心房細動の外科治療

—僧帽弁手術と心房細動の一次的治療—

山内茂生 浅野哲雄 原田 厚* 池下正敏*
田中茂夫* 庄司 佑*

心房細動を呈する僧帽弁膜症患者3名に対して弁置換術および弁形成術を行い、同時に術中実施した心房 mapping の解析結果をもとに心房切開を置き、心房細動の外科治療を同時に行った。圧および容量負荷の加わった左心房で2名に興奮回旋による reentry 回路を認め、1名に異所性自動能の亢進が証明された。なお、右心房側の興奮伝播は混沌とした状態であった。Reentry の機序による心房細動患者1名に対しては両心房切開を他の1名に対しては左心房切開を置き、異所性自動能の亢進による機序に対しては同定された部位に cryoablation を置きさらに術後の心房細動を防止する目的で左心房切開をこれに加えた。術後一名で一過性の心房細動が認められたが、心房切開により心房細動の持続が困難となり、洞調律を長期間維持するのに有効であると考えられた。日心外会誌 23 巻 3 号：172-178 (1994)

Keywords：心房細動, reentry, 外科治療

Simultaneous Surgical Treatment for Atrial Fibrillation and Mitral Valve Disease

Shigeo Yamauchi, Tetsuo Asano, Atsushi Harada*, Masatoshi Ikeshita*, Shigeo Tanaka* and Tasuku Shoji* (Department of Cardiovascular Surgery, Aizu General Central Hospital, Fukushima, Japan and Department of Cardiothoracic Surgery, Nippon Medical School*, Tokyo, Japan)

We performed surgery for atrial fibrillation and mitral valve disease on 3 patients along with atrial mapping. Macroreentrant circuits were found in 2 patients and the other patient showed a preexcitation ectopic focus in the left atrium. Right atrial excitation was chaotic in all three patients. Of the two patients with reentry circuits, one patient underwent biatrial incisions and the other patient had only a left atrial incision. In the patient with a preexcitation ectopic focus, we performed cryoablation of that focus and made a left atrial incision in order to prevent the reoccurrence of atrial fibrillation after surgery. Following surgery, one patient experienced transient atrial fibrillation, however, continuous atrial fibrillation was resolved by this procedure and all patients returned to a normal sinus rhythm. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 23: 172-178 (1994)

日常の臨床において心房細動はよく遭遇する不整脈であり、四肢の急性動脈閉塞、脳梗塞症などの血栓塞栓症の原因疾患である場合も多い。心房細動に対する内科的治療の主体は、できるだけ正常の洞リズムに近い心室の拍動を得ること、塞栓症の原因となる心房内の血栓形成を防止することにより、このために種々の抗不整脈薬および血小板凝集抑制薬の併用がなされている。近年外科的手技により心房細動を治療しようとする手術療法の報告もされるようになってきた。心房 isolation

法^{1,2)}, corridor 法³⁾, maze 法⁴⁻⁷⁾などである。

今回われわれは長期間心房細動を呈する弁膜症患者3名に対して弁置換術および弁形成術を行い、同時に術中実施した心房 mapping の解析結果をもとに両心房に切開を置き心房細動の外科治療を試み良好な成績を得た。ここに結果を報告し、また心房粗・細動の外科治療の今後の可能性につき検討を加えてみた。

対象と方法

リウマチ性心疾患により僧帽弁閉鎖不全症および心房細動を呈する3症例に対して人工弁による弁置換手術および弁形成手術を行い、これに加え

1993年2月19日受付, 1993年8月2日採用
総会津中央病院心臓血管外科 〒965 会津若松市鶴賀 1-1
* 日本医科大学胸部外科

て外科的手技により心房細動を治療すべく心房切開を行った。手術は胸骨正中切開法にて心臓を露出し、人工心肺装着前に 30 point の測定点を持つ長形の電極を心房に密着させて心房細動中の興奮伝播を記録した (図 1)。送血は上行大動脈とし、直接上・下大静脈より脱血した。大動脈遮断, cardioplegia 液および ice slush による心停止下に下記の心房切開と弁手術を行った。

