12誘導心電図による流出路起源特発性心室頻拍の至適アブレーション部位の推定—pacemappingを用いた検討—

草野研吾* 森田 宏* 藤本良久* 永瀬 聡*
 藤尾栄起* 小林 誠* 池田哲也* 橋本克史*
 垣下幹夫* 山本美香* 宮地克維* 久松研一*
 湯本晃久* 江森哲郎* 松原広己* 大江 透*

【目的】Pacemapping で得られた 12 誘導心電図波形を検討し，波形の特徴から至適アブレーション部位を検討した．【方法】対象は左右心室流出路にて pacemapping を施行した 10 例で，pacemapping を右室流出路（RVOT）の中隔側（sep），右室流出路自由壁側（FW），左室流出路（LVOT）の左冠尖（LCC），右冠尖（RCC），弁下心内膜側（LV endo）の計 5 カ所で施行した．検討項目として，胸部誘導移行帯・ V_6 誘導 S 波，I，II 誘導 R 波高を用いた．これらの結果から得られた心電図波形の特徴から，至適アブレーション部位 41 カ所を retrospective に検討した．【結果】心電図波形の特徴から次のようなアルゴリズムを作製した．LV endo：移行帯 $V_{1-2} + V_6$ S 波あり，LCC：移行帯 $V_{1-2} + V_6$ S 波なし + I 誘導 R 波 $< 0\text{mV}$ ，RCC：移行帯 $V_{2-4} + \text{I 誘導 R 波} > 0.3\text{mV}$ ，RV sep：移行帯 $V_{3-5} + \text{I 誘導 R 波} < 0.3\text{mV} + \text{II 誘導 R 波} > 1.2\text{mV}$ ，RV FW：移行帯 $V_{4-5} + \text{II 誘導 R 波} < 1.2\text{mV}$ ．その結果 41 カ所すべてで鑑別が可能であった．【結語】12 誘導心電図の詳細な検討によって至適アブレーション部位の推定が可能であった．特に左室基部の詳細な部位決定が可能であった．（心電図，2001；21：805～811）

Keywords

- 特発性心室頻拍
- カテーテルアブレーション
- 12誘導心電図
- 電気生理学的検査

I. はじめに

流出路起源の特発性心室頻拍は，主に右室流出路（RVOT）起源であり，カテーテルアブレーションは，その成功率の高さから積極的に行われている^{1), 2)}．

* 岡山大学医学部循環器内科
 (〒700-8558 岡山県岡山市鹿田町 2-5-1)

Prediction of optimal ablation site in patients with idiopathic ventricular tachycardia from both outflow tracts by a 12-lead ECG : Using pacemapping technique

Kengo Kusano, Hiroshi Morita, Yoshihisa Fujimoto, Satoshi Nagase, Hideki Fujio, Makoto Kobayashi, Tetsuya Ikeda, Katsushi Hashimoto, Mikio Kakishita, Mika Yamamoto, Katsumasa Miyaji, Kenichi Hisamatsu, Akihisa Yumoto, Tetsuro Emori, Hiromi Matsubara, Tohru Ohe

2001年5月24日 原稿受領／2001年8月27日 掲載承認

しかし、一部の症例では、至適なアブレーション部位が左室流出路(LVOT)の心内膜側や、左右の心外膜側と考えられる冠動脈尖である場合があり治療に難渋するケースがある^{3), 4)}。したがって発作時の12誘導波形からアブレーション前に至適なアブレーション部位を推定することは極めて重要である。今回 pacemapping で得られた12誘導波形を検討し、その心電図波形の特徴から至適アブレーション部位を retrospective に検討した。

II. 対象と方法

対象は電気生理学的検査中、左右心室流出路にて pacemapping を施行した10例で、年齢は 43 ± 20 歳(男性4名、女性6名)である。疾患の内訳は、特発性心室頻拍6例、発作性上室性頻拍症4例である。四肢誘導の記録電極は全例で左右の肩、左右の膝裏で行った。pacing 部位は右室流出路では肺動脈弁近

