

## 《原 著》

## 心プール断層法における位相解析

—副刺激伝導路の検出への応用—

中嶋 憲一\* 分校 久志\* 多田 明\* 滝 淳一\*  
 南部 一郎\* 利波 紀久\* 久田 欣一\* 三崎 拓郎\*\*  
 岩 喬\*\*

**要旨** Wolff-Parkinson-White (WPW) 症候群において位相解析による副刺激伝導路の位置推定が試みられてきたが、従来の位相イメージではその正確な位置推定には限界があった。そこで 7 ピンホール断層法および gated emission computed tomography (ECT) に位相解析を応用し、その精度を検討した。対象は WPW 症候群 21 症例、正常者 3 例、計 24 例であり、副刺激伝導路は 17 例において手術により確認された。7 ピンホール断層法では、左心型 6 例中 5 例でその位置推定はほぼ可能であった。一方、gated ECT による位相解析は 9 例中 8 例でその副刺激伝導路の位置がほぼ推定でき、1 例では 2 本の副刺激伝導路のうち 1 か所と早期収縮部位が一致した。断層法の位相解析は従来の位相イメージと比較して、血液プールの重なりを避けることができ、3 次元的な位相の進行が評価できる点で優れており、精度の向上が期待できる。

**I. はじめに**

心電図同期心プールシンチグラフィの位相解析により、心室内の収縮の伝播を画像化できるようになった<sup>1,2)</sup>。位相解析は、1 画素の時間放射能曲線のフーリエ変換により、その曲線を三角関数として特徴抽出する方法であり、その位相値の functional image は、ただちに電気生理学的な興奮の伝導と考えることはできないが、良い相關のあることが報告されている<sup>3~6)</sup>。著者らもすでに WPW 症候群に本法を応用し、その早期収縮部位と、副刺激伝導路との対応について、報告したが、早期収縮の左右差は正しく評価できるものの、さらに正確な副刺激伝導路の位置推定には、限界があった<sup>7,8)</sup>。また従来の多方向像による解析では、

心プールの重なりが避けられないため、位相値を正しく評価できない問題点があった。そこで著者らは、これらの問題点を解決するため、7 ピンホール断層法および ECT によるゲート心プール断層法に位相解析を応用し、WPW 症候群および正常者を対象に、早期興奮部位の推定が可能か否か、検討した。

**II. 対象と方法**

対象は、心電図および臨床症状から WPW 症候群と診断された 21 症例で、このうち 17 例が手術適応となり、心表面マッピングと副刺激伝導路切断術が施行された<sup>9)</sup>。手術症例を副刺激伝導路の位置から分類すると、右心型 4 例、左心型 12 例、複数副刺激伝導路 1 例であった。また、副刺激伝導路切断術後でデルタ波が消失した症例 5 例、および正常対象群として心電図上伝導障害がなく、心疾患の既往のない 3 例についても検討を行った。

ゲート心プールシンチグラフィは、Tc-99m 標識赤血球 (ピロリン酸を用いた in vivo 標識) 20 mCi (740 MBq) を用いて約 15 分後に Tc-99m-赤血

\* 金沢大学医学部核医学科

\*\* 同 第一外科

受付：58年10月24日

最終稿受付：58年12月12日

別刷請求先：金沢市宝町13-1 (☎ 920)

金沢大学医学部核医学科

中嶋 憲一

球が平衡に達した後、24フレーム/心拍のフレームモードでコンピュータに収集した。少なくとも2方向の撮像を行い、右心型の患者についてはRAO(右前斜位)35°とLAO(左前斜位)35°、左心型の患者についてはLAO35°と左側面像を撮像し、手術後の患者については手術前と同一の方向でデータを収集した。位相解析の方法はすでに報告したが<sup>10)</sup>、位相イメージの等高線表示と16分割のシネモード表示から、総合的に判定した。

