

● 特別講演

心房細動に対するカテーテルアブレーション

横須賀共済病院循環器センター内科 高橋 淳

はじめに

近年、局所異常興奮、すなわち孤立性あるいは反復性の心房期外収縮が心房細動発生のトリガーとなることが報告され、本心房期外収縮が心房細動の発生機序として重要であることが認識されている。本起源の多くは肺静脈内心筋に存在することから、肺静脈開口部への焼灼により、肺静脈心筋と心房筋を電氣的に離断する肺静脈隔離アブレーションが開発され、広く施行されている。しかしながら、本アブレーション法における成績の限界性や合併症の発生の報告もあり、付加的なアブレーションの開発も進んでいる。本稿では、電氣的肺静脈隔離アブレーションを中心に、今なお変化しつつある心房細動に対するカテーテルアブレーションについて概説する。

1 肺静脈開口部アブレーション

1) 電氣的肺静脈隔離アブレーション

心房細動発生のトリガーとなる心房期外収縮起源の90%以上が肺静脈内心筋由来であることから、Haïssaguerreら¹⁾は、肺静脈内心筋と左房筋との伝導を、肺静脈開口部への焼灼によりブロックすることにより、異常興奮起源を肺静脈内に封じ込め、心房細動の根治効果を発揮する肺静脈隔離アブレーション法を開発した。彼らが開発した方法は、肺静脈開口部にリング状多極電極カテーテルを留置して、これにより得られた全周電位を指標に左房-肺静脈間伝導部位を同定し、選択的かつ不連続的に焼灼する“電位的アプローチ法”であり、現在、最も広く行われている。

一般の手順としては、経中隔左房穿刺法によ

る左房へのアプローチ後、2~3方向からの選択的肺静脈造影により各肺静脈開口部の位置や形態の確認、適切なサイズのリング状カテーテルの肺静脈開口部への留置などの操作を行い、肺静脈全周電位を指標に、多方向造影像をリファレンスとして、肺静脈-左房接合部で焼灼を行う。標的部位は、洞調律時(右側肺静脈)または左房ペーシング時(左側肺静脈)にリング状電極カテーテルにおいて記録される左房電位に肺静脈スパイク電位が最も近接する部位である(図1)。肺静脈内へ進入している心房筋は、多くの場合、全周性には存在していないため、上記標的部位への選択的焼灼により、最終的には左房電位に続く肺静脈スパイク電位が消失し、左房-肺静脈間伝導ブロックが形成される(図2)。不整脈源性を示す肺静脈を含め、すべての肺静脈の隔離が望ましい。図3は、肺静脈の電氣的隔離により、肺静脈起源の異常興奮を肺静脈内に封じ込め、心房細動根治効果を示している実例である。

本法の急性期電氣的肺静脈隔離成功率はほぼ89~100%、慢性期において65~80%を超える心房細動根治率が報告されている^{1~5)}。しかしながら、亜急性期の心房細動再発率は35~49%と高率で、再セッションを要する症例も多い。また、術時間/透視時間は3時間/1時間を超え、心タンポナーデの合併は0~2.8%、肺静脈狭窄・閉塞の合併は0~2.8%と報告されている^{1~4)}。

最近では、三次元マッピングシステム(CARTOシステム)を用いて同側肺静脈周囲を広範に隔離するアブレーション法の高い有効性も報告されている⁶⁾。われわれも、2本のリング

