

《原 著》

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——

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

要旨 外科的に副刺激伝導路の位置を確認した Wolff-Parkinson-White (WPW) 症候群の25症例を対象に、心電図同期心プールシンチグラフィを用いて、心室の早期収縮異常を解析した。25症例のうち、右心型11症例全例で右室の早期収縮異常を認めた。また左心型14症例中10例で左室に早期収縮を認めたが、他の4例では左右差を検出できなかった。10症例では手術前後に位相解析を施行したが、術前に位相の左右差を認めた全例において、術後収縮様式の変化が起こり、副刺激伝導路に伴う早期収縮が消失することが示された。これらの結果は、WPW 症候群の刺激伝導異常に、高率に心室の早期収縮異常を伴うことを示す知見である。しかし、術前検査としての正確な副刺激伝導路の位置推定には限界があった。位相解析は、副刺激伝導路の診断に従来にない視点を提供するものであり、手術前後の評価にも有用な検査法と考えられる。

I. はじめに

Functional imaging による心機能評価は、近年心臓核医学領域で普及しつつある方法の1つである¹⁾。フーリエ変換で求められる位相、振幅イメージを用いる収縮異常の評価法も試みられているが^{2,3)}、いまだ歴史が浅く、特に刺激伝導路異常への応用に関する報告は少ない^{4~10)}。本法の Wolff-Parkinson-White (WPW) 症候群への適用についても、正確な副刺激伝導路との対応に関する検討は不十分である^{7~9)}。そこで、WPW 症候群において手術適応となり、副刺激伝導路切断術を施行した症例を対象に、副刺激伝導路の位置と早期収縮異常との関係、手術前後での収縮様式の変化について検討し、位相解析法の意義を考察した。

* 金沢大学医学部核医学科

** 同 第一外科

受付：58年5月6日

最終稿受付：58年5月6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

II. 対象と方法

1. 患者

対象は心電図 (ECG) 上で WPW 症候群と確認され、外科的副刺激伝導路切断術を施行した25症例 (年齢 11~61歳) である。全例において、手術前後に標準12誘導 ECG を記録し、上田らの分類¹¹⁾にしたがって、A, B, C の3型に分類した。10症例において、手術前後に ECG 同期心プール検査を施行した。合併症としては、Ebstein 異常1例、右脚ブロック (RBBB) 2例、Graves 病に RBBB を合併した症例1例であった。

2. 副刺激伝導路の位置決定

術前検査として、経静脈的カテーテルを用いた心内膜マッピングを行い、さらに手術中に心表面マッピングを施行して、副刺激伝導路の位置を確認した。副刺激伝導路切断により、全例で ECG 上のデルタ波は消失した。

3. ECG 同期心プールシンチグラフィ

^{99m}Tc 標識赤血球 (in vivo 標識) 740 MBq (20 mCi) を用いて、平衡時心プールデータを収集し

た. シンチカメラ (Sigma 410S†) は患者に対して modified 30-40° LAO (左前斜位) に設定し, コリメータは低エネルギー用スラントホールコリメータ (35° 傾斜) を用いた. データ収集は, 64×64 マトリクス, 16フレーム/心拍とし, 各フレーム 300~500 K count を収集した.

4. 位相解析

位相解析のためのプログラムは, VIP 460 シス

テム†を用いて独自に開発した¹²⁾. 各画素の時間放射能曲線についてフーリエ変換を施行し, その基本波成分の位相をパラメータとする functional image を作製した. すなわち, 基本波の余弦成分および正弦成分のフーリエ係数をそれぞれ a_1 , b_1 とすると,

