

平均年齢は52歳，性別は男性が94%，突然死の家族歴を有する症例は16%で，いずれも3群間で有意差を認めなかった。心房細動の既往は，17%の症例で認めAs群(11%)に比べVf群(27%)とSy群(22%)で有意に多く認めた( $p=0.03$ )。加算平均心電図の陽性率は72%，EPSでの心室細動誘発率は78%であり，いずれも3群間で有意差を認めなかった。

### ■安静時12誘導心電図所見

安静時12誘導心電図において以下の項目について計測した(図4)。

- ① r-J 間隔：r波の開始点からJ点(S波以降の最初の最も高い点)までの間隔(msec)

図3 ●登録症例の臨床的特徴

(加算平均心電図の陽性率，電気生理学的検査での心室細動の誘発性)

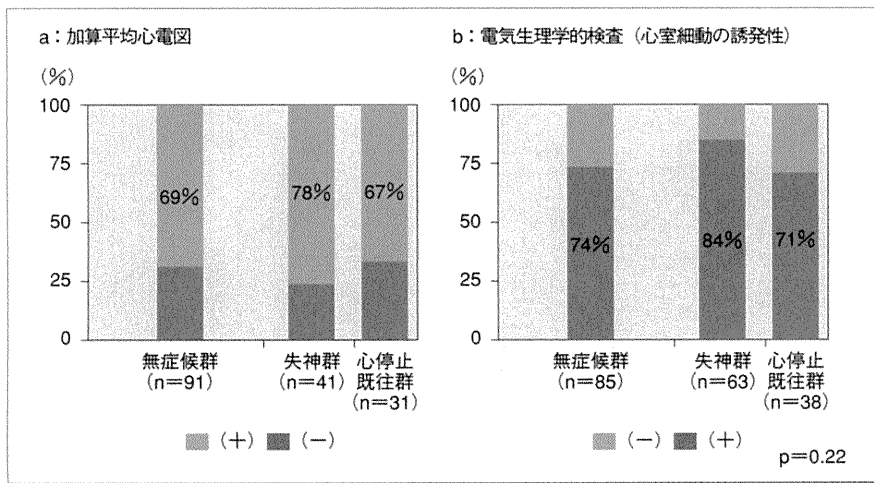
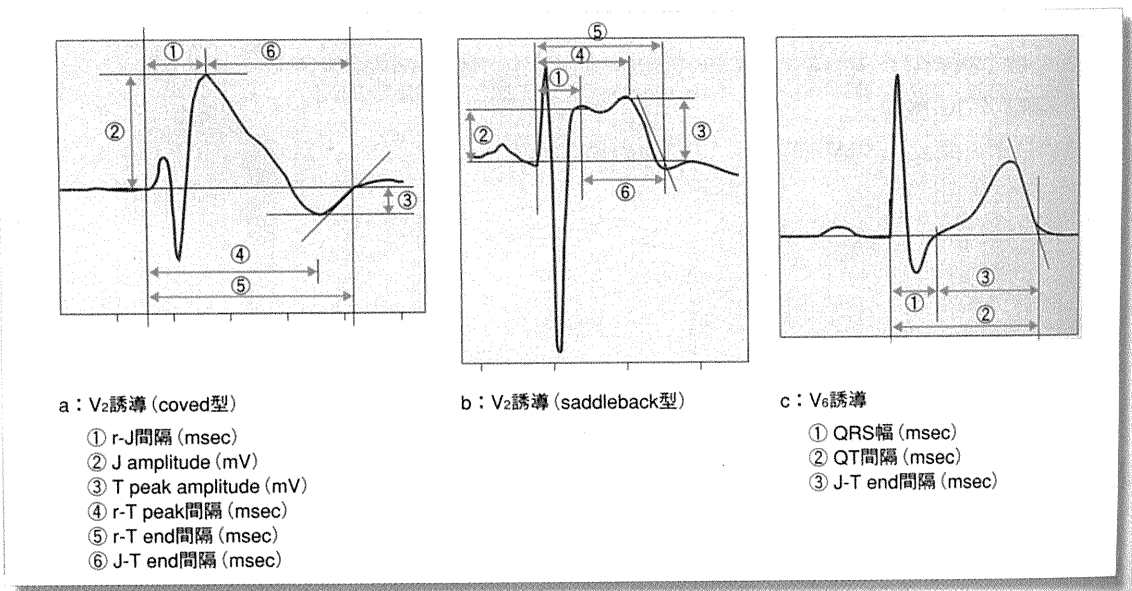


図4 ●安静時12誘導心電図における計測項目



- ② J amplitude : J点の基線(P波開始点間を結んだ線)からの振幅(mV)
- ③ T peak amplitude : T波頂上点の基線からの振幅(mV)
- ④ r-T peak 間隔 : r波の開始点からT波頂上点までの間隔(msec)
- ⑤ r-T end 間隔 : r波の開始点からT波終了点(接線法で接線と基線の交点)までの間隔(msec)
- ⑥ J-T end 間隔 : J点からT波終了点までの間隔(msec)

上記6項目についてはV<sub>2</sub>誘導にて各々計測した(図4a, b)。左側胸部誘導の代表としてV<sub>6</sub>誘導にてQRS幅(msec)とQT間隔(QRS開始点からT波終了点までの間隔, msec), J-T end 間隔を計測した(図4c)。第II誘導にてP波幅, PR間隔, RR間隔を計測した。また, r-T peak 間隔, r-T end 間隔, J-T end 間隔, QT間隔については,  $\times 1/\sqrt{\text{RR間隔}}$ で補正した補正值も計測を行った。

V<sub>2</sub>誘導では, r-J間隔が3群間で有意差を認めVf群とSy群で延長を認めた( $p < 0.01$ ) (図5)。V<sub>6</sub>誘導では, QRS幅がVf群とSy群で有意に広がった( $p = 0.02$ ) (図6)。その他の計測項目については, 3群間で有意差を認めなかった。

図5 ● V<sub>2</sub>誘導でのr-J 間隔

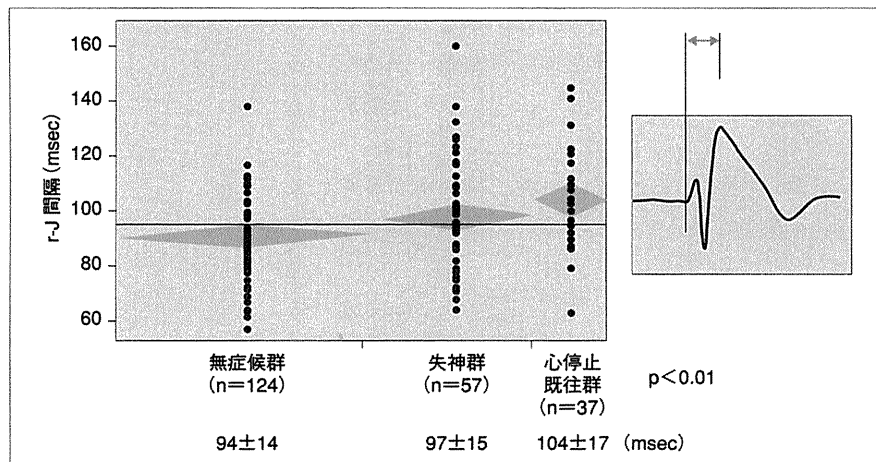
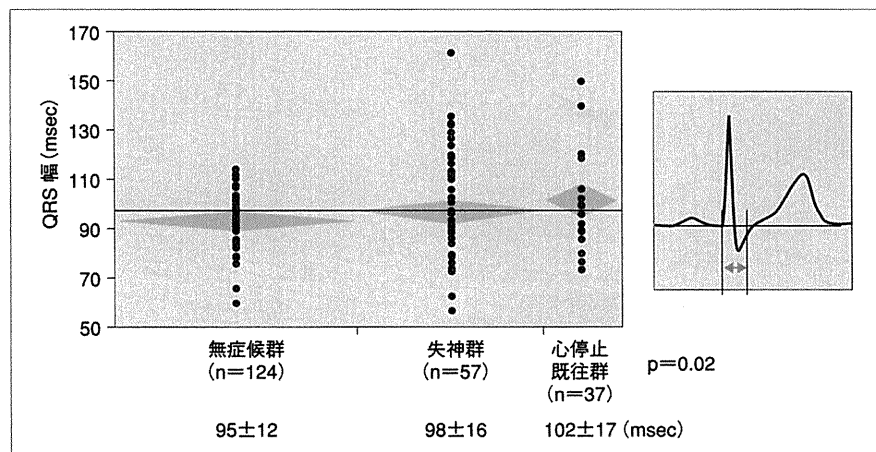


図6 ● V<sub>6</sub>誘導でのQRS 幅



VII

VIII

IX

大規模登録研究

X

XI

## 前向き研究

後向き研究で対象としたBrugada症候群症例241例(男性227例, 女性14例, 平均年齢 $52 \pm 14$ 歳, Vf群: 45例, Sy群: 67例, As群: 129例)の臨床経過を3群間で比較し, また臨床的特徴, 安静時12誘導心電図所見から心事故発生の予測因子を検討した。

### ■臨床経過

平均観察期間は $40 \pm 20$ ヵ月で, Vf群 $34 \pm 21$ ヵ月, Sy群 $44 \pm 22$ ヵ月, As群 $40 \pm 18$ ヵ月で3群間にて有意差を認めなかった。心事故発生例を26例(11%)に認め, 心事故発生率は3群間で有意差を認め( $p < 0.001$ ), Vf群42%, Sy群10%, As群0%とVf群に最も多く認めた(図7)。

