

●特別講演

流出路起源心室頻拍の心電図部位診断とアブレーション

群馬県立心臓血管センター 内藤 滋 人

はじめに

特発性心室頻拍 (idiopathic VT) とは器質的心疾患を伴わない VT であり, 比較的若年者に多く, 流出路起源 VT (OT-VT) と左室脚枝 VT (LF-VT) に大別される¹⁾。

さらに OT-VT は, 表 1 に示すように右室流出路起源 VT と左室流出路起源 VT に分けられる。

OT-VT は, 高周波カテーテルアブレーション (RFCA) によって根治可能な VT であり, 本稿ではその起源部位診断法, 至適通電部位電位, 成績などに関して概説したい。

1 流出路起源心室頻拍 (OT-VT)

1) 流出路起源心室頻拍の臨床的特徴

流出路起源心室頻拍は若年から中年の女性に多く認められ, 多くは非持続性で反復性の VT であるが, 運動負荷や精神的緊張により持続性 VT に移行しやすく, 自律神経活動との関連も報告されている。

発生機序としては, 撃発活動 (triggered activity) と自動能亢進 (automaticity) が多いと考えられている。心室プログラム刺激ではほとんど誘発されることはなく, リエントリー (re-entry) を示唆することは少ないが, まれにリエントリーが考えられる症例も報告されている。OT-VT は, その解剖学的背景として左右の流出路における Purkinje fiber の残存が考えられており, このような Purkinje fiber を substrate とするリエントリーも機序として考慮すべきと思われる。

一般的に流出路起源心室頻拍の予後は良好であるが, 失神, 心不全, 心室細動への移行などの重篤な症状を引き起こす可能性もある。また

われわれは, 流出路起源の心室性期外収縮あるいは心室頻拍の頻発症例において, 血漿 BNP 濃度の上昇を認め, 潜在的な心不全状態が示唆されること, またそれらの症例において, アブレーション前後のアンケートにより quality of life (QOL) を検討したところ有意な改善が得られることを報告した。

2) 流出路起源心室頻拍の分類 (表 1)

OT-VT は基本的には左脚ブロック型を呈し, 下壁誘導 (II, III, aVF) で高い R 波を有し下方軸を呈する。多くは右室流出路と考えられてきたが, 近年のカテーテルアブレーションの進歩により, 左室流出路に起源を有するものも多いこ

表 1 流出路起源心室頻拍 (OT-VT) の分類

(I) Right ventricular outflow tract VT
1 Septal origin (Anterior & Posterior attachment)
2 Free wall origin (Anterior & Posterior attachment)
3 Pulmonary artery origin
4 Antero-superior septum (superior His-bundle area)
(II) Left ventricular outflow tract VT
1 Endocardial origin Medio-superior aspect of mitral annulus (just below the aortic cusp) Anterior mitral annulus Superior basal septum (His-bundle area)
2 Coronary cusp origin Left coronary cusp Right coronary cusp Fibrous trigone
3 Epicardial origin Coronary sinus approach Direct epicardial approach

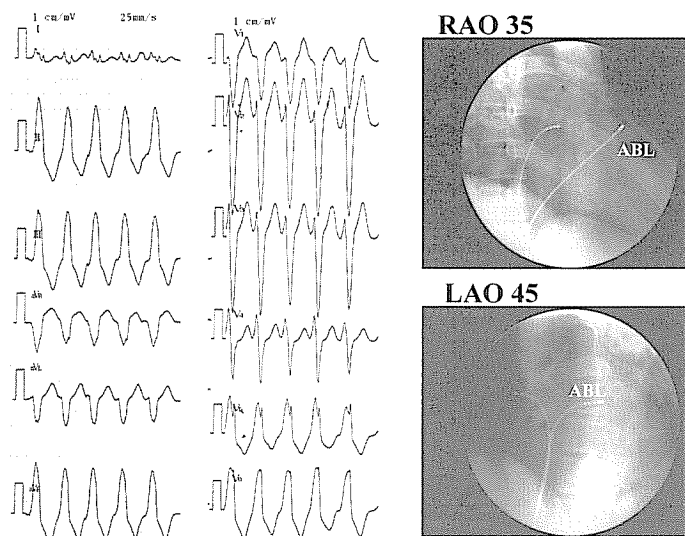


図1 右室流出路中隔起源心室頻拍
II, III, aVF誘導は下方軸を呈し、胸部誘導の移行帯はV4である。
臨床最頻度が高い部位であり、かつカテーテルアブレーションの
成功率も高い部位である。

