

臨床医のために

心房細動の外科治療

新田 隆

日本医科大学外科学第2教室

Surgical Treatment of Atrial Fibrillation

Takashi Nitta

Department of Surgery II, Nippon Medical School

Key words: atrial fibrillation, surgery, thromboembolism, stroke, atrial function

はじめに

心房細動は臨床上頻りに遭遇する不整脈の一つであり、加齢とともにその有病率は高くなる。心房細動では緊急処置が必要とされることは少なく、直接生命を脅かすことは比較的まれであることから、今までは生命予後良好な不整脈と捉えられていた。しかし、近年、心房細動の長期生命予後におよぼす影響の検討が行われ、脳梗塞などの合併症の発生頻度と重症度を考慮すると致死性不整脈の一つとして認識されるようになった。心房細動、特に慢性心房細動に対する薬物療法は多くの場合無効で、近年、根治療法としての非薬物療法が注目されている。教室では以前より不整脈の外科治療を積極的に行っているが、心房細動に対する外科治療法として、心房細動を正常洞調律に復帰させるだけでなく、心房収縮を最大限に回復させることにより血行動態の改善と効果的な血栓塞栓症の予防が期待される Radial 手術を行い、良好な結果を得ている。本稿では、心房細動の問題点と外科治療の適応、術式と成績、そして将来の展望につき述べる。

心房細動の問題点と治療法

心房細動では、動悸や不整脈などの自覚症状だけでなく、心房収縮の欠如に伴う血行動態の悪化と血栓塞栓症が大きな問題となる。特に脳梗塞などの血栓塞栓症は生命予後に大きく関係する重大な合併症であり、その発症リスクは基礎心疾患の有無や年齢などによっ

て異なる。僧帽狭窄症などの弁膜症に合併した心房細動では、しばしば左心耳内に血栓を形成し脳梗塞を併発するが、その発症リスクは健常人の8倍にも達する。弁膜疾患に伴わない心房細動においても脳梗塞の合併が生命予後を大きく左右するが、特に60歳以上あるいはすでに脳梗塞の既往がある場合には脳梗塞の発症リスクは高い。

心房細動の内科的治療には、抗不整脈薬を用いて洞調律を維持する方針と心拍数をコントロールすると共に抗凝固療法にて血栓塞栓症を予防する方針の、二つの異なった治療方針が考えられる。慢性心房細動に対する抗不整脈薬はいまだ有効かつ確実なものはない。電気的除細動を行って正常洞調律に復した後、抗不整脈薬を予防投与しても、心房細動の再発率は非常に高い。一方、ワルファリンを用いた抗凝固療法は有意に心房細動に伴う血栓塞栓症の発生を予防するものの、厳密な投与量管理の継続が必要であることに加えて、抗凝固療法に伴う出血性合併症の頻度は高く、致命的な合併症もまれではない。

このように心房細動、特に慢性心房細動に対する薬物療法には限界といくつかの問題点があるため、非薬物療法が期待される。カテーテルを用いた肺静脈焼灼は一部の発作性心房細動に有効であることが示され、近年その成績と安全性は向上しているものの、慢性心房細動に対する線状焼灼はその効果が不確実であるだけでなく、血栓症などの合併症の危険性がある。心房細動に対する外科治療の有効性は80~90%で、手術の安全性も確立されている。心房細動において最も重要な

Correspondence to Takashi Nitta, MD, PhD, Department of Surgery II, Nippon Medical School, 1-1-5 Sendagi, Bunkyo-ku, Tokyo 113 8603, Japan

E-mail: nitta@nms.ac.jp

Journal Website (<http://www.nms.ac.jp/jnms/>)