位部(肺動脈弁から1cm以内)の中隔側(RV sep)と自由壁側(RV FW)の2カ所で行った。中隔側と自由壁側の鑑別は左前斜位60°の透視画面にて後方を中隔側、前方を自由壁側とした。左室流出路においては左冠尖(LCC)、右冠尖(RCC)、大動脈弁直下の左室心内膜自由壁側(LV endo)の3カ所で行った。LCC, RCCでペーシングを行う場合は、左冠動脈入口部、右冠動脈入口部に近い部位でペーシングを行い、それぞれの cusp 内から確実にペーシングが行われているように配慮した。いずれも右室造影、大動脈造影、冠動脈造影を行い解剖学的な位置を確認した。pacing カテーテルは先端4mm、電極間2mmのdeflectable カテーテルを用い、先端2極のbi-polar pacingで行った。ペーシングは高出力から順次減少させ、12誘導心電図波形はペーシング閾値で記録されたものを用いた(LCC, RCCにおけるペーシング閾値は約7.0 V, RV FW/sep, LV endoにおけるペー

図1 Pacemapping の代表例(胸部誘導)

Left coronary cusp(LCC), left ventricular endocardium(LV endo)において胸部誘導V₁においてR/S比>1, すなわち移行帯がV₁にあることがわかる。right ventricular outflow tract(RVOT)のfree wall(RVFW), septum(RV sep)とleft ventricular outflow tract(LVOT)のRCCの移行帯はV₄より下方にある。

シング閾値は約1.5Vであった)。

こうして得られた12誘導波形のなかから、今回検討項目として選んだものは胸部誘導の移行帯、V₆誘導のS波の有無、I、II誘導のR波高である。さらにこれらの波形の特徴を電気生理学的検査にて至適なアブレーション部位が同定できた41カ所(39例)をretrospectiveに検討した。

すべてのデータは平均値±標準偏差で示し、群間の比較にはMann-Whitney U検定あるいは χ^2 二乗検定を用いた。

	RV FW	RV sep	RCC	LCC	LV endo
V1				9	10
V2			2	1	
V3		3	5		
V4	7	7	3		
V5	3				
V6					

図2 全症例における胸部誘導の移行帯

1例を除くLCC、LV endo全例で移行帯はV₁。LVOTのRCCではRVOTの2つに比べるとやや移行帯は上方であるが、RV sepに近い分布となっている。

図3 左：LVOTにおけるRCC、LCC、LV endoのpacemapping波形

右：LVOT pacingにおけるV₆のS波の比較

RCCは全例なし。LCCでは3例にあり。LV endoでは全例S波あり。LCCとLV endoの比較において有意差を認めた。

Ⅲ. 結 果

1. pacemapping 波形の比較

1) 胸部誘導の移行帯

図1に同一患者での代表的な胸部誘導を示す。胸部誘導の移行帯はRV FW→RV sep, RCC→LCC, LV endoの順で徐々に上方へ移行している。特にLCC, LV endoにおいてはV₁誘導でR/S比は1以上となっていた。図2に10例全例の胸部誘導の移行帯の例数を示す。平均の移行帯の部位はRV FW : 4.3 ± 0.5 , RV sep : 3.6 ± 0.5 , RCC : 3.2 ± 0.7 , LCC : 1.1 ± 0.3 , LV endo : 1.0 ± 0.0 で、RV FW→RV sep→RCC→LCC, LV endoの順に上方へ移動し、特にLV endoでは全例の移行帯がV₁であった。群間の比較ではLCC, LV endoにおいて他部位に比べ有意差($p < 0.05$)を認めた。

2) V₆誘導のS波(図3)

LV endo全例、LCC10例中3例でV₆にS波を認めた($p < 0.05$)。他の部位ではS波は認められなかった。

3) I誘導のR波高(図4, 5)

RCCは10例中8例が0.3mV以上、平均 0.43 ± 0.19 mVであった。LV endo, LCCは全例陰性であった。RV FW 1例, RV sep 2例で0.3mV以上のR波高を示した。

図4 RVOT, RCCにおけるpacemapping波形
RCCのpacemapping波形はRVOTのそれに類似している。

図5 I誘導のR波高(左)とII誘導のR波高(右)
左：RCCにおいて0.3mV以上のR波高を示した症例が10例中8例に認められた。右：RV FW例は全例1.2mV以下，RV sepは全例1.2mV以上であった ($p < 0.01$)。RCCは高い症例と低い症例が混在していた。

図6 Retrospective analysis

電気生理学的検査にて至適な通電部位が判明している41例を図に示すアルゴリズムを使ってretrospectiveに解析したところ、全例で鑑別が可能であった。

4) II誘導のR波高(図4, 5)