$$\text{phase (位相)} = \arctan (b_1/a_1)$$

と定義される. 位相イメージは, 10° ごとのカラー

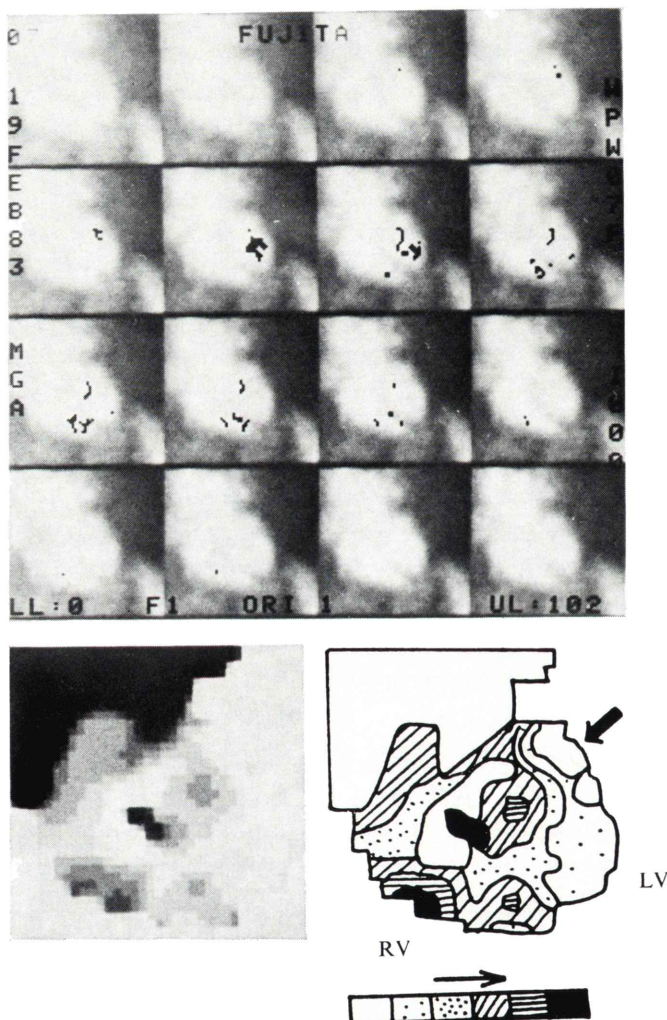


Fig. 1 Case 8. Phase image in a patient with left cardiac type. An ACP confirmed by surgery was located in the left lateral wall. Note the initial phase appeared in the lateral region of left ventricle both in phase image and cine-mode phase display (arrow). The contraction of entire left ventricle also preceded right ventricle.

† Ohionuclear 社製

Table 1 Correlation between the side of ACP confirmed by surgery and the result of phase analysis

side of ACP	ECG type	No.	side of initial phase	No.
L	A	14	L	10
			N	4
R	B	9	R	9
	C	2	R	2
Total				25

Abbreviations: ACP=accessory conduction pathway, ECG=electrocardiography, L=left side, R=right side, N=no difference between both sides.

スケールで表示した。また、1心拍のRR間隔を 2π ラジアンとして時間に換算し、1フレームを20 msecとして、その時間に対応する位相値の部位を黒色の画素とする表示も行った(Fig. 1)。これらの画像から左右心室の早期異常運動部位を判定し、著者らの正常例での検討から、40 msec以上の左右差を有意とみなした。

III. 結 果

Table 1に、外科的に確認された副刺激伝導路の存在する側、ECGの型および位相イメージから判定される早期収縮の存在する側を示した。副刺激伝導路切断術を施行した25症例のうち、A型が14例、B型が9例、C型が2例であった。外科的に確認された副刺激伝導路の位置と数から分類すると、右心型(中隔型を含む)11例、左心型14例であった。複数の刺激伝導路を有する症例は1例であり、右心に2か所の副刺激伝導路を有する症例であったため、右心型とした。位相解析により、早期の位相値を認める側を異常と判定すると、右心型の11例全例で、右室に早期の位相異常が認められ、右室に早期の収縮が起こることが示された(Fig. 2)。また、左心型14例のうち、10例では左室に早期収縮異常を認めた(Fig. 1)。左右差が検出できなかった症例は4例あり、左室前壁または側壁に副刺激伝導路を有する症例であった。

