

心室内興奮伝播異常例における phase image と心電図との対比

Estimation of ventricular activation by scintigraphic phase image analysis

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*

Takeshi KONDO
Mitsuru SAKURAI
Yoshihiko WATANABE
Kenzo KANEKO
Yoshihisa KATO
Takuzo KIRIYAMA
Hitoshi HISHIDA
Yasushi MIZUNO
Akira TAKEUCHI*
Sukehiko KOGA*

Summary

We examined the capabilities of scintigraphic phase imaging in detecting the site of the onset of ventricular activation and the pattern of ventricular activation sequence.

ECG-gated equilibrium cardiac blood pool scintigraphy was obtained in the left anterior oblique (LAO) and right anterior oblique (RAO) projections. The standard 12-lead electrocardiograms (ECG) were recorded in 29 cases with various conditions. These included seven normal subjects as controls, eight patients (pts) with complete right bundle branch block (CRBBB), one with CRBBB and left axis deviation (LAD), two with complete left bundle branch block (CLBBB), one with the Wolff-Parkinson-White (WPW) syndrome (B-type), six with right ventricular apical endocardial pacemakers, one with a right ventricular anterior wall myocardial pacemaker, and three with left ventricular apical myocardial pacemakers.

Phase image analysis was performed using the first harmonic of the Fourier transform to fit a cosine curve to the time-activity curve of each pixel in the cardiac blood pool study.

The results were as follows:

In pts with WPW syndrome (B-type) and artificial pacemakers, the site of the earliest phase angle corresponded to the site of the onset of ventricular activation as predicted by ECG and chest radiographs, respectively.

However, in normal subjects and in pts with CRBBB, the site of the earliest phase angle was observed at the basal (upper) interventricular septum, which was different from the site of the onset of

藤田学園保健衛生大学医学部 内科
*同 放射線科
豊明市杵掛町田楽ヶ窪 1-98 (〒470-11)

Departments of Internal Medicine and *Radiology,
Fujita-Gakuen University School of Medicine, Den-
gakugakubo 1-98, Kutsukake, Toyoake 470-11

Received for publication October 27, 1983, manuscript revised November 9, 1983 (Ref. No. 25-59)

ventricular activation previously reported by Sodi-Pallares et al and Durrer et al. This discrepancy may have been caused by the paradoxical motion of the basal (upper) interventricular septum in those cases. A similar discrepancy was also observed in pts with CLBBB. Although the site of onset of ventricular activation was predicted to be near the insertion of the anterior papillary muscle of the right ventricle by ECG and electrophysiology, the pixels showing early phase angle were distributed widely along the interventricular septum in those pts with CLBBB. This error in the phase image may have been caused by the extensive paradoxical motion of the interventricular septum. Thus, caution should be exercised in estimating the site of the onset of ventricular activation by phase images. The main direction of phase changes corresponded well to the ventricular activation sequence estimated using ECG in all subjects.

The RAO phase image was limited concerning the cancellation of the phase angle and the inseparability of the right and left ventricles, but it was helpful in detecting a left anterior hemiblock in a pt with CRBBB and LAD, and a pre-excitation site in a pt with the WPW syndrome (B-type).

In conclusion, it may be difficult to detect accurately the sites of the onset of ventricular activation by phase images except in pts with artificial pacemakers and having the WPW syndrome. However, phase images are useful in evaluating the main directions of ventricular activation sequences.

Key words

Ventricular activation Phase image Electrocardiography ECG-gated cardiac blood pool scintigraphy

はじめに

近年, 心電図同期心プールシンチグラフィ(心プールシンチ)による各種の functional image が開発され, 心臓局所の機能を一枚の画像で観察できるようになってきた. これらの functional image は, ほとんどが心室壁運動の空間的な大きさを表現するのに対し, Adam ら¹⁾の考案した phase image は時間的ズレ(位相のズレ)を表現するものであり, 心室局所の運動の伝播過程を分析できるとされている²⁻⁷⁾. そこで過去の報告に基づき心電図 QRS 波形から心室内興奮伝播過程を推定し, phase image と対比した.

対 象

非ペースング例では標準 12 誘導心電図の QRS 波形により, ペースング例ではスパイク後の QRS 波形と二方向胸部 X 線写真, および手術所見を参考として, 対象計 29 例を次の 8 群に分類した. その内訳は 1) 正常群 7 例 (22~34 歳, 平均年齢 30 歳), 2) 完全右脚ブロック 8 例 (40~72 歳, 同 58 歳), 3) 完全右脚ブロックに高度の左

軸偏位 (-66°) を伴った 2 枝ブロック 1 例 (62 歳), 4) 完全左脚ブロック 2 例 (70 および 74 歳), 5) WPW 症候群 (Rosenbaum らの分類⁸⁾による B 型) 1 例 (42 歳), 6) 右室心尖部心内膜ペースング 6 例 (58~78 歳, 同 65 歳), 7) 右室前壁心筋ペースング 1 例 (61 歳), 8) 左室心尖部心筋ペースング 3 例 (30, 72 および 73 歳) である. これらの症例の検査中の心拍数は 60~80/分であり, また asynergy を呈し得る 心筋梗塞症の既往は認めなかった.