左心房切開：① 右心耳を切離し superior-transseptal approach 法に基づいて左心房壁まで切開線を延長し、同時に心房中隔を卵円窩まで切開し、卵円窩までの切開線と冠静脈洞との間の心房中隔壁に -60°C 2 分間の cryoablation を置く。② 僧帽弁輪部に -60°C 2 分間の cryoablation を置き、その点より左・右肺静脈を二分するような切開線または cryoablation を transverse sinus 部の左心房切開線まで置く。③ 左心耳を切離して trans-

verse sinus 部の切開線に連結させる。

右心房切開：① Crista terminalis 外縁に沿って上大静脈より下大静脈に及ぶ切開線。② 上記の切開線より右心房自由壁を横切して三尖弁輪部に及ぶ切開線と三尖弁輪部の cryoablation (図 2)。

症例 1：58 歳，女性。

僧帽弁閉鎖不全症および頻脈性心房細動による心不全にて入退院を繰り返していた。術前の心臓カテーテル検査では、MR (III), PCWP (25) mmHg, PA 50/20 (33) mmHg, CO 3 l/min, EF 30% を示していた。人工心肺装着前の心房 mapping では、左心耳後壁に機能的伝導障害を認め左心耳を反時計方向 (posterior view) に興奮伝播する macroreentry 回路が存在し、同時に右心房側は混沌とした興奮伝播を示していた (図 3)。定型的弁置換術の手技に順じて僧帽弁を切除し、人工弁と弁輪とに縫合糸をかけ人工弁を弁輪部に固定するまえに左心房後壁の切開線の延長となる僧帽弁輪部に cryoablation を置き、のち径 27 mm の Björk-Shiley 弁を縫着した。その後、前記したよ

図 1

30 点の測定点を持つ大小 2 種類の電極板で、大型のものは電極径 3 mm、電極間距離 10 mm、小型のものは電極径 2.5 mm、電極間距離横 6 mm、縦 5 mm である。

図 2 両心房切開法 (本文参照)

●：cryoablation, †：心房切開線

表 1 心房細動を合併する僧帽弁膜症の一期的手術成績

症例	Reentry or focus の局在	手術法	術後経過
1	左心房 reentry	弁置換術 両心房切開術	洞調律
2	左心房 reentry	弁置換術 左心房切開術	洞調律
3	左心房 focus	弁形成術 左心房切開術	洞調律 一過性の心房細動

図 3

左心耳に 180 msec の activation time で反時計方向に興奮が伝播する macroreentry 回路が存在する。

うに左心房および右心房の切開縫合を行った。

症例 2 : 65 歳, 男性。

労作時の息切れ, 下肢の浮腫を訴え頻脈性心房細動, うっ血性心不全との診断にて某医にて治療を受けていた。術前の心臓カテーテル検査では, MR(II), PCWP(18)mmHg, PA 40/17 mmHg, CO 3.45 l/min を示していた。術中 mapping において左心房側に規則正しい興奮伝播が認められたが, これに対して右心房側の興奮伝播は混沌としていた(図 4)。われわれは心房細動の原因となる心房を容量負荷の加わる左心房と判断して, 左心房側のみ心房切開とし, また手術時間の短縮をはかる目的で左心房後壁切開を cryoablation に変えて行った(図 5)。僧帽弁はリウマチ性病変が強度でこれを切除し, 径 25 mm の Omnicarbon 弁を用いて置換した。なお, 洞結節動脈は肉眼的に確認できこれを温存した。

症例 3 : 64 歳, 男性。

僧帽弁閉鎖不全症, 心房細動, および冠動脈攣縮性狭心症の診断で治療中であつた。術前の心臓カテーテル検査では, MR(III), PCWP(20) mmHg, PA 40/18 mmHg, CO 3.20 l/min を示していた。術中 mapping では左上肺静脈付近に最早期興奮部位を認め異所性自動能の亢進を機序とする心房細動と判断した。また右心房は症例 1, 2 と同じようにその興奮伝播は混沌としていた(図 6)。僧帽弁はリウマチ性変化が軽度で前交連部での弁尖の接合が不全であつたため前交連部を縫縮した。異所性自動能が亢進する箇所