図4に代表的なRVOT, RCCにおけるpacemapping波形を示す。この心電図において四肢誘導、特にII誘導のR波高に違いが認められる。そこで、RVOTのRV FW, RV sepの2つの群間で比較したところ、RV FW: $0.95 \pm 0.17\text{mV}$, RV sep: $1.69 \pm 0.48\text{mV}$ と有意差をもってRV FWのR波高はRV sepよりも低値を示した。特に、R波高=1.2mVにて両者を分離することが可能であった。図5にII誘導のR波高を示す。RCCにおいては $1.50 \pm 0.51\text{mV}$ と高い症例と低い症例が混在していたためRV sepに比しやや低値となった。なお、LCC, LV endoにおけるR波高は、LCC: $1.80 \pm 0.38\text{mV}$, LV endo: $1.70 \pm 0.36\text{mV}$ と全例で高いR波を示した。

2. Retrospective analysis (図6)

Pacemappingの波形データから、LV endo: 移行帯 $V_{1-2} + V_6S$ 波あり, LCC: 移行帯 $V_{1-2} + V_6S$ 波なし + I誘導R波 $< 0\text{mV}$, RCC: 移行帯 $V_{2-4} + I$ 誘導R波 $> 0.3\text{mV}$, RV sep: 移行帯 $V_{3-5} + I$ 誘導R波 $< 0.3\text{mV}$ + II誘導R波 $> 1.2\text{mV}$, RV FW: 移行

帯 $V_{4-5} + II$ 誘導R波 $< 1.2\text{mV}$ としてアルゴリズムを作製しretrospectiveに至適アブレーション部位41カ所(内訳: RV FW6例, RV sep30例, RCC1例, LCC2例, LV endo2例)を検討したところ、全例で12誘導心電図波形から鑑別が可能であった。

IV. 考 察

一般に右室流出路起源の特発性心室頻拍は、非リエントリー性の心室頻拍⁵⁾であり、期外収縮の延長上に心室頻拍があると考えられ、心室期外収縮に対するカテーテルアブレーションによって根治が可能であると考えられている。この心室頻拍は一般には予後良好とされているが、アブレーションの成功率の高さから積極的に行われているのが現状である。しかし、一部の症例では、至適なアブレーション部位が左室流出路の心内膜側や左室の心外膜側、特に冠動脈尖にある場合があり治療に難渋するケースがある。したがって、アブレーションを行う前に発作時の12誘導心電図から至適なアブレーション部位を推定しておくことは、透視時間の短縮や通電回数の

減少，成功率の上昇につながり臨床的に有用性が高いと考えられる。

1. LVOT 起源の特徴

近年，左室流出路，特に冠動脈尖³⁾やValsalva 洞⁴⁾での通電によって心室頻拍の根治に成功した例が報告され，その心電図の特徴が明らかになりつつある^{6)~8)}。それらの報告では，胸部誘導の移行帯がV₂より前にあること，V₅，V₆にS波を形成する割合が左室心内膜に起源をもつ症例よりも少ないことなどが報告されている。今回の我々の結果ではLCC，LV endoの症例についてはほぼ同様の結果が得られたが，相違点としてはRCCに至適なアブレーション部位が存在する症例においては①LCC，LV endoに比べ胸部誘導の移行帯がやや下方にある，②I誘導のR波高が比較的高い，③II誘導のR波高が高い症例もあれば低い症例もあるなど，どちらかという右室流出路のそれと類似した結果が得られた。したがって，右室流出路から良好なアブレーション部位が得られない場合I誘導のR波高が高い症例では（特に0.3mV以上の症例では）RCCのmappingを考慮してみる必要があると考えられた。

2. RVOT 起源の特徴

一方，右室流出路起源の心室頻拍の部位推定については，体表面マッピングを使った方法⁹⁾やバスケットカテーテルを使った方法¹⁰⁾など，今まで多数の報告があるが，今回の検討では，肺動脈弁近位部の自由壁側と中隔側の2ヵ所についてのみ検討を行った。図5に示すように，両者の鑑別にはII誘導のR波高が非常に有用で，1.2mVでほぼ両者の鑑別が可能であったが，全体としてはばらつきが大きかった。これを個々の症例で解析するとpacemappingで得られたII誘導のR波高は中隔側で明らかに高く約1.7倍のR波高が得られた。したがって電気生理学的検査中にpacingを行い，自然発生した期外収縮とII誘導の波高を比べることで至適なアブレーション部位が中隔側にあるか自由壁側にあるかをさらに詳細に判断することができると考えられた。鎌倉らの報告⁹⁾では，自由壁側と中隔側の鑑別にはII誘導のQRS形