方 法

心プールシンチ撮像には 37,000 ホールのパラレル・コリメーターを装着した日立製ガンマカメラ (RC-1C-1635LD) を, データ処理には ADAC system IV を使用した. 被検者に ^{99m}Tc- アルブミン 20 mCi を静注し, 約 10 分後, 左前斜位 45° (LAO) と右前斜位 30° (RAO) の 2 方向で, 平衡時心電図同期法によりフレームモードで 1 心拍を 32 等分し, 64×64 画素にてデータ採取を行った. バックグラウンド処理後, 画像のスムージングを行い, 一次項のフーリエ解析により amplitude

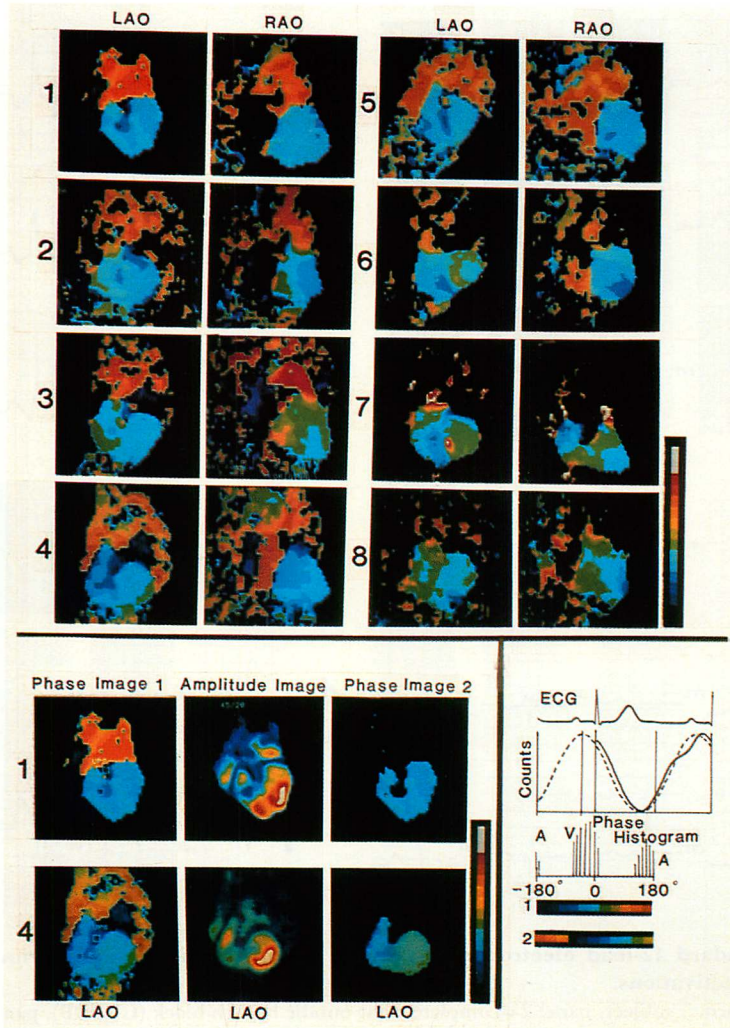


Fig. 1 (top). LAO and RAO phase images in a normal subject and in patients with various abnormal ventricular activation.

Phase angle-color relationship is indicated in coloring 1 of the bottom right figure. The R wave is coded as light blue. The earliest phase angle in the ventricle is usually coded as blue or dark blue, and the delayed phase angle in the ventricle is coded as green or brown in all panels of Fig. 1.

Panel 1=normal, panel 2=complete right bundle branch block (CRBBB), panel 3=CRBBB and left axis deviation, panel 4=complete left bundle branch block, panel 5=Wolff-Parkinson-White syndrome (type B), panel 6=right ventricular apical endocardial pacing, panel 7=right ventricular anterior wall myocardial pacing, panel 8=left ventricular apical myocardial pacing.

Fig. 1 (bottom left). Phase images and amplitude images in the LAO projection in a normal subject (panel 1) and in patient with complete left bundle branch block (panel 4).

Each phase image 1 is an original phase image and each phase image 2 is a special phase image which is constructed only by the ventricular phase angles (from -45° to 20° in panel 1 and from -90° to 40° in panel 4).

Fig. 1 (bottom right). Relationship of time-activity curve, phase histogram, and coloring in phase images.

Coloring 1 is an original method of ADAC system IV.

Coloring 2 is an improved method to observe simply the site of earliest phase angle in the ventricle.