手術前後に位相解析を施行した10症例において、副刺激伝導路の存在する側と、早期位相異常の側とを比較し、Table 2に示した。右心型4例のう

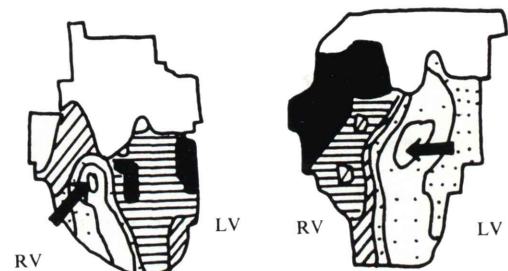
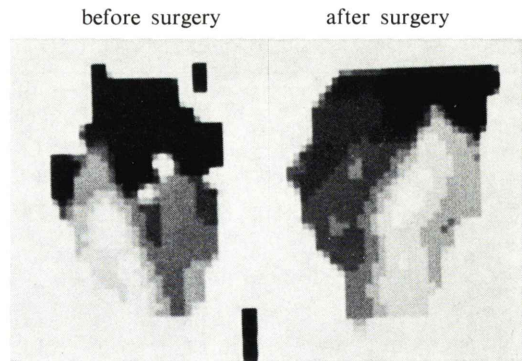


Fig. 2 Case 18. Phase image in a patient with right cardiac type before and after surgery. An ACP was confirmed by surgery on the right postero-septal wall, which was also shown in the phase image (arrow). After surgical division of the ACP, the initial phase was seen in the left ventricle, since she was also associated with right bundle branch block.

Table 2 Comparison of the results of phase analysis before and after surgical division of ACPs

side of ACP	No.	initial phase		comment	
		before	after		
R	4	2	R	N	RBBB
		2	R	L	
L	6	6	L	N	
Total		10			

Abbreviations: RBBB=right bundle branch block. Others are shown in Table 1.

ち、術前検査では4例とも右室に早期位相を認めた。術後検査では、2例では位相解析上左右差を認めなくなり、他の2例ではRBBBを合併する症例のため、左室に早期位相を認めた(Fig. 2)。左心型の6例は、術前検査で左室に早期位相を認めたが、術後いずれも左右差は消失した。

Table 3 Correlation between the precise site of the ACP confirmed by surgery and the site of initial phase on LAO view

Case	ECG type	site of ACP by surgery	initial phase	case	ECG type	site of ACP by surgery	initial phase
1	A	LM	LM	14	A	LL	L-
2	A	LS	LL	15	B	RL	RM
3	A	LS	LL	16	B	RL	RS
4	A	LM	N	17	B	RL	R-
5	A	LL	N	18	B	RS	RS
6	A	LL	N	19	B	RL	RL
7	A	LM	LL	20	B	RL	RL
8	A	LL	LL	21	B	RM	RM
9	A	LL	N	22	B	RL	RL
10	A	LL	LL	23	B	RM	RM
11	A	LL	LL	24	C	RM, RS	R-
12	A	LL	LL	25	C	RS	RS
13	A	LL	L-				

Abbreviations: LS=left septal, LM=left middle, LL=left lateral, RS=right septal, RM=right middle, RL=right lateral, R- or L-=ACP is on the right or left side respectively but the precise site is not determined, N=not detected.

LAO 像で作製した位相イメージから判定した早期位相の出現する部位と、副刺激伝導路の位置との対応を試みた (Table 3). 左右心室プール像をそれぞれ、中隔側 (S), 中央部 (M), 外側 (L) に分けて、早期位相の出現する部位を判定した. この位置を、外科的に確認された副刺激伝導路の位置を LAO から見た部位に対応させた. 12 例においてはその位置がほぼ一致したが, 5 例においては不一致であった. また, 8 例においては左右差は検出できるものの, 正確な部位の判定は困難であった. これは, 位相イメージ上の早期収縮部位が, 統計変動を伴い, 画像の表示の仕方に影響され, さらに房室のプール像の重なりや分解能の限界に由来するものと考えられた.

以上, 収縮の左右差の検出率は, 右心型で 100% (11/11), 左心型で 71% (10/14) であったが, 副刺激伝導路の位置がほぼ推定できた症例は 48% (12/25) であった.

