

●特別講演

左室入口部起源特発性心室不整脈

アラバマ大学バーミングム病院心血管病科 山田 功

はじめに

特発性心室不整脈(idiopathic ventricular arrhythmia : IVA)の起源には、好発部位が存在する。ここ最近の20年間に、それらIVA起源の好発部位が次々と明らかになってきた^{1~3)}。

IVA起源の好発部位は、心臓の解剖学的構造物に関連しており、IVAの心電図学および電気生理学的特徴、そして、そのカテーテル・アブレーション治療は、IVA起源の存在部位によってそれぞれ異なっている。したがって、IVAの診断および治療を学ぶうえでは、心臓の解剖を理解することが重要である。左室に限れば、最大の好発部位は、左室流出路(left ventricular outflow tract : LVOT)である^{1~3)}。また、僧帽弁輪もIVA起源の主要な好発部位の一つである^{1~3)}。左室IVA起源のうちの半数以上は、この2カ所に存在する。この二つの解剖学的構造物は隣接するため、それらを一つとみなす概念、すなわち、左室入口部(left ventricular ostium : LVO)が、解剖学においては古くから知られていた^{4,5)}。この概念は、左室起源IVAの電気生理学を理解するうえで重要であると考えられる。

1 左室入口部の解剖

大動脈弁と僧帽弁は隣接し、そして、左室基部の楕円形の開口部に付着している。この開口部が、解剖学上、LVOとして知られている⁴⁾。心臓の中心に位置する主要な構造物は、左室と接合する大動脈である。大動脈弁と僧帽弁近傍に起源を有するIVAを理解するうえでは、二つ

の基本的な概念を押さえておく必要がある。一つめは、それらのIVA起源は、LVO周囲に存在すること。二つめは、LVOは、丈夫な線維構造物である房室膜によって覆われ、大動脈が前方に、僧帽弁が後方に開口していることである。

大動脈は、無冠尖(non-coronary cusp : NCC)を最下方に、左冠尖(left coronary cusp : LCC)を最上方にして、水平面から約30度の角度でLVOに接続している(図1, 2)。三つの大動脈冠尖のうち、NCCは最下方で最後方に、LCCは最上方で最も左側に、右冠尖(right coronary cusp : RCC)はLCCとNCCの間で最も右側に位置している。左室基部の心筋はLCCとRCCの底部に付着している。IVAの起源が、その部分の心筋内に存在している場合、それらのIVAは、LCCやRCC内からの高周波通電により焼灼に成功する。IVAは、大動脈冠尖に起源を有するのではない。なぜなら、そこには心筋が存在しないからである。したがって、そのようなIVAは、大動脈冠尖内からの焼灼でアブレーションに成功したIVA、あるいは、大動脈バルサルバ洞起源のIVAと呼ぶのが正しい。NCCは、通常、粗な結合組織を介して、心房中隔の天井部の上方に位置している。したがって、心房中隔の天井部に起源を有する心房頻拍は、NCCからの焼灼でアブレーションに成功する。心室筋は、通常、NCCに付着していない。しかし、NCC内からの焼灼によりアブレーションに成功するIVAの存在が報告されている⁶⁾。NCCのバルサルバ洞瘤破裂が右室へ穿破することが

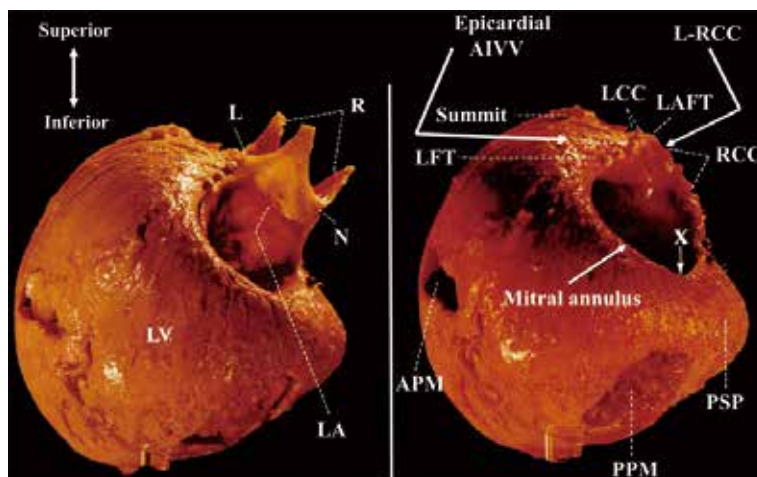


図1 左室入口部(後頭側像)