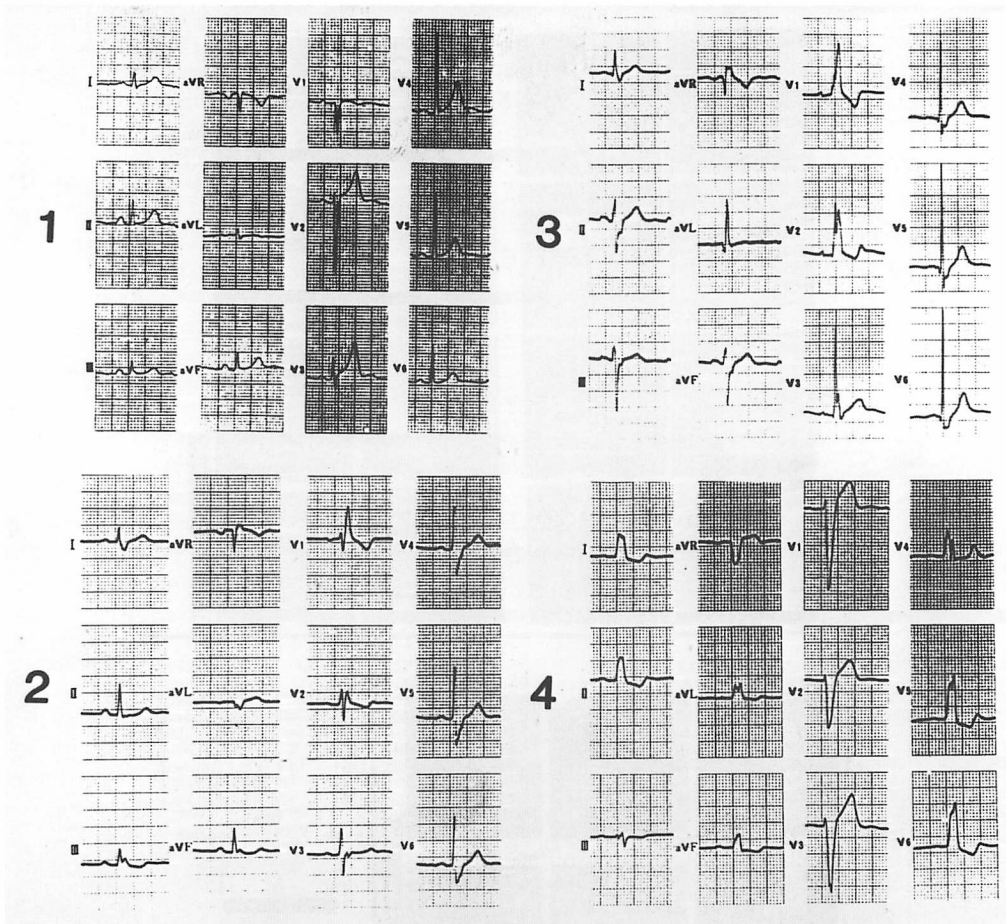


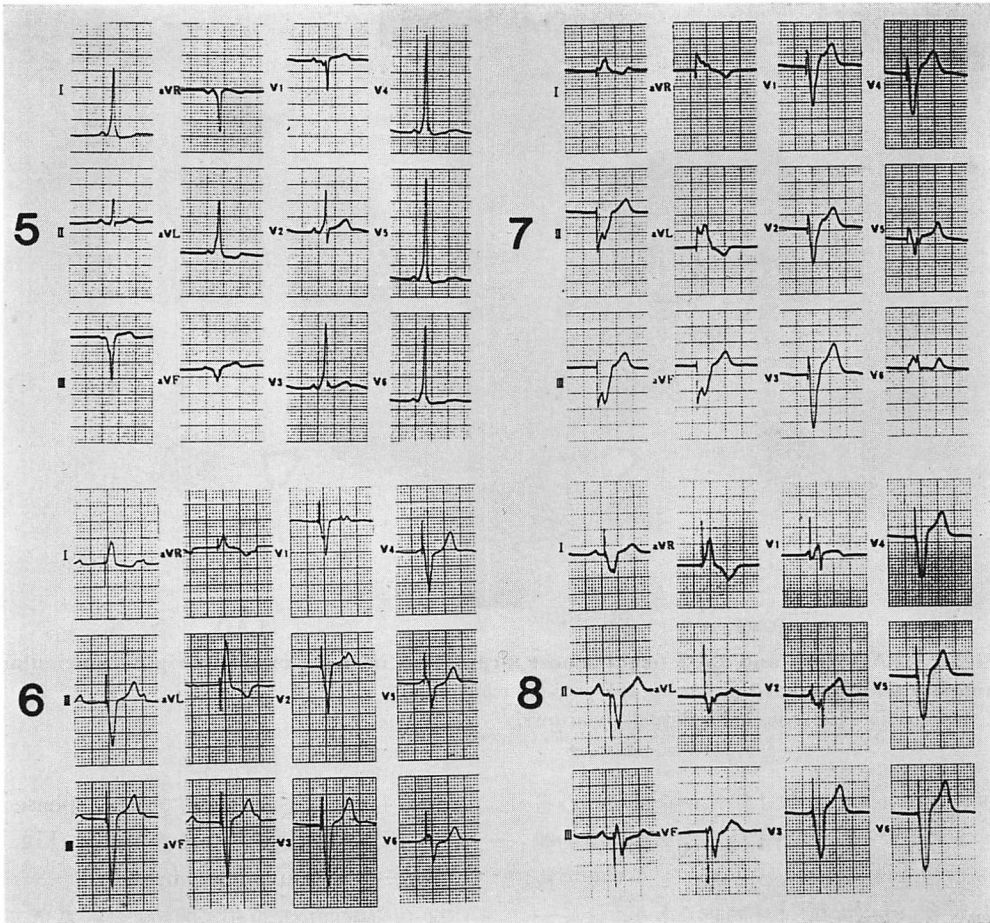
Fig. 2. Standard 12-lead electrocardiograms in a normal subject and various abnormal ventricular activations.

Panel 1=normal subject, panel 2=complete right bundle branch block (CRBBB), panel 3=CRBBB ↗

image を得, その後最大 amplitude の 15% 以上を示す画素における位相角 (phase angle) を算出し, phase image を作製した. Phase image では各画素の phase angle に対し, 何らかの色を対応させて image を構成するが, 本研究では Fig. 1 右下の 1 に示すように, -180° に対して濃い青色を, -45° に対して青色を, 0° に対して明るい青色を, $+90^\circ$ に対して黄色を, $+180^\circ$ に対して茶色を配色した.

また心電図 QRS 波形から推定された電氣的興

奮伝播過程と, phase image から得られた所見とが一致しなかった正常例 (症例 1), および完全左脚ブロック例 (症例 4) においては, LAO の心プールシンチ像上で, 左右心室の中央部と心室中隔上部に 5×5 画素の正方形の関心領域 (ROI) を設定し, それらの部位の time-activity curve と phase histogram を求め, さらに心室中隔運動を詳細に知るために, M モード心エコー図を記録して, 不一致の原因について検討を加えた.



