

# Left Ventricular Summit起源の心室不整脈に対するカテーテルアブレーション：冠静脈遠位枝内のマッピング

小松雄樹\* 野上昭彦 家田真樹

左室最上部(LV summit : Left ventricular summit)は特発性心室不整脈の好発部位の一つとして知られているが、アブレーションの成功率はあまり高くない。LV summitを走行する大心静脈遠位交通枝(communicating vein at the LV summit : summit-CV)の枝に挿入した2Fr電極カテーテルで記録される心内局所電位が心室不整脈中の最早期興奮部位であり、さらに同部位でexcellent pacemapが得られるLV summit起源心室不整脈の12誘導心電図の特徴は下方軸、非特異的脚ブロックタイプ( $V_1$ 誘導のR/S波比  $0.67 \pm 0.33$ )、I誘導の陰性波、 $aV_R$ 誘導よりも $aV_L$ 誘導で大きなQS波などであった。最早期興奮部位を記録する2Fr電極を標的として、2Fr電極に対して解剖学的に最も近接する部位(右室流出路、大動脈冠尖、大動脈弁直下の左室流出路、あるいは大心静脈-前室間静脈内)からアブレーションを行い、14症例中10症例(71%)において最終的に心室不整脈が抑制された。2Fr電極カテーテルを大心静脈遠位の枝に挿入することにより、従来の手法では困難であったLV summitのマッピングが可能となり、LV summitにおける正確な不整脈起源を同定することができる。心室不整脈中の最早期興奮部位の2Fr電極に解剖学的に近接する部位からのアブレーションが有用である。

(心電図, 2021 ; 41 : 57-63)

**Keywords**

- 心室不整脈
- 左室最上部 (LV summit)
- アブレーション
- 冠静脈

筑波大学附属病院循環器内科  
(〒305-8575 茨城県つくば市天王台1-1-1)  
\*は責任者を示す

*Catheter Ablation of Ventricular Arrhythmias Originating from the Left Ventricular Summit : Mapping within the Cardiac Venous Systems*  
Yuki Komatsu, Akihiko Nogami, Masaki Ieda

## I. 背景

特発性心室不整脈に対するカテーテルアブレーションは広く普及している治療法である。左室最上部(LV summit : Left ventricular summit)は特発性心室不整脈の好発部位の一つとして知られているが、LV summitを起源とする不整脈に対するアブレーションの成功率はあまり高くない<sup>1)~3)</sup>。McAlpine