IV. 考 案

ECG 上, WPW 症候群は A, B 型に大別され¹³⁾, 副刺激伝導路は A 型では左心に, B 型では右心に存在するとされている. しかし例外も認められ,

さらに複数の刺激伝導路を有する症例も認められる¹⁴⁾. ECG の型分類は臨床的には有用であるが, 副刺激伝導路の正確な位置決定には限界がある. WPW 症候群は, 頻発する頻脈や意識消失発作, 心不全などの場合に手術適応となる¹⁵⁾. 手術の際, 正確な副刺激伝導路の位置決定は不可欠であり, カテーテルを用いた電気生理学的検査や, 術中の心表面マッピングが行われる. 位相解析の WPW 症候群への応用に関して, その副刺激伝導路との位置の対応に関する報告は認められないため, 著者らは, 外科的に確認された副刺激伝導路を有する症例を対象に検討を行った.

右心型の 11 症例では, 全例で右室に早期位相を認めたが, 左心型では, デルタ波を有するにもかかわらず, 14 症例中 4 例で左右差を検出できなかった. この 4 例はいずれも房室輪の前壁または側壁に副刺激伝導路を有する症例であったが, この部位が常に検出できないわけではなく, 左右差を検出できる症例も認められた. 位相の異常は電気的な伝導異常を示すものではなく, 伝導異常に伴う壁運動異常と考えるべきものである. すなわち, 今回の検討で得られた知見は, WPW 症候群で高率に早期壁運動異常が起こることを示している.

位相解析法による伝導異常の評価には限界もある。早期位相の位置を評価するためには多方向の撮像が望ましいと考えられる。著者らはルーチンに2方向以上のデータ収集を行っているが、血液プールの重なりは避けられず、重複する部位に異常な位相値を生ずることもある。最も血液プールの分離の良い modified LAO においても房室の分離が不完全な症例もある。また、位相の異常は動きの異常であるため、壁運動異常を伴う他の心疾患や病態にも影響され、位相異常をただちに伝導異常とは判定できない場合がある。さらに今回の検討ではフーリエ変換の基本波成分のみを用いたが、近似が粗く、高調波成分を用いた場合の検討も必要と思われる。現在のところ、著者らの予備的な検討では、高次近似が基本波成分のみを用いた場合に比して、検出率が優れているという結果は得られていない。しかし、高次近似の結果は、必要とする高調波の次数、各高調波成分に用いるフィルター、収縮開始を決定するために用いるパラメータの種類などにより影響されるため、さらに詳細な検討が必要であろう。

WPW 症候群の診断自体は、ECG で十分であり、位相解析の有用性は、さらに詳細な副刺激伝導路の位置決定ができるか否かにかかっているが、現在のところ、術前検査としてはその決定は困難であると言わざるを得ない。しかし、手術前後でその収縮様式の変化を明瞭にとらえることができ、他の心プールデータから計算される心機能評価と併せて、手術前後の検査は有益であろう。また位相解析では左右差を容易に評価できるため、ECG 上デルタ波の判定が不明瞭な症例でも有用な情報を提供できることが期待される。さらに詳細な副刺激伝導路の位置決定のためには、方法論的改良が必要であろう。

V. 結 論

外科的に副刺激伝導路の位置を確認した WPW 症候群の25症例を対象に、位相解析を行い、以下の結論を得た。

1. 副刺激伝導路の存在する側が位相解析によ

り正しく判定できるか否かを検討すると、右心型では 100% (11/11)、左心型では 71% (10/14) の検出率であった。

2. 手術前後に位相解析を施行した10症例においては、術後全例で収縮様式に変化があり、副刺激伝導路に伴う早期収縮が消失することが示された。

3. 詳細な副刺激伝導路の位置と、位相イメージ上の異常部位とを対応させると、副刺激伝導路の位置がほぼ推定できた症例は 48% (12/25) であった。したがって術前検査としては限界があると考えられ、方法論的改良が必要であろう。