7ピンホールコリメータ\*は心長軸に垂直となる断面を選び、LAO35°、頭側に10~20°傾斜させた。コリメータから体表面までの距離は5cmとした。データ収集時間は左心室内の1画素当たりの計数値が250になるまでとし、1心拍の分割数は8分割とした。この分割数は、著者らの7ピンホール断層法用プログラムで最大の分割数である。再構成は心基部より1cmごとに6~12スライスについて行った。ECT装置は対向型シンチカメラを有するミニコンピュータシステム†である。データ収集は10°ごとのサンプリングで行い、1方向当たり2分間の収集時間とした。画像再構成は、filtered back projectionにより行い、心臓の長軸、短軸方向の断面を得るように画像を回転後、短軸断層、矢状および水平長軸断層を作製した。なお7ピンホール断層はWPW症候群8例、術後5例、正常者3例について、gated ECTはWPW症候群9例について施行した。

位相解析は、フーリエ変換の基本波成分の位相値をfunctional imageとして表示し、原則としてグレイスケールの1色が10°に相当するように等高線表示を行った。早期位相の部位は房室弁輪部に近い心室の高さで左右をそれぞれ8分割して、最も位相値の小さい部位を判定した。しかし、位相イメージ上、早期位相を1/8周のいずれかに限定するのは必ずしも容易ではなく、刺激伝導路の部位とプール像を1対1に対応させるのが困難な症例もあることから、8分割の隣の領域までを一致とみなした。

footnotes: \* Technicare, † Scintipac 2400 S(島津)

### III. 結 果

副刺激伝導路の位置が確認された15症例において、その位置と早期位相の部位をTable 1に示した。7ピンホール断層法において副刺激伝導路の位置を確認した症例は8症例であった。このうち、7ピンホール断層法の位相イメージによる右心室の評価は、ノイズが多く、判定が難しいと考えられたため、右心型の2例の評価は対象から除外した。位相解析により早期位相の位置を判定した結果と手術で確認した副刺激伝導路の位置とを比較すると、5例においてほぼその位置は一致した。一型しなかった1例(症例5)は左心後壁に副刺激伝導路があり、さらにKent束の伝導が遅い症例であり、位相解析上は側壁が早期収縮部位であった。また、Table 2に示すように、手術後の5症例では、早期位相部位は前壁中隔1例、前壁1

Table 1 Patients with WPW syndrome

Case	ACP	Phase		Comment
		Plane	ECT	
<b>7-pin hole tomography</b>				
1	LL	LPL	LL	
2	LL	LL	LAL	
3	LL	L-	LAL	
4	LP	LPL	LPL	
5	LP	L-	LL	Ebstein
6	LL	LA	LAL	
<b>Gated ECT</b>				
7	LPL	LPL	LPL	
8	LPL	LL	LL	
9	LL	L-	LAL	
10	LL	LL	LL	
11	LAL	—	LAL	
12	RPS	RP	RPS	
13	RAL, LPL	RAL	RAL	Two ACps
14	LPL	—	LP	
15	RP	RP	RPS	

Abbreviations: ACP=accessory conduction pathway, LA=left anterior, LAL=left anterolateral, LL=left lateral, LPL=left posterolateral, LP=left posterior, RAL=right anterolateral, RP=right posterior, RPS=right posteroseptal, R- or L=Initial phase is in the right or left side, but precise site is not determined., —=Initial phase is not identified