2020年12月7日 原稿受領 / 2021年1月20日 掲載承認

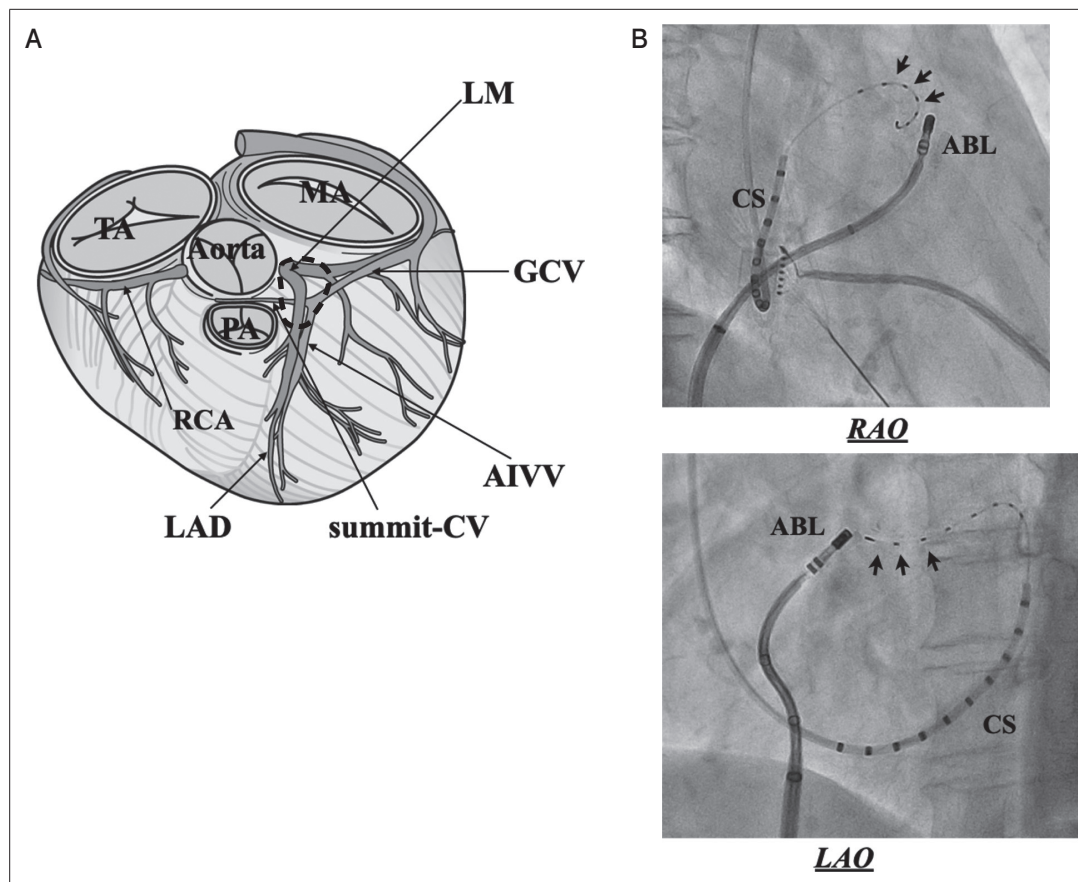


図1 大心静脈遠位枝

A : LV summit (点線枠内の心外膜側) を走行する communicating vein (summit-CV) が存在する場合がある。  
 B : Summit-CV の細い枝に 2Fr 電極カテーテルを挿入することが可能である。2Fr 電極をランドマークとして、解剖学的に最も近接する部位にアプローチしてアブレーションを行う。

により、LV summit は左室頂上部の冠動脈左前下行枝、左回旋枝に挟まれた領域の左室心外膜側の部分とされているが<sup>4)</sup>、心外膜側に不整脈の起源があるため、心内膜側からの通電では抑制困難である。心外膜側にアプローチしても冠動脈損傷のリスクがあり、また心外膜側に存在する脂肪のため、有効な心外膜側からの焼灼が困難である。LV summit は、従来の電極カテーテルではマッピングが困難な “inaccessible area” であるため、LV summit 内で不整脈起源を正確に同定することが困難であることも、アブレーションに難渋する重大な理由の一つと考えられる。われわれは、LV summit を走行する冠静脈の枝に 2Fr マイクロマッピングカテーテルを

挿入し、LV summit 起源の心室不整脈の真の起源を同定し、その心電図の特徴やカテーテルアブレーション治療の有効性を評価した<sup>5)</sup>。

## Ⅱ. 大心静脈遠位枝

McAlpine によると、大心静脈遠位交通枝 (communicating vein : CV) は大心静脈遠位から分岐し、大心静脈と小心静脈をつなぐ枝である。CV の走行は患者ごとに多様であるが、LV summit を走行する枝 (communicating vein at the LV summit : summit-CV) が存在する症例がある (図 1)。Summit-CV に 2Fr 電極カテーテルを挿入することにより、これまでマッピングが困難であった LV summit 内

の領域を直接マッピングすることが可能となる。Summit-CV内の局所電位を記録し、LV summit内でのペースマップも行った。過去の報告では、0.14インチのワイヤーを冠静脈の細い枝に挿入し、ワイヤーの先端から局所電位を記録するという手法があるが<sup>6)</sup>、記録される電位は単極誘導電位のみであるため、局所の微細な心室筋電位を記録することは困難である。

### Ⅲ. LV summit起源の心室不整脈の心電図波形の特徴

特発性心室期外収縮に対するカテーテルアブレーション手技中に、summit-CVにマイクロ電極カテーテル(1.3-mm electrode with 5-mm interelectrode spacing; EPstar Fix 2F; 日本ライフライン社製)を挿入してマッピングを施行した(図1)。Summit-CVに挿入した2-Frマイクロ電極カテーテルで記録される心内局所電位が、心室不整脈中の最早期興奮部位であり、さらに同部位でexcellent pacemapが得られる場合、summit-CV近傍のLV summit起源心室不整脈と診断した。われわれはその14症例を調査し、12誘導心電図の特徴は以下の通りであった。①下方軸でⅡ誘導よりもⅢ誘導で高いR波、②非特異的脚ブロックパターンを呈しており、V<sub>1</sub>誘導でR波を認め(Q波は認めず)、V<sub>1</sub>誘導のR波/S波振幅比は $0.67 \pm 0.33$ 、③aV<sub>R</sub>誘導とaV<sub>L</sub>誘導はQS波であり、Q波振幅の比(Q-wave ratio in lead aV<sub>L</sub>/aV<sub>R</sub>)は $1.33 \pm 0.42$ 、④I誘導の陰性波(QS波)、⑤V<sub>5</sub>誘導およびV<sub>6</sub>誘導にS波は認めない。典型的な12誘導心電図波形を図2に示す。