表1 心房細動の手術適応
(日本循環器学会「不整脈の非薬物治療ガイドライン」)

| |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| クラス I |
| なし |
| クラス IIa |
| 1. 器質的心疾患に対する心臓手術を行う場合 |
| 2. 血栓溶解療法抵抗性の左房内血栓症の合併,あるいは適切な抗凝固療法にも拘らず左房内血栓に起因する塞栓症の既往を有する場合 |
| 3. カテーテルアブレーションの不成功例あるいは再発例 |
| クラス IIb |
| 1. 孤立性心房細動で,動悸などの自覚症状が強く, QOL の著しい低下があり,薬物療法では改善されない場合 |
| 2. 薬物療法が無効な発作性心房細動で,除細動などの救急治療を繰り返している場合 |
| クラス III |
| 1. 心房および心胸郭比の著明な拡大があり,心電図における細動波が低電位で,手術を行っても洞調律復帰が困難,あるいは洞調律に復帰しても有効な心房収縮が得難い場合 |
| 適応の分類は,下記 ACC/AHA ガイドラインの表記法に基づいている. |
| クラス I : 有益であるという根拠があり,適応であることが一般的な同意されている. |
| クラス IIa : 有益であるという意見が多いもの. |
| クラス IIb : 有益であるという意見が少ないもの. |
| クラス III : 有益でないまたは有害であり,適応でないことで意見が一致している. |

治療目標である血栓塞栓症の予防に関しても,外科治療の方が薬物治療よりも有効であるというエビデンスが明らかになりつつある.

手術適応

日本循環器学会「不整脈の非薬物治療ガイドライン¹」を表1に示す.弁膜疾患,先天性心疾患,虚血性心疾患などに合併する心房細動では,基礎疾患に対する心臓手術と同時に心房細動に対しても手術を行い洞調律に復帰させることが望ましい.特に弁形成術あるいは生体弁による人工弁置換術,あるいは先天性心疾患の成人期手術や冠動脈バイパス術では,心房細動手術によって洞調律と心房収縮が回復されるために術後抗凝固療法が不要となり,術後の QOL (quality of life) 改善は著しい.心室拡張能低下例では,心房収縮の回復に伴い血行動態も改善される.僧帽弁疾患ではしばしば心房細動を合併するために心房細動手術が行われることが多い.特に,弁形成術が可能な非リウマチ性僧帽弁閉鎖不全症に伴う心房細動では,術後の抗凝固療法が不要となるだけでなく良好な左房収縮の回復が期待されることから,心房細動手術の最も良い適応と考えられる.

器質的心疾患を伴わない孤立性心房細動では,脳梗塞などの血栓塞栓症の既往例や,左房内血栓がすでに認められる場合は手術適応である.また,左心耳内の血流速度低下例や,モヤモヤエコーが認められる例で

は血栓塞栓症の発症リスクが高いため,手術を考慮する.若年者では,長期にわたる抗凝固療法に伴う出血性合併症を考慮に入れ,積極的に手術適応を考慮する.

発作性心房細動では頻拍出現時に強い動悸やめまいを訴えることがある.発作性頻拍のために慢性心房細動よりも自覚症状は強く,頻回に救急処置を繰り返している例も多く根治療法が必要である.近年,発作性心房細動の一部では肺静脈から発生する反復性の巣状興奮がその原因であることが知られ,カテーテルを用いた巣状興奮の発生源あるいは肺静脈口周囲の焼灼による治療が盛んに行われている.カテーテルの改良や焼灼方法の変更により成功率も向上してきている.しかし,依然としてカテーテルアブレーションの不成功例あるいは再発例は多く,かかる症例では外科治療が考慮される.

現在の術式では,手術を行っても術後再び心房細動に移行する例や一過性に心房細動を生じる例がある.術前超音波検査で求められる左房径,胸部 X 線写真での心胸郭比,心電図 V₁ 誘導の f 波(心房細動波)高,心房細動の罹患期間などが手術の心房細動に対する効果を予知することが知られている.心胸郭比 70% 以上あるいは左房径 80 mm 以上では手術を行っても術後洞調律を維持することが困難な場合が多い.5~10% の症例で,洞性徐脈などのために,術後,ペースメーカー植込みが必要とされるが,心内短絡や三尖弁逆流のために高度な右房拡大を来している場合あるいは

