、左脚前枝ブロックの存在が疑われた。

Rosenbaum<sup>1-4)</sup> は前枝と後枝の 2 枝よりなる左脚のうち、一枝のみの障害を“hemiblock”とする概念を提唱した。しかし、解剖学的には左脚は左室中隔面に扇状に広がり、中部領域に分布する分枝の存在が確かめられている<sup>25,26)</sup>。また Durrer

ら<sup>27)</sup>は、左室で最初の脱分極が 3 ヶ所で認められると報告しており、機能的にも左脚は 3 枝よりなるとするのが妥当と考えられる。

このように左脚が ① 前上枝、② 中隔枝、③ 後下枝の 3 枝よりなるとすると、RBBB  $\bar{c}$  LAD 群 II 型は前上枝ブロック、III 型は前上枝および中隔枝ブロックと考えられる。すなわち、等時線図で、II 型は左室心尖部から興奮が開始し、その後、前壁を上方に向かって進行しており、残存する中隔枝を介した伝導が示唆される。III 型では最初の興奮部位が左室後基部中隔寄りにあり、健全な後下枝を介した興奮により左室心筋が最も早く興奮し、前壁は前上枝および中隔枝ブロックにより伝導が遅延していると考えられた。

等時線図による RBBB  $\bar{c}$  LAD 群の左室の興奮伝播は、断層像の phase image の位相の推移とほぼ一致し、興奮伝播と収縮様式の対応が示された。これは等時線図から推定した興奮伝播過程を裏付けるものと思われた。Planar phase image に

よる右室と左室の平均位相値の差が, 左脚前枝ブロックの合併が考えられる RBBB ̄ LAD 群 II 型, および III 型で少なかったのは, 左室内にも収縮の遅れが存在するため, 右脚ブロックにより収縮の開始が遅れる右室との差が減少したためと考えられる. これらの phase image の所見は, 等時線図により示唆された左脚前枝ブロックの存在をよく反映していた.

軸偏位の程度に関して, 左脚前枝ブロックが右脚ブロックに合併する場合は, 通常, QRS 群前半部分の前額面軸 (unblocked axis) で判定される<sup>1,5)</sup>. RBBB ̄ LAD 群における QRS 群全体の平均軸は, I 誘導の S 波により, 左軸偏位がより高度となる傾向であった.

左脚前枝ブロックにおける左軸偏位の程度については, Rosenbaum ら<sup>4)</sup> は  $-45^\circ$ , Milliken<sup>18)</sup> は  $-30^\circ$  を基準にしており, RBBB ̄ LAD 群では III 型の症例が含まれる. III 型は中隔枝を含む比較的広範な障害と考えられたが, 病理的検討<sup>28,29)</sup>でも,  $-30^\circ$  を越える左軸偏位を有する左脚前枝ブロック症例では, 左脚の病変は前部から中部領域に広範に認められたと報告されており, 我々の結果と一致する. しかし, 今回の検討では, unblocked axis が  $-30^\circ$  より軽度の左軸偏位でも, II 型にみられる前上枝ブロックの存在が考えられ, これは従来の基準に含まれないものであり, 注意が必要と思われた. また, これらの診断における等時線図の有用性が示唆された.

単独の左軸偏位 (LAD) 群のうち, 正常例と異なる等時線図を呈した 2 例は, 前胸部左側から背部の興奮伝播が正常例と異なり, 健常な右室の興奮と, 左前胸部を下方から上行する左室側の興奮伝播が融合した型と考えられた. この左室側の伝播様式は, RBBB ̄ LAD 群 II 型および III 型に類似していることから, 左脚前枝ブロックによる変化と推定できる. 他の 1 例は  $-36^\circ$  の左軸偏位であったが, 等時線図は正常例と同様であり, phase image でも左室の位相の遅れは認められず, 左脚前枝ブロックが存在するとは考え難い.

この症例は胸部 X 線写真で横位心を呈し, 左軸偏位は心臓の位置による変化と考えられた. これらの所見から, LAD 群においても左脚前枝ブロックの有無が判定でき, 左脚前枝ブロック単独例の検討にも等時線図が適用できると思われた. 左脚の障害の範囲や, 軸偏位の程度との関係は, さらに多くの症例で検討する必要がある.

しかし, 体表面から判定した心室興奮到達時間は便宜的なものであり, その等時線の変化が必ずしも心室の興奮伝播を直接反映していないことがあるため, 慎重に解釈する必要がある.