### Ⅳ. 2Frカテーテル電位を指標としたアブレーション

Summit-CV内2Fr電極カテーテルの局所電位が心室不整脈中の最早期興奮部位であり、さらに同部位でexcellent pacemapが得られた場合、Summit-CV内にはアブレーションカテーテルは挿入できないため、その2Fr電極に対して解剖学的に最も近接

する部位にアプローチしてアブレーションを行う(図3)。実際には右室流出路、大動脈冠尖、大動脈弁直下の左室流出路、大心静脈-前室間静脈をマッピングし、2Fr電極になるべく近接する部位を焼灼する。イリゲーションカテーテルを用いて最大温度42℃、最大出力40Wで高周波アブレーションを施行する。冠静脈洞内のアブレーションの際には最大出力25Wで高周波通電を行う。冠静脈洞内で通電前のインピーダンスが高い場合には、通電をしない、あるいは200Ω未満であればイリゲーション流量を最大に設定して低い出力から通電を開始し、インピーダンスの変化を見ながら、最大20Wまでの出力で通電を行う。Summit-CV内に2Frカテーテルを挿入し、summit-CV近傍のLV summit起源心室不整脈と診断してアブレーションを施行した14症例中、10症例(71%)において、最終的に心室不整脈が抑制された。

### Ⅴ. アブレーション成功の指標

アブレーション部位において、2Fr電極で心室不整脈中に記録される最早期興奮局所電位から大きく遅れないタイミングで局所電位が記録される場合、アブレーションに成功する可能性が高いと考えられる。われわれの経験では、心室不整脈中の2Fr電極とアブレーション部位の局所電位先行度の差がアブレーション成功例では $7.6 \pm 3.3$  msであったのに対して、不成功例では $17.3 \pm 5.7$  msであった。アブレーションカテーテルを不整脈起源の2F電極カテーテルに、ほかの解剖学的内腔からより接近させることができれば、先行度の差が小さく、よりアブレーションの効果が得られる可能性が高いと考えられた。Nagashimaらは、大心静脈内に最早期興奮部位を認めた心室不整脈において大心静脈以外の部位からアブレーションに成功する予測因子として、不整脈中の大心静脈とアブレーション部位との局所電位の先行度の差が7ms以内であることと報告しており<sup>7)</sup>、われわれの報告と矛盾しない所見と考えられる。しかし、これらは心室不整脈の起源と2Fr