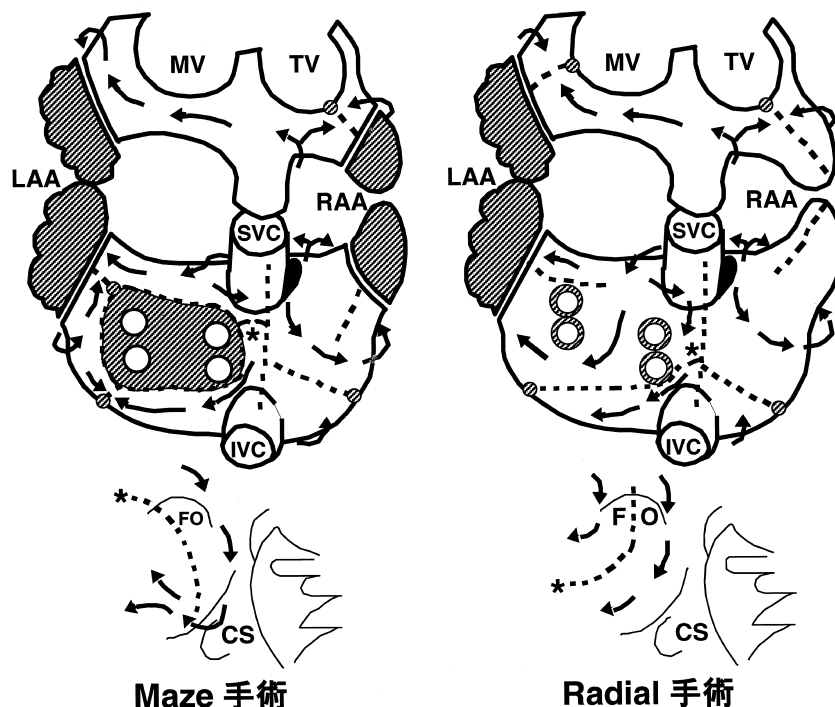


図1 Radial手術とMaze手術の心房切開線と術後心房興奮伝播パターン

左右のシェーマの上段は心房心外膜の前上面，中段は後面，下段は右心房側から観察した心房中隔を示す．上大静脈 右心房接合部の黒色部は洞房結節を示す．破線は心房切開線を示し，小円は房室接合部への凍結凝固を示す．また斜線部分は切除される心耳と隔離される左房後壁を示す．*は心外膜と心内膜の同一部位を示す．洞調律復帰時の心房興奮伝播を矢印で示した．Radial手術ではMaze手術と異なり，右心耳の切除は行わない．Maze手術では隔離される左房後壁がRadial手術では収縮心房部分として温存されている．左房を横断する2本の切開線は左房の興奮伝播経路と冠動脈走行に平行するため，生理的な興奮伝播パターンが温存され心房筋の虚血も生じにくい．

SVC：上大静脈，IVC：下大静脈，MV：僧帽弁，TV：三尖弁，LAA：左心耳，RAA：右心耳，FO：卵円窩，CS：冠静脈洞

洞結節動脈が左回旋枝から起始する例で心房切開線がこれを切断せざるを得ない場合などに見られる．

心房隔離手術

心房細動に対する外科治療は1967年の房室ブロック作成術に始まる．Giannelliら²は，弁膜症に合併した頻脈性心房粗細動に対して，弁手術とともに房室伝導を切断して外科的に房室ブロックを作成することにより頻脈を治療した．房室ブロック作成術は細動状態の心房を心室より隔離する術式であり，術後ペースメーカー植込みが必要とされる．以降，心房細動の原因となっている心房部分だけを電氣的に隔離する左房隔離術および右房隔離術が開発され，さらに1985年にGuiraudonら³により，洞房結節と房室結節との連結だけを残し，これを周囲の心房筋から電氣的に隔離することにより洞調律を維持するCorridor手術が考案された．これらの一連の心房隔離手術では，異常な興奮を生じている心房部分を電氣的に隔離する．心室