### ■心事故予測因子の検討

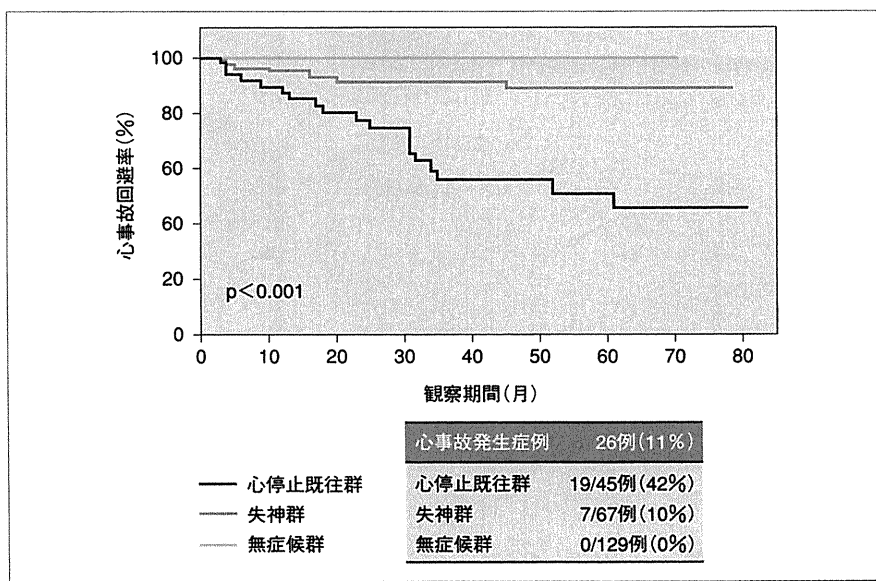
#### ①臨床的特徴

突然死/Brugada症候群の家族歴, 性別(図8), 加算平均心電図の陽性率(図9), 自然発生または薬物誘発性coved型ST上昇の頻度(図10), EPSでの心室細動の誘発率(図11)は, いずれも心事故発生群と非発生群で有意差を認めなかったが, 心房細動の既往例で心事故発生率が有意に高かった( $p = 0.02$ )(図9)。

#### ②安静時12誘導心電図所見

V<sub>2</sub>誘導でのr-J間隔が90msec以上(図12)の症例で心事故発生率が有意に高かった( $p = 0.02$ )。その他の計測項目については, 心事故発生群と非発生群で有意差を認めなかった。

図7 ●登録症例の臨床経過(心事故発生率)



## まとめ

今回241例のBrugada症候群症例について、臨床的特徴、安静時12誘導心電図所見、臨床経過を検討した。有症候症例(Vf群とSy群)で無症候症例に比べ有意に心事故発生率が高かった。有症候症例では無症候症例に比べ有意に心房細動の既往例が多く、r-J間隔の延長を認めた。心事故予測因子としては、心房細動の既往、V<sub>2</sub>誘導でのr-J間隔90msec以上が重要と考えられた。

### ■ Brugada症候群症例の心事故発生率

Brugada症候群症例の心事故発生率については主に欧米からの報告にて、失

図8 ● 心事故予測因子の検討(突然死あるいはBrugada症候群の家族歴, 性別)

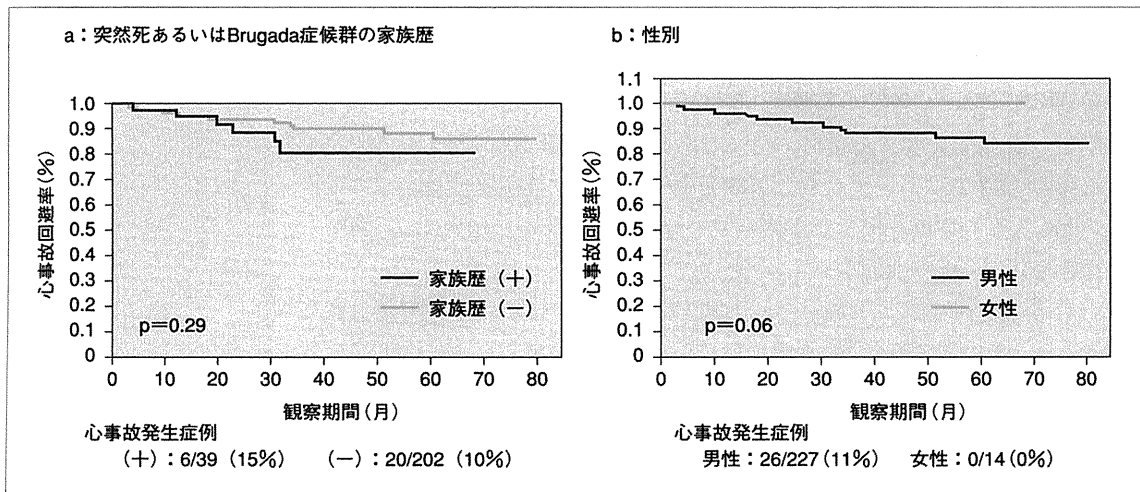


図9 ● 心事故予測因子の検討(心房細動の既往, 加算平均心電図の陽性率)

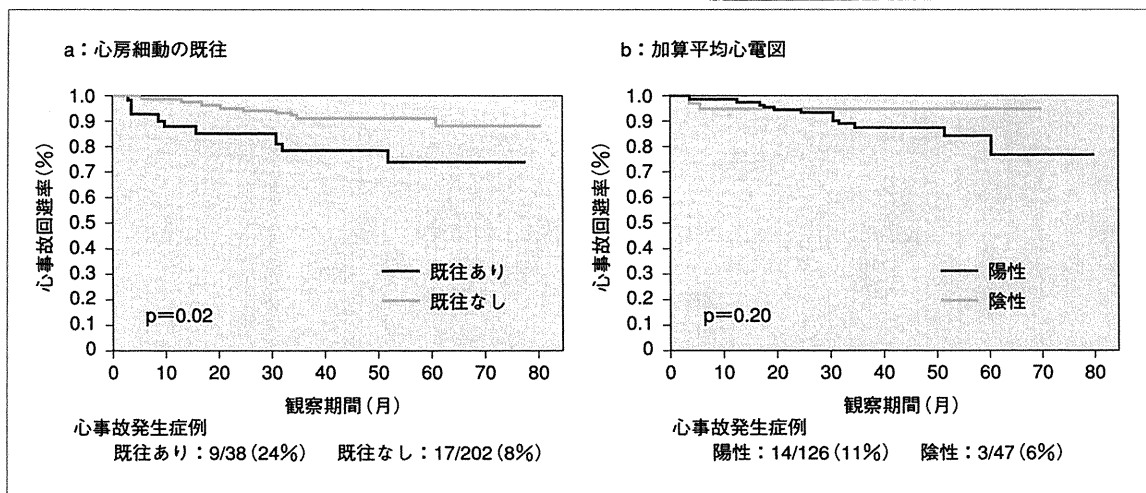


図10 ● 心事故予測因子の検討  
(自然発生 covered 型 ST 上昇例と薬剤誘発性 covered 型 ST 上昇例の比較)

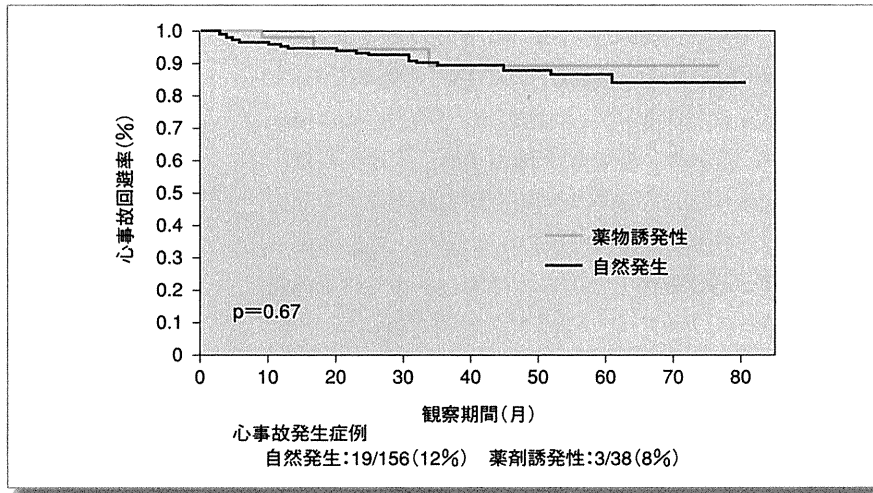


図11 ● 心事故予測因子の検討(心室細動の誘発性による検討)

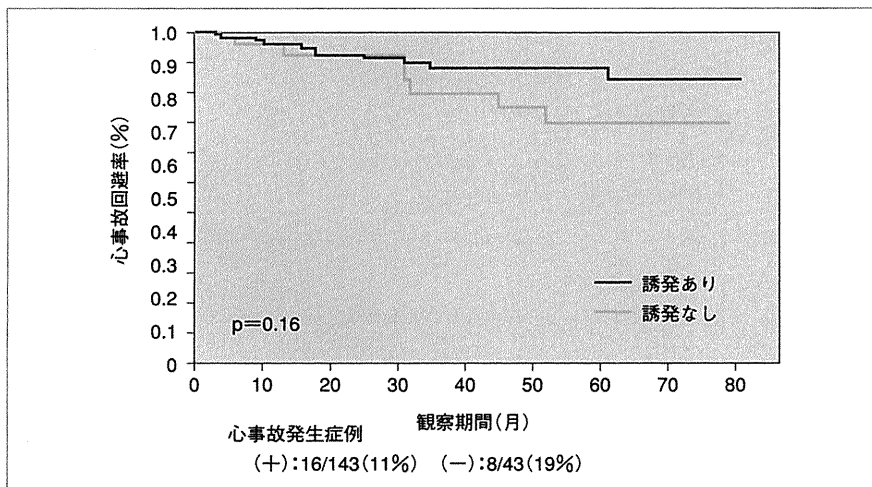
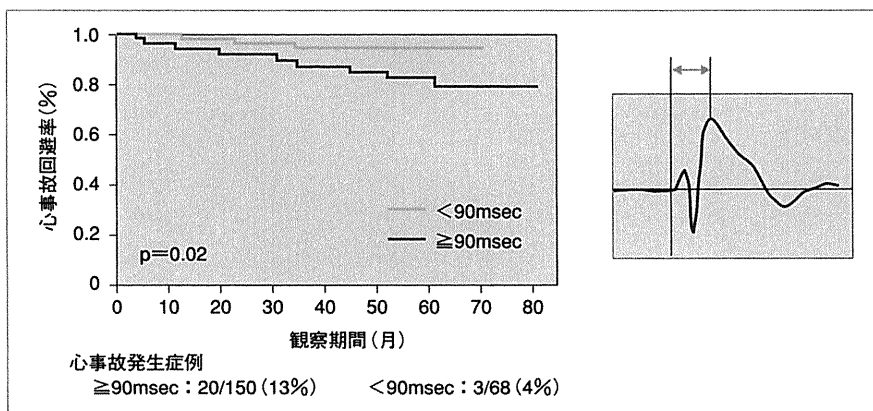