とが明らかとなった²⁻⁵⁾。

したがって、OT-VTの起源は右室流出路と左室流出路の二つに分けられる。さらに右室流出路は、①中隔側と②自由壁側に分けられ、それらの接合部をそれぞれanterior attachment, posterior attachmentと呼んでいる。OT-VTの出現頻度として最も多いのは右室流出路の中隔側である(図1)。

一方左室流出路は、①左室心内膜側(僧帽弁輪部を含む)、②大動脈冠尖(特に左冠尖)から焼灼可能なもの(図2)、③左室心外膜側(CS or direct epicardial approach)に分けられる。

図3に、OT-VTの各種起源部位をシェーマで示す。左冠尖から焼灼可能な部位が右室流出路の中隔に近接していることが理解される。

3) 流出路起源心室頻拍の心電図学的特徴

(1) II, III, aVF誘導

II, III, aVF誘導は、上方のR波を呈し、基本的にはそのamplitudeが大きければ大きいほど流出路の上方の起源であるといえる。ただし、体格(肥満など)や心臓の横位などで個人差が大きい。

さらにわれわれの検討では、II, III, aVF誘導

のR波高が2.5mVを超える症例では左室心外膜側起源であることが考えられた。その理由として、心外膜側では電気的興奮ベクトルがすべて下方を向くためと思われる。

(2) 胸部誘導における移行帯

胸部誘導における移行帯は、特に左右の流出路を鑑別する際に重要である。胸部誘導における移行帯がV4であれば迷うことなく右室流出路と違って間違いはない。逆に胸部誘導における移行帯がV1であれば左室心外膜側か僧帽弁輪部である。胸部誘導における移行帯がV3のときは左右いずれかであるかは他の指標によって総合的に判断するが、胸部誘導における移行帯がV2であり、かつV2のR/S比が1:1位の際は左冠尖から焼灼可能であることが多い。

(3) V5-V6誘導におけるS波の有無

V5-V6誘導におけるS波の有無は左室心内膜側の鑑別の際に特異性が非常に高い。すなわちV5-V6誘導においてS波が認められる症例では、その起源は左室心内膜側であるといえ、左室流出路の心内膜あるいは僧帽弁輪部起源が考えられる。