は洞結節からの興奮伝播あるいはペースメーカーにより規則的に収縮していても，隔離された心房部分は依然として心房細動であるか無収縮の状態である．すなわち，心房隔離手術では，動悸や不整脈などの心房細動に伴う自覚症状は改善しても，心房収縮の回復に伴う血行動態の改善や血栓塞栓症の予防は必ずしも得られない．

Maze手術

1991年にCoxら⁴により発表されたMaze手術は，すべての肺静脈を含む左房後壁を電氣的に隔離するだけでなく，解剖学的障壁周囲を旋回するマクロリエントリー回路を全て切断し，さらに心房筋を一定の幅以下に切離し再縫合することにより心房リエントリーをブロックし心房細動の維持を阻止する，という画期的な術式である(図1)．Coxら⁵は1989年より1999年までの11年間に，306例の心房細動患者に対してMaze手術を行い，95%の症例で心房細動から洞調律

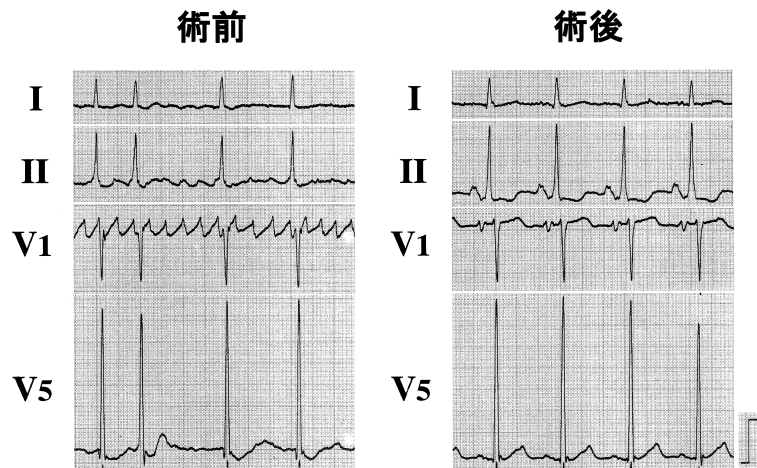


図2 Radial手術前後の心電図

53歳，男性．僧帽弁閉鎖不全に合併した慢性心房細動のため四肢の血栓塞栓症を繰り返していた．術前は左図の如く，粗な細動波を伴う心房細動と左室肥大が認められたが，僧帽弁形成術とRadial手術により術後洞調律に復帰した．

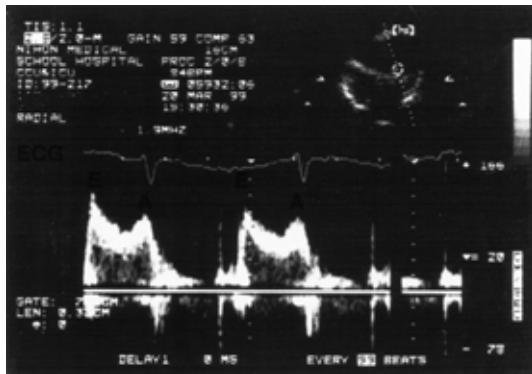


図3 Radial手術後の左室流入部血流ドップラー波形
左室流入部における拡張期流入血流に拡張早期波(E)に加え，心房収縮期波(A)が明瞭に認められる．Radial手術により洞調律が回復し，有効な心房収縮も回復したことが示される．

に復帰したという．対象の多くは孤立性心房細動で，術前19%に血栓塞栓症の既往があった．術後は機械弁装着などの特別な理由がない限りは抗凝固療法を行っていないにも拘わらず，術後遠隔期における脳梗塞の発症は1例のみであったという．慢性心房細動の脳梗塞の発症率が年間2~5%であることを考慮すると，Maze手術は心房細動を洞調律に戻すことにより血栓塞栓症の発症を有意に抑制すると考えられる．

Maze手術は高率に心房細動を洞調律に復帰させるものの，術後の左房収縮能は必ずしも良好ではない．Feinbergら⁶はMaze手術後46例で超音波ドップラーにて心房収縮能を検討したところ，左房収縮が認められたのは61%であり，その収縮能も正常対照群の半分程度であった，と述べている．僧帽弁疾患に合併