状とQRS幅が鑑別に有用であったと報告されているが，これらの指標に比べII誘導のR波の高さは極めて視覚的であると考えられ，簡便な指標であると考えられた。

V. 結 語

Pacemappingを用いた12誘導心電図の詳細な検討によって，術前の体表心電図から至適なアブレーション部位の推定が可能であった。特に左室基部の詳細な部位決定が可能であった。

謝辞

稿を終えるにあたり，ご協力頂いた岡野清志氏，畑島峰子氏，岡山大学循環器内科の大守雅代氏，藤原美由紀氏，小林 薫氏に深謝します。

〔文 献〕

- 1) Morady F, Kadish AH, DiCarlo L, Kou WH, Winston S, deBuitler M, Calkins H, Rosenheck S, Sousa J : Long-term results of catheter ablation of idiopathic right ventricular tachycardia. *Circulation*, 1990 ; 82 : 2093 ~ 2099
- 2) Coggins DL, Lee RJ, Sweeney J, Chein WW, Van Hare G, Epstein L, Gonzalez R, Griffin JC, Lesh MD, Scheinman MM : Radiofrequency catheter ablation as a cure for idiopathic tachycardia of both left and right ventricular origin. *J Am Coll Cardiol*, 1994 ; 23 : 1333 ~ 1341
- 3) Shimoike E, Ohba Y, Yanagi N, Hiramatsu S, Ueda N, Maruyama T, Kaji Y, Kanaya S, Fujino T, Niho Y : Radiofrequency catheter ablation of left ventricular outflow tract tachycardia : report of two cases. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 1998 ; 9 : 196 ~ 202
- 4) Hachiya H, Aonuma K, Yamauchi Y, Oh Jun-cha, Harada T, Kano H, Kobayashi I, Korenaga M, Igawa M, Nogami A, Iesaka Y, Hiroe M, Marumo F : Successful radiofrequency catheter ablation from the supraventricular region of the aortic valve in a patient with outflow tract ventricular tachycardia. *Jpn Circ J*, 2000 ; 64 : 459 ~ 463
- 5) Lerman BB, Stein KM, Markowitz SM, Mittal S,

- Slotwiner DJ : Ventricular tachycardia in normal hearts. *Cardiol Clin*, 2000 ; 18 : 265 ~ 291
- 6) Hachiya H, Aonuma K, Yamauchi Y, Harada T, Igawa M, Nogami A, Iesaka Y, Hiroe M, Marumo F : Electrocardiographic characteristics of left ventricular outflow tract tachycardia. *PACE*, 2000 ; 23 : 1930 ~ 1934
- 7) Rodriguez LM, Smeets JL, Timmermans C, Wellens HJ : Predictors for successful catheter ablation of right-and left-sided idiopathic ventricular tachycardia. *Am J Cardiol*, 1997 ; 79 : 309 ~ 314
- 8) Krebs ME, Krause PC, Engelstein ED, Zipes DP, Miles WM : Ventricular tachycardias mimicking those arising from the right ventricular outflow tract. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2000 ; 11 : 45 ~ 51
- 9) Kamakura S, Shimizu W, Matsuo K, Taguchi A, Suyama K, Kurita T, Aihara N, Ohe T, Shimomura K : Localization of optimal ablation site of idiopathic ventricular tachycardia from right and left ventricular outflow tract by body surface ECG. *Circulation*, 1998 ; 98 : 1525 ~ 1533
- 10) Yoshida Y, Hirai M, Murakami Y, Kondo T, Inden Y, Akahoshi M, Tsuda M, Okamoto M, Yamada T, Tsuboi N, Hirayama H, Ito T, Toyama J, Saito H: Localization of precise origin of idiopathic ventricular tachycardia from the right ventricular outflow tract by a 12-lead ECG : A study of pace mapping using a multielectrode "Basket" catheter. *PACE*, 1999 ; 22 : 1760 ~ 1768