∠ and left axis deviation, panel 4=complete left bundle branch block, panel 5=Wolff-Parkinson-White syndrome (type B), panel 6=right ventricular apical endocardial pacing, panel 7=right ventricular anterior wall myocardial pacing, panel 8=left ventricular apical myocardial pacing.

結 果

1. 正常群

Fig. 2-1 に正常群の代表例(症例1)の12誘導心電図を示す。

正常者における心室の電氣的興奮は^{9,10)}, ① 心室中隔下部 1/3 心尖部よりの左室面, ② 左室の anterior paraseptal wall, ③ 左室の posterior paraseptal wall の3カ所より開始し, 心室中隔では左室面から右室面へ, かつ心尖部(下)から心基

部(上)へと伝播する. また同時に脚の分枝とプルキンエ線維網の走行に沿って左右心室の心内膜へ急速に広がり, 心内膜から心外膜へも緩やかな速度で広がる. 右室側での興奮の開始部位は前乳頭筋根部付近の心内膜面で, 心室中隔左室側での興奮の開始より 5~10 msec 遅れている. 心室中隔上部, 右室肺動脈円錐部上端, 左室心基部の一部にはプルキンエ線維網が欠落しているか, 非常に少ないため, 興奮の伝播はもっとも遅れているとされている.

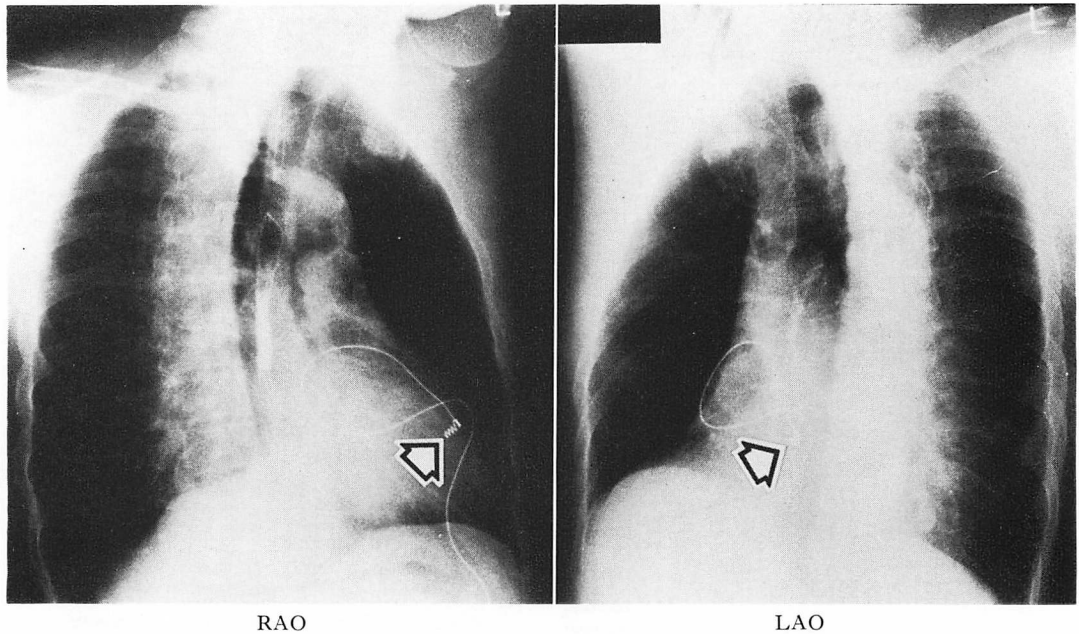


Fig. 3. RAO (left) and LAO (right) chest x-ray films in a patient with right ventricular anterior wall myocardial pacing (61-year-old man).

The pacing electrodes are indicated by arrows.

LAO の phase image では, 7 例全例で, 心室中隔上部に位相の最も早い部位を認め, 電気的興奮の開始部位とは一致しなかった. しかしその後の位相の推移は左右心室ほぼ同時であり, よく一致した (Fig. 1 上図 1, 左). RAO の phase image では, 全例で, 心室前面もしくは心尖部付近より位相が開始し, 心基部へと推移した (Fig. 1 上図 1, 右).

2. 完全右脚ブロック群

完全右脚ブロック群 (Fig. 2-2) における電気的興奮の開始部位は正常群とほぼ同様と考えられるが, LAO の phase image では, 8 例中 7 例で, 心室中隔上部にもっとも早い位相を認め, そのうち 3 例では anterior paraseptal wall と思われる左室心基部にも位相の早い部位があり, 残る 1 例では左室後側壁基部に位相のもっとも早い部位を認め, 推定された電気的興奮伝播過程と完全には一致しなかった. しかし, その後の位相の推移は

8 例とも右室から左室の順であり, phase image は右室の位相の遅れをよく表現した (Fig. 1 上図 2, 左). RAO の phase image では, 8 例中 6 例で心尖部附近から位相が開始し, 心基部方向へ位相は推移した (Fig. 1 上図 2, 右) が, 他の 2 例では心室前面部から下方へ, さらに心基部へと位相が推移した.