**Table 2** Location of initial phase in patients after surgical division of ACP and normal subjects.

	Case	Phase
After surgery	1	LAS
	2	LA
	3	LL
	4	LL
	5	*
Normal	18	LA
	19	LL
	20	LL

Abbreviations are shown in Table 1

\*=difficult to identify

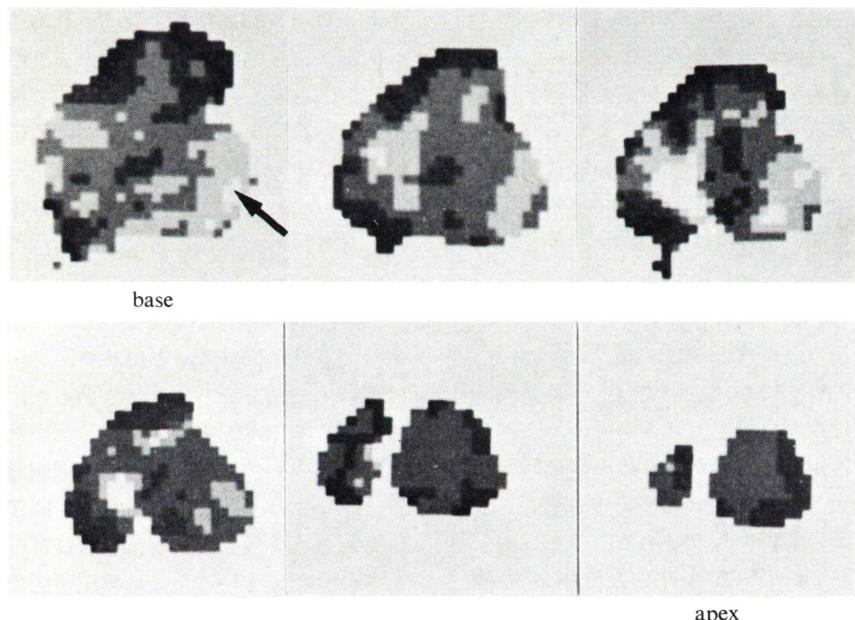
例、側壁 2 例、判定不能 1 例であり、正常者では前壁 1 例、側壁 2 例であった。Gated ECT を施行し、副刺激伝導路の位置を確認した症例では、Table 1 に示したように 8 症例でほぼ一致した。症例 13 は 2 本の副刺激伝導路を有する症例であつ

たが、このうち 1 か所と早期位相部位は一致した。副刺激伝導路の検出率を従来の位相イメージの多方向像と断層の位相イメージとで比較すると、従来法では 9 例中 5 例 (56%) であったのに対して、断層法では複数の副刺激伝導路を有する 1 例を除いて全例で検出可能であった。Gated ECT による早期位相部位は 3 方向の断層像から判定したが、7 ピンホール像の位相イメージより多方向で判定できるため、推定が容易であった。

#### IV. 症 例

##### 1. 7 ピンホール断層法の位相解析 (症例 1)

左心側壁に副刺激伝導路を有する症例の 7 ピンホール断層による位相解析を、Fig. 1 に示した。収縮は心基部では側壁より中隔に向かう型になつており、心尖部に向かうに連れて位相は遅延し、収縮の進行方向は不明瞭になっている。また心基



**Fig. 1** Phase images of seven pin hole tomography in a patient with left cardiac type. The site of accessory conduction pathway (ACP) was confirmed at a lateral portion of left heart. Upper left image is a section near the base of the heart, and lower right is near the apex. Note initial contraction is at the lateral aspect of the left ventricle near the base as indicated by an arrow. However, in a section near the apex, there is no significant difference in the timing of contraction between both ventricles.

部では左心室の収縮が右心室より早いが心尖部に近づくと左右差はなくなっている。なお、右心室内の位相はノイズが多く、早期部位が判定しにくい。

## 2. Gated ECT の位相解析(症例 12)

右心後中隔に副刺激伝導路を有する症例の LAO, RAO および ECT による位相解析の結果を Fig. 2-a, 2-b に示した。LAO では早期位相部位は、右室上部に認める。RAO では、右室後側壁に早期位相があるが、左心室との重なりのある右室前上部にも早期位相を認める。これらの 2 方向から副刺激伝導路の位置は右心室後壁が疑われるが、推定は難しかった。一方、gated ECT の位相解析では、右心室、左心室ともに後壁から前壁に向かう型になっており、また横断像では収縮は中隔から側壁に向かっている。位相の進行は、副刺激伝導路の位置をよく反映していると考えられた。