図 4

小電極板を用い computer が描いた activation sequence map であるが, 興奮は左心耳付近より始まり左上肺静脈を巻き込むように伝播していく。

図 5 左心房切開法 (本文参照)

● : cryoablation

図 6

左上肺静脈付近に存在する異所性自動能の亢進で, cycle length は 200 msec である。

cryolesion を置き、心房切開は症例 2 と同様に左心房切開を行った。

図 7

四肢誘導心電図では p 波が不明瞭であるが、心房壁に縫着したリードでの記録では心房波が明瞭に存在する。

図 8 心房-心室伝導時間が 280 msec の洞調律

結 果

表 1 に 3 症例の手術成績を示す。術後全例で房室結節調律と思われる心電図所見を呈したが、心房壁および心室壁に縫着したリードよりの心電図記録で洞調律に復していることが判明した (図 7)。

図 8, 9 : P → Q 時間は 280 msec で心房ペーシングも良好である。また心房ペーシングに伴い心拍数の増加も認められた。これはまた冠静脈洞付近に置いた cryolesion によっても房室結節伝導が障害されずにいることの証明でもある。

このように superior-transseptal approach 法を用いた両心房切開法および左心房切開法で心房細動は術後洞調律に復帰することが確かめられた。症例 3 で一過性の心房細動が Holter 心電図で記録されているが、持続はない (図 10)。両心房

図 9 心房ペーシング

冠静脈洞付近に置いた cryolesion では房室伝導が障害されず心房ペーシングもまた良好であった。

図 10 Holter 心電図に記録された一過性の心房細動

切開法および左心房切開法による心房細動に対する手術治療は、心房細動の持続が困難となり洞調律を長期間維持するのに有効であると考えられた。また有用性については長期の経過観察が必要であろう。

考 察

心房粗・細動の発生機序は心房筋の異所性自動能の亢進によるというよりはむしろ興奮伝播が心房の解剖学的障壁あるいは機能的伝導障害の周囲を回旋する reentry であることが注目されている^{8,9)}。Rosenblueth ら¹⁰⁾は心房壁に人工的に伝導の障害を作りその障害を拡大することにより誘発された心房粗動の周期が延長することを示し、Boineau ら¹¹⁾は右心房自由壁に遅延伝導を示し組織学的低形成および異常な心房筋の連結を示したイヌが自然に人間と類似した心房粗動をおこすことを示して、心房粗動の維持には解剖学的障壁および機能的伝導障害部位の存在が必要であるとしている。

これに対して心房細動の発生機序は、心房筋の多くの箇所でも局所的な機能的伝導障害が形成され、そこに多数の reentry 回路が成立し電氣的に興奮が混沌とした状態を示す multiple wavelet 説があげられている¹²⁾。Allessie ら¹³⁾は心房筋の不応期を著しく減少させることにより multiple wavelet が形成されることを報告している。また心房筋の不応期の不均一性が大きければ心房細動は容易に発生・維持されることも知られている¹⁴⁾。Gerstenfeld ら¹⁵⁾は、心房細動中の circulating wavelets はけっして random pattern ではなく、解剖学的障壁などと深く関連を持ちながらある一定の方向性を持ち合わせているという報告をしている。このことは心房細動においても心房粗動と同様に同時多発的に reentry 回路が形成されるものでもなく、また経時的に reentry 回路を形成する部位が移動するとも考えがたいという興味ある報告である。われわれは心房粗動とは上大静脈、肺静脈あるいは心耳といった解剖学的障壁や機能的伝導障害の周囲を興奮が回旋する macro-reentry と特徴づけ外科的に回路を切断できることを示してきた¹⁶⁻¹⁸⁾。また心房細動のなかには左心房側で形成された興奮伝播が不応期の長い右心房には 1:1 の伝導を示さず結果的に右心房が“chaotic”な状態となる例のあることも明らかにした¹⁹⁾。

われわれは心房粗動に対する外科的治療の基礎的研究により、術前同定された粗動回路を外科的に切断しえたとしても、術後さらに他の粗動回路が形成されてくる場合があることから、両心房に想定されるすべての回路を切断したほうが望ましいとも報告してきた¹⁸⁾。しかし圧あるいは容量負荷の加わった心房において reentry あるいは異所性自動能の亢進が証明されたならば、その負荷心房に対して reentry 回路を形成せぬような心房切開および異所性自動能に対しての cryolesion を置くことで十分に心房細動を外科的に治療できるとも考える。