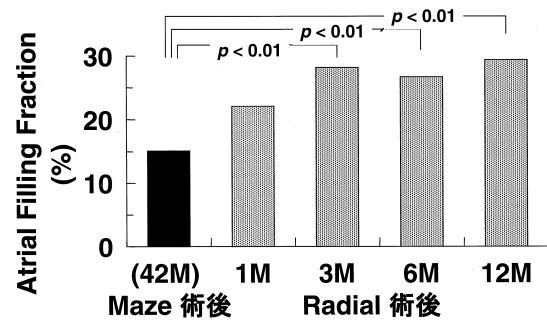


図4 Radial手術とMaze手術の術後左房収縮能の経時的変化

超音波ドップラーにてRadial手術後の左房収縮能を経時的に測定．Maze手術後平均42カ月のデータと比較した．左房収縮能は，左室流入部における拡張期流入血流の拡張早期波(E)と心房収縮期波(A)の血流波形の面積比から得られるAtrial Filling Fraction (AFF)にて計測．Radial手術後の左房収縮能は術後1カ月ですでにMaze手術後42カ月よりも良好で，術後3カ月以降ではさらに改善し，この良好な左房収縮能は維持されていた．

した心房細動に対するMaze手術後においても，左房収縮能の回復が必ずしも良好でないことが知られている．Maze手術後の左房収縮が不良な原因として，

1. 左房後壁の隔離に伴う有効収縮心房の減少
2. 迷路状の切開線に起因する非生理的な心房興奮パターンと遅延興奮
3. 冠動脈心房枝の切断に伴う心房筋虚血が考えられる．

Radial 手術

Radial 手術は、上記の Maze 手術の欠点を補うことにより、術後良好な心房収縮をもたらす、血行動態の改善とより確実な血栓塞栓症の予防が期待される術式である。左房後壁を隔離せず温存し、さらに心房切開線を洞結節より房室間溝に向かって放射状に、すなわち心房興奮伝播と冠動脈走行に平行にデザインすることにより、生理的な心房興奮パターンと収縮能を温存する⁷⁸。図1に Maze 手術と Radial 手術の違いを示した。Maze 手術では左房後壁は隔離され、さらに心房切開線が洞調律時の心房興奮伝播経路と冠動脈心房枝を横断するために生理的な左房収縮が損なわれる。一方、Radial 手術では心房切開線が興奮伝播経路と冠動脈心房枝に平行するため、手術による心房筋の虚血や非生理的な心房興奮パターンは生じない。さらに Radial 手術では右心耳は温存されるために、心房利尿ペプチド(h-ANP)の分泌も維持される。各肺静脈はその入口部で円周状に凍結凝固され、肺静脈から発生する巣状興奮の伝播をブロックする。Radial 手術では、Maze 手術と同様に高率に心房細動を洞調律に戻すだけでなく、Maze 手術よりも良好な左房収縮能が得られる⁹。

1997年10月より2001年12月までに日本医科大学付属病院および国内外の施設において、心房細動70例に対してRadial手術を行った。症例の内訳は、男性36例、女性34例、平均年齢61±9歳。慢性心房細動は65例、他は発作性心房細動4例と心房粗細動1例であった。基礎疾患は59例が弁膜疾患、5例が先天性心疾患、孤立性心房細動は6例であった。術前、左房内血栓を7例に合併。脳梗塞などの血栓塞栓症の既往を12例に認めた。術後23±13カ月の観察期間において、88%の症例で洞調律が維持されている(図2)。術後ペースメーカー植込みは4例(6%)に行われ、いずれも洞機能不全症候群が植込み適応であった。術中あるいは術後に洞調律復帰後の心房興奮時間と興奮伝播の解析(マッピング)を行ったところ、Radial手術ではMaze手術で見られるような興奮遅延や無収縮部分は認められず、生理的な心房興奮様式が認められた。超音波ドップラーで計測した心房収縮能の経時的検討では、Radial手術後の左房収縮能は術直後ですでにMaze手術後遠隔期より優っており、術後3カ月以降ではさらに改善することが示された(図3, 4)。人工弁置換例を除く26例では全例術後3カ月でワルファリンによる抗凝固療法を中止しているが、血栓塞栓症の発生は1例も認められてい