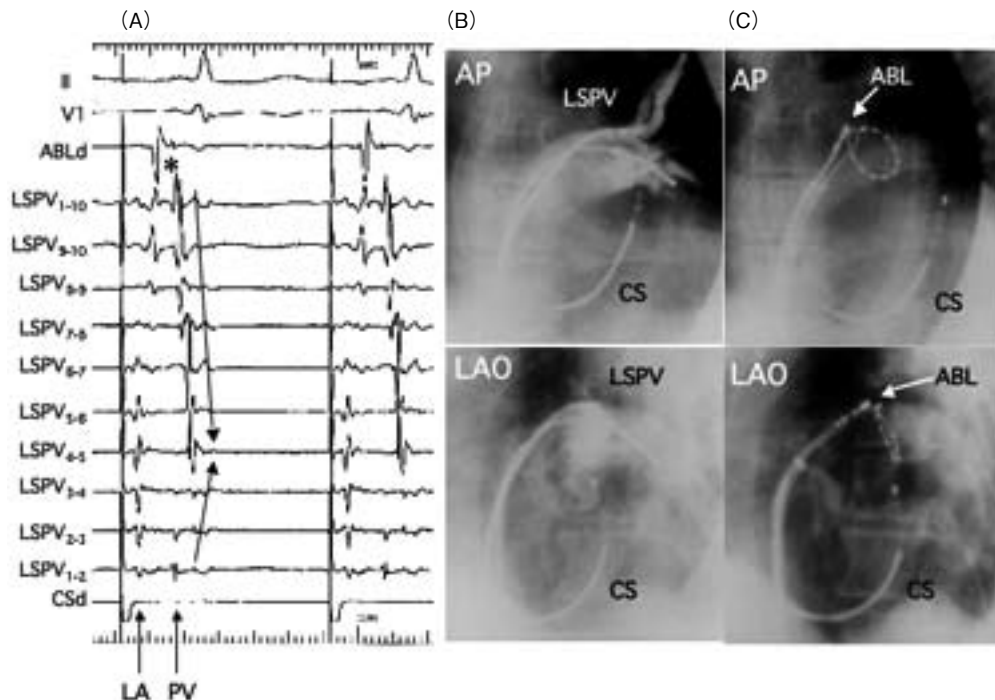


図1 最終成功通電部位電位および肺静脈開口部全周電位マッピング所見(A), 選択的左上肺静脈造影(B)およびカテーテル位置(C)

肺静脈開口部への7回の高周波通電後, 左上肺静脈(LSPV)開口部(B: 選択的肺静脈造影)に留置されたリング状10極電極カテーテル(C)より得られた肺静脈開口部全周電位(LSPV1-10)(A)では, 心房電位(LA)とそれに遅れた肺静脈電位(PV)が同時に記録されている。最早期肺静脈電位は, LSPV1-10に認められ(*), 同部位が左房から肺静脈への最終残存伝導部と考えられた。同部位近傍の心房側に留置されたアブレーションカテーテル(ABLd)で, さらに早期の肺静脈電位が記録された(A)。

AP: 透視前後像, LAO: 透視左前斜位像, St: ペーシング刺激

状カテーテルを上下肺静脈開口部に留置し, 透視画像下に, 8mm長ラージチップカテーテルを用いて, 肺静脈近傍の左房後壁心筋を含めた同側上下肺静脈開口部の広範囲電氣的隔離法を考案している(図4, 5)⁷⁾。本法は, 肺静脈開口部起源を含めた左房後壁起源興奮を除去でき, 肺静脈狭窄の発生予防を期待できる。自験例においては, 心房細動520例(発作性心房細動385例, 慢性心房細動135例)全例において全肺静脈を含めた広範囲隔離に成功し, 誘発可能であった非肺静脈起源に対する局所アブレーションおよび再セッション後, 無投薬下に発作性が93%, 慢性で84%の心房細動抑制効果を示している。

一方, 左房-肺静脈間の興奮伝導路を選択

的・非連続的に焼灼する電位的アプローチ法とは異なり, バルーンカテーテル(超音波バルーン⁸⁾, 高周波ホットバルーン⁹⁾)を用いて肺静脈開口部全周を連続的に焼灼することにより, 電氣的肺静脈隔離を達成する“解剖学的アプローチ法”が, 困難な手技を必要とせず, 術時間の短縮をもたらすものと期待され開発が行われている。しかしながら, 限られた施設において臨床治験段階にある。

2) 解剖学的肺静脈周囲アブレーション

Papponeら¹⁰⁾は, CARTOシステムにより構築された左房・肺静脈マップに基づき, 8mm長ラージチップカテーテルを用いた高出力アブレーションにより肺静脈開口部を全周性に連続