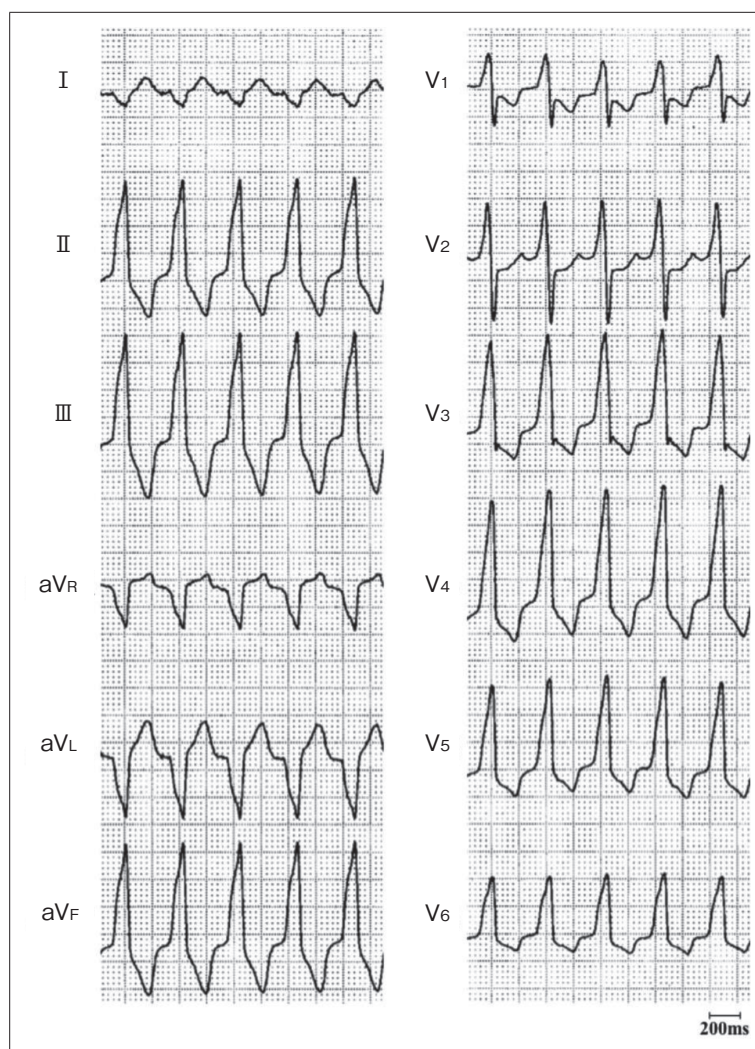


図2  
LV summit起源の心室不整脈

電極の部位が近接している場合の所見である。症例によっては、2Fr電極を不整脈起源に近接した部位に留置できないことも少なからずある。Shiraiらは、冠静脈内の再早期興奮部位とアブレーション部位との解剖学的距離が12.8 mm以上の場合、アブレーションが不成功に終わることが多いと報告している<sup>8)</sup>。

#### VI. 通常のアブレーション以外の治療法

一般的にLV summit起源の心室不整脈は2Fr電極でアブレーションの標的を同定できたとしても、一つの部位のみの通電で不整脈を消失させることは困難であり、右室/左室/大動脈冠尖/冠静脈洞内

からのアプローチでアブレーションを行うことが必要な場合が多い。しかし、多方面からのアプローチでも治療に難渋する症例もある。その場合には、以下のような特殊なアブレーション治療が考案されている。左室/右室流出路の2部位にアブレーションカテーテル2本を挿入して同時に高周波通電を行う手法<sup>9)</sup>、上記の2つのアブレーションカテーテル間でのバイポーラーアブレーション<sup>10)</sup>、標的部位を灌流する冠静脈の分枝に対するエタノールアブレーション<sup>11)</sup>、Half-noraml salineをイリゲーションに使用するアブレーション<sup>12)</sup>、外科的に直視下で行うアブレーション<sup>13)</sup>。これらの治療法に関しては有効性や安全性が確立されていないものもあり、慎重に

