大動脈弁周囲の構造の特徴と心筋分布 —経大動脈アプローチによる高周波通電に関連して—

松山高明*¹ 井上 紳*² 池田善彦*¹ 岡村英夫*³
野田 崇*³ 里見和浩*³ 須山和弘*³ 栗田隆志*³
清水 渉*³ 相原直彦*³ 鎌倉史郎*³ 太田秀一*⁴
植田初江*¹

カテーテルアブレーションの適応となる頻脈性不整脈のうち、右房心内膜からのアプローチで効果が得られない一部の症例に対し、経大動脈アプローチにより大動脈弁尖周囲に通電することがある。しかし、同部位の組織学的構築は複雑で、詳細な解剖学的検討は少ない。剖検心9例（平均64.0歳、平均心重量349.4 g、平均大動脈径24.2 mm）を用いて各弁尖周囲の組織学的特徴を観察した。右冠尖と左冠尖には右室流出路中隔部と左室流出路心筋が接していた。それに対して無冠尖周囲は心室筋を認めず、上方に両心耳とBachmann束、同レベルに房室弁輪組織、下方は膜性中隔を介してHis束が位置していた。カテーテルアブレーション施行時にはこれらの解剖学的特徴の認識が必要であると考えられた。

（心電図，2008；28：567～573）

Keywords

- 大動脈弁
- 頻脈性不整脈
- カテーテルアブレーション
- 組織解剖学

*1 国立循環器病センター臨床検査部病理

（〒565-8565 大阪府吹田市藤白台5-7-1）

*2 昭和大学歯科病院総合内科

*3 国立循環器病センター心臓血管内科

*4 昭和大学医学部第二病理

I. はじめに

高周波カテーテル心筋アブレーション（RFCA）は電極カテーテルの発達とその操作技術の進歩により様々な頻脈性不整脈に対し施行され、高い治療成績をあげるようになった。有症状で薬剤抵抗性の心房性および心室性の頻脈性不整脈がRFCAの対象となるが、右房からのアプローチが困難な症例の一部に経大動脈アプローチによる大動脈弁周囲への通電も施行されている^{1)～3)}。バルサルバ洞には左右心房筋

Histological features around the aortic cusp-Implication for the radiofrequency catheter ablation of atrial and ventricular tachycardia originating from the peri-aortic cusp

Taka-aki Matsuyama, Shin Inoue, Yoshihiko Ikeda, Hideo Okamura, Takashi Noda, Kazuhiro Satomi, Kazuhiro Suyama, Takashi Kurita, Wataru Shimizu, Naohiko Aihara, Shiro Kamakura, Hidekazu Ota, Hatsue Ishibashi-Ueda

2008年6月26日 原稿受領／2008年8月21日 掲載承認

図1

大動脈弁周囲の肉眼所見

前方に心室，後方に心房が大動脈弁に隣接している．両矢印は組織切片作成方向，点線は両房室境界部，星印はHis束の存在部位を示す．

(77歳女性，心外膜と脂肪組織を取り除いたもの．大動脈は左右冠動脈の分岐直上で横切している)

LCC：左冠尖，LA：左房，LAA：左心耳，LAD：前下行枝，LCX：回旋枝，LMT：左冠動脈主幹部，LPV：左肺静脈，NCC：無冠尖，PA：肺動脈，RA：右房，RAA：右心耳，RCC：右冠尖，RPV：右肺静脈，RVOT：右室流出路，SVC：上大静脈

が隣接し，弁輪下は左右流出路心筋が分布している．過去の同部位の解剖学的報告では大動脈弁周囲の肉眼的構造の報告が主で，各弁尖周囲の心筋分布の組織学的な検討は少なく，必ずしも明らかではない⁴⁾．正常心剖検例の大動脈弁周囲の組織学的な特徴を検討した．