左図は、右冠尖(R)、左冠尖(L)、無冠尖(N)を含む大動脈を伴っている。右図は、楕円形の左室入口部を示すために、大動脈根部が取り除かれている。

APM = anterior papillary muscle(前乳頭筋), LA = left atrium(左房), LAFT = left anterior fibrous trigone(左前線維三角), LFT = left fibrous trigone(左線維三角), L-RCC = the junction between the LCC and RCC(左右冠尖接合部), PPM = posterior papillary muscle(後乳頭筋), PSP = posterosuperior process of LV(後上過程), Xは左房の房室膜への附着部を示す。好意により, UCLAコレクションより, 改訂引用。

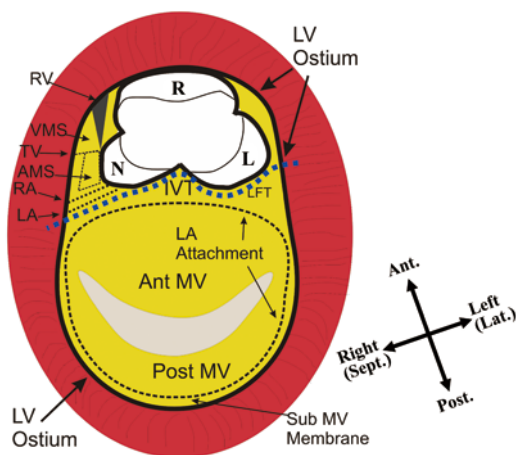


図2 左室入口部を覆う房室膜

左房は、房室膜の中央で左室入口部に接合し、僧帽弁直下に房室膜の縁が存在する。

Ant = anterior(前方), AMS = atrial membranous septum(心房膜中隔), IVT = intervalvular trigone(弁輪間三角), Lat = lateral(側方), Post = posterior(後方), RA = right atrium(右房), RV = right ventricle(右室), Sept. = septal(中隔), TV = tricuspid valve(三尖弁), VMS = ventricular membranous septum(心室膜中隔)。他の略語は、図1と同様。好意により, UCLAコレクションより, 改訂引用。

あることから、右室心筋あるいは心室中隔の一部がNCCに付着している可能性が示唆されている。大動脈冠尖が腕状の形状を呈しているのに対し、左室筋の基部断端は大動脈の長軸方向に対して直交している。このため、左室筋の基部断端はLCCとRCCの底部より上方に位置しているのに対し、LCCとRCCの接合部においては大動脈冠尖の下方に位置している。この解剖学的特性から、LCCおよびRCC内からの焼灼でアブレーションに成功したIVAと、大動脈冠尖下方のLCCとRCCの接合部での焼灼によりアブレーションに成功したIVAは、いずれも、左室筋の基部断端に起源を有していたことになる。このため、それらのIVAをまとめて、大動脈根部起源のIVAとする考え方もある^{7,8)}。

大動脈弁と僧帽弁は隣接しているため、その接合部には心筋が存在しない(図3)。そこは線維三角と呼ばれ、僧帽弁前尖が付着している^{4,5)}。IVAの僧帽弁輪起源は、線維三角が存在している中隔部を除く、すべての弁輪周囲に存在する⁹⁾。僧帽弁輪前～前中隔部は、大動脈弁輪に

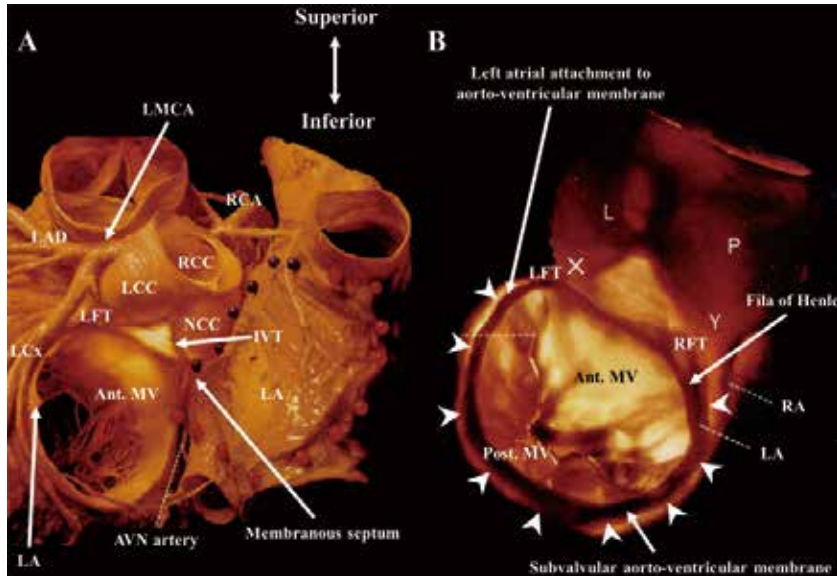


図3 大動脈根部と僧帽弁

A：左房を取り除いた大動脈根部と僧帽弁の頭側上方図

無冠尖(noncoronary cusp：NCC)と僧帽弁前尖は、直接、連結している。下方からの照明により、NCCと僧帽弁前尖の間のうすい三角形の膜が認識できる。膜様心室中隔はNCC直下に存在し、ヒス束はその中を通過している。左房壁はNCCに接している。厚い線維膜が左右の線維三角から生じて、僧帽弁周囲を覆っている。