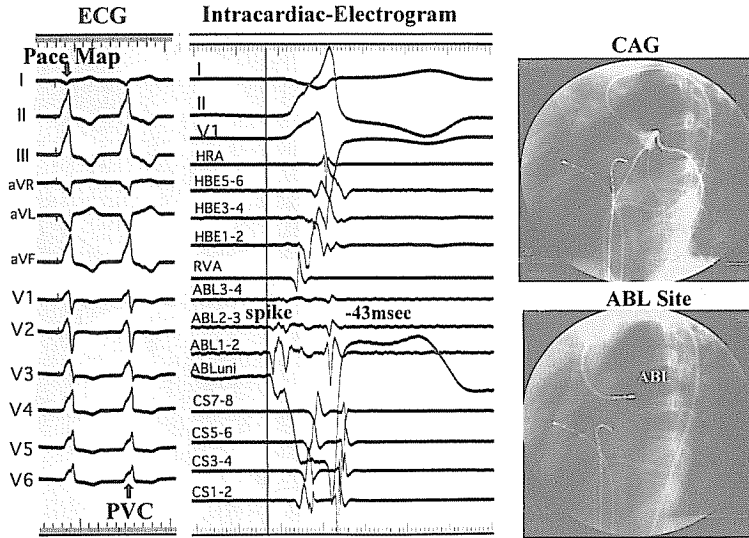


図 2 左冠尖内にて焼灼に成功した左室流出路起源心室頻拍
 左：II, III, aVF 誘導は下方軸を呈し，胸部誘導の移行帯はV2である。pace mapping 法にて 12/12 の perfect map を示す。
 中：RFCA 成功通電部位における心内電位を示す。
 同部位におけるアブレーションカテーテル先端電位は，体表 QRS に 43msec 先行しており，かつ spike potential を認める。また，単極誘導は QS pattern を示す。
 右：成功通電部位の catheter position を示す。冠動脈造影にて，左冠動脈主幹部の位置を確認する。

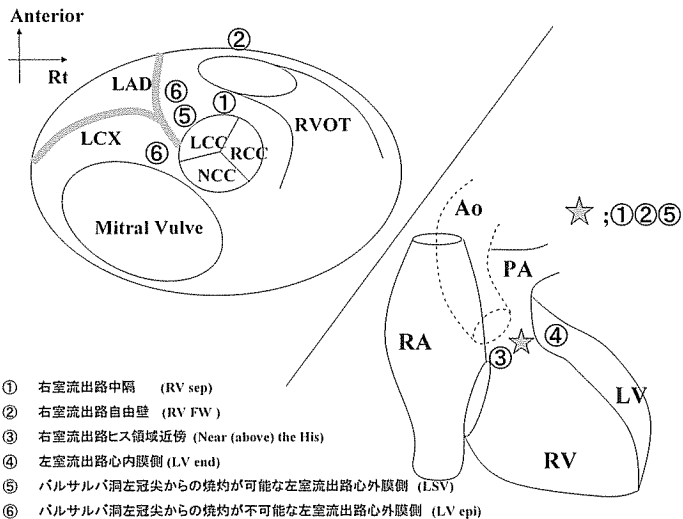


図 3 各種流出路起源心室頻拍の分類と解剖学的位置関係
 左冠尖の前方が，右室流出路の中隔側に相対していることが理解できる。

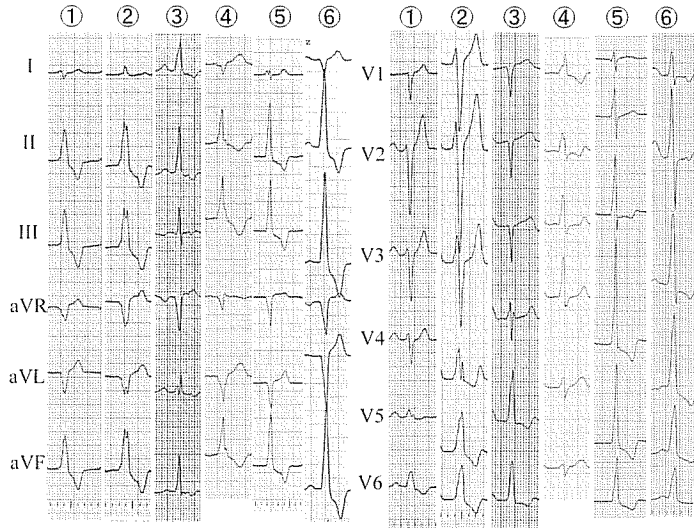


図4 各種流出路起源心室頻拍の心電図波形

(4) I誘導波形

I誘導波形は、左右方向のベクトルを反映するため、右室流出路と左室流出路の鑑別に用いられるが、必ずしも特異性は高くはない。一般的には、I誘導にて陽性R波を示す場合には右室流出路起源が、陰性のQS波を示す場合には左室流出路起源が考えられる。しかし、症例によっては右室流出路起源であってもI誘導にてQS波を呈することはしばしば経験される。

