

東海大学大学院令和4年度博士論文

透視画像を統合した3次元マッピングの焼
灼巣予測指標を活用した通常型心房粗動に
対するカテーテルアブレーションの有効性
についての検討

指導 吉岡 公一郎 教授

東海大学大学院医学研究科

先端医科学専攻

坂間 晋

・この学位論文は、Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology に掲載された主要公刊論文を基に作成された。

・Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology に掲載された主要公刊論文の一部を学位論文に用いることに加えて、学位論文を機関リポジトリ 電子書庫システム で公開することの承諾を得ている。

Summary(総括)

通常型心房粗動(AFL: Atrial flutter)は右心房と右心室間に位置する三尖弁の弁輪部を旋回するマクロリエントリー性の心房性不整脈であり、心房細動と同様に心不全や血栓塞栓症の発症の原因となる。AFL に対するカテーテルアブレーションでは、三尖弁輪の右心室側から下大静脈側までの三尖弁輪峡部(CTI: cavo-tricuspid isthmus)を線状焼灼することにより、マクロリエントリーの回路を遮断させ、(両方向性の)伝導ブロックを作成する(CTI アブレーション)。

三次元マッピングは、心内マッピングにより三次元空間を描出させる方法であり、Biosense Webster 社製の CARTO は透視画像を三次元マッピングに統合し表示する機能を有しており、CARTOUNIVU と呼称される。CARTO によるカテーテルアブレーションでは、CF(g)、通電時間(秒)、出力(ワット)を非線形式で積分し数値化した焼灼巣予測指標(AI: ablation index)を通電中にリアルタイムで表示できる。AI を活用した CTI アブレーションの検討は少なく、CARTOUNIVU ガイド下での透視時間の低減効果などについてはこれまでに検討はされていない。

本研究では AFL に対する CARTOUNIVU ガイド下での AI ガイドでの CTI アブレーションの妥当性と有効性について検討を行った。目標 AI 値は過去の研究を参考にして、450 とし、連続 151 例で検討した(対象群として AI 非使用群 30 例と比較した)。右心室から下大静脈側までの線状焼灼のみでの両方向の伝導ブロックの作成は、AI 使用群の 151 人中 120 人(80%)の患者で達成された。非 AI 群では 30 人中 20 人(67%)であった($P=0.152$)。透視時間は AI 使用群で 0.2 ± 0.4 分であり、非 AI 使用群よりも短かった(1.7 ± 2.0 分、 $P<0.001$)。AI 使用群で 11 ± 5 回の焼灼が行われ(非 AI 群では 12 ± 4 回、 $P=0.098$)、総焼灼時間は 4.2 ± 2.4 分(非 AI 使用群では 5.1 ± 2.5 分、 $P=0.011$)であった。焼灼後に 15 分待機した後に再伝導を認めた割合は、AI 使用群 151 人中 16 人(11%)の患者で認められ、伝導ギャップは 16 人中 11 人(69%)の患者で心房側であった。通電中の水蒸気爆発(アブレーション部の組織内温度上昇に伴った水蒸気の形成)は 3 人(2%)の患者で発生したが、いずれの患者も心タンポナーデを発症しなかった。両群とも 6 か月のフォローアップを行った段階で AFL は再発しなかった。本研究の結果から、透視画像を統合した 3 次元マッピングの焼灼巣予測指標を活用した通常型心房粗動に対するカテーテルアブレーションは、合併症を増加させることなく高いファーストパス伝導ブロックを達成することができ、放射線被曝を低減させることが明らかとなった。

Introduction

通常型心房粗動(AFL: Atrial flutter)は右心房と右心室間に位置する三尖弁の弁輪部を旋回するマクロリエントリー性の心房性不整脈であり、心房細動と同様に心不全や血栓塞栓症の発症の原因となる。頻拍回路の中でも三尖弁輪と下大静脈間の解剖学的峡部(CTI)は必須伝導路となり、同部の線状焼灼することにより治療を行う。AFL に対するカテーテルアブレーションは安全性や治療効果が薬物治療に優ることから広く行われている。AFL に対するカテーテルアブレーションでは、三尖弁輪の右心室側から下大静脈側までの三尖弁輪峡部(CTI: cavo-tricuspid isthmus)を線状焼灼することにより、マクロリエントリーの回路を遮断させ、(両方向性の)伝導ブロックを作成する(CTI アブレーション)。

カテーテルアブレーションの現在の主たるエネルギー源は高周波エネルギーだが、これはカテーテルに(患者の背面に貼付した対極板とカテーテルの先端電極との間に)高周波通電することにより、接触した心筋に抵抗熱が発生し伝導熱と併せて心筋に熱凝固による不可逆的な伝導障害を生じさせることで不整脈が治療できる。カテーテルアブレーションは当初は透視ガイドのみでアブレーションカテーテルを動かしていくという方法で行われた。その後 3 次元マッピングシステムやイリゲーションカテーテルの開発、カテーテルの接触する強さ(contact force/CF)を表示するシステムなど、透視の使用の削減および焼灼の奏効率上昇のための技術革新が進んだ。Biosense Webster 社製の 3 次元マッピングシステムである CARTO では、CF、通電時間、焼灼部位への出力を非線形式に積分した数値をリアルタイムで表示する焼灼巣予測指標(AI)を用いることができる。AI は実際の焼灼深度と関連しており、より確実なアブレーションを可能にする。CTI アブレーションでの AI の有用性は十分には検討されていない。加えて、これまでに、CARTOUNIVU と AI の併用による AFL に対する CTI アブレーションの有効性を検討した研究は報告されていない。本研究の目的は、AFL に対する CARTOUNIVU ガイド下での AI ガイドでの CTI アブレーションの妥当性と有効性を検証することである。

対象者は東海大学医学部付属病院で、AI ガイドで AFL に対する CTI アブレーションを施行した連続 151 人の患者を対象とした(AI 群)。同時期に CARTO を使用せず CTI アブレーションを実施した 30 人の患者を非 AI 群とした。三尖弁輪峡部の右心室側から下大静脈側まで 1 本の焼灼ラインで伝導ブロックが完成した割合(ファーストパス伝導ブロック)、アブレーション開始から伝導ブロック