Phase image に関しては, 壁運動の asynchrony をさらに詳細に把握するため, 分解能の向上が期待されるが, Fourier の一次項近似であるための限界がある. また, asynergy によっても位相の遅れが生じる<sup>20)</sup>ため, 注意が必要であり, 心室中隔上部のように, 運動方向の異なる部位の位相の解釈には慎重を要する<sup>19)</sup>. Planar 像における前後方向の心プールの重なりに対しては, 断層像が有用であった<sup>18)</sup>.

以上のように, 若干の問題点はあるが, 体表面電位図と phase image により, 興奮伝播過程と収縮様式を非侵襲的に評価でき, 両者を用いた興奮伝播異常例の検討は有意義であると思われた.

## 要 約

体表面電位図と心プールシンチグラフィの phase image を用い, 興奮伝播過程と収縮様式から, 左軸偏位と左脚前枝ブロック (LAFB) の関連につき検討した.

正常 7 例, 左軸偏位を伴わない完全右脚ブロック (RBBB) 8 例, QRS 群前半部分で判定した電気軸 (unblocked axis) が  $0^\circ$  以上の左軸偏位を呈する完全右脚ブロック (RBBB ̄ LAD) 12 例, 左軸偏位単独例 (LAD) 3 例を対象とした. 体表面電位図は心室興奮到達時間等時線図 (VAT map) として表示した. Phase image は平衡時心電図同期心プールシンチグラフィにより, 左前斜位 planar 像と 7 ピンホールコリメーターを用いた心



室短軸断層像を作製した。RBBB 群の VAT map では、右室への伝播の著明な遅れが示されたが、左室側は中隔前壁側から側壁、後壁方向へ、正常例と同方向へ、短時間での伝播が認められた。RBBB と LAD 群の VAT map は、左室側の伝播形式により、3型に分類できた。I型は RBBB 群と同様の伝播形式で、3例に認められた。II型では心尖部から興奮が開始し、前壁を上行する伝播がみられる型で、4例に認められた。III型では左室後基部中隔寄りに最初の興奮部位があり、その後、心尖部から前壁を上行する型で、5例に認められた。II型は左脚前上枝ブロック、III型は左脚前上枝および中隔枝ブロックと考えられた。II型およびIII型の症例では、phase image の断層像で左室前壁の位相の遅れが認められた。また、planar 像で求めた右室と左室の平均位相値の差は、II型とIII型の症例で RBBB 群より有意に小さく、これらは LAFB の存在を裏付けるものと思われた。RBBB と LAD 群における各型の unblocked axis は、I型  $-3^{\circ}\sim-13^{\circ}$  (平均  $7.7\pm 5.0^{\circ}$ )、II型  $-8^{\circ}\sim-30^{\circ}$  (平均  $19.8\pm 9.1^{\circ}$ )、III型  $-33^{\circ}\sim-60^{\circ}$  (平均  $51.0\pm 10.9^{\circ}$ ) であった。 $-30^{\circ}$  を超える左軸偏位を呈する症例は全例 III型に属し、中隔枝を含む広範な障害が推定された。また、 $-30^{\circ}$  より軽度の左軸偏位でも II型に属する症例があるため、注意が必要と思われた。LAD 群の VAT map でも、左室側の伝播が下方から上行するか、正常例と同様かにより、LAFB の有無を判別し得た。