図12 ● 安静時12誘導心電図での心事故予測因子の検討( $V_2$ 誘導でのr-J 間隔)



神発作あるいは心停止の既往のある有症候症例で、心事故発生率が高いことが明らかになっている<sup>2,3)</sup>。今回筆者らはわが国の症例での心事故発生率について検討したが、欧米の報告同様、有症候症例で心事故発生率は高率であった。一方無症候症例の心事故発生率はBrugadaらの報告<sup>3)</sup>に比べ極めて低率であり、従来のわが国からの報告<sup>4,7)</sup>、Eckardtらの報告<sup>8)</sup>と同程度であった。平均40ヵ月の経過観察では心事故発生症例を認めず、無症候症例の短期予後は概ね良好と考えられた。本研究では、無症候症例のなかで突然死の家族歴を有する症例は12%であり、Brugadaらの報告(75%)<sup>3)</sup>と異なり極めて少なく、対象となった無症候症例の臨床的背景の違いが心事故発生率の違いに反映されている可能性が示唆される。

### ■心事故予測因子

心事故予測因子として、Brugadaらは自然発生coved型ST上昇、EPSでの心室細動の誘発性が重要であると報告しているが<sup>9)</sup>、今回筆者らの検討ではこれらの項目は明らかな心事故予測因子とならなかった。心事故予測に対するEPSの意義については賛否両論があり<sup>2,8,9)</sup>、特にEPSのプロトコールやエンドポイントの違いが問題視されており近年統一プロトコールによる検討が始まっている<sup>10)</sup>。今回の検討でもEPSのプロトコールやエンドポイントは統一されておらず、わが国でも統一プロトコールによる検討が必要と考えられる。一方、心電図学的特徴においてはV<sub>2</sub>誘導でのr-J間隔が90msec以上の症例で心事故発生率が有意に高く、これらの指標が心事故予測因子として重要と考えられた。この結果は、Atarashiら<sup>11)</sup>の報告と同様であり、高リスク群の評価として心室の伝導遅延(脱分極異常)が重要であることが示唆された。

なお、筆者らはこれらのデータの一部分をすでに報告していることを追記しておく<sup>12)</sup>。

今回の検討では無症候症例の心事故発生症例がなく、無症候症例の心事故予測因子について十分な検討ができていない。したがって無症候症例でも注意深い経過観察が必要である。有症候症例の予後は欧米からの報告と同様に不良であり、積極的な加療が重要である。

今後も突然死のリスク評価が重要な課題であり、特に無症候症例の心事故予測因子の解明が必要である。

特発性心室細動研究会幹事：

相澤義房(新潟大学)，新 博次(日本医科大学多摩永山病院)，井上 博(富山大学)，大江透(心臓病センター榊原病院)，小川 聡(慶應義塾大学)，奥村 謙(弘前大学)，笠貫 宏(早稲田大学)，鎌倉史郎(国立循環器病センター)，久保田功(山形大学)，熊谷浩一郎(国際医療福祉大学)，児玉逸雄(名古屋大学)，小林洋一(昭和大学)，櫻井正之(北光記念病院)，櫻田春水(都立広尾病院)，清水昭彦(山口大学)，杉 薫(東邦大学)，坪井直哉(中京病院)，内藤滋人(群馬県立心臓血管センター)，中沢 潔(麻生病院)，西崎光弘(横浜南共済病院)，野上昭彦(横浜労災病院)，深谷眞彦(近森病院)，堀江 稔(滋賀医科大学)，松本直樹(聖マリアンナ医科大学)，矢野捷介(長崎国際大学)，山口 巖(筑波大学)，吉田幸彦(名古屋第二赤十字病院)

## 文献

- 1) Brugada P, Brugada J: Right bundle branch block, persistent ST segment elevation and sudden cardiac death: a distinct clinical and electrocardiographic syndrome. A multicenter report. *J Am Coll Cardiol* 20: 1391-1396, 1992.
- 2) Priori SG, Napolitano C, Gasparini M, et al: Natural history of Brugada syndrome: insight for risk stratification and management. *Circulation* 105: 1342-1347, 2002.
- 3) Brugada J, Brugada R, Antzelevitch C, et al: Long-term follow-up of individuals with the electrocardiographic pattern of right bundle-branch block and ST-segment elevation in precordial leads V1 to V3. *Circulation* 105: 73-78, 2002.
- 4) Atarashi H, Ogawa S, Harumi K, et al: Three-year follow-up of patients with right bundle branch block and ST segment elevation in the right precordial leads: Japanese registry of Brugada syndrome. *J Am Coll Cardiol* 37: 1916-1920, 2001.
- 5) Miyasaka Y, Tsuji H, Yamada K, et al: Prevalence and mortality of the Brugada-type electrocardiogram in one city in Japan. *J Am Coll Cardiol* 38: 771-774, 2001.
- 6) Takenaka S, Kusano KF, Hisamatsu K, et al: Relatively benign clinical course in asymptomatic patients with Brugada-type electrocardiogram without family history of sudden death. *J Cardiovasc Electrophysiol* 12: 2-6, 2001.
- 7) Matsuo K, Akahoshi M, Nakashima E, et al: The prevalence, incidence and prognostic value of the Brugada-type electrocardiogram: a population-based study of four decades. *J Am Coll Cardiol* 38: 765-770, 2001.
- 8) Eckardt LE, Probst V, Smits JPP, et al: Long-term prognosis of individuals with right precordial ST-segment-elevation Brugada syndrome. *Circulation* 111: 257-263, 2005.
- 9) Brugada J, Brugada R, Brugada P: Determinants of sudden cardiac death in individuals with the electrocardiographic pattern of Brugada syndrome and no previous cardiac arrest. *Circulation* 108: 3092-3096, 2003.
- 10) Priori SG, Napolitano C: Should patients with an asymptomatic Brugada electrocardiogram undergo pharmacological and electrophysiological testing? *Circulation* 112: 285-291; discussion 279-292, 2005.
- 11) Atarashi H, Ogawa S: Idiopathic Ventricular Fibrillation Investigator: New ECG criteria for high-risk Brugada syndrome. *Circ J* 67: 8-10, 2003.
- 12) Takagi M, Yokoyama Y, Aonuma K, et al: Clinical characteristics and risk stratification in symptomatic and asymptomatic patients with Brugada syndrome: multicenter study in Japan. *J Cardiovasc Electrophysiol* 18: 1244-1251, 2007.

## 12誘導心電図波形を用いた特発性心室不整脈起源の診断

### Twelve-lead ECG Characteristics of Idiopathic Ventricular Arrhythmias

埴田 浩

#### 《Abstract》

特発性心室不整脈の多くは流出路領域(右室流出路, 肺動脈, 右室流出路低位のHis束近傍, 左室流出路(心内膜側), 大動脈冠尖(左冠尖, 右冠尖), および左室心外膜側領域)にその起源を有するが, 僧帽弁輪, 三尖弁輪, 左室後下壁(左脚後枝領域), および左室前側壁(左脚前枝領域)などに起源を有する特発性心室不整脈も報告されている。特発性心室不整脈時のQRS波形はその起源からの心室内の興奮伝播をほぼ正確に反映し, 頻拍の起源に特徴的な心電図所見を呈すると考えられる。高周波カテーテルアブレーションを施行した特発性心室不整脈症例を対象にアブレーション成功部位(左室心外膜側起源不整脈の場合は最早期興奮記録部位)を頻拍の起源と定義して, 頻拍の起源ごとに症例を分類して, 頻拍時の12誘導心電図の解析を施行した。その結果, 頻拍時のQRS波形の解析によって詳細, かつ正確な頻拍起源の診断が可能であることがわかった。本稿では流出路領域, 僧帽弁輪, および三尖弁輪起源特発性心室不整脈の12誘導心電図所見の特徴について述べる。

#### I. はじめに

特発性心室不整脈症例では洞調律時の心電図波形は正常範囲であることが多く, また頻拍時の心電図波形はその起源からの心室内の興奮伝播をほぼ正確に反映するため, 頻拍起源に特徴的な心電図所見を呈すると考えられる。したがって, 頻拍時の12誘導心電図波形を詳細に検討することで, 頻拍起源の推測がある程度可能となる。特発性心室不整脈の起源として流出路領域, 左室後下壁(左脚後枝領域), 僧帽弁輪, および<sup>12)</sup>三尖弁輪などが報告されているが<sup>1)~4)</sup>, なかでも, 右室流出路, 左室流出路(心内膜

側), 大動脈冠尖(左冠尖, 右冠尖), 左室心外膜側, および僧帽弁輪前壁を含めた流出路領域に起源を有する特発性心室不整脈(以下, 流出路頻拍と称する)の占める割合が最も高い(表1, 2)<sup>1)~4)</sup>。流出路頻拍は起源がどこにあらうとも, 心電図上はすべて下方軸を示し, 各起源は近接しているにもかかわらず, 頻拍時の起源には比較的特有な心電図所見を呈することがわかってきた<sup>1)~4)</sup>。

眼前暗黒感, 失神などを呈する心室頻拍(VT)に加え, 動悸や脈不整感といった症状を有する薬剤抵抗性の頻拍, および期外収縮もアブレーションの適応となる。アブレーションの成功率は全体の約80~

筑波大学大学院人間総合科学研究科疾患制御医学循環器内科(次世代医療研究開発・教育統合センター)(〒305-8575 つくば市天王台1-1-1)  
Hiroshi Tada

● **Keywords** ; 心室頻拍, 心室期外収縮, 特発性, 12誘導心電図, カテーテルアブレーション



表1 流出路起源特発性心室不整脈の頻拍起源に基づいた分類

- A. 右室  
 (1) 右室流出路高位中隔側  
 (2) 右室流出路高位自由壁側  
 (3) 肺動脈起源  
 (4) 右室流出路低位の His束近傍
- B. 左室  
 (1) 左室心内膜起源  
     i. 大動脈弁直下 (大動脈弁僧帽弁輪連続部)  
     ii. 上部基部中隔 (前中隔・His束領域)  
 (2) 左室心外膜起源  
     i. 大動脈冠尖よりアブレーション可能  
     ii. 大動脈冠尖よりアブレーション不可能  
         (冠静脈, 肺動脈, あるいは心外膜穿刺による直接アプローチが必要)  
 (3) 僧帽弁輪部前壁起源