I誘導のR波の中で診断的に有用と思われる特徴が2種類ある。一つは低電位のrsr'型を呈する症例であり、この所見を有する症例はほとんどが右室流出路の中隔側に起源を有する。この部位はカテーテルの固定も容易であり、非常に根治性が高い。われわれはI誘導のrsr'型では95%以上の成功率が期待できると考えている。もう一つの特徴として、幅が広くやや高電位のR波を呈する症例である。この所見を示す症例は右室流出路の自由壁側起源である可能性が高い。

(5) aVL誘導とaVR誘導におけるQ波の比

一般的にaVL誘導とaVR誘導におけるQ波の比が大きい症例ではその起源は左室流出路にあり、比が小さい症例ではその起源は右室流出路にあるといえる。しかし、aVL誘導とaVR誘導におけるQ波の比はI誘導と同様に非適合症例

も多く、特異性はそれほど高くない。

そのなかでも、aVL誘導とaVR誘導におけるQ波の比が非常に大きい症例では、明らかに左室流出路起源と診断可能であり、さらには左室心外膜側である可能性が高い。

(6) V1-V2誘導波形の特徴

V1-V2誘導波形はその特徴からより詳細な部位診断の補助的役割をもつことが多い。前述のごとく、胸部誘導における移行帯がV2であり、かつV2のR/S比が1:1位の際は左冠尖から焼灼可能であることが多い。その他にもV1-V2誘導の前半R波の幅が広い症例またはV2誘導のS波の深い症例では、右室流出路自由壁側起源が考えられる。

4) 12誘導心電図からの局所起源診断手順

図4に各種流出路起源心室頻拍の心電図波形を示す。12誘導心電図からの局所起源診断手順を簡潔に述べると⁶⁾、まずV5-V6のS波の有無を確認する。S波が認められた場合には、その起源は左室心内膜側であるといえる。S波が認められない場合には、胸部誘導の移行帯に注目する。胸部誘導における移行帯がV4以降であれば迷うことなく右室流出路と違って間違いはない。右室流出路の中で、I誘導が低電位のrsr'型を呈する症例は中隔側に起源を有し、I誘導が幅広くや

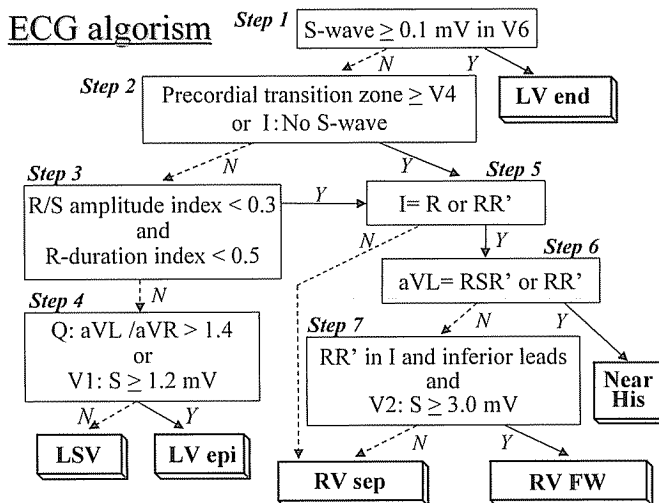


図 5 12 誘導心電図からの局所起源診断手順

や高電位の R 波を呈する症例は自由壁側起源である可能性が高い。胸部誘導の移行帯が V1 であれば左室心外膜側起源であり，移行帯が V2-V3 であり，かつ V2 の R/S 比が 1 に近い症例は左冠尖から焼灼可能であることが多い。

われわれはより精度の高い 12 誘導心電図からの局所起源診断手順 (図 5) を作製した⁷⁾のでアブレーション前の部位診断に役立てていただきたい。

このように 12 誘導心電図からその起源が推測可能であるが，問題点としてあくまで 12 誘導心電図で予測できるのは出口(exit)の部位であり，本当の起源は中隔のさらに奥に存在する可能性も考えられる。すなわち，12 誘導心電図からは左室心外膜起源が予測される症例において，左冠尖からの通電にて根治可能であった症例にはしばしば遭遇する⁸⁾。