Rensma²⁰⁾は左・右心房自由壁および Bachmann's bundle 部で不応期、伝導速度、波長を測定し、期外収縮時にとくに Bachmann's bundle 部の左・右心房間でその有意差を認め、同部位

が期外収縮時により不均一性の高い箇所になりえることを示した。このことより superior-transseptal approach 法にて左心房側に到達するこの手技は、僧帽弁手術の視野の点以外にも不整脈発生防止の面で重要な approach 法といえる。この手技で問題となるのは、洞結節動脈の温存である。Berrekouw ら²¹⁾は、僧帽弁手術にこの手技を用いたが、術前洞リズムのものは術後も洞リズムであり、術前心房細動を呈したものはやはり術後も心房細動のままであったと報告し、城間ら²²⁾も同様であったとしている。症例 2 で洞結節動脈を温存できたが他の症例では肉眼的にこれを確認できずに心房切開を行った。われわれの症例経験からも洞結節動脈を温存できればよいが、できなくても術後なんら問題はないと考えられた。

心房中隔は一樣な構造ではない。卵円窩の anterior limb は厚く posterior limb は薄い。また冠静脈洞の開口部もあり、興奮の伝播が一樣でない可能性を示唆する。Chang ら²³⁾は心房粗動中の中隔 mapping を行い卵円窩と冠静脈洞周囲で伝導が遅延することを示している。Saoudi ら²⁴⁾の心房粗動に対する catheter ablation の報告にも low posterior right atrial septum に fragmentation electrogram が記録され、同部位が遅延伝導あるいは機能的伝導障害を形成し心房粗動を維持させているとして、広汎に心房中隔と右心房自由壁に catheter ablation を行っている。このように心房中隔の切開線は冠静脈洞まで及ぶことが必要となり、われわれは卵円窩と冠静脈洞間に cryoablation を置いている。

われわれが提示した心房細動例は、僧帽弁膜症により左心房側に圧および容量負荷が加わり同時に左心房側で reentry および異所性自動能の亢進が証明された。症例 1 では、両心房に切開を加えたが、症例 2, 3 に対しては負荷心房である左心房側の切開と異所性自動能の亢進する箇所の cryoablation で、両心房切開と同じ結果を得ることができた。このことは圧および容量負荷の加わった心房側に心房細動の原因となる reentry 回路あるいは異所性自動能の亢進する箇所が形成されやすく、結果的には負荷心房側のみの切開で心房細動が外科的に治療できる可能性を示すものと考え

られた。

結 語

術中 mapping の併用により reentry 回路あるいは異所性自動能の亢進の存在が同定できるなら、弁膜症に合併した心房細動は、弁膜症手術に適切な心房の切開を加えることで、同時に治療できる可能性が大いにあるものと考えられた。

文 献

- 1) Williams, J. M., Ungerleider, R. M., Lofland, G. K. et al.: Left atrial isolation: New technique for the treatment for supra-ventricular arrhythmias. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **80**: 373-380, 1980.
- 2) Harada, A. D., Agostino, H. J., Schuessler, R. B. et al.: Right atrial isolation: A new surgical treatment for supraventricular tachycardia. I. Surgical technique and electrophysiologic effects. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **95**: 643-650, 1988.
- 3) Defauw, J., Guiraudon, G. M., van Hemel, N. et al.: Surgical therapy of paroxysmal atrial fibrillation with the "Corridor" operation. *Ann. Thorac. Surg.* **53**: 564-571, 1992.
- 4) Cox, J. L., Schuessler, R. B. and Boineau, J. P.: The surgical treatment of atrial fibrillation. I. Summary of the current concepts of the mechanisms of atrial flutter and atrial fibrillation. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* **101**: 402-405, 1991.
- 5) Cox, J. L., Canavan, T. E., Schuessler, R. B. et al.: The surgical treatment of atrial fibrillation. II. Intraoperative electrophysiologic mapping and description of the electrophysiologic basis of atrial flutter and atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **101**: 406-426, 1991.
- 6) Cox, J. L., Schuessler, R. B., D'Agostino, H. J. et al.: The surgical treatment of atrial fibrillation. III. Development of a definitive surgical procedure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **101**: 569-583, 1991.
- 7) Cox, J. L.: The surgical treatment of atrial fibrillation. IV. Surgical technique. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **101**: 584-592, 1991.
- 8) Boyden, P. A.: Activation sequence during atrial flutter in dogs with surgically induced right atrial enlargement. I. Observation during sustained rhythms. *Circ. Res.* **62**: 596-608, 1988.
- 9) Boyden, P. A., Frame, L. H. and Hoffman, B. F.: Activation mapping of reentry around an