[文献2]より引用改変]

表2 特発性心室不整脈の頻度とカテーテルアブレーションの成績(自験例)

頻拍起源	症例数 (%)	心室頻拍	心室期外収縮	アブレーション成功 (%)
右室流出路	223 (49)	65	158	201 (90)
肺動脈	13 (3)	4	9	12 (92)
三尖弁輪 中隔起源	28 (6)	8	20	16 (57)
自由壁起源	10 (2)	5	5	9 (90)
左室心外膜側・大動脈左冠尖	93 (21)	25	68	51 (55)
左室流出路	26 (6)	8	18	16 (62)
僧帽弁輪	24 (5)	8	16	24 (100)
左脚後枝領域	32 (7)	27	5	29 (91)
その他 (左室後側壁-3; 左室中隔-2)	5 (1)	3	2	3 (60)
総計	454 (100)	151	301	361 (80)

最早期の心室興奮部位が左冠尖, あるいは大心静脈-前室間静脈移行部で記録されるにもかかわらず, 左冠尖からのアブレーションが不成功の症例は左室心外膜側起源として分類した。  
 頻拍の起源: 頻拍, あるいは期外収縮の最早期の心室興奮部位, あるいは perfect pace mapping の得られた部位。アブレーション成功: アブレーション後, 抗不整脈薬なしで3ヵ月間にわたり対象となった不整脈が消失。

90%と高く, 術後の再発も少ない(表2)。したがって, アブレーション前に頻拍の12誘導心電図波形を詳細に検討し, その起源を推測しておくことが, 術中速やかに至適通電部位を診断し, 標的となる不整脈を根治することにつながると考える。本稿では,

流出路頻拍, 僧帽弁輪, および三尖弁輪起源心室頻拍の心電図波形の特徴について述べる。

## II. 右室流出路起源

右室流出路起源頻拍は, 右室流出路高位(肺動脈

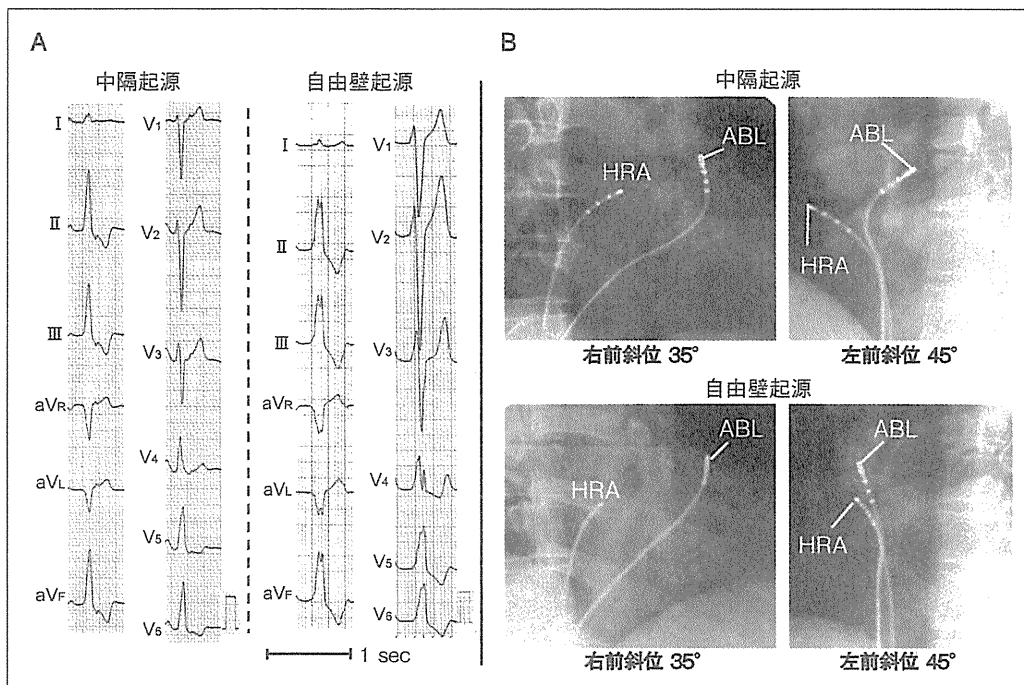


図1 右室流出路起源心室期外収縮(中隔起源と自由壁起源)

A : 12誘導心電図, B : アブレーション成功部位.

ABL : アブレーション用カテーテル, HRA : 高位右房

[文献5)より引用改変]

弁下部)起源, 肺動脈起源, および右室流出路低位のHis束近傍起源に分類される(表1).

### 1. 右室流出路高位起源(図1)<sup>1), 3)~5)</sup>

流出路高位の肺動脈弁下中隔側にその起源を有することが多い(約90%)が, 自由壁に起源をもつ頻拍も存在する(約10%). 頻拍時の①下壁誘導とI誘導のRR'パターンの有無, ②下壁誘導のR波高, そして③V<sub>1</sub>~V<sub>3</sub>誘導のS波高が中隔起源と自由壁起源との鑑別に有用である<sup>5)</sup>. 中隔起源の頻拍では, 右室と左室はほぼ同時に興奮するのに対して, 自由壁起源では右室の興奮が左室の興奮に先行する(phased excitation). したがって, 自由壁起源頻拍では両心室の興奮のずれにより下壁誘導, I誘導にRR'パターン(R-R'間隔 $\geq$ 20ms)を認めることが多く, 下壁誘導のR波の波高は中隔起源に比して小さくなる. また, ventricular forceがV<sub>1</sub>~V<sub>3</sub>誘導から全て遠ざか

るため(後方に向かうため), V<sub>1</sub>~V<sub>3</sub>誘導のS波高は大きくなり, その結果, 胸部移行帯はV<sub>4</sub>誘導以降へと移る<sup>5)</sup>.

### 2. 肺動脈起源

右室流出路起源頻拍と同様に左脚ブロック型, 下方軸を呈する. 下壁誘導でR波高が著しく大きい場合(例えば, 全ての下壁誘導で2.5 mV以上)には, 心臓より高い所に位置する肺動脈, あるいは流出路のなかでもより高い位置に存在する左室流出路心外膜側起源頻拍を考慮すべきである<sup>6), 7)</sup>. 心電図上, 胸部移行帯がV<sub>2</sub>誘導か, それよりも前(反時計方向)に認める場合には, 右室流出路起源よりも肺動脈起源頻拍の可能性が高いことが報告されている<sup>7)</sup>. しかしながら, 下壁誘導のR波高が小さい, あるいはV<sub>3</sub>誘導以降に移行帯をもつ肺動脈起源頻拍も存在する(図2). したがって, 右室流出路起源頻拍と比べ