5) 流出路起源心室頻拍に対する至適通電部位の同定法

至適通電部位の決定には以下の 2 種類の方法を用いる。

activation mapping 法: 頻拍が持続している場合や非持続性 VT が頻発している場合に，最早期興奮部位を探していく方法である。アブレーションカテーテルの先端電位が体表 QRS より 10

～20msec 先行していること，また単極誘導にて急峻な QS pattern を呈することが重要である (図 2)。

さらに先端電極において，大きな V 波の前に先行した spike potential が記録されることが報告されており，spike potential の記録可能部位での成功率はさらに高い^{4,5)}。この spike potential は特に左冠尖からとらえられることが多く，前述した残存 purkinje fiber の電位を記録している可能性も考えられる⁹⁾。

pace mapping 法: アブレーションカテーテルの先端電極より心室刺激を行い，心室頻拍波形と同一のペーシング波形が得られる部位を探す方法である。12 誘導中 11～12 誘導で波形がほぼ一致することが望ましい (図 2)。

しかし特に肺動脈内や左冠尖から焼灼可能な症例では，先端電極から電気刺激を行ってもなかなか心筋を捕捉することができないことがある。そのような場合は高出力の刺激装置を用いたり，パルス幅を大きくする必要がある。

6) 流出路起源心室頻拍に対する高周波カテーテルアブレーション

(1) 右室流出路起源

右室流出路起源の OT-VT に対するアブレーションは 90% 以上の成功率が報告されてお

り¹⁰⁾, first choice の根治療法と考えられる。

右室流出路起源に対するアブレーションカテーテルの選択として、われわれは bi-directional catheter を用いている。両方向に曲がる特性を利用し右室流出路から肺動脈方向に挿入し、中隔側起源であれば反時計方向にすすめ、自由壁起源であれば逆に時計方向にすすめてカテーテルを固定する。

温度は 50～65℃、出力は 30～50watt にて高周波通電を行う。通電時にしばしば疼痛を伴うため、鎮痛剤の使用を要する。高周波通電開始直後から、心室頻拍と同様波形の心室リズムの出現が認められるときには、局所起源に熱が伝わっていることを示しており、有効通電を示唆する所見である。われわれは通常、起源部位周辺に 2～3カ所の追加通電をしている。

中隔部 (anterior attachment) 起源、中隔部 (posterior attachment) 起源、右室流出路自由壁起源の順に難易度が高まるが、その要因はカテーテルの固定しやすさによると考えられる。

アブレーション治療の効果判定は、通電による心室頻拍の停止、あるいは同一波形の心室性期外収縮の消失により行われる。

(2) 左冠尖から焼灼可能な心室頻拍

まず左冠動脈との位置関係(特に左主幹部)を把握するために冠動脈造影を施行する。

アブレーションカテーテルの選択としては、Webster catheter の D curve か 270 度 curve を用いる。まず左冠尖のバルサルバ洞に挿入したのち時計方向に回転させ、左主幹部とは反対方向の前方に固定する(図 3)。先端電位にて A/V 比が 1:3 程度の部位が推奨され、適度に先端を押しつけることがコツである。

温度は 50～55℃、出力は 20～30watt にて高周波通電を行う。青沼らの報告によると、55℃ まででは大動脈弁の損傷は生じないが、65℃ では大動脈弁の損傷と血栓形成が認められたという。通電時間は 60 秒間が望ましい。

(3) 左室心内膜側起源

左室流出路大動脈弁直下の心内膜起源症例においては、Webster 270 度 curve を用いる。大動

脈弁を通過させた後に最大限屈曲させ cusp 直下に固定する。しかし、固定は必ずしも容易ではない。

僧帽弁輪部起源では、基本的には WPW 症候群のアブレーションに準ずる。左前壁の僧帽弁下にアブレーションカテーテルを挿入し、高周波通電を行う。

(4) 左室心外膜側起源

冠静脈洞 (CS) から 2Fr の多極カテーテルを大心静脈から前室間静脈まで挿入し最早期興奮部位を確認する。CS からの通電はインピーダンスが高く不可能なことが多い。したがって、根治を目指すためには心囊穿刺によって心膜腔からアプローチするか、外科的に cryoablation を行う⁸⁾。また、ときに左室心外膜起源と思われた症例が、左冠尖から焼灼可能なことがあり、試みる価値があると思われる。