Ⅱ．対 象

生前に心疾患の既往のない剖検心9例(男性6例，女性3例)．

年齢：平均64.0歳(33～82歳)．

心重量：平均349.4 g(300～400 g)．

大動脈径：平均24.2 mm(20～30 mm)．

死因：悪性腫瘍5例，肺炎1例，敗血症1例，脳血管疾患2例．

Ⅲ．方 法

ホルマリン固定後に大動脈弁の①左冠尖中央(LCC)，②左冠尖-右冠尖交連部(LCC-RCC)，③右冠尖中央(RCC)，④右冠尖-無冠尖交連部(RCC-NCC)，⑤無冠尖中央(NCC)，⑥無冠尖-左冠尖交連部(NCC-LCC)の計6ヵ所を血流方向に切り出し組織

切片を作成した(図1)．組織切片にはH&E染色およびAzan-Mallory染色を施行し，光学顕微鏡下で各弁尖および交連付着部上下部における組織学的特徴を検討した．

Ⅳ．結 果

各弁尖および交連付着部周囲の心筋の特徴を表に示した．

1. 左冠尖(LCC)

左冠尖中央に左冠動脈主幹部が開口する．6例で左室前壁流出路頂上部に弁尖が付着していた(図2)．残り3例では心室筋を認めず，僧帽弁輪から左心耳基部の心房筋がみられNCC-LCC交連部の所見に近似していた．

2. 左冠尖-右冠尖交連部(LCC-RCC)

肉眼的には肺動脈に接する部分である．組織所見ではLCC-RCC交連部下方は全例左室流出路の心室中隔心筋が存在するが，7例で大動脈弁尖付着部上方に右室流出路心筋の袖状伸展部を認めた(袖厚平均1.7 mm；1～2 mm，長さ平均7.4 mm；3～15 mm)(図3)．2例は右室流出路心筋の伸展はみられなかった．

表 各弁尖周囲の組織学的特徴

	弁付着部	弁上		弁下	
		心房成分	心室成分	心房成分	心室成分
LCC	心房側 (3例)	左房室接合部	なし	左房房室接合部 - 僧帽弁前尖	なし
	心室側 (6例)	なし	左室前壁流出路頂上部	なし	左室前壁流出路頂上部
LCC-RCC	心室側 (全例)	なし	右室流出路肺動脈筋袖 (7例)	なし	心室中隔
RCC	心室側 (全例)	なし	右室流出路	なし	心室中隔
RCC-NCC	心房側 (8例)	右房筋 (7例) 脂肪組織のみ (1例)	なし	右房筋 (2例)	膜性中隔を隔てて His 束 (+右室流出路頂上筋束 4例)
	心室側 (1例)	なし	右室流出路	なし	右室流出路
NCC	心房側 (全例)	左房天蓋部 (3例) 心房中隔 (5例) 右房 (1例)	なし	左房室接合部 - 僧帽弁前尖 (3例) 心房中隔 (5例) 右房 (1例)	左室後壁 (7例) (房室結節-His束 6例)
NCC-LCC	心房側 (全例)	左房	なし	左房房室接合部 - 僧帽弁前尖	なし

図2 左冠尖(LCC)の組織像
(図1：両矢印1)

左冠動脈主幹部の分岐下に心室筋の頂上部がみられ、弁尖が付着している。ここには心房筋成分は隣接しない。(33歳男性, Azan-Mallory 染色, Bar = 2 mm)

Ao : 大動脈, LV : 左室, LVOT : 左室流出路

図3 左冠尖(LCC)-右冠尖(RCC)交連部の組織像
(図1：両矢印2)

右室流出路心筋が sleeve 状に肺動脈弁付着部まで伸展し、一部で大動脈弁付着部を越えている(矢印)。(68歳男性, Azan-Mallory 染色, Bar = 2 mm)
PV : 肺動脈弁, LVOT : 左室流出路

図4
右冠尖(RCC)の組織像
(図1：両矢印3)

A：断面の肉眼像。
B：弁上には右室流出路の脂肪組織を介して右室流出路の心筋(矢印)を認める。(60歳女性, Azan-Mallory 染色, Bar = 2 mm)

RCA：右冠動脈

図5
右冠尖(RCC)-無冠尖(NCC)交連部の組織像(図1：両矢印4)