## V. 考 案

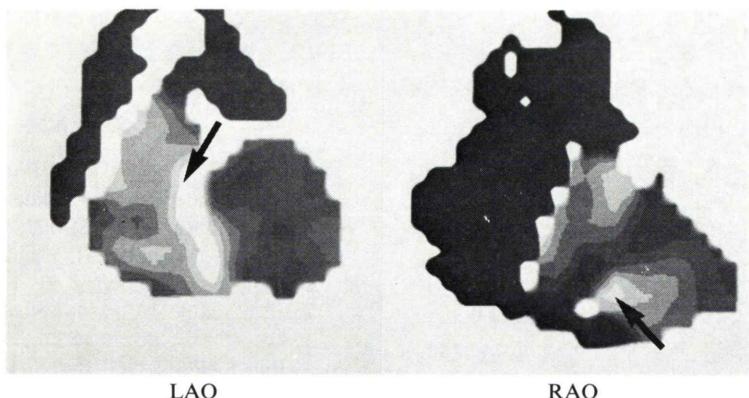
刺激伝導系の異常を示す疾患に位相解析の応用が試みられ、その興奮の伝導と位相の進行とは比較的よく一致すると報告されている<sup>3~6)</sup>。これは、電気的な興奮と心室壁運動の異常が密接な関連をもつことを示す知見である。しかし、位相解析は本質的に 3 次元的に重なりをもつ心プールの放射能の動きを見ているため、心房心室や左右心室の重なりに影響され最も条件の良い左心室の部位においても、前後方向の重なりは、避けられない。このため、WPW 症候群において、その早期異常運動の左右差は高率に検出できるものの、正確な伝導路の位置推定には限界があり検出率は 50% であった<sup>7,8)</sup>。そこで血液プールの重なりを避け、3 次元的な壁運動の解析を行う目的で、7 ピンホール断層法および gated ECT を用いた位相解析法を検討した。

断層法による位相解析の結果は、7 ピンホール断層法、ECT とともに、従来の多方向像より 3 次元的な位相の進行の評価が容易であり、位相イメージのパターンも planar image より単純になった。位相の早期部位と手術により決定された副

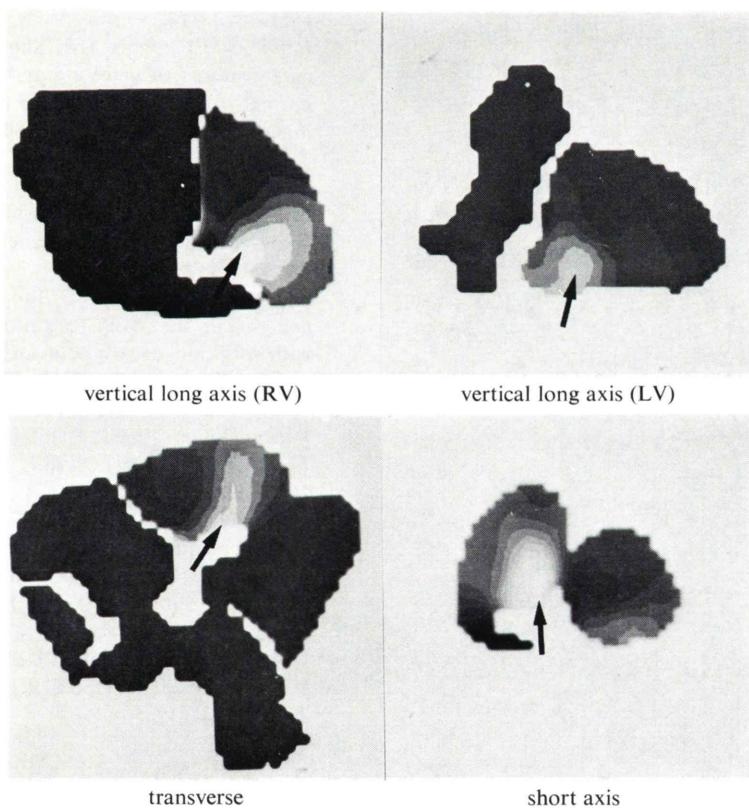
刺激伝導路の対応は、房室輪の高さでそれぞれの側を 8 分割して比較したが、位相イメージ上 1 つの領域に限定するのが困難な症例があり、1 対 1 の対応が難しいこと、心表面マッピングの精度、手術の際の切断が 1/4 周以上に渡ることなどを考慮し、隣の領域までを一致とみなした。7 ピンホール断層法による位相イメージでは 1 例を除いて副刺激伝導路の位置と早期位相の部位は一致した。一致しなかった 1 例は、Ebstein 異常を合併し、かつ Kent 束の伝達が遅い症例であったことが原因と推定される。Gated ECT では、特に planar の位相イメージで左右差がないか、症例 12 に示すように、早期位相部位の推定が困難な症例で副刺激伝導路の位置が推定できたことに意義がある。また、検出率も、従来法の多方向像での評価で 56% であるのにたいして、断層法は、複数副刺激伝導路の 1 例を除いて全例でほぼ一致しており、後者の方が優れていた。