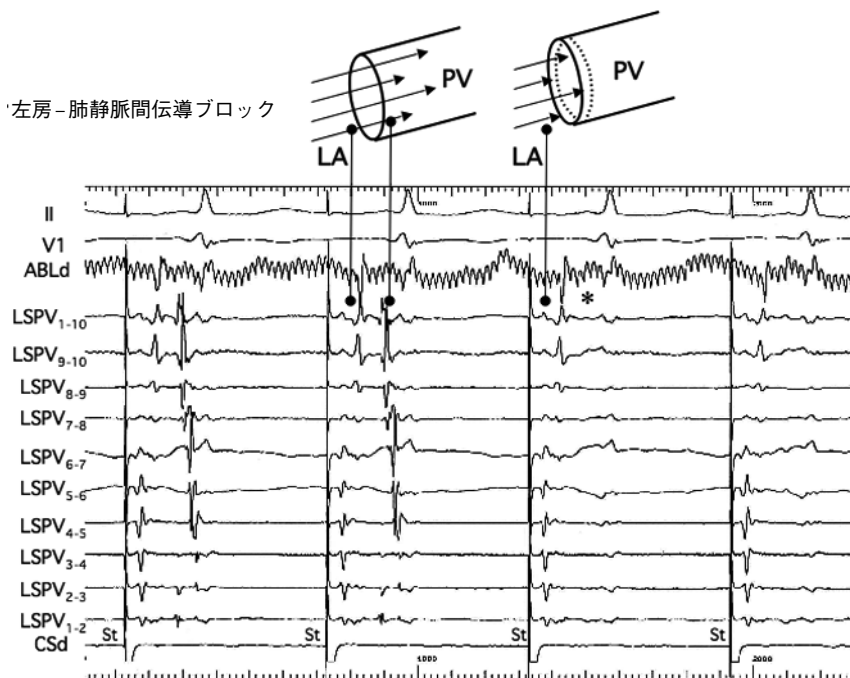


図2 電氣的肺静脈隔離成功通電時記録(図1と同一症例)

冠静脈洞遠位部(CSd)ペーシング下に、図1でのアブレーションカテーテル留置部位において、高周波通電を開始すると4秒後にリング状カテーテルに記録されていた左上肺静脈電位が消失し(*)、左房-肺静脈間伝導ブロックの形成に成功した。LA：左房，PV：肺静脈



図3 電氣的肺静脈隔離による心房細動抑制効果

左上肺静脈(LSPV)の電氣的隔離後、肺静脈内の反復性興奮(肺静脈内細動)の自然発生を認めたが、左房内への伝導はなく、洞調律を維持している。

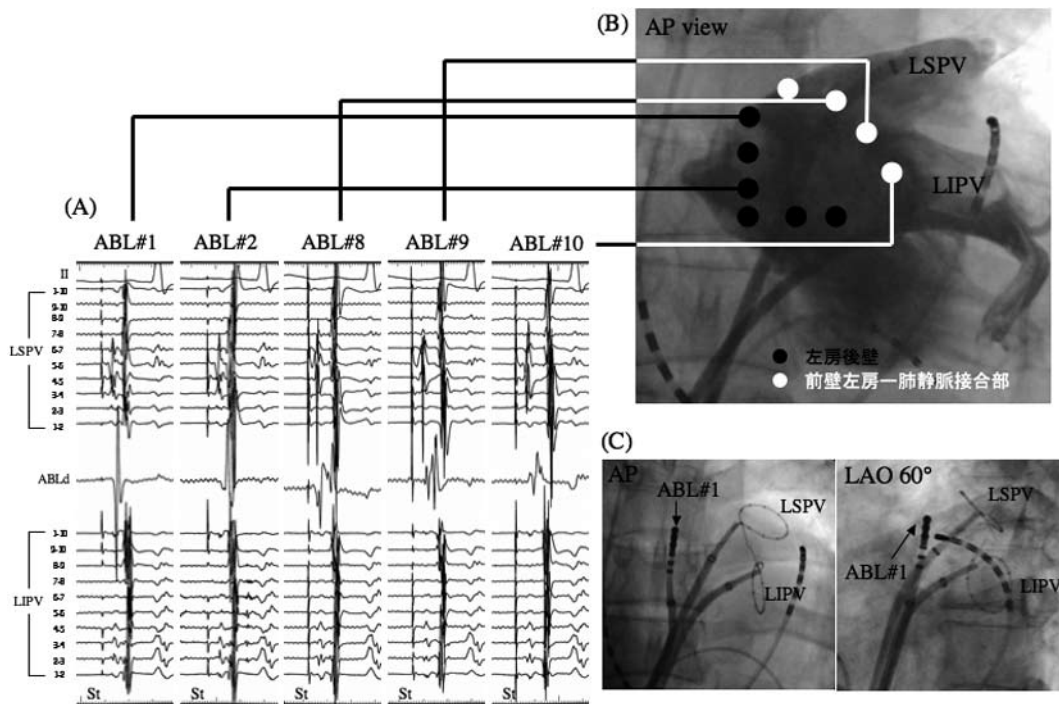


図4 片側上下肺静脈開口部の広範囲電氣的隔離アブレーション

上下肺静脈の同時造影(B)による左房と肺静脈の解剖を把握後、2本のリング状カテーテルを上下肺静脈開口部に留置し、左房後壁の天井部(C: ABL#1)の左房電位記録部位(A: ABL#1)より解剖学的に左房後壁を焼灼(B)。その後、上肺静脈の上縁および下肺静脈の下縁を含めた肺静脈前壁における左房との接合部のマッピングを施行し、左房電位と肺静脈電位が近接している左房-肺静脈伝導部位(A: ABL#8, 9, 10)に通電を施行した。LSPV: 左上肺静脈, LIPV: 左下肺静脈