A：切り出し部を右房心内膜面から観察した図。Kochの三角の上方に相当する。短冊は切り出した部分。

CS：冠静脈洞, FO：卵円窩, HIS：His束

B：交連付着部に三尖弁輪部の右心房筋がみられ(矢印), 弁下には膜性中隔を認める。その下にHis束が位置している。(82歳女性, Azan-Mallory 染色, Bar = 2 mm)

VS：心室中隔

3. 右冠尖(RCC)

右冠動脈の開口部があり, 心室中隔流出路頂上に弁尖が付着していた(図4A)。全例弁輪部で右室流出路自由壁心筋が付着し, 一部はバルサルバ洞で心外膜脂肪組織を介し隣接していた(図4B)。

4. 右冠尖-無冠尖交連部(RCC-NCC)

RCC-NCC交連部は右房室接合部に隣接しているが1例を除きその心房側に付着し, 弁上は7例で脂

肪組織を介して三尖弁輪上の右心房筋が走行していた。この上方では右心耳および中隔側分界稜付着部近傍の心房筋を認めた。2例は弁下にも心房筋がみられた。心室側は全例で膜性中隔を介してHis束(左脚分岐部)と心室中隔頂上部が観察された(図5)。

5. 無冠尖(NCC)

無冠尖中央は心房中隔前縁に隣接していた。弁下には7例で中隔部房室接合部がみられ, うち6例で

図6 無冠尖(NCC)の組織像(図1：両矢印5)

上方にBachmann束の筋束(☆)が分布し、その後方に卵円窩前縁がみえる。下方に冠静脈洞が開口するが、その周囲にはfragmentした心房筋(★)がみられる。弁下には中心線維体が存在し房室結節組織の一部がみえている。(75歳男性, Azan-Mallory 染色, Bar = 2 mm)

AVN：房室結節, CFB：中心線維体

房室結節-His束が観察された。残りの2例は次に示すNCC-LCC交連部と同様であった。弁上方にはBachmann束心房筋が観察されるが、さらに2例でその後方に心房中隔内の冠静脈洞筋束とその周囲に広がる細かい心房筋が認められた(図6)。

6. 無冠尖-左冠尖交連部(NCC-LCC)

NCC-LCC交連部は僧帽弁輪に接する。上方は心嚢腔を介して左房天蓋部(atrial roof)前縁心房筋が隣接する。下部は僧帽弁前尖基部上に弁輪部左心房筋が付着する(図7)。僧帽弁前尖下は左室流出路にあたり心室筋はみられなかった。

V. 考 察

大動脈弁周囲を頭側から観察すると、前方には肺動脈～右室流出路が位置し、後方に心房中隔、左右

図7 無冠尖(NCC)-左冠尖(LCC)交連部(図1：両矢印6)

組織学的に弁尖は左心房前縁房室接合部に付着し、弁直下には僧帽弁輪左心房筋を認める(矢印)。ここには心室成分はみられない。(82歳女性, Azan-Mallory 染色, Bar = 2 mm)

AML：僧帽弁前尖

に各心耳が位置している。大動脈弁のうちRCCは心室中隔頂上部に付着するが、後方のNCC周囲に心室筋はなく、主に房室弁輪や膜性中隔と隣接している。左室自由壁が大動脈弁尖に隣接するのはLCCの左冠動脈主幹開口部直下であるが、左室流出路起源の心室頻拍において通電される可能性を有する^{1), 2)}。また、この部位は左冠動脈主幹部からは10 mm前後の距離があるが、慢性期の左冠動脈主幹部閉塞が報告されており、通電時には造影によるカテーテル位

置の確認が重要であると考えられる⁵⁾。

RCCには右室流出路心筋が隣接するが、特にLCC-RCCの交連部には肺動脈弁尖周囲の袖状伸展部が隣接し、肺静脈筋袖(PV sleeve)に類似した構造を示している⁶⁾。この部位は肺動脈の後方にあたるが、一部の右室流出路起源心室頻拍が同部位に発生するほか⁷⁾、肺動脈内起源の心室頻拍も中隔側に多いとされ興味深い⁸⁾。流出路筋袖は最近の剖検心を用いた組織学的検討でも心室頻拍の基質となることが示唆されている⁹⁾。