- anatomic barrier in the canine atrium. Observation during entrainment and termination. *Circulation* **79** : 406-416, 1989.
- 10) Rosenbluth, A. and Garcia Ramos, J. : Studies on flutter and fibrillation. II. The influence of artificial obstacles on experimental auricular flutter. *Am. Heart J.* **33** : 677-684, 1974.
- 11) Boineau, J. P., Schuessler, R. B., Mooney, C. R. et al. : Natural and evoked atrial flutter due to circus movement in dogs: Role of abnormal atrial pathways, slow conduction, nonuniform refractory period distribution and premature beats. *Am. J. Cardiol.* **45** : 1167-1181, 1980.
- 12) Moe, G. K. : On the multiple wavelet hypothesis of atrial fibrillation. *Arch. Int. Pharmacodyn.* **140** : 183-188, 1962.
- 13) Allesie, M. A., Lammers, W. J. E. P., Bonke, I. M. et al. : Intra-atrial reentry as a mechanism for atrial flutter induced by acetylcholine and rapid pacing in the dog. *Circulation* **70** : 123-135, 1984.
- 14) Luck, J. C. and Engel, T. R. : Dispersion of atrial refractoriness in patients with sinus node dysfunction. *Circulation* **60** : 404-412, 1979.
- 15) Gerstenfeld, E. P., Sahakian, A. V. and Swiryn, S. : Evidence for transient linking of atrial excitation during atrial fibrillation in humans. *Circulation* **86** : 375-382, 1992.
- 16) 池下正敏, 庄司 佑, 田中茂夫ほか : 旋回路切断による心房粗動の外科治療. *日循会誌* **36** : 924, 1971.
- 17) Yamauchi, S., Shuman, T. A., Kawamoto, T. et al. : Extent of surgery necessary to ablate atrial flutter. *Circulation* **82** (Suppl. III) : 144, 1990 (abstract).
- 18) Yamauchi, S., Schuessler, R. B., Kawamoto, T. et al. : The use of intraoperative mapping to optimize the surgical ablation of atrial flutter. *Ann. Thorac. Surg.* **56** : 337-342, 1993.
- 19) Yamauchi, S., Sato, S., Schuessler, P. B. et al. : Induced atrial arrhythmias in a canine model of left atrial enlargement. *Pace* **13** : 556, 1990 (abstract).
- 20) Rensma, P. L., Allesie, M. A., Lammers, W. J. E. P. et al. : Length of excitation wave and susceptibility to reentrant atrial arrhythmias in normal conscious dogs. *Circ. Res.* **62** : 395-410, 1988.
- 21) Berreklouw, E., Ercan, H. and Schönberger, J. P. : Combined superior-transseptal approach to the left atrium. *Ann. Thorac. Surg.* **51** : 293-295, 1991.
- 22) 城間賢二, 須磨幸蔵, 河合 靖ほか : 経心房中隔・左心房上壁切開による僧帽弁手術の検討. *胸部外科* **45** : 1071-1074, 1992.
- 23) Chang, B. C., Schuessler, R. B., Stone, C. M. et al. : Computerized activation sequence mapping of the human atrial septum. *Ann. Thorac. Surg.* **49** : 231-241, 1990.
- 24) Saoudi, N., Atallah, G., Kirkorian, G. et al. : Catheter ablation of the atrial myocardium in human type I atrial flutter. *Circulation* **81** : 762-771, 1990.