的に焼灼する解剖学的肺静脈周囲アブレーションを考案した。本法のエンドポイントは、電氣的肺静脈隔離ではなく、焼灼領域内の電位波高 $< 0.1\text{mV}$ に減高し、伝導時間が $> 30\text{msec}$ 遅れることとした。彼らの成績は、発作性心房細動179例中抗不整脈薬無投薬下で83% (投薬下で85%)、慢性心房細動72例中56% (投薬下で68%)において、平均10ヵ月の経過観察中、心房細動の抑制効果を示し、2例(0.8%)に心タンポナーデを認めたが、肺静脈狭窄の合併症はなかった。さらに、Oralら¹¹⁾は、本法に従い、肺静脈周囲の左房焼灼に左房後壁および左下肺静脈-僧帽弁輪への線状焼灼の追加により、一回のアブレーションで88%の発作性心房細動の根治率を達成し、個々の肺静脈開口部への電氣的隔離焼灼例に比べ有意に高い成績を報告して

いる。本アブレーション法は、前述の電氣的肺静脈隔離アブレーションより術時間および透視時間の短縮が期待できる。しかしながら、本法は、エンドポイントが明確ではなく、焼灼ライン上の伝導の残存による医原性心房頻拍の発生も懸念される。さらに最近、同施設から、本アブレーション後における重篤な左房-食道瘻の発生(2例、頻度: 0.05%)が報告された¹²⁾。

われわれの左房後壁アブレーション時(通電出力: 35ワット)における食道温モニターの検討では、約90%の症例において、左房後壁アブレーション時、 30 ± 15 秒(10~55秒)で食道温は 42°C に達する結果を得ており、本合併症予防のため、出力制限(≤ 35 ワット)および食道温モニター下アブレーションが重要であると考えている。

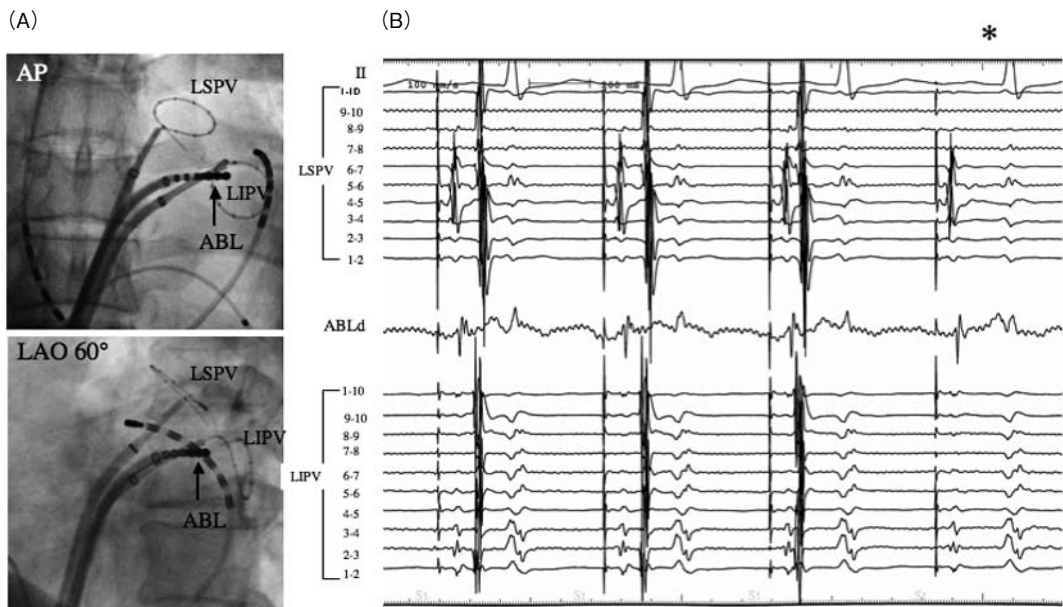


図5 片側上下肺静脈開口部の広範囲電氣的隔離アブレーションによる、上下肺静脈同時隔離の達成(図4と同一症例)

左下肺静脈前壁の左房接合部(A)において連続電位(図4-A: ABL#10)を認め、同部位への通電により、上下肺静脈電位は同時に消失し(B), 電氣的隔離に成功した。