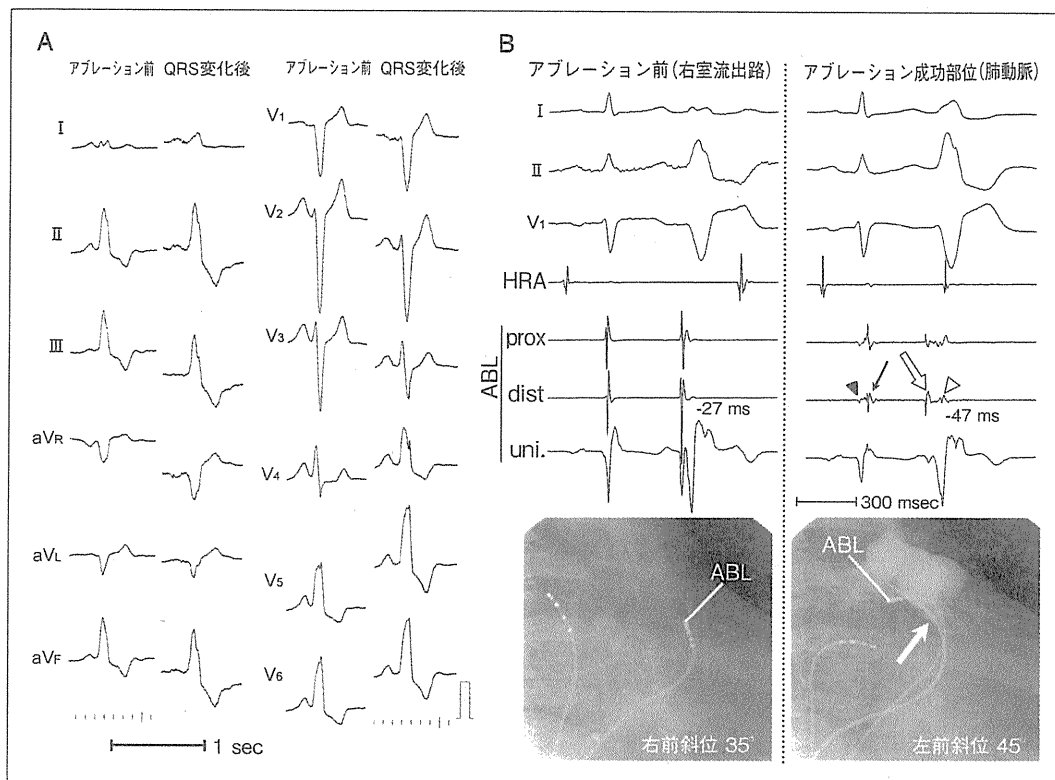


図2 肺動脈起源特発性心室期外収縮

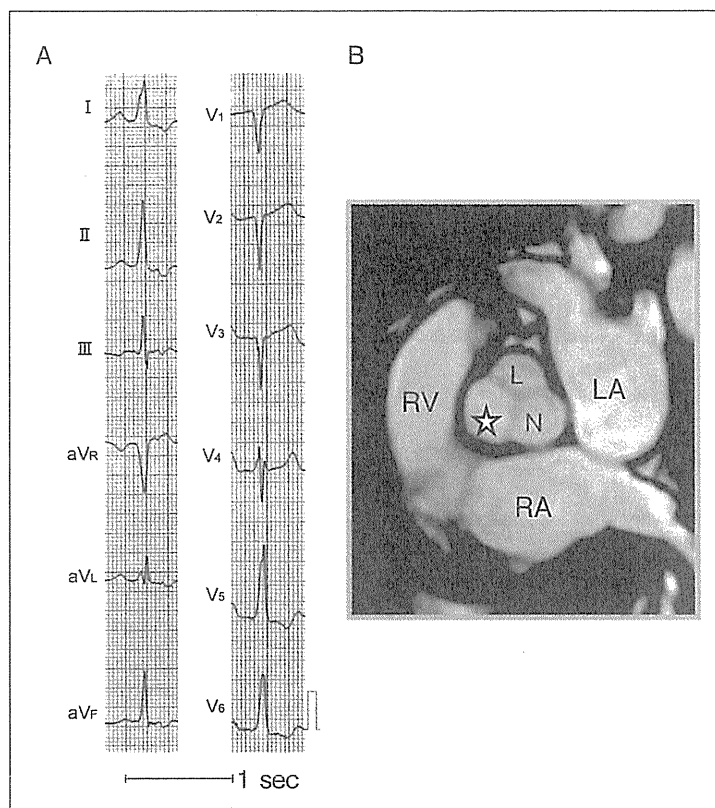
A：12誘導心電図，B：アブレーション部位心内電位記録とカテーテル位置．心電図波形からは右室流出路起源が考えられ，アクチベーションマップにてQRS波形に27 msec先行する早期興奮部位を右室流出路のposterior attachment近傍に認めた．アブレーション後にQRS波形の変化を認めたが，期外収縮は消失せず，その後の右室流出路内でのアブレーションも不成功であった．肺動脈内をマッピングしたところ，洞調律時に比較的振幅の小さい鈍な電位(▼)とそれに続く鋭なスパイク電位(↓)を，また，頻拍時にはQRSに47 msec先行するスパイク電位(◇)とそれに続く鈍な電位(▽)を認めた．同部位に対するアブレーションにて根治した．

ABL：アブレーション用カテーテル，dist：遠位，HRA：高位右房，prox：近位，uni：単極誘導記録．

〔文献8〕より引用改変〕

て肺動脈起源頻拍に特徴的な心電図所見はないと考えたほうがよい<sup>8)</sup>．本頻拍では肺動脈に進展した右室心室筋(遺残心筋)内に頻拍の起源があり，その興奮が肺動脈内の遺残心筋を伝導する<sup>9)</sup>．遺残心筋を伝播した興奮の出口は主に右室流出路に存在することが多く，流出路内のその出口が心臓のなかで比較的低いところ，もしくは右室流出路の自由壁側であれば，下壁誘導のR波高は小さくなる．また，頻拍の出口が流出路内の複数箇所が存在するか，あるいは遺残心筋が扇状に広がって流出路に付着している

場合には，右室流出路での通電中に頻拍の主な出口となる右室流出路の位置が移動するために頻拍のQRS波形が次々に変化し，かつそれに伴い右室流出路内の最早期興奮部位も移動するという所見を認める(図2)<sup>8)</sup>．また，頻拍の出口となる肺動脈弁直下の右室流出路にてペーシングを行うと良好なペーシング波形が得られることが多い<sup>8)</sup>．したがって，従来心電図波形から右室流出路起源と診断されていたようなQRS波形の異なった複数の頻拍を認める症例，あるいは右室流出路でのアブレーション中にQRS波



**図3**  
 右室流出路低位His束近傍起源心室期外収縮  
 A：12誘導心電図。  
 B：左室短軸MRI像(大動脈弁レベル)。右冠尖(星印)はHis東部に近接している。  
 L：左冠尖, L(R)A：左(右)房, N：無冠尖, RV：右室。

形が変化し、右室流出路内にて追加アブレーションを行っても根治できない症例中に肺動脈起源の頻拍が多く含まれていた可能性がある。このような症例を認めた場合には、肺動脈内を丹念にマッピングしてみるのが大切である<sup>9)</sup>。

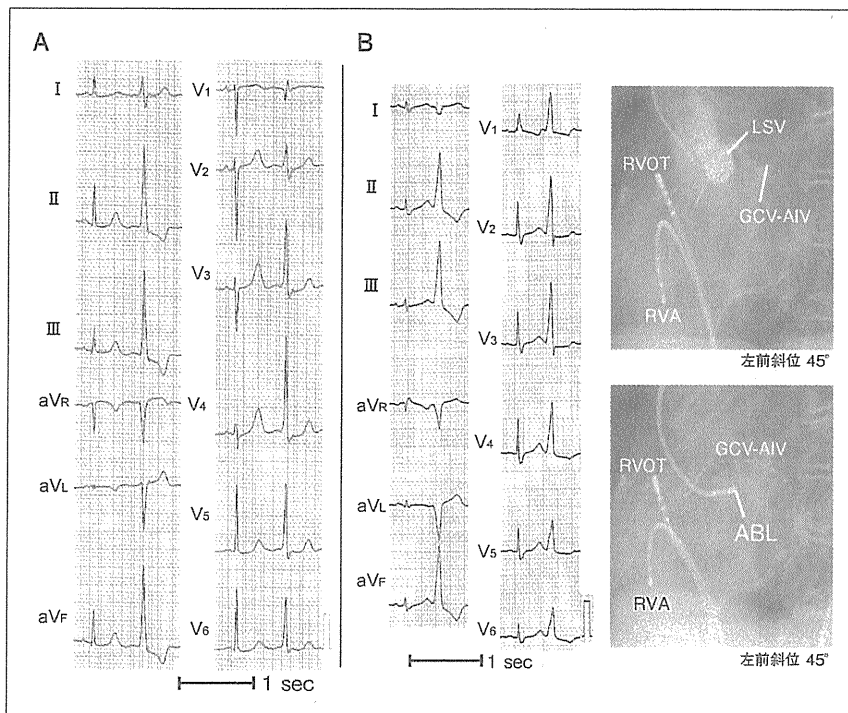
### 3. 右室流出路低位のHis束近傍起源

左脚ブロック型、下方軸、I誘導でR(RR')パターン(ほかの右室流出路起源頻拍に比してI誘導のR波高は大きい)、その他V<sub>1</sub>誘導にQ波を認める。aV<sub>L</sub>誘導はRSR'、あるいはRR'パターンを呈することが多いが、QSパターンを呈することもある。また、高位の右室流出路頻拍に比べて、下壁誘導のR波高は全体に小さい傾向を示し、そのなかで特にIII誘導のR波高が小さいことが本頻拍の特徴である(図3A)<sup>4), 10)</sup>。解剖学的にHis束領域の後方は大動脈が接しており(図3B)、大動脈右冠尖、ときに無冠

尖起源の頻拍の心電図波形は本頻拍に類似するため鑑別が必要である(後述)。

### Ⅲ. 左室流出路起源

左室流出路起源の特発性心室頻拍はその起源により、左室心内膜起源と左室心外膜起源の二つに大別される(表1)<sup>2)</sup>。左室心内膜起源は、①大動脈弁直下の大動脈弁僧帽弁連続部起源と②上部基部中隔起源<sup>11)</sup>の二つに分類されるが、その頻度は前者が高い。大動脈弁僧帽弁連続部起源の頻拍には、左線維三角近傍起源(僧帽弁輪前内側・前外側起源)の僧帽弁輪部頻拍(後述)も含まれる<sup>2), 12)</sup>。一方、左室心外膜起源はそのアブレーション成功部位から、①大動脈冠尖(左冠尖、あるいは右冠尖)よりアブレーション可能な頻拍<sup>6), 13)~15)</sup>と②大動脈冠尖からのアブレーションが不可能な頻拍に分類される<sup>2)</sup>。大動脈左冠



**図4**  
**左室流出路起源心室不整脈**  
 A：大動脈弁直下の僧帽弁輪部前内側起源心室期外収縮。心電図上、V<sub>6</sub>誘導にs波を認める。  
 B：大動脈弁直下起源心室期外収縮〔心電図(左)とアブレーション成功部位(右)]Aと同様に左室心内膜側起源であるが、本例ではV<sub>6</sub>誘導にs波は認めない。  
 ABL：アブレーションカテーテル，GCV-AIV：大心静脈-前室間静脈に留置した電極カテーテル，HRA：高位右房，LSV：左バルサルバ洞，RVA：右室心尖部，RVOT：右室流出路。  
 [文献4)より引用改変]

尖からのアブレーションが不可能(不成功)な頻拍は、冠尖より離れた部位の心外膜側心筋にその起源があると考えられ、その根治には冠静脈内、肺静脈、あるいは直接、心外膜側からのアブレーションが必要であり、近年その報告が散見される<sup>16)~18)</sup>。

#### 1. 心電図波形の特徴と右室流出路起源不整脈との鑑別

V<sub>6</sub>誘導にs波(0.1 mV以上)を認める場合、左室心内膜側起源頻拍の可能性が高い(図4A)。逆に左冠尖起源、および左冠尖より離れた左室心外膜側起源の頻拍症例ではV<sub>6</sub>誘導にs波は認めない。また、大動脈弁直下(僧帽弁輪部の前内側部)の左室心内膜側起源頻拍でもs波を認めないことが多い(図4B)<sup>4)</sup>。

右室起源と左室起源の頻拍の鑑別には、胸部誘導移行帯の位置、I誘導のQRS形態、そしてV<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>誘導のR波の持続時間とR波とS波の振幅の比が参考となる。例えば、左室起源頻拍では右室起源頻拍に比べてI誘導にてS波を認める；また移行帯がV<sub>4</sub>誘導以前に存在する場合が多い、などである(図5A)<sup>4)</sup>。

V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>誘導で計算するR wave duration index (R波の幅/QRS幅；V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>誘導で計算し、大きい方の値を用いる)とR/S amplitude ratio (R波の振幅/S波の振幅；大きい方の値を用いる)は左冠尖起源心室頻拍の診断に有用で(図5B)、R wave duration indexが0.5以上、あるいはR/S amplitude ratioが0.3以上の場合には右室流出路起源頻拍よりも左冠尖からアブレーション可能な頻拍である可能性が高い(図6A)<sup>13)</sup>。ただし、いずれの指標にもoverlapを認めるため、これらの指標を参考にしつつも、全体的に考えることが大切である<sup>13)</sup>。