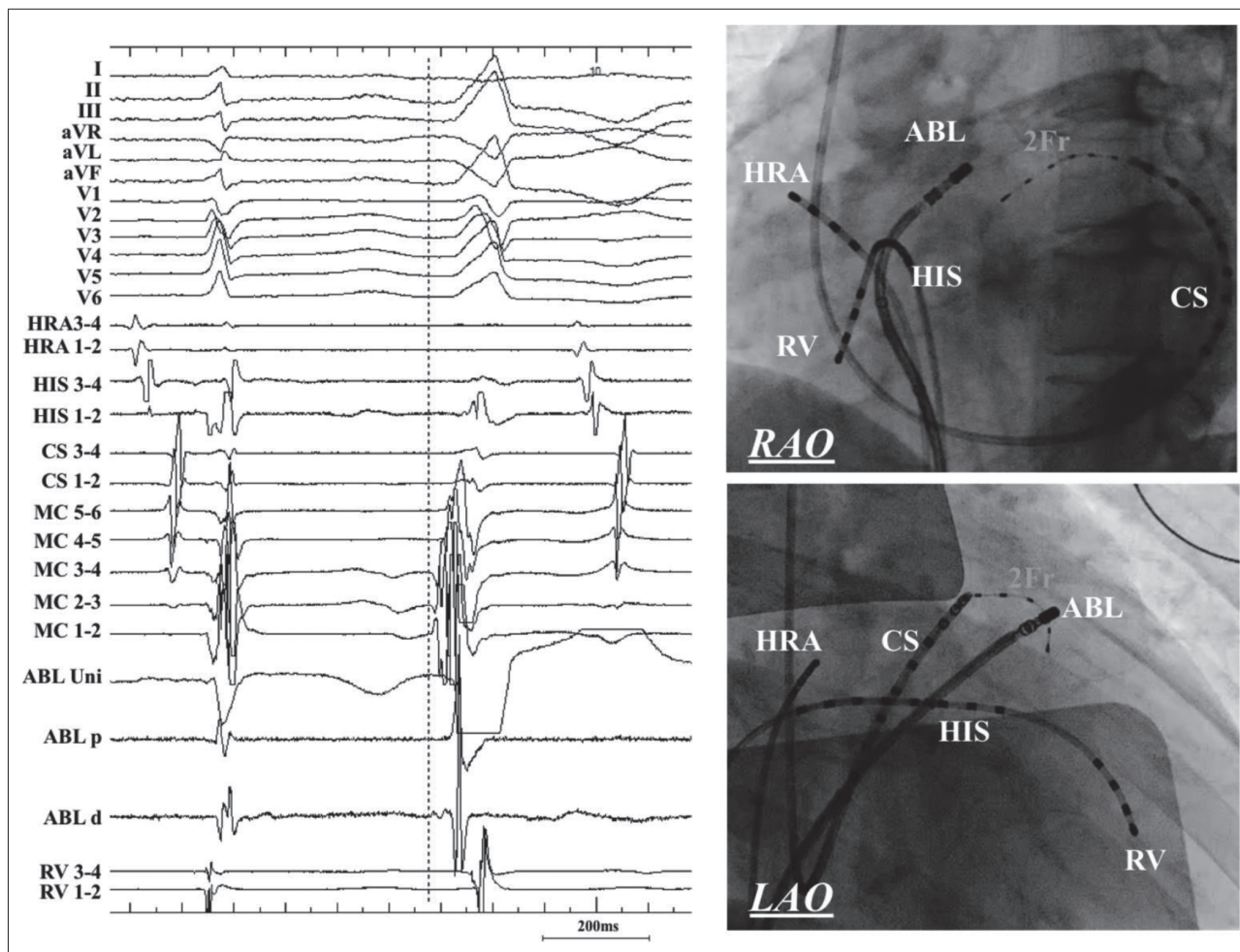


図3 LV summit起源の心室期外収縮の1例

2Fr電極の最早期興奮部位を指標として、右室および左室流出路、大動脈冠尖からアプローチした。本症例は右室流出路の最も解剖学的に2Fr電極に近接する部位において、小さな prepotential を認めた。

適応を判断する必要があるが、いずれの治療法を選択する場合でも、焼灼部位を正確に同定することが重要であり、2Fr電極カテーテルを用いたマッピング手法は有用である。

## Ⅶ. 結 語

大心静脈遠位の枝に2Fr電極カテーテルを挿入することにより、従来の手法では困難であったLV summitのマッピングが可能となる。心室不整脈の起源に近接部位に2Fr電極カテーテルを挿入できれば、LV summitにおける正確な不整脈起源を同定することができ、2Frカテーテルに解剖学的に近接す

るようアプローチしてアブレーションすることが有効であり、LV summit起源の難治性心室不整脈を抑制することに大きく貢献できると考えられる。

## 付記

本稿は、第23回日本不整脈心電学会学術奨励賞を受賞した論文をもとに総説としてまとめたものである。

## 受賞論文

Komatsu Y, Nogami A, Shinoda Y, Masuda K, Machino T, Kuroki K, Yamasaki H, Sekiguchi Y,

Aonuma K : Idiopathic Ventricular Arrhythmias Originating From the Vicinity of the Communicating Vein of Cardiac Venous Systems at the Left Ventricular Summit. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2018 ; 11 : e005386. DOI : 10.1161/CIRCEP.117.005386.