ない。Radial手術では生理的な心房興奮が温存されるために、Maze手術よりも良好な心房収縮が得られ、血栓塞栓症に対するより確実な予防効果も得られる可能性が示唆される。

将来の展望

現在の心房細動手術の問題点は、心房細動の電気生理学的機序が未だ解明されていないために、各症例における心房細動の原因の如何に拘わらず画一的な術式が行われ、しかも必ずしも全例で洞調律に復帰する訳ではないことである。我々は心房細動の電気生理学的機序を解明すべく、僧帽弁疾患に合併する慢性心房細動に対して手術中に256チャンネル3次元ダイナミックマッピングシステムを用いて心房細動中の心房興奮伝播の分析を行っている。将来は、症例毎に心房細動の電気生理学的機序を検討し、必要かつ十分な心房切開だけを行う合理的な手術が可能であろう。

心房細動手術は他の心臓手術と比較して手技的に難度が高く、器質的心疾患を伴わない孤立性心房細動に対しても人工心肺の使用が不可欠である。現在、我々は高周波エネルギーなどを応用して、心房を直接切開せずに伝導ブロックを作成するための基礎研究を行っている。将来はロボット手術を導入し、術中マッピングを併用しつつ人工心肺非使用下で、しかも100%の成功が得られるような外科治療を目指している。

文 献

1. 循環器病の診断と治療に関するガイドライン(1999-2000年度合同研究班報告)不整脈の非薬物治療ガイドライン Jpn Circ J 2001; 65 (Suppl. V) 1127-1175.
2. Giannelis S Jr, Ayres SM, Gomprecht RF, Conklin EF, Kennedy RJ: Therapeutic surgical division of the human conduction system. JAMA. 1967; 199: 155-160.
3. Leitch JW, Klein G, Yee R, Guiraudon G: Sinus node-atrioventricular node isolation: long-term results with the "corridor" operation for atrial fibrillation. J Am Coll Cardiol. 1991; 17: 970-975.
4. Cox JL, Schuessler RB, D'Agostino HJ Jr, Stone CM, Chang BC, Cain ME, Corr PB, Boineau JP: The surgical treatment of atrial fibrillation. III. Development of a definitive surgical procedure. J Thorac Cardiovasc Surg 1991; 101: 569-583.
5. Cox JL, Ad N, Palazzo T: Impact of the Maze procedure on the stroke rate in patients with atrial fibrillation. J Thorac Cardiovasc Surg 1999; 118: 833-840.
6. Feinberg MS, Waggoner AD, Kater KM, Cox JL, Lindsay BD, Perez JE: Restoration of atrial function after the Maze procedure for patients with atrial fibrillation. Assessment by Doppler echocardiography. Circulation 1994; 90 (Suppl. II) 285-292.

- 7 . Nitta T, Lee R, Schuessler RB, Boineau JP, Cox JL: Radial approach: A new concept in surgery for atrial fibrillation. 1. Concept, anatomical and physiological bases, and development of a procedure. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 27-35.
- 8 . Nitta T, Lee R, Watanabe H, Harris KM, Erikson JM, Schuessler RB, Boineau JP, Cox JL: Radial approach: A new concept in surgery for atrial fibrillation. 2. Electrophysiological effects and atrial contribution to ventricular filling. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 36-50.
- 9 . Nitta T, Ishii Y, Ogasawara H, Sakamoto S, Miyagi Y, Yamada K, Kanno S, Tanaka S: Initial experience with the Radial incision approach for atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 805-811.
- 10 . Ishii Y, Nitta T, Fujii M, Ogasawara H, Iwaki H, Ohkubo N, Tanaka S: Serial change in the atrial transport function after the radial incision approach. *Ann Thorac Surg* 2001; 71: 572-576.

(受付 : 2002 年 3 月 5 日)

(受理 : 2002 年 3 月 22 日)