#### 2. 大動脈左冠尖よりアブレーション可能な心外膜起源頻拍

左室心外膜起源頻拍のなかでその起源が左冠尖に近い場合には、同部位からのアブレーションが可能である<sup>6), 13)~15)</sup>。一方、頻拍起源が左冠尖から比較的遠い所に存在する場合には、たとえ左冠尖内で最早期興奮部位が記録されてもアブレーションは不成功に終わる可能性が高い。左冠尖からのアブレーション

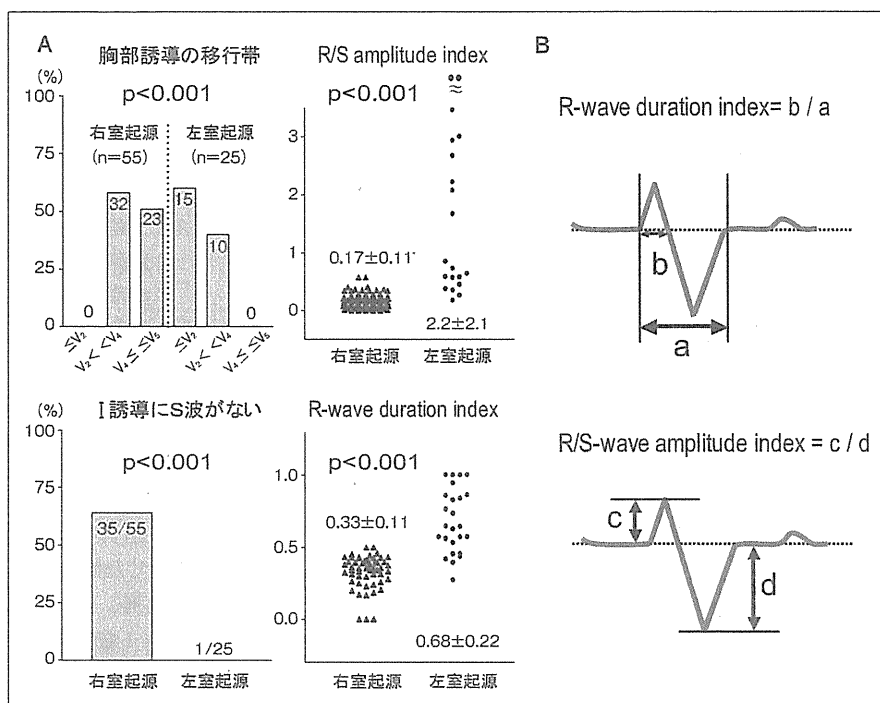


図5 左室流出路起源心室不整脈

A：右室流出路起源心室不整脈との鑑別〔文献4〕より引用改変

B：R wave duration index, およびR/S amplitude ratioの算出法。

ン不能な頻拍は、左冠尖に比較的離れた大心静脈と前室間静脈の移行部近傍にその起源を有すると考えられている<sup>6)</sup>。前述のR wave duration index, あるいはR/S amplitude ratioでは左冠尖からのアブレーションの可否は判定できない<sup>4)</sup>。左冠尖からアブレーション不可能な頻拍の起源は、アブレーション可能な頻拍に比べて、より左方、あるいは下方にその起源が存在すると考えられており、 $aV_L$ 誘導と $aV_R$ 誘導のQ波高の比および $V_1$ 誘導のS波高が両者の鑑別に有用である。 $aV_L$ 誘導と $aV_R$ 誘導のQ波の比(Q :  $aV_L/aV_R$ )が1.4以下、かつ $V_1$ 誘導のS波高が1.2 mV未満の場合には左冠尖からアブレーションできる可能性が高い<sup>4), 18)</sup>。流出路起源頻拍の起源同定のためにわれわれが作成した心電図波形を用いたアルゴリズムを図7に示す<sup>4)</sup>。

QRS起始部がスラー状(デルタ波様)を呈する場合や、あるいは胸部誘導上の maximum deflection

index (= [胸部誘導中、QRS起始から最大振幅までの最短値/QRS幅]が0.55以上の場合(感度100%, 特異度98.7%), 大動脈冠尖からアブレーション不可能な心外膜起源頻拍である可能性が高い<sup>16)</sup>。また、下壁誘導のなかで最も大きいR波高を有する誘導のQRS起始から最大振幅までの時間(peak deflection index)が0.6を超える場合、頻拍の起源は心室中隔深部、あるいは心外膜側起源であり、心筋内カテーテルアブレーションが不成功となる可能性が高いことも報告されている<sup>19)</sup>。

### 3. 大動脈弁のほかの部位からアブレーション可能な頻拍

右冠尖起源の頻拍の心電図の特徴として、①左冠尖起源のものに比べて下壁誘導のR波高は小さく、II誘導のR波高がIII誘導のR波高に比べて大きいこと(II/III ratio > 1), および②左脚ブロックパターンで $V_2$ 誘導ではやや幅の広い波高の小さなR波を認

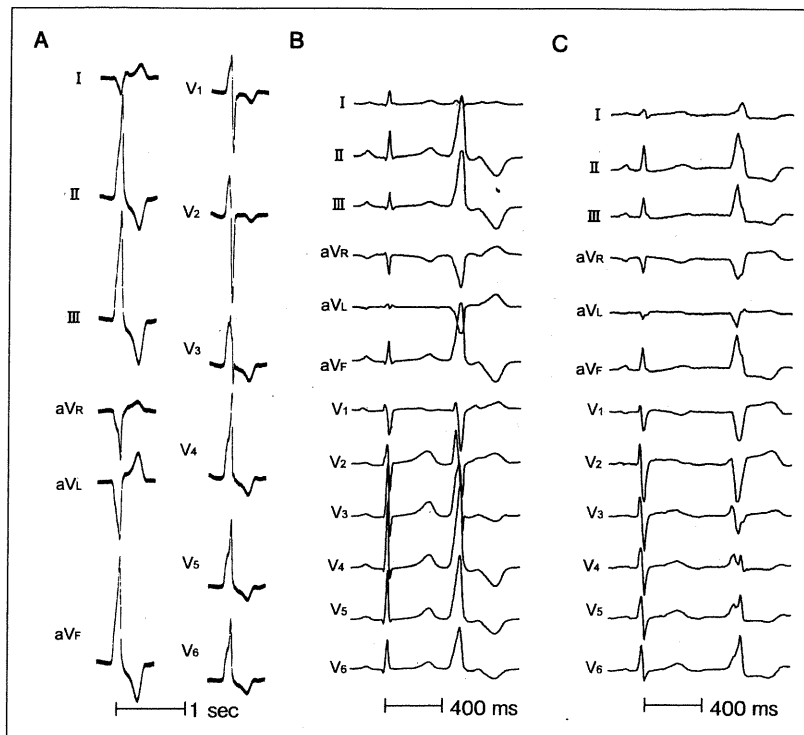


図6 大動脈冠尖, およびその近傍起源の特発性心室期外収縮  
 A: 左冠尖起源. R wave duration indexは0.5以上, またR/S amplitude ratioも0.3以上である.  
 B: 左右のバルサルバ洞接合部起源.  
 C: 右冠尖起源. 右室のHis束近傍起源頻拍に波形は類似.  
 [文献6)より引用改変]

める事例が多いことが報告されている(図6C)<sup>21)</sup>. 右冠尖は右室流出路のHis束近傍(上方)に近接しており(図3B), 右冠尖起源頻拍と右室流出路のHis束近傍起源頻拍は良く似た波形を呈する<sup>21)</sup>. したがって, 右室流出路のHis束近傍からのアブレーションが不可能な際には右冠尖, ときに無冠尖のマッピングを施行することが大切である. また, 左右のいずれの冠尖からのアブレーションも不能であるが, 左右のバルサルバ洞接合部でアブレーションが可能な頻拍も存在し(図6B), V<sub>1</sub>~V<sub>3</sub>誘導でqrSパターンを認める事例が多いことなどが報告されている<sup>22)</sup>.

頻拍起源が右冠尖から左右のバルサルバ洞接合部, さらに左冠尖に向かうにつれて, 頻拍波形は,  
 ① I誘導のQRS波形に陰性成分が出現する, ② III誘

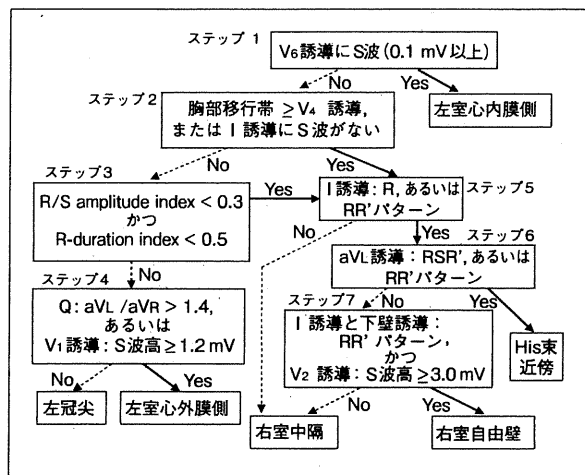


図7 流出路起源心室不整脈の局在診断のためのアルゴリズム  
 感度88%, 特異度95%.  
 [文献4)より引用改変]