文 献

- 1) Goris ML: Functional or parametric images. *J Nucl Med* 23: 360-362, 1982
- 2) Adam WE, Tarcowska A, Bitter F, et al: Equilibrium (gated) radionuclide ventriculography. *Cardiovasc Radiol* 2: 161-173, 1979
- 3) 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
- 4) Swiryn S, Pavel D, Byrom E, et al: Segmental regional phase mapping of radionuclide gated biventriculograms in patients with left bundle branch block. *Am Heart J* 102: 1000-1010, 1981
- 5) Rosenbush SW, Ruggie NT, Turner DA, et al: Sequence and timing of ventricular wall motion in patients with bundle branch block. *Circulation* 66: 1113-1119, 1982
- 6) Fraiss MA, Botvinick EH, Shosa DW, et al: Phase image characterization of ventricular contraction in left and right bundle branch block. *Am J Cardiol* 50: 95-105, 1982
- 7) Mena I, French W, Laks M: Diagnosis and pictorial presentation of Wolff-Parkinson-White syndrome by phase analysis. *J Nucl Med* 23: 55, 1982 (abst)
- 8) Chan W, Kalf V, Dick M, et al: The use of Fourier phase mapping technique in patients with accessory atrioventricular bypass tract. *J Nucl Med* 23: 55-56, 1982 (abst)
- 9) Botvinick EH, Fraiss MA, Shosa DW, et al: An accurate means of detecting and characterizing abnormal patterns of ventricular activation by phase image analysis. *Am J Cardiol* 50: 289-298, 1982
- 10) Nakajima K, Bunko H, Tada A, et al: Phase analysis in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome with surgically proved accessory conduction

- pathways. J Nucl Med **24**: 27-28, 1983 (abst)
- 11) Ueda H, Nameki C, Saruta H, et al: Further studies on the W.P.W. syndrome (pre-excitation syndrome) with special reference to the intracardiac and esophageal lead. Jpn Circul J **21**: 1-15, 1957
 - 12) 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
 - 13) Rosenbaum FF, Hecht HH, Wilson FN, et al: The potential variations of the thorax and the esophagus in anomalous atrio-ventricular excitation (Wolff-Parkinson-White syndrome). Am Heart J **29**: 281-326, 1945
 - 14) Callagher JJ, Sealy WC, Kazell J, et al: Multiple accessory pathways in patients with the pre-excitation syndrome. Circulation **54**: 571-591, 1976
 - 15) Iwa T: Surgical experiences with the Wolff-Parkinson-White syndrome. Cardiovas Surg **17**: 549-556, 1976

Summary

Phase analysis in patients with Wolff-Parkinson-White Syndrome: Correlations to surgically confirmed accessory conduction pathways

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

*Department of Nuclear Medicine,

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

Twenty-five patients with Wolff-Parkinson-White (WPW) syndrome who underwent surgical division of the accessory conduction pathway (ACP) were studied by gated blood pool studies and phase analyses. All of 11 patients with right cardiac type (R-type) had abnormal initial phase in the right ventricle (RV), while 10 out of 14 patients with left cardiac type (L-type) had initial phase in the left ventricle (LV). However, in 4 L-type patients, there were no significant differences in the initiation of both ventricular contractions. In 10 patients who had radionuclide studies before and after surgical division of the ACP, the ventricular contraction patterns were apparently changed and the abnormal wall motions induced by the presence of ACPs disappeared. These ob-

servations indicate that the abnormal initial contraction is associated with pre-excitation of WPW syndrome. Sensitivities to identify the side of pre-excitation were 100% (11/11) for R-type and 71% (10/14) for L-type. However, regarding the detection of the precise site of ACP, the agreement was 48% (12/25). Therefore, as a method of pre-operative study, it seemed difficult to identify the precise localization of the ACP by phase analysis alone. Phase analysis provided interesting informations and was useful for evaluating patients with WPW syndrome before and after surgery.

Key words: Gated blood pool study, Phase analysis, Wolff-Parkinson-White syndrome, Accessory conduction pathway.