血液プールの重なりを避ける目的には、著者らの施設にはないが、多結晶型カメラの使用も考えられる。しかし、従来、平衡時法で最も左右心室の分離が良い LAO 像でも、副刺激伝導路の検出率が約半数でしかないことを考慮すると、心室内の前後方向の血液プールの重なり自体が問題と推定される。この観点からは、断層法では心室辺縁の動きが周囲の組織と重ならないため有利である。一方、gated ECT は、現在のところ空間分解能が不良であり、低計数率と併せて、フィルター処理によって辺縁を滑かに見せているが、心室輪郭のぼけ、歪みは、除去できない。このため、われわれの結果でも、早期位相部位と副刺激伝導路の位置は完全には一致しなかったが、隣接する領域まで含めると一致しており、辺縁はぼけているながらもやはり動いているために検出可能であったと推定される。断層法の検出率の方が良好ではあったが、断層像の位相が断層の位置にも影響されるため、従来法と併せた判定が必要であろう。

著者らは 7 ピンホール断層法を gated ECT のための予備的検討として行った。7 ピンホール像は、特に深部になるほど空間分解能が不良であり、



**Fig. 2-a** Phase images in a patient with a right posteroseptal ACP. In LAO view, initial phase is identified in the right ventricle near the septum, while in RAO view, initial phase is observed in right posterolateral region. It is difficult to pinpoint the site of ACP by these phase images.



**Fig. 2-b** Phase images of gated ECT in the same patient as Fig. 2-a. Initial phase is indicated by an arrow in each image. In vertical long axial phase image, the contractions proceed from posterior to anterior wall both in right and left ventricles. Short axial and transverse images show initial phase in the posterior wall near the septum.

さらに今回の検討では時間分解能も8フレーム/心拍と限界があった。また、右心室内の位相はノイズのため判定が難しく、右心室の短軸像の形態が、左心室のように円形に近くないこと、血液プールの動きの方向にも影響されることなどが、原因と考えられる。一方、gated ECTにおいては、空間分解能は早期興奮による数mmの心室壁の動きを検出するには不十分とはいえる、7ピントホール断層法よりはすぐれている。また心長軸断層や横断像も容易に作製できるので、全体像を理解しやすい利点があった。さらに、Fig.2に示したごとく、右心室内の位相も進行が理解しやすかった。

正常者で位相の早期部位を解析することについては問題点もある。実際、断層では前壁、側壁、後壁のいずれから収縮が始まる症例も認められ、一定しない。正常者では、本来収縮の時間差が少ない上に、位相は動きの方向、大きさにも影響される。著者は断層による位相解析の目的は、WPW症候群や脚ブロックの存在診断にあるのではないと考えている。診断自体には、心電図で十分であろう。電気的興奮と壁運動の相関が興味深い問題であり、この相関が良好であれば、副刺激伝導路の位置推定にも応用できることになる。

断層法の位相解析の問題点として、空間分解能、時間分解能のほかに、断層像で作製される1画素の時間放射能曲線が、従来の位相解析で用いられたような容積曲線と考え方が異なる点もある。理論的には心室の輪郭の動きの長さを解析する方が合理的であるが、断層の原画像では左心室の直径は数画素であり、カウント法を用いるときと比較して1桁精度が劣っている。この点に関してはさらに詳細な検討が必要であろう。