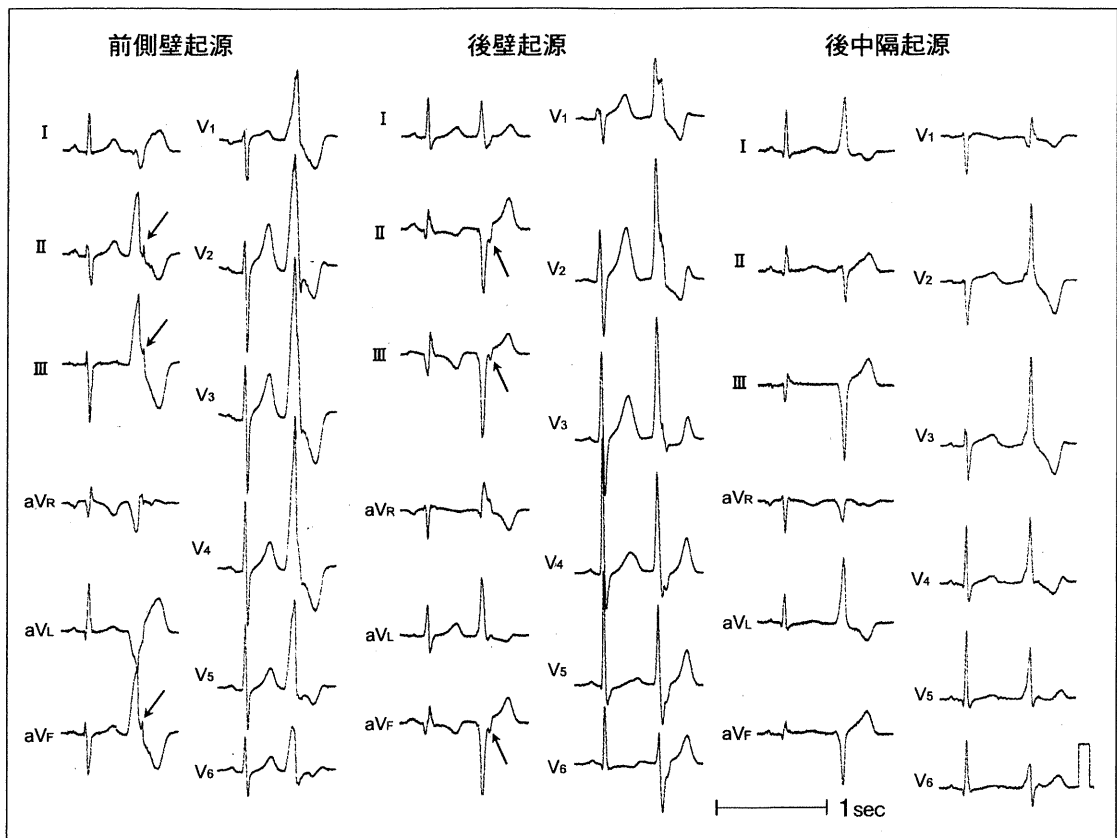


図8 僧帽弁輪起源心室性期外収縮

僧帽弁輪の前側壁、および後壁のいわゆる左室自由壁側起源のものでは下壁誘導にてQRS波形の後半部にノッチ (late notching: 矢印) を認める。一方、後中隔起源のものでは、ノッチは認めずQRS幅も狭い。

[文献12)より引用改変]

導のR波高が増大、逆にII誘導とIII誘導のR波高比 (R II/III) が低下する、そして胸部誘導の移行帯が反時計方向に向かうようになることがわかる (図6)。

#### IV. 僧帽弁輪起源

特発性心室不整脈症例中の5%前後にみられる (表2)。僧帽弁輪前側壁—内側壁の左線維三角近傍起源の頻拍が最も多く、後中隔起源が続き、後壁、および側壁例も報告されている<sup>12), 23)</sup>。このなかで左線維三角近傍起源の僧帽弁輪部前壁起源の頻拍は、心電図上は下方軸を呈し、流出路頻拍の範疇に入る<sup>2)</sup>。

本頻拍は左室心内膜側から起こる頻拍で右脚ブ

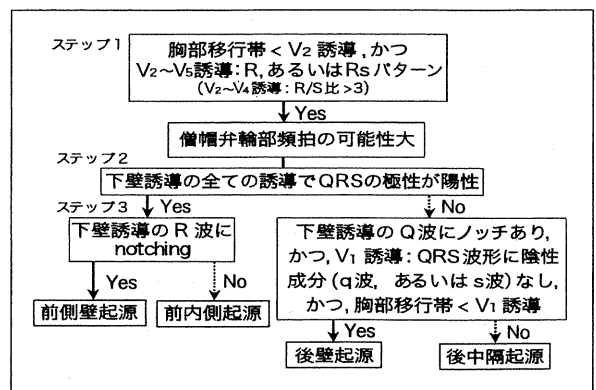


図9 僧帽弁輪起源心室不整脈の診断とその局在診断のためのアルゴリズム

[文献12)より引用改変]



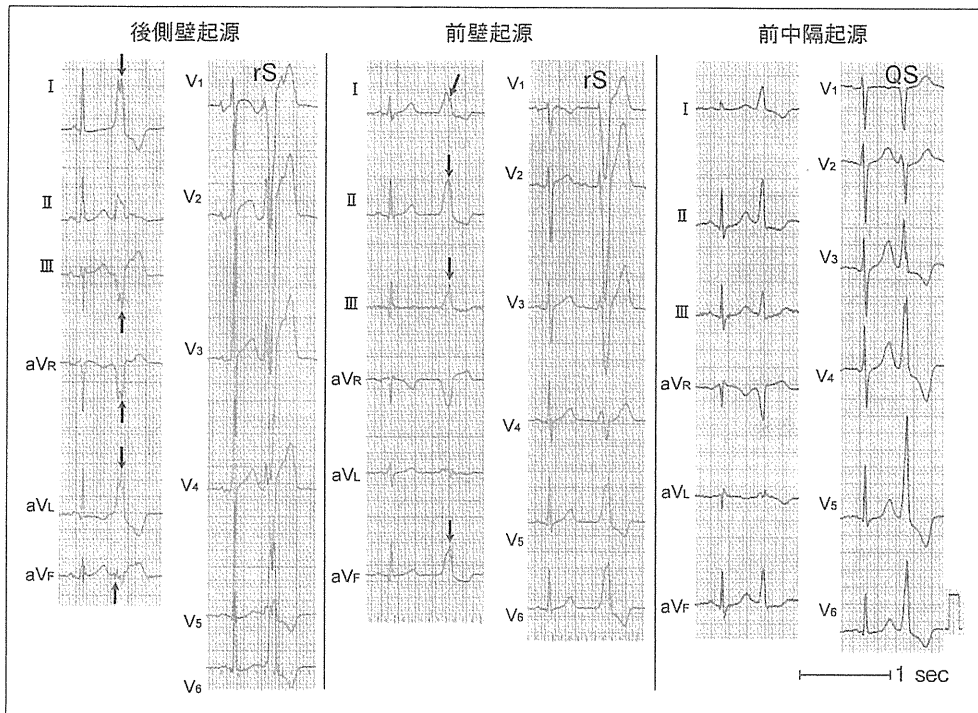


図10 三尖弁輪起源心室期外収縮

三尖弁輪の後側壁、および前壁のいわゆる右室自由壁側起源のものでは、QRS波形にノッチ(矢印)を認める。一方、前中隔起源のものでは、ノッチは認められずQRS幅も狭い。

[文献24)より引用改変]

ロック波形を呈し、 $V_5$ あるいは $V_6$ 誘導にs(S)波を認める(図8)。通常、胸部移行帯は $V_1$ 誘導よりも前(反時計方向)に認められる。後中隔起源のものでは $V_1 \sim V_2$ 誘導間に移行帯を認めることもあるが、 $V_2$ 誘導より後(時計方向)に移行帯を認めることはない。 $V_2 \sim V_5$ 誘導はR、あるいはRsパターンを呈し、 $V_6$ 誘導にもR(r)波を認める<sup>12)</sup>。

僧帽弁輪中隔側(後中隔、および前内側部)に起源を有する場合、QRS幅は比較的狭く、逆に自由壁(前側壁、および後壁)に起源を有する場合にはQRS波形は広く、QRS波形の後半成分にノッチ(late notching)を認めることが多い(図8)。また、自由壁起源の不整脈では、中隔起源の不整脈と比べて、心室の興奮が左室から右室へと段階的に起こるためにQRS幅はより広くなり、ノッチは心内電位記録上、右室自由壁の興奮に一致する。また、下壁誘導の

QRS波形の極性は起源の高さの指標となり、前側壁では全下壁誘導で陽性、逆に後壁、後中隔起源では陰性となる<sup>12)</sup>。

僧帽弁前側壁は左側、かつ高位に位置するために、 $aV_L$ 誘導のQRS極性は前側壁起源の場合には陰性、逆にやや右側、かつ低位に位置する後中隔、後壁起源の場合には陽性を呈する。後壁、および前側壁起源の場合、I誘導はRsパターン、 $V_1$ 誘導はRパターンを呈する。一方、前内側(前中隔近傍)、および後中隔起源の場合にはI誘導はノッチのないRパターンを呈し、 $V_1$ 誘導のQRS波形には陰性成分(qR, qr, rS, rs,あるいはQSパターン)を認めることが多い。また、III誘導とII誘導のQ波高比は後壁起源に比べて、後中隔起源で大きい傾向がある(図8)<sup>12)</sup>。上記の所見をもとに作成した僧帽弁輪部起源頻拍の診断、ならびに局在診断のためのアルゴリズムを図9に示す。

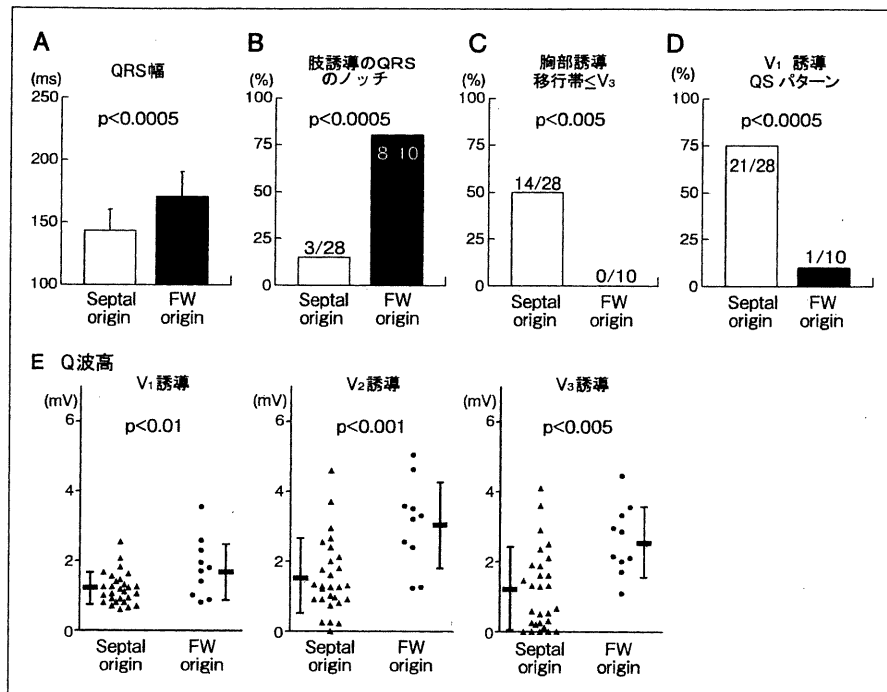


図 11 三尖弁輪起源心室不整脈の自由壁起源と中隔起源の主な心電図学的指標の比較検討

[文献24)より引用改変]