2 心房細動基質へのアブレーション

肺静脈の電氣的隔離後の非肺静脈起源同定およびアブレーションが困難な症例や慢性心房細動のように心房受攻性が高く、低頻度の心房期外収縮により心房細動が発生する症例の場合、限局した線状焼灼は、Maze手術と類似した心房細動抑制効果が期待される。もっとも効果的な線状アブレーション部位は、いまだ明らかではないが、近年、Jaisら¹³⁾は、左下肺静脈-僧帽弁輪峡部アブレーションの有効性を、またHociniら¹⁴⁾は、左房天井部アブレーションの有効性を報告している。これら峡部は、焼灼距離が短く、伝導ブロックの確認が容易である点において、標的にしやすい部位と考えられる。

一方、Nademaneeら¹⁵⁾は、心房細動の維持に関与すると考えられる分裂電位を標的としたアブレーションにより95%の症例において、心房細動の停止を観察し、本アブレーション法の有効性を報告している。これら心房細動基質へのアブレーションの開発は、今後、心房細動ア

ブレーションの成績向上を期待される。

おわりに

心房細動に対するカテーテル治療は、最近めざましく進歩している。しかしながら、本治療法はいまだ一般化したとはいいがたく、現時点においては長期経過観察データの集積とその詳細な検討が必要であり、その実施にあたっては安全性を重視した慎重な態度が望まれる。

文 献

- 1) Haïssaguerre M, Shah DC, Jais P, et al. Electrophysiological breakthroughs from the left atrium to the pulmonary veins. *Circulation* 102: 2463-5.
- 2) Oral H, Knight BP, Ozaydin, et al. Segmental ostial ablation to isolate the pulmonary veins during atrial fibrillation: feasibility and mechanistic insights. *Circulation* 2002;106:1256-62.
- 3) Takahashi A, Iesaka Y, Takahashi Y, et al. Electrical connections between pulmonary veins: implication for ostial ablation of pulmonary veins in patients

- with paroxysmal atrial fibrillation. *Circulation* 2002;105:2998-3003.
- 4) Marrouche NF, Dresing T, Cole C, et al. Circular mapping and ablation of the pulmonary vein for treatment of atrial fibrillation: impact of different catheter technologies. *J Am Coll Cardiol* 2002;40:464-74.
 - 5) Oral H, Knight BP, Ozaydin M, et al. Clinical significance of early recurrence of atrial fibrillation after pulmonary vein isolation. *J Am Coll Cardiol* 2002;40:100-4.
 - 6) Ouyang F, Bansch F, Ernst S, et al. Complete isolation of left atrium surrounding the pulmonary veins: new insights from the double-lasso technique in paroxysmal atrial fibrillation. *Circulation* 2004;110:2090-6.
 - 7) Takahashi A, Iesaka Y, Goya M, et al. Efficacy and feasibility of extensive ablation encircling two ipsilateral pulmonary veins in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *PACE* 2003 Part II;26:1116(abstract).
 - 8) Saliba W, Wilber D, Packer D, et al. Circumferential ultrasound ablation for pulmonary vein isolation: analysis of acute and chronic failures. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2002;13:957-61.
 - 9) Satake S, Tanaka K, Saito S, et al. Usefulness of a new radiofrequency thermal balloon catheter for pulmonary vein isolation: a new device for treatment of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2003;14:609-15.
 - 10) Pappone C, Oreto G, Rosanio S, et al. Atrial electroanatomical remodeling after circumferential radiofrequency pulmonary vein ablation: efficacy of anatomic approach in a large cohort of patients with atrial fibrillation. *Circulation* 2001;104:2539-44.
 - 11) Oral H, Scharf C, Chugh A, et al. Catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation segmental pulmonary vein ostial ablation versus left atrial ablation. *Circulation* 2003;108:2355-60.
 - 12) Pappone C, Oral H, Santinelli V, et al. Atrio-esophageal fistula as a complication of percutaneous transcatheter ablation of atrial fibrillation. *Circulation* 2004;109:2724-6.
 - 13) Jais P, Hocini M, Hsu LF, et al. Technique and results of linear ablation at the mitral isthmus. *Circulation* 2004;110:2996-3002.
 - 14) Hocini M, Jais P, Sanders P, et al. Techniques, evaluation, and consequences of linear block at the left atrial roof in paroxysmal atrial fibrillation: a prospective randomized study. *Circulation* 2005;112:3688-96.
 - 15) Nademanee K, McKenzie J, Kosar E, et al. A new approach for catheter ablation of atrial fibrillation: mapping of the electrophysiologic substrate. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:2044-53.