7) 流出路起源心室頻拍に対する高周波カテーテルアブレーションの合併症

流出路起源心室頻拍に特異的な合併症として、右室流出路の穿孔、冠動脈損傷、大動脈弁損傷などが挙げられる。右室流出路の中隔側は安全であるが、自由壁側は穿孔する危険性があり、アブレーションカテーテルの操作は慎重さを要する。

冠動脈損傷は、左冠尖から通電する際に生じる危険性がある。特に左主幹部 (LMT) の損傷は致命的であるので、必ず冠動脈造影を施行し、LMT よりも前方にくるようにカテーテルを時計方向に回転させる。また、肺動脈内からの通電の際にも冠動脈損傷の危険性がある。大動脈損傷は冠尖から通電する場合に 55 度を超えないようにする必要がある。

ま と め

流出路起源心室頻拍に対するカテーテルアブレーション治療に関しては、ほぼ確立された first choice の治療となつてきている。流出路起源心室頻拍の電気生理学的特徴を正確にとらえ、熟練したカテーテル操作により、高い成功率が十分期待できる。

また流出路起源心室頻拍(OT-VT)は, カテーテルアブレーションの進歩によってその解剖学的起源が明らかとなってきたといっても過言ではない。起源は右室流出路のみならず, 左室流出路にも多く存在し, 左冠尖や心外膜側からの焼灼で根治可能であることも明らかにされてきた。

文 献

- 1) Nogami A. Idiopathic left ventricular tachycardia: assessment and treatment. *Cardiac Electrophysiology Review* 2002;6:448-57.
- 2) Callans DJ, Menz V, Schwartzman D, et al. Repetitive monomorphic tachycardia from the left ventricular outflow tract: electrocardiographic patterns consistent with a left ventricular site of origin. *J Am Coll Cardiol* 1997;29:1023-7.
- 3) Tada H, Nogami A, Naito S, et al. Left ventricular epicardial outflow tract tachycardia : a new distinct subgroup of outflow tachycardia. *Jpn Circ J* 2001;65:723-30.
- 4) Ouyang F, Fotuhi P, Ho SY, et al. Repetitive monomorphic vermicular tachycardia originating from the aortic sinus cusp. *Electrocardiographic characterization for guiding catheter ablation. J Am Coll Cardiol* 2002;39:500-8.
- 5) Hachiya H, Aonuma K, Yamauchi Y, et al. How to diagnose, locate, and ablate coronary cusp ventricular tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2003;13:551-6.
- 6) 窪田彰一, 内藤滋人, 深澤浩ほか. 開胸下冷凍凝固術後に再発した左室流出路心外膜起源心室頻拍に対し, 左冠尖内からのカテーテル・アブレーションが奏功した1例. *不整脈* 2001;17:605-11.
- 7) 内藤滋人, 冨田浩, 伊藤幸子. 流出路起源心室頻拍: 部位診断とアブレーションを中心に. *不整脈* 2003. メジカルビュー社. p.92-102.
- 8) Ito S, Tada H, Naito S, et al. Development and validation of an ECG algorithm for identifying the optimal ablation site for idiopathic ventricular outflow tract tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2003;14:1280-6.
- 9) Tada H, Naito S, Ito S, et al. Significance of two potentials predicting successful catheter ablation from the left sinus of valsalva for left ventricular epicardial tachycardia. *PACE* 2004;27:1053-9.
- 10) Morady F, Kadish AH, DiCarlo L, et al. Long-term results of catheter ablation of idiopathic right ventricular tachycardia. *Circulation* 1990;82:2093-9.