B：拡大した大動脈根部と僧帽弁の頭側上方図

矢頭は、左室入口部に覆いかぶさっている房室膜の末梢を示す。好意により、UCLAコレクションより、改訂引用。

隣接しており、大動脈-僧帽弁輪移行部(aorto-mitral continuity：AMC)と呼ばれる。

2 心電図学的特徴

IVAのLVO起源は、心電図からその存在部位を推定することが可能である。右室起源とLVO起源IVAの鑑別には、胸部誘導の移行帯が有用である。僧帽弁輪起源のIVAは、移行帯がV2誘導以前(右脚ブロックも含む)を呈するため、その鑑別は容易である。一方、移行帯がV4誘導以後であれば、右室起源IVAとほぼ診断できる。しかし、大動脈根部、AMC、左室頂上部(left ventricular summit)に起源を有するLVOT起源IVAは、移行帯がしばしばV3誘導前後に存在するため、右室起源IVAとの鑑別を心電図だけで行うのは難しい。特に、RCCあるいはNCC内でアブレーションに成功するIVAと右室流出路(right ventricular outflow tract：RVOT)起源IVA

の鑑別は、起源が解剖学的に近接しているため、その鑑別はさらに難しい。LVOT起源IVAとRVOT起源IVAを鑑別するためのさまざまな心電図のアルゴリズムが考案されているが、その基本的なコンセプトは、やはり解剖学的背景に基づいている^{2,3)}。解剖学的に、LVOTはRVOTの後方に位置するため、胸部誘導からより離れている。IVAのLVOT起源からの興奮が、胸部誘導に向かっていくのに対し、IVAのRVOT起源からの興奮は、胸部誘導から離れていく。このため、LVOT起源IVAは、RVOT起源IVAに比して、V1～V3誘導において、より高く幅の広いR波を呈するのである。

他の左室起源IVAとLVO起源IVAとの心電図による鑑別は、V6誘導に注目すると容易である。V6誘導は心尖部の近くに位置する。したがって、心室基部起源からの興奮はV6誘導に向かっていくのに対し、心尖部からの興奮はV6

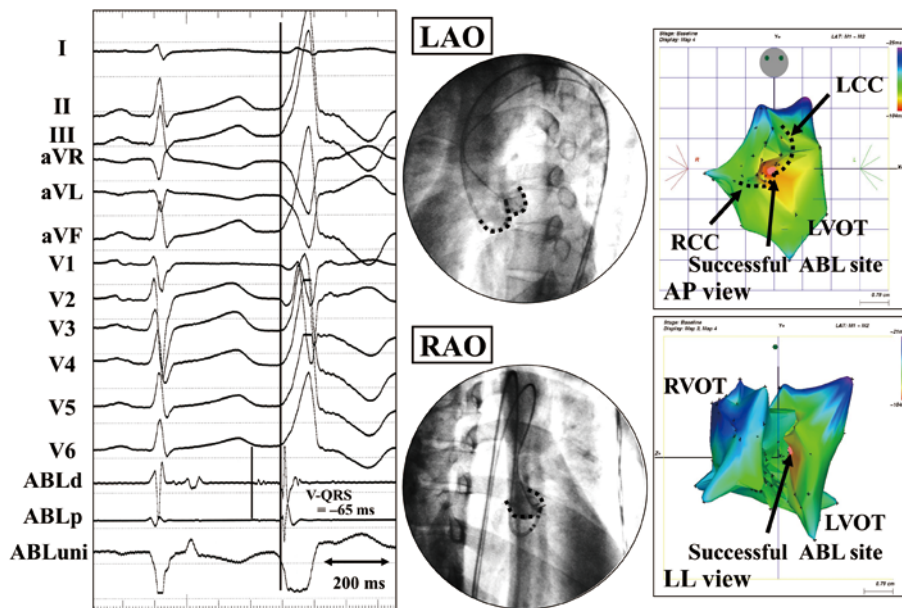


図4 左右冠尖接合部起源の心室期外収縮のアブレーション成功部位

左図：1拍目は洞調律，2拍目は心室期外収縮である。アブレーション成功部位では，洞調律時に二つの心室電位が記録されていた。二つの電位は，心室期外収縮時には，その順序が逆転していた。

中図：大動脈造影は，アブレーションカテーテルが左右冠尖接合部に位置していたことを示していた。アブレーションカテーテルは左室腔内でループ状に曲げられ，その先端が左右冠尖接合部に置かれていた。