# [文 献]

- 1) Santangeli P, Marchlinski FE, Zado ES, et al. : Percutaneous epicardial ablation of ventricular arrhythmias arising from the left ventricular summit : outcomes and electrocardiogram correlates of success. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2015 ; 8 : 337-343
- 2) Yamada T, McElderry HT, Doppalapudi H, et al. : Idiopathic ventricular arrhythmias originating from the left ventricular summit : anatomic concepts relevant to ablation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2010 ; 3 : 616-623
- 3) Yamada T, Doppalapudi H, Litovsky SH, et al. : Challenging radiofrequency catheter ablation of idiopathic ventricular arrhythmias originating from the left ventricular summit near the left main coronary artery. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2016 ; 9:e004202
- 4) McAlpine WA : *Heart and Coronary Arteries*. New York, NY : Springer-Verlag ; 1975.
- 5) Komatsu Y, Nogami A, Shinoda Y, et al. : Idiopathic Ventricular Arrhythmias Originating From the Vicinity of the Communicating Vein of Cardiac Venous Systems at the Left Ventricular Summit. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2018 ; 11 : e005386
- 6) Enriquez A, Malavassi F, Saenz LC, et al. : How to map and ablate left ventricular summit arrhythmias. *Heart Rhythm*, 2017 ; 14 : 141-148
- 7) Nagashima K, Choi EK, Lin KY, et al. : Ventricular arrhythmias near the distal great cardiac vein : challenging arrhythmia for ablation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2014 ; 7 : 906-912
- 8) Shirai Y, Santangeli P, Liang JJ, et al. : Anatomical proximity dictates successful ablation from adjacent sites for outflow tract ventricular arrhythmias linked to the coronary venous system. *Europace*, 2019 ; 21 : 484-491
- 9) Yamada T, Maddox WR, McElderry HT, et al. : Radiofrequency catheter ablation of idiopathic ventricular arrhythmias originating from intramural foci in the left ventricular out ow tract : efficacy of sequential versus simultaneous unipolar catheter ablation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2015 ; 8 : 344-352
- 10) Teh AW, Reddy VY, Koruth JS, et al. : Bipolar radiofrequency catheter ablation for refractory ventricular outflow tract arrhythmias. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2014 ; 25 : 1093-1099
- 11) Kreidieh B, Rodriguez-Manero M, Schurmann P, et al. : Retrograde coronary venous ethanol infusion for ablation of refractory ventricular tachycardia. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2016 ; 9
- 12) Nguyen DT, Tzou WS, Sandhu A, et al. : Prospective Multicenter Experience With Cooled Radiofrequency Ablation Using High Impedance Irrigant to Target Deep Myocardial Substrate Refractory to Standard Ablation. *JACC Clin Electrophysiol*, 2018 ; 4 : 1176-1185
- 13) Aziz Z, Moss JD, Jabbarzadeh M, et al. : Totally endoscopic robotic epicardial ablation of refractory left ventricular summit arrhythmia : first-in-man. *Heart Rhythm*, 2017 ; 14 : 135-138

## Catheter Ablation of Ventricular Arrhythmias Originating from the Left Ventricular Summit : Mapping within the Cardiac Venous Systems

Yuki Komatsu, Akihiko Nogami, Masaki Ieda

Department of Cardiology, Faculty of Medicine, University of Tsukuba

Catheter ablation of idiopathic ventricular arrhythmias (VAs) originating from the summit of the left ventricle (LV summit) can be challenging. There may be the communicating vein between the great cardiac vein and small cardiac vein which is located in close association with the LV summit (summit-CV). We mapped the LV summit using a 2-Fr microcatheter introduced into the summit-CV. The site of origin was confirmed to be the LV summit near the summit-CV when the mapping catheter positioned in the summit-CV showed the earliest activation time during VAs with an excellent matching pacemap obtained by pacing at the location. The QRS morphology was characterized as an inferior axis with monomorphic R pattern in all inferior leads (taller R wave in lead III than lead II), a negative polarity in lead I, a QS pattern in leads aVR and aVL, and nonspecific bundle branch block morphology with an R/S ratio in lead V1 of  $0.67 \pm 0.33$ . The ablation attempt was performed from the right/left ventricular outflow tract, aortic cusps, or great cardiac vein, whichever is earliest and/or closest to the microcatheter in the summit-CV. Overall, 10 patients (71%) were free from recurrent VAs during follow-up after their ablation procedure. A detailed mapping inside the summit-CV has the potential to localize the precise site of origin of LV summit VAs, which may serve as a landmark of the ablation target and facilitate ablation through adjacent structures.

**Keywords :** Ventricular arrhythmias, Left ventricular summit, Catheter ablation, Coronary venous system