RCCからNCCにかけては弁下に膜性中隔を介してHis束が分布し、あるいは心房中隔前縁を介して房室結節が存在するため高周波通電の際には注意が必要な場所である。心拍制御困難な心房細動に対して、ペースメーカー植込み後に房室結節・His束のアブレーションを同部位に対して行った報告もある¹⁰⁾。この部位の弁上には三尖弁輪中隔尖上の心房筋成分も隣接する。さらに上部では右心耳の一部が位置し、同部位起源の心房頻拍で心内膜面からの到達が困難な症例の一部にアプローチが可能である。

NCCからLCCにかけては周囲に心室筋はないが、僧帽弁前尖が近接し、僧帽弁輪部心房筋起源のATP感受性心房頻拍のアブレーションが行える可能性がある。NCC上方にはBachmann束が隣接しているが、周辺は冠静脈洞心筋へと連続する不規則かつfragmentした心房筋が広範に分布している。この部位を基盤とした心房頻拍が報告されており、その成因としてmicro-reentryなどが示唆されている³⁾。さらにNCCからLCCにかけては左房天蓋部前縁の一部が近接し、経心房中隔アプローチが困難な場合や、心外膜側が起源の心房頻拍の一部症例ではアプローチが可能であると考えられる。

VI. 限 界

今回の検討は各弁尖直下の平面組織像であり、なるべく大動脈面に対して直角に標本作成を行ったが、心臓電気生理検査の際にはカテーテルの挿入角度や接地場所によりアブレーションされる部位は微

妙に異なる可能性が考えられる。また、円環状の臓器組織のため連続切片標本の作成は困難であった。しかしながら、各弁尖周囲にどのような筋束が分布しているかを理解することは、カテーテルより得られる電位の解釈やアブレーションカテーテルを操作するうえでも有用であると考えられる。

VII. 結 論

大動脈弁各弁尖間でその組織学的構造は大きく異なり個体差もある。大動脈弁周囲からRFCAを施行する際にはその組織学的構築を認識することが有用であると思われた。

〔文 献〕

- 1) 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
- 2) 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
- 3) Ouyang F, Ma J, Ho SY, Bänsch D, Schmidt B, Ernst S, Kuck KH, Liu S, Huang H, Chen M, Chun J, Xia Y, Satomi K, Chu H, Zhang S, Antz M : Focal atrial tachycardia originating from the non-coronary aortic sinus : Electrophysiological characteristics and catheter ablation. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 48 : 122 ~ 131
- 4) Anderson RH : Clinical anatomy of the aortic root. *Heart*, 2000 ; 84 : 670 ~ 673
- 5) Pons M, Beck L, Leclercq F, Ferriere M, Albat B, Davy JM : Chronic left main coronary artery occlusion : a complication of radiofrequency ablation of idiopathic left ventricular tachycardia. *PACE*, 1997 ; 20 : 1874 ~ 1876
- 6) Saito T, Waki K, Becker AE : Left atrial myocardial extension onto pulmonary veins in humans : anatomic observations relevant for atrial arrhythmias. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2000 ; 11 : 888 ~ 894
- 7) Aiba T, Shimizu W, Taguchi A, Suyama K, Kurita T, Aihara N, Kamakura S : Clinical usefulness of a multielectrode basket catheter for idiopathic ventricular

- tachycardia originating from right ventricular outflow tract. J Cardiovasc Electrophysiol, 2001 ; 12 : 511 ~ 517
- 8) 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
 - 9) Hasdemir C, Aktas S, Govsa F, Aktas EO, Kocak A, Bozkaya YT, Demirbas MI, Ulucan C, Ozdogan O, Kayikcioglu M, Can LH, Payzin S : Demonstration of ventricular myocardial extensions into the pulmonary artery and aorta beyond the ventriculo-arterial junction. PACE, 2007 ; 30 : 534 ~ 539
 - 10) Inoue S, Becker AE, Riccardi R, Gaita F : Interruption of the inferior extension of the compact atrioventricular node underlies successful radio frequency ablation of atrioventricular nodal reentrant tachycardia. J Interv Card Electrophysiol, 1999 ; 3 : 273 ~ 277

--