右図：心室期外収縮中に記録されたアクティベーション・マップ。

最早期心室興奮が，左右冠尖接合部で記録されている。

ABL d(p)=アブレーションカテーテルの遠位(近位) 双極電位，ABL uni=アブレーションカテーテルの遠位単極電位，AP=anteroposterior(前後)，LL=left lateral(左側方)，LVOT=left ventricular outflow tract(左室流出路)，RAO=right anterior oblique view(右前斜位像)。他の略語は，前の図と同様。文献8より改訂引用。

誘導から離れていく。このため，V6誘導において，心室基部起源IVAは高いR波を呈するのに対し，心尖部起源IVAはQS波を呈する。他の左室起源としては，左脚前枝，後枝，乳頭筋などがあるが，それらの起源は左室中部に位置している。このため，それらの起源のIVAは，V6誘導においてrSパターンを呈する。それに対し，左室基部に位置するLVO起源のIVAは，V6誘導においてはR波を呈する。したがって，V6誘導におけるR波とS波の振幅の比(R/S)が，1以上であればLVO起源，1未満であればその他の左室起源と考えられる。

3 電気生理学的特徴とカテーテル・アブレーション治療

LVO起源IVAのアブレーション成功部位では，しばしばIVA中のQRS波に先行するダブル・ポテンシャルが記録される(図4)。最初の電位(prepotential)は，通常，振幅が小さい高周波の電位でQRSの開始に先行している。一方，2番目の電位は，振幅が大きい電位でQRSの開始と同時期に記録される。これらの電位の発生機序は，いまだに明らかでない。しかし，prepotentialは，IVA起源そのもの，あるいは，IVA起源につながる心筋線維の興奮を，2番目の電位はbreakout部位の局所心筋の興奮を反映している

と考えられている。この二つの電位間には、等電位線やfractionatedな電位が記録されることがある。解剖学的には、LVOには広範な線維組織が存在するので、IVA起源とbreakoutの間をつなぐ心筋線維が、電氣的に隔離され、それを通過する伝導が遅延している可能性が示唆されている。多くのLVO起源IVAのアブレーション成功部位では、心室電位に比して振幅の小さい心房電位が記録される。しかし、NCC内のアブレーション成功部位では、心房電位の振幅のほうが、心室電位の振幅より大きいことに注意すべきである。

高周波カテーテル・アブレーションはLVO起源IVAに対する有効な治療法として確立されたと言ってよい。通常、心内膜側からのアブレーションが成功するが、ときに心外膜側からのアブレーションが必要である。LVO起源IVAに対する高周波カテーテル・アブレーションの長期成績は、一部の心外膜起源のIVAを除けば、非常に良好である。LVO起源IVAに対する高周波カテーテル・アブレーションは、比較的安全に施行可能であるが、大動脈冠尖内や心外膜側からの高周波通電の際には、付近を走行する冠動脈への傷害が起こりうる。冠動脈造影や心腔内超音波を施行し、カテーテル先端と冠動脈間の距離が5 mm以内の場合には、高周波通電を施行すべきではない。

結 語

LVOはIVA起源の好発部位である。その解剖学的特徴を学ぶことは、LVO起源IVAの心電図学および電気生理学的特徴を理解し、その高周波カテーテル・アブレーション治療の成績を向上させるために有用である。

文 献

- 1) Yamada T, Kay GN. Optimal ablation strategies for different types of ventricular tachycardias. *Nat Rev Cardiol* 2012;9:512-25.
- 2) Yamada T. Idiopathic ventricular arrhythmias: Relevance to the anatomy, diagnosis and treatment. *J Cardiol* 2016;68:463-71.
- 3) Yamada T, Kay GN. Anatomical Consideration in Catheter Ablation of Idiopathic Ventricular Arrhythmias. *Arrhythmia & Electrophysiology Review* 2016;5:203-9.
- 4) McAlpine WA. *Heart and Coronary Arteries*. New York: Springer-Verlag; 1975.
- 5) Yamada T, Litovsky SH, Kay GN. The left ventricular ostium: an anatomic concept relevant to idiopathic ventricular arrhythmias. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2008;1:396-404.
- 6) Yamada T, Lau YR, Litovsky SH, et al. Prevalence and clinical, electrocardiographic, and electrophysiologic characteristics of ventricular arrhythmias originating from the noncoronary sinus of Valsalva. *Heart Rhythm* 2013;10:1605-12.
- 7) Yamada T, Yoshida N, Murakami Y, et al. 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;5:184-92.
- 8) Yamada T, McElderry HT, Doppalapudi H, et al. Idiopathic ventricular arrhythmias originating from the aortic root prevalence, electrocardiographic and electrophysiologic characteristics, and results of radiofrequency catheter ablation. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:139-47.
- 9) Tada H, Ito S, Naito S, et al. Idiopathic ventricular arrhythmia arising from the mitral annulus: a distinct subgroup of idiopathic ventricular arrhythmias. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:877-86.