以上、心プール断層法の位相解析は、検討されるべき課題が残されてはいるが、従来の位相イメージと比較して3次元的な位相の進行が評価で

きる点で優れており、副刺激伝導路の位置推定に關しても精度の向上が期待できると、結論できた。

## 文 献

- 1) Adam WE, Tarcowska A, Bitter F, et al: Equilibrium (gated) radionuclide ventriculography. *Cardiovasc Radiol* **2**: 161-173, 1979
- 2) Links JM, Douglass KH, Wagner HN Jr: Patterns of ventricular emptying by Fourier analysis of gated blood pool studies. *J Nucl Med* **21**: 978-982, 1980
- 3) Swiryn S, Pavel DG, Byrom E, et al: Sequential regional phase mapping of radionuclide gated biventriculograms in patients with left bundle branch block. *Am Heart J* **102**: 1000-1010, 1981
- 4) Rosenbush SW, Ruggie NT, Turner DA, et al: Sequence and timing of ventricular wall motion in patients with bundle branch block. *Circulation* **65**: 1511-1518, 1982
- 5) Botvinick EH, Frais MA, Shosa DW, et al: Accurate means of detecting and characterizing abnormal patterns of ventricular activation by phase image analysis. *Am J Cardiol* **50**: 289-298, 1982
- 6) Turner DA, von Behren PL, Ruggie NT, et al: Non-invasive identification of initial site of abnormal ventricular activation by least square phase analysis of radionuclide cineangiogram. *Circulation* **65**: 1511-1518, 1982
- 7) Nakajima K, Bunko H, Tada A, et al: Phase analysis in the Wolff-Parkinson-White syndrome with surgically proven accessory conduction pathways. *J Nucl Med* **25**: 7-13, 1984
- 8) 中嶋憲一, 分校久志, 多田明, 他: Wolff-Parkinson-White症候群における位相解析——外科的に確認された副刺激伝導路との対応——. 核医学 **20**: 8, 1101-1106, 1983
- 9) Iwa T, Kawasumi M, Misaki T, et al: Localization and interruption of accessory conduction pathway in Wolff-Parkinson-White syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg* **80**: 271-279, 1980
- 10) 中嶋憲一: 心電図同期心プールシンチグラフィを用いたfunctional imagingによる心機能評価(II)——特に冠動脈疾患における臨床的意義——. 核医学 **20**: 1, 11-21, 1983

## Summary

### **Phase Analysis in Gated Blood Pool Tomography: Detection of Accessory Conduction Pathway**

Kenichi NAKAJIMA\*, Hisashi BUNKO\*, Akira TADA\*, Junichi TAKI\*,  
Ichiro NANBU\*, Norihisa TONAMI\*, Kinichi HISADA\*,  
Takuro MISAKI\*\* and Takashi IWA\*\*

\*Department of Nuclear Medicine,

\*\*First Department of Surgery, School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa

Phase analysis of gated blood pool study has been applied to detect the site of accessory conduction pathway (ACP) in the Wolff-Parkinson-White (WPW) syndrome; however, there was a limitation to detect the precise location of ACP by phase analysis alone. In this study, we applied phase analysis to gated blood pool tomography using seven pin hole tomography (7PT) and gated emission computed tomography (GECT) in 21 patients with WPW syndrome and 3 normal subjects. In 17 patients, the sites of ACPs were confirmed by epicardial mapping and the result of the surgical division of ACP. In 7PT, the site of ACP grossly agreed to the abnormal initial phase in phase image in 5 out of 6 patients with left cardiac type.

In GECT, phase images were generated in short axial, vertical and horizontal long axial sections. In 8 out of 9 patients, the site of ACP was correctly identified by phase images, and in a patient who had two ACPs, initial phase corresponded to one of the two locations. Phase analysis of gated blood pool tomography has advantages for avoiding overlap of blood pools and for estimating three-dimensional propagation of the contraction, and can be a good adjunctive method in patients with WPW syndrome.

**Key words:** gated blood pool study, gated emission computed tomography, phase analysis, Wolff-Parkinson-White syndrome.