3. 完全右脚ブロック兼高度左軸偏位例

完全右脚ブロック兼高度左軸偏位例 (Fig. 2-3) では右脚および左脚前枝ブロックが存在すると考えられ, 興奮の開始部位は心室中隔 1/3 心尖部よりの左室面と左室の posterior paraseptal wall であると推定されたが, LAO の phase image では右室中央付近にもっとも位相の早い部位を認め, 予測とは一致しなかった. しかし右脚ブロックを反映して右室自由壁の位相はもっとも遅れていた (Fig. 1 上図 3, 左). RAO の phase image では心室下部から上方へ位相が推移し, 心室前面部に

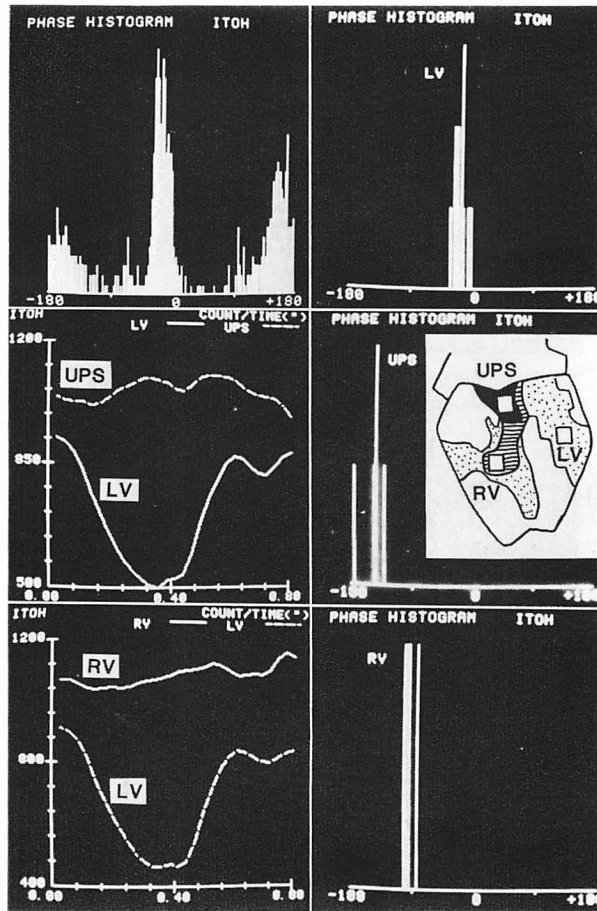


Fig. 4. Phase histograms and time-activity curves of upper interventricular septal (UPS), right ventricular (RV) and left ventricular (LV) regions of interest in a normal subject (Case 1).

位相の遅れを認め (Fig. 1 上図 3, 右), 左脚前枝ブロックをよく表現していた。

4. 完全左脚ブロック群

完全左脚ブロック群 (Fig. 2-4) では興奮の開始部位は右室前乳頭筋付着部位と推定されたが, LAO の phase image では, 2例とも, 心室中隔上部の位相が著明に早く, つづいて心室中隔に沿って下降し, やはり一致しなかった。しかし左室の位相の遅れは明確に表現された (Fig. 1 上図 4, 左)。RAO の phase image では, 2例とも, 心基部側から心尖部方向に位相が推移した (Fig. 1 上図 4, 右)。

5. WPW 症候群 (B 型) 例

Fig. 2-5 に WPW 症候群の心電図を示す。PQ 時間は 0.10 sec で明確なデルタ波を認め, V_1 で qrS 型を示し, 上田ら¹¹⁾の C 型とも考えられるが, qV_1 はきわめて小さいため Rosenbaum ら⁸⁾の B 型と診断した。WPW 症候群 B 型の症例では右室後側壁基部に Kent 束が存在すると推定され^{12,13)}, RAO の phase image ではこれをよく表現し得た (Fig. 1 上図 5, 右)。また LAO の phase image では心室中隔上部と Kent 束が存在すると思われる右室自由壁基部に位相の早い部位を認め, その後, 位相は左右心室へほぼ同時に推

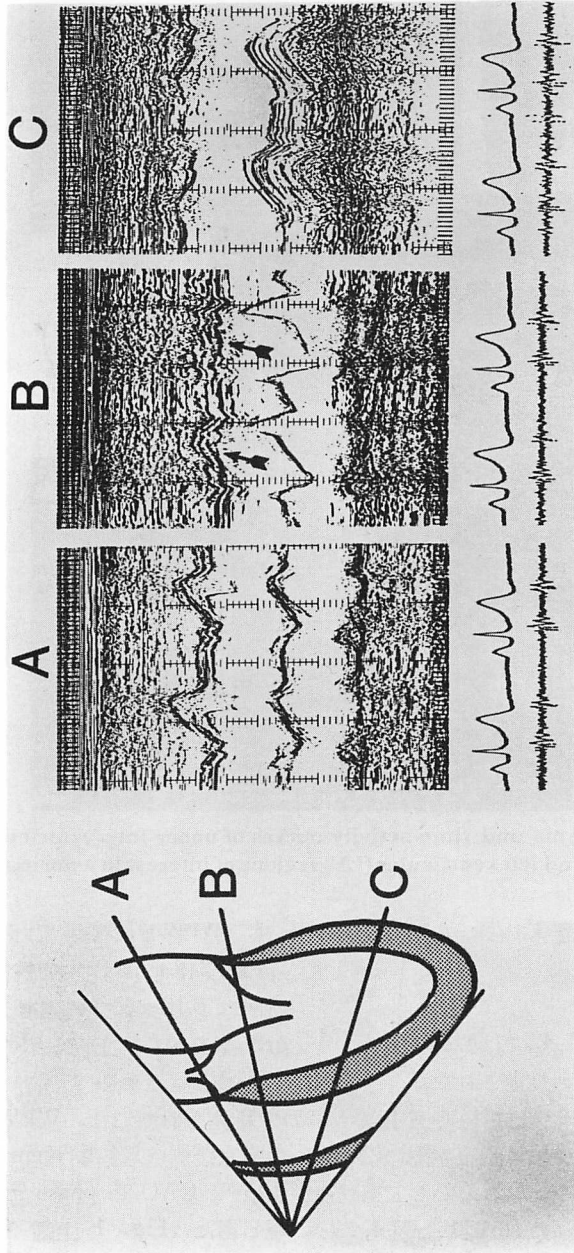


Fig. 5. M-mode echocardiograms in a normal subject (34-year-old man).
Paradoxical motion of the upper interventricular septum is indicated by arrows in panel B.