## V. 三尖弁輪起源

特発性心室不整脈のおよそ8%を占める(表2)。三尖弁輪のいかなる部位からも起こりうるが、自験例では74%の症例が三尖弁輪中隔起源、残る26%が自由壁起源と、自由壁側に比べて中隔側、特に前中隔部にその発生頻度は高い(表2)。

心電図上、左脚ブロック波形、かつI誘導でR(r)パターンのQRS波形を呈する。そのうち95%とほとんどの症例でaV<sub>R</sub>誘導のQRS波形に陰性成分(QS, qs, Qr, qrパターン)を認め、逆にaV<sub>L</sub>誘導では95%の症例で陽性成分(r or R波)を認める(図10)<sup>24)</sup>。自由壁起源の症例では中隔起源の症例に比べて、QRS幅は広く、またV<sub>1</sub>~V<sub>3</sub>誘導のQ波高は大きい。また、自由壁起源の症例では中隔起源の症例に比べて、QRS波形に明らかなノッチを認める症例が多く、逆に中隔起源の症例では自由壁起源の症例に比べV<sub>1</sub>誘導でQSパターンを

認める症例が多い。胸部誘導の移行帯は中隔起源頻拍では50%の症例でV<sub>3</sub>誘導以前に認められるが、自由壁起源の症例ではV<sub>3</sub>誘導以前に移行帯は認められない<sup>24)</sup>。これらの自由壁起源と中隔起源心室不整脈の主な心電図学的指標の比較検討結果を図11に示す<sup>24)</sup>。

## VI. おわりに

12誘導心電図波形の解析から特発性心室不整脈の局在診断が可能である。アブレーション中に頻拍波形に変化を認め、その波形解析により心内の異なる部位からの頻拍が疑われるならば、ためらうことなくその部位のマッピングを行うことが根治のために必要である。左冠尖からアブレーション不能な心外膜側起源頻拍に対しては、イリゲーションカテーテルの使用、冠静脈洞からのアプローチ、あるいは心外膜直接アプローチの普及により、今後その成功率はさらに向上する可能性がある。

[文 献]

- 1) Badhwar N, Scheinman MM : Idiopathic ventricular tachycardia : Diagnosis and management. *Curr Probl Cardiol*, 2007 ; 32 : 7~43
- 2) Nogami A, Tada H : Idiopathic left ventricular tachycardia. *Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmia-Basic Concepts and Clinical Applications*, ed by Wilber D, Packer DL, Stevenson WG, Blackwell Publishing, Oxford, p298~313
- 3) Stevenson WG, Soejima K : Catheter ablation for ventricular tachycardia. *Circulation*, 2007 ; 115 : 2750~2760
- 4) Ito S, Tada H, Naito S, Kurosaki K, Ueda M, Hoshizaki H, Miyamori I, Oshima S, Taniguchi K, Nogami A : Development and validation of an ECG algorithm for identifying the optimal ablation site for idiopathic ventricular outflow tract tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2003 ; 14 : 1280~1286
- 5) Tada H, Ito S, Naito S, Kurosaki K, Ueda M, Shinbo G, Hoshizaki H, Oshima S, Nogami A, Taniguchi K : Prevalence and electrocardiographic characteristics of idiopathic ventricular arrhythmia originating in the free wall of the right ventricular outflow tract. *Circ J*, 2004 ; 68 : 909~914
- 6) Tada H, Nogami A, Naito S, Fukazawa H, Horie Y, Kubota S, Okamoto Y, Hoshizaki H, Oshima S, Taniguchi K : Left ventricular epicardial outflow tract tachycardia : A new distinct subgroup of outflow tract tachycardia. *Jpn Circ J*, 2001 ; 65 : 723~730
- 7) Sekiguchi Y, Aonuma K, Takahashi A, Yamauchi Y, Hachiya H, Yokoyama Y, Iesaka Y, Isobe M : Electrocardiographic and electrophysiologic characteristics of ventricular tachycardia originating within the pulmonary artery. *J Am Coll Cardiol*, 2005 ; 45 : 887~895
- 8) Tada H, Tadokoro K, Miyaji K, Ito S, Kurosaki K, Kaseno K, Naito S, Nogami A, Oshima S, Taniguchi K : Idiopathic ventricular arrhythmias arising from the pulmonary artery : Prevalence, characteristics, and topography of the arrhythmia origin. *Heart Rhythm*, 2008 ; 5 : 419~426
- 9) Timmermans C, Rodriguez LM, Crijns HJ, Moorman AF, Wellens HJ : Idiopathic LBBB-shaped ventricular tachycardia may originate above the pulmonary valve. *Circulation*, 2003 ; 108 : 1960~1967
- 10) Yamauchi Y, Aonuma K, Takahashi A, Sekiguchi Y, Hachiya H, Yokoyama Y, Kumagai K, Nogami A, Iesaka Y, Isobe M : Electrocardiographic characteristics of repetitive monomorphic right ventricular tachycardia originating near the His-bundle. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2005 ; 16 : 1041~1048
- 11) Callans DJ, Menz V, Schwartzman D, Gottlieb CD, Marchlinski FE : Repetitive monomorphic tachycardia from the left ventricular outflow tract : Electrocardiographic patterns consistent with a left ventricular site of origin : *J Am Coll Cardiol*, 1997 ; 29 : 1023~1027
- 12) Tada H, Ito S, Naito S, Kurosaki K, Kubota S, Sugiyasu A, Tsuchiya T, Miyaji K, Yamada M, Kutsumi Y, Oshima S, Nogami A, Taniguchi K : Idiopathic ventricular arrhythmia arising from the mitral annulus : A distinct subgroup of idiopathic ventricular arrhythmias. *J Am Coll Cardiol*, 2005 ; 45 : 877~886
- 13) Ouyang F, Fotuhi P, Ho SY, Hebe J, Volkmer M, Goya M, Burns M, Antz M, Ernst S, Cappato R, Kuck KH : Repetitive monomorphic ventricular tachycardia originating from the aortic sinus cusp : Electrocardiographic characterization for guiding catheter ablation. *J Am Coll Cardiol*, 2002 ; 39 : 500~508
- 14) Kanagaratnam L, Tomassoni G, Schweikert R, Pavia S, Bash D, Beheiry S, Neibauer M, Saliba W, Chung M, Tchou P, Natale A : Ventricular tachycardias arising from the aortic sinus of valsalva : An under-recognized variant of left outflow tract ventricular tachycardia. *J Am Coll Cardiol*, 2001 ; 37 : 1408~1414
- 15) Hachiya H, Aonuma K, Yamauchi Y, Igawa M, Nogami A, Iesaka Y : How to diagnose, locate, and ablate coronary cusp ventricular tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2002 ; 13 : 551~556
- 16) Daniels DV, Lu YY, Morton JB, Santucci PA, Akar JG, Green A, Wilber DJ : Idiopathic epicardial left ventricular tachycardia originating remote from the sinus of Valsalva : Electrophysiological characteristics, catheter ablation, and identification from the 12-lead electrocardiogram. *Circulation*, 2006 ; 113 : 1659~1666
- 17) Obel OA, d'Avila A, Neuzil P, Saad EB, Ruskin JN, Reddy VY : Ablation of left ventricular epicardial outflow tract tachycardia from the distal great cardiac vein. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 48 : 1813~1817
- 18) Kaseno K, Tada H, Tanaka S, Goto K, Yokokawa M, Hiramatsu S, Naito S, Oshima S, Taniguchi K : Successful catheter ablation of left ventricular epicardial tachycardia originating from the great cardiac vein : a case report and review of the literature. *Circ J*, 2007 ; 71 : 1983~1988
- 19) Hachiya H, Hirao K, Sasaki T, Higuchi K, Hayashi T, Tanaka Y, Kawabata M, Isobe M : Novel ECG predictor of difficult cases of outflow tract ventricular tachycardia : peak deflection index on an inferior lead. *Circ J*, 2010 ; 74 : 256~261
- 20) Lin D, Ilkhanoff L, Gerstenfeld E, Dixit S, Beldner S,

- Bala R, Garcia F, Callans D, Marchlinski FE : Twelve-lead electrocardiographic characteristics of the aortic cusp region guided by intracardiac echocardiography and electroanatomic mapping. *Heart Rhythm*, 2008 ; 5 : 663 ~ 669
- 21) Yamada T, McElderry HT, Doppalapudi H, Kay GN : Catheter ablation of ventricular arrhythmias originating in the vicinity of the His bundle : significance of mapping the aortic sinus cusp. *Heart Rhythm*, 2008 ; 5 : 37 ~ 42
- 22) Yamada T, Yoshida N, Murakami Y, Okada T, Muto M, Murohara T, McElderry HT, Kay GN : Electrocardiographic characteristics of ventricular arrhythmias originating from the junction of the left and right coronary sinuses of Valsalva in the aorta : the activation pattern as a rationale for the electrocardiographic characteristics. *Heart Rhythm*, 2008 ; 5 : 184 ~ 192
- 23) Kumagai K, Yamauchi Y, Takahashi A, Yokoyama Y, Sekiguchi Y, Watanabe J, Iesaka Y, Shirato K, Aonuma K : Idiopathic left ventricular tachycardia originating from the mitral annulus. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2005 ; 16 : 1029 ~ 1036
- 24) Tada H, Tadokoro K, Ito S, Naito S, Hashimoto T, Kaseno K, Miyaji K, Sugiyasu A, Tsuchiya T, Kutsumi Y, Nogami A, Oshima S, Taniguchi K : Idiopathic ventricular arrhythmias originating from the tricuspid annulus : Prevalence, ECG characteristics, and results of the radiofrequency catheter ablation. *Heart Rhythm*, 2007 ; 4 : 7 ~ 16