以上のように、VAT map と phase image は LAFB の検討に有用であった。

#### 文 献

- 1) Rosenbaum MB: Types of right bundle branch block and their clinical significance. *J Electrocardiol* 1: 221-232, 1968
- 2) Rosenbaum MB: Types of left bundle branch block and their clinical significance. *J Electrocardiol* 2: 197-206, 1969
- 3) Rosenbaum MB: The hemiblocks: Diagnostic criteria and clinical significance. *Mod Concepts Cardiovasc Dis* 39: 141-146, 1970
- 4) Rosenbaum MB, Elizari MV, Lazzari JO, Nau GJ, Halpern MS, Levi RJ: The differential electrocardiographic manifestations of hemiblocks, bilateral bundle branch block and trifascicular blocks. *in Advances in Electrocardiography* (ed by RG Schlant, JW Hurst), Grune & Stratton, New York & London, 1972, pp 145-182
- 5) Scanlon PJ, Pryor R: Right bundle branch block associated with left superior or inferior intraventricular block: Clinical setting, prognosis, and relation to complete heart block. *Circulation* 42: 1123-1133, 1970
- 6) Kulbertus H, Collignon P, Humblet L: Vectrocardiographic study of the QRS loop in patients with left anterior focal block. *Am Heart J* 79: 293-304, 1970
- 7) Medrano GA, Brenes C, De Micheli A, Sodi-Pallares D: Clinical electrocardiographic and vectrocardiographic diagnosis of the left anterior subdivision block isolated or associated with RBBB. *Am Heart J* 83: 447-458, 1972
- 8) Horwitz S, Lupi E, Hayes J, Frishman W, Cárdenas M, Killip T: Electrocardiographic criteria for the diagnosis of left anterior fascicular block: Left axis deviation and delayed intraventricular conduction. *Chest* 68: 317-320, 1975
- 9) Das G: Left axis deviation: A spectrum of intraventricular conduction block. *Circulation* 53: 917-919, 1976
- 10) Corne RA, Beamish RE, Rollwagen RL: Significance of left anterior hemiblock. *Br Heart J* 40: 552-557, 1978
- 11) Rabkin SW, Mathewson FAL, Tate RB: Natural history of marked left axis deviation (left anterior hemiblock). *Am J Cardiol* 43: 605-611, 1979
- 12) Perloff JK, Roberts NK, Cabeen WR Jr: Left axis deviation: A reassessment. *Circulation* 60: 12-21, 1979
- 13) Milliken JA: Isolated and complicated left anterior fascicular block. *J Electrocardiol* 16: 199-212, 1983
- 14) Grant RP: Left axis deviation: An electrocardiographic-pathologic correlation study. *Circulation* 14: 233-249, 1956
- 15) Taccardi B: Distribution of heart potentials on the thoracic surface of normal human subjects. *Circulat Res* 12: 341-352, 1963
- 16) Adam WE, Tarkowska A, Bitter F, Stauch M, Geffers H: Equilibrium (gated) radionuclide ventriculography. *Cardiovasc Radiol* 2: 161-173, 1979
- 17) Watanabe T, Toyama J, Toyoshima H, Oguri H,

- Ohno M, Ohta T, Okajima M, Naito Y, Yamada K: A practical microcomputer-based mapping system for body surface, precordium and epicardium. *Comput Biomed Res* **14**: 341-354, 1981
- 18) 桜井 充, 渡辺佳彦, 近藤 武, 金子堅三, 加藤善久, 桐山卓三, 黒川 洋, 菱田 仁, 水野 康, 江尻和隆, 竹内 昭, 古賀佑彦: 心室内興奮伝播異常例における断層 Phase Image の有用性. *核医学* **22**: 1661-1670, 1985
- 19) 近藤 武, 桜井 充, 渡辺佳彦, 金子堅三, 加藤善久, 桐山卓三, 菱田 仁, 水野 康, 竹内 昭, 古賀佑彦: 心室内興奮伝播異常例における phase image と心電図との対比. *J Cardiography* **14**: 543-554, 1984
- 20) Botvinick E, Dunn R, Frais M, O'Connell W, Shosa D, Herfkens R, Scheinman M: The phase image: Its relationship to patterns of contraction and conduction. *Circulation* **65**: 551-560, 1982
- 21) Sohi GS, Flowers NC: Effects of left anterior fascicular block on the depolarization process as depicted by total body surface mapping. *J Electrocardiol* **13**: 143-152, 1980
- 22) 山田和生, 外山淳治, 豊嶋英明, 小栗 孟, 大野三良, 河辺達夫, 菅屋潤壹, 太田寿城: 体表面電位図による左脚前枝ブロックの研究 (I)—いわゆる左軸偏位を呈する症例について—. *環研年報* **29**: 96-100, 1978
- 23) 洞庭賢一: 心室内興奮伝播過程推定のための体表面 VAT 等時線図の有用性と限界—心室内興奮伝播シミュレーション手法を用いて—. *心電図* **1**: 160-171, 1981
- 24) 林 博史, 石川富久, 高見和秀, 小島春紀, 矢部誠太郎, 大杉茂樹, 宮地恭一, 外畑 巖: 体表面等時線図 (VAT map) による正常および心室性期外収縮の心室内興奮伝播過程の推定. *日内会誌* **74**: 21-30, 1985
- 25) Kulbertus HE: Concept of hemiblocks revisited: A histopathological and experimental study. *Adv Cardiol* **14**: 126-135, 1975
- 26) Massing GK, James TN: Anatomical configuration of His bundle and bundle branches in the human heart. *Circulation* **53**: 609-621, 1976
- 27) Durrer D, Van Dam RT, Freud GE, Janse MJ, Meijler FL, Arzbaecher RC: Total excitation of the isolated human heart. *Circulation* **41**: 899-912, 1970
- 28) Demoulin JC, Simar LJ, Kulbertus HE: Quantitative study of left bundle branch fibrosis in left anterior hemiblock. A stereologic approach. *Am J Cardiol* **36**: 751-756, 1975
- 29) 平賀 隆, 中屋 豊, 仁木敏晴, 森 博愛, 桧澤一夫: 左軸偏位を示した 12 例における房室伝導系の病理学的検討. *心電図* **4**: 25-33, 1984