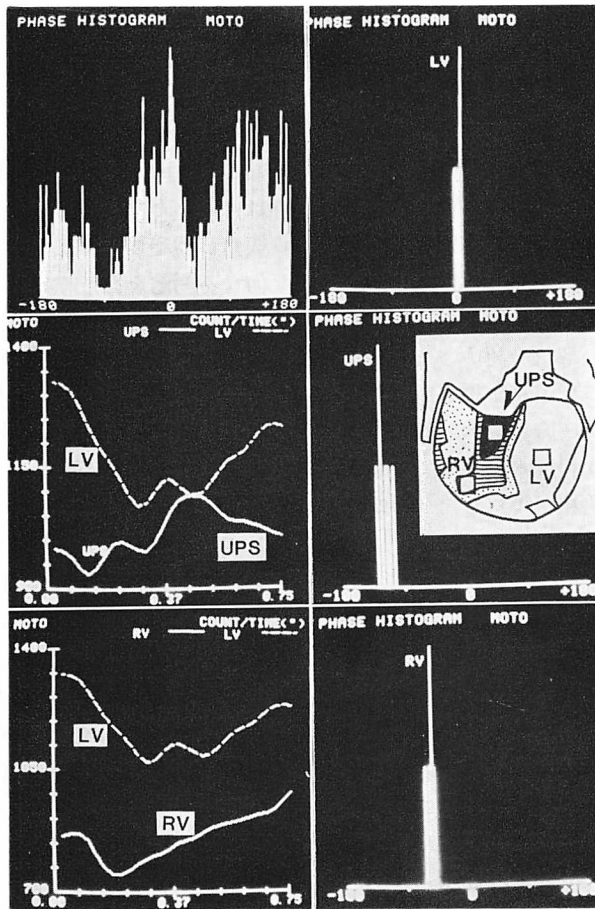


Fig. 6. Phase histograms and time-activity curves of upper interventricular septal (UPS), right ventricular (RV) and left ventricular (LV) regions of interest in a patient with complete left bundle branch block (Case 4).

移した (Fig. 1 上図 5, 左).

6. 右室心尖部心内膜ペースング群

心電図では高度の左軸偏位と V_{1-6} で全て S 型の QRS 波形を呈し (Fig. 2-6), 右前下から左後上方へ興奮が伝播していると推定され, 胸部レ線写真でも電極は右室心尖部に存在した. LAO の phase image では全例で右室下部心尖部付近にもっとも位相の早い部位を認め, 心電図所見, レ線所見 (Fig. 3) とよく一致した. ついで位相は右室へ広がり, さらに左室へと伝播した (Fig. 1 上図 6, 左). RAO の phase image では, 全例で心室

下面の右室心尖部付近より位相が開始し, 心基部方向へと推移した (Fig. 1 上図 6, 右).

7. 右室前壁心筋ペースング例

心電図では左軸偏位を呈し, V_6 で左脚ブロック型を示した (Fig. 2-7). 胸部レ線写真 (Fig. 5) では右室前壁に電極を認め, 電気的興奮は右室前壁より開始し, 左室前側壁の興奮の遅れが示唆された. LAO の phase image では右室前壁に小さく限局した位相の早い部位を認め, ついで右室, さらに左室後壁, 心室中隔左室面へ時計回転方向に伝播した (Fig. 1 上図 7, 左). RAO の phase

image では心尖部から心基部へと位相は推移し (Fig. 1 上図 7, 右), 位相の開始部位とペースング部位は一致しなかった。

8. 左室心尖部心筋ペースング群

心電図 (Fig. 2-8) では第 I 誘導で S 型, V_1 で R 波優位を示す右脚ブロック型で, aV_L , aV_F ともに S 優位, V_{3-6} で QS 型を呈し, 電氣的興奮は左前下から右後上方へ向かうと推定された。LAO の phase image では, 3 例全例で, 左室心尖部にもっとも位相の早い部位を認め, その後左室へ, さらに右室へ向かって位相が推移し (Fig. 1 上図 8, 左), 心電図および胸部レ線写真の所見とよく一致した。RAO の phase image でも全例で心尖部から心基部へと位相が推移した (Fig. 1 上図 8, 右)。

9. 不一致例の検討

興奮の開始部位と phase image 上の位相の開始部位は, 正常群, 完全右脚ブロック群, 完全右脚ブロック兼高度左軸偏位例, 完全左脚ブロック群では一致しなかったが, このうち正常群, 完全右脚ブロック群, 完全左脚ブロック群では心室中隔上部に位相の開始部位を認めたので, この部位における詳細な検討を行った。正常例における心室中隔上部の ROI (UPS) 内の time-activity curve (Fig. 4, 左中段) は心室の収縮期に count を増しており, 奇異性運動を呈していると考えられた。事実この症例の M モード心エコー図 (Fig. 5) では心室中隔上部に奇異性運動が認められ, UPS の time-activity curve と類似のパターンを示した。また完全左脚ブロック例でも UPS の部位では, さらに著明な奇異性の time-activity curve を呈した (Fig. 6)。

考 察

Adam ら¹⁾の開発した phase image は心プールシンチグラム上の各画素の time-activity curve をフーリエ解析することにより, 局所心室壁運動の時間的ズレを空間的に表現するものであり, 従来の regional EF image^{14,15)}などとは異なった情

報を提供し, 注目を集めている。

心室内興奮伝播異常例における phase image については, Botvinic ら^{2,3)}, Frais ら⁴⁾の報告があり, また本邦では村田ら⁵⁾, 高橋ら^{6,7)}の報告もあるが, phase image の問題点についての検討¹⁶⁾はほとんどない。その点を考慮し, 電氣的心室内興奮伝播過程を推定する上で, phase image が如何なる問題を有しているかを中心に考察したい。

1. Phase image の配色について

頻脈でなければ心室の拡張期は収縮期より長く, 一次項のフーリエ級数による phase image では, 心室の phase angle は約 $-30^\circ \sim 0^\circ$ 付近に集中し, 心室は青色ないし明るい青色で表現される。これに対し, 心房の phase angle は心室に比して約 180° 位相がズレているため, 約 $+15^\circ \sim +180^\circ$ 付近に分布し, 黄色もしくは茶色に配色される (Fig. 1 右下図, coloring 1)。このように phase angle は -180° から $+180^\circ$ までのサークルを成しており, ある角度, 例えば -45° をもっとも早い位相角と決めた場合, その左隣りの -46° はもっとも遅い位相角と判定される。このため, どの位相角をもっとも早い位相角と決定し, 判読しやすい配色とするかが今後の課題であると思われる。すなわち phase histogram 上で心室群 (V) の左端の位相角に濃い青色を配色する方法 (Fig. 1 右下図, coloring 2) が phase image をより判定しやすくすると思われるが, 各症例により phase histogram の様相は異なり, 各症例によって配色を変える必要があると思われる。また Fig. 2 に示すごとく phase histogram 上で心室群 (V) と思われる位相角の部分だけを phase image として表現する (Fig. 1 左下図, phase image 2) のも一法と考えられるが, このような方法においても phase histogram 上の心室群 (V) の開始角が明確でない以上, 問題が解決したとは言えない。

2. 心室中隔における phase image の問題点

心プールシンチでは心室中隔部には本来種は存在せず, この部位の位相解析には問題があると

思われるが、それとは別に心室内興奮伝播異常例における心室中隔運動は複雑であり¹⁷⁻²⁰⁾、位相解析にも影響すると考えられる。すなわち、心室中隔上部は正常例でも奇異性運動を呈し得るし¹⁸⁾、完全左脚ブロック¹⁸⁾、WPW 症候群 B 型²⁰⁾ではより広範囲に亘って心室中隔が奇異性運動を呈することが知られている。すべての心室壁が心室の中心点に向かって収縮するならば電氣的興奮の伝播様式と位相の推移とは一致するものと考えられるが、ある画素の位相角はその部位の心室壁運動様式にも影響を受けるはずであり、ことに奇異性運動を呈する部位での位相角は興奮の到達時相を表現し得ないと思われる。また心室の収縮にはネジレの要素も含まれており、心室中隔面とガンマカメラとのなす角度も一定ではなく、心室中隔部においては、より複雑な因子が位相角に影響を与えているものと考えられる。また LAO 像においては心房と心室の重なり合う部分での位相角には問題があり、心拍動に伴った心臓自身の運動も位相角に関係していると思われる¹⁶⁾。

3. RAO の phase image

位相の推移を 3 次元に把握するためには LAO 像ばかりでなく、RAO 像の位相解析が望まれるが、一回循環法ではカウントを十分に得られない場合もあり、平衡時法では左右心室の重なりが問題となる。今回の検討では平衡時 RAO 像の phase image により、完全右脚ブロック兼高度左軸偏位例では心室前壁の位相の遅れを、WPW 症候群 B 型の症例では早期興奮部位を表現し得たので、症例によっては有用な場合もあり得ると考えられた。しかし、今後これらの問題を解決するために断層像や 3 次元立体像 (surface image)²¹⁾の位相解析が必要と思われる。

要 約

心電図同期心プールシンチグラフィから得られる phase image により、心室内興奮伝播過程をどの程度推定できるかについて検討した。

正常者 7 名、完全右脚ブロック (CRBBB) 8 例、

CRBBB に高度の左軸偏位 (LAD) を伴った 1 例、完全左脚ブロック (CLBBB) 2 例、Wolff-Parinson-White (WPW) 症候群 (B 型) 1 例、右室心尖部心内膜ペースング 6 例、右室前壁心筋ペースング 1 例、左室心尖部心筋ペースング 3 例を対象として、左前斜位 (LAO) および右前斜位 (RAO) の平衡時心電図同期心プールシンチグラムと標準 12 誘導心電図を記録した。

心プールシンチグラム上の各画素における time-activity curve に、cosine curve をフィッティングする一次項のフーリエ解析により、phase image を作製した。

WPW 症候群 B 型およびペースング例における位相の開始部位は、心電図および胸部レ線写真から推定された興奮の開始部位と一致した。しかし正常および CRBBB の症例では、位相の開始部位が心室中隔上部に存在し、Sodi-Pallares らおよび Durrer らの報告による興奮開始部位とは一致しなかった。これらの症例におけるこの不一致は、心室中隔上部の奇異性運動によるものと思われた。また CLBBB の症例においても同様の不一致が観察された。これらの症例では、心電図および電気生理学的に、心室の興奮の開始部位は右室前乳頭筋付着部位にあると推定されたが、phase image では心室中隔にそって広範囲にわたり早い位相が認められた。この phase image の誤りは心室中隔の広範囲にわたる奇異性運動によるものと思われた。すなわち、心室における興奮の開始部位を phase image により推定する場合、十分な注意を要すると考えられた。しかしすべての症例において、位相の推移する主たる方向は、心電図から推定された心室内興奮伝播過程と良く一致した。

RAO の phase image は、左右心室の位相角のキャンセレーションと左右心室の分離において問題点を有するが、LAD を伴った CRBBB の症例において、左前枝ブロックおよび WPW 症候群 (B 型) の早期興奮部位の診断に役立った。

以上のように、WPW 症候群、ペースング例を

除いて, phase image により心室内における興奮の開始部位を推定することは困難であると思われた。しかし phase image は, 心室内興奮伝播過程の主たる方向を評価するためには有用な方法であった。

文 献

- 1) Adam WE, Tarkowska A, Bitter F, Stauch M, Geffers H: Equilibrium(gated) radionuclide ventriculography. *Cardiovasc Radiol* 2: 161-173, 1979
- 2) Botvinic 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
- 3) Botvinic EH, Frais MA, Shosa DW, O'Connell JW, Pacheco-Alvarez JA, Scheinman M, Hattner RS, Morady F, Faulkner DB: An accurate means of detecting and characterizing abnormal patterns of ventricular activation by phase image analysis. *Am J Cardiol* 50: 289-298, 1982
- 4) Frais MA, Botvinick EH, Shosa DW, O'Connell WJ, Scheinman M, Hattner RS, Morady F: Phase image characterization of ventricular contraction in left and right bundle branch block. *Am J Cardiol* 50: 95-105, 1982
- 5) 村田 啓, 田淵博己: 刺激伝導系の診断一位相解析一. *画像診断* 1: 535-540, 1981
- 6) 高橋恒男, 桂川茂彦, 柳沢 融: 位相解析法による各種心疾患のマルチゲート心プール像の評価. *核医学* 19: 239-244, 1982
- 7) 高橋恒男, 桂川茂彦, 阿部知博, 柳沢 融, 中居賢司, 松下一夫, 川村明義, 加藤政孝, 佐々木峻, 新津勝宏: 位相解析法による心興奮伝導異常例の検討. *核医学* 20: 815-822, 1983
- 8) Rosenbaum FF, Hecht HH, Wilson FN, Johnston FD: The potential variation of the thorax and oesophagus in anomalous atrioventricular excitation (Wolff-Parkinson-White syndrome). *Am Heart J* 29: 281, 1945
- 9) Sodi-Pallares D, Rodriguez MI, Chait LO, Zuckermann R: The activation of the interventricular septum. *Am Heart J* 41: 569-608, 1951
- 10) Durrer D, VanDam R, Freud GE, Janse MJ, Meijler FL, Arzbaecher RC: Total excitation of the isolated human heart. *Circulation* 41: 899-912, 1970
- 11) Ueda H, Nameki C, Saruta H, Kawamura H, Yoshida A, Tsuzuki A: Further studies on the WPW syndrome (pre-excitation syndrome) with special reference to the intracardiac and oesophageal lead. *Jpn Circ J* 21: 361, 1957
- 12) Boineau JP, Moore EN: Evidence for propagation of activation across an accessory atrioventricular connection in types A and B pre-excitation. *Circulation* 41: 375, 1970
- 13) Burchell HB, Frye RL, Anderson MW, McGoon DC: Atrioventricular and ventriculoatrial excitation in Wolff-Parkinson-White syndrome (type B): Temporary ablation at surgery. *Circulation* 36: 663, 1967
- 14) Maddox DE, Holman BL, Wynne J, Idoine J, Parker JA, Uren R, Neill JM, Cohn PF: Ejection fraction image: A non-invasive index of regional left ventricular wall motion. *Am J Cardiol* 41: 1230-1238, 1978
- 15) Bodenheimer MM, Banka VS, Fooshee CM, Hermann GA, Helfant RH: Comparison of wall motion and regional ejection fraction at rest and during isometric exercise. *J Nucl Med* 20: 724-732, 1979
- 16) Wendt III RE, Murphy PH, Clark JW, Burdine JA: Interpretation of multigated Fourier functional images. *J Nucl Med* 23: 715-724, 1982
- 17) 菱田 仁, 船川直洋, 重村元嗣, 洞庭賢一, 勅使河原敬明, 近藤 武, 大橋 進, 宮城 裕, 野村雅則, 岡島智志, 久田澄夫, 水野 康: 心室中隔運動と心電図波形の関係一ペースメーカー植込み患者に於ける検討一. *日超医講演論文集* 34: 165-166, 1978
- 18) 近藤 武, 勅使河原敬明, 大橋 進, 宮城 裕, 野村雅則, 菱田 仁, 久田澄夫, 水野 康: 心室内興奮伝導異常例における心室収縮様式の超音波心臓断層法による検討. *日超医講演論文集* 32: 231-232, 1977
- 19) 近藤 武, 重村朝太郎, 洞庭賢一, 船川直洋, 勅使河原敬明, 大橋 進, 宮城 裕, 野村雅則, 菱田 仁, 久田澄夫, 水野 康: ペーシング部位と心室収縮様式の関係一心エコー図による検討一. *心臓ペーシング* 2: 110-112, 1978
- 20) Hishida H, Sotobata I, Koike Y, Okumura M, Mizuno Y: Echocardiographic patterns of ventricular contraction on the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Circulation* 54: 567-570, 1976
- 21) 桜井 充, 渡辺佳彦, 近藤 武, 金子堅三, 加藤善久, 桐山卓三, 菱田 仁, 水野 康, 白石 悟, 浅野智子, 江尻和隆, 竹内 昭, 古賀佑彦: 7ピンホールカメラによる断層フェーズイメージの検討一心室内興奮伝播異常例を対象として一. *ニュータウン・カンファレンス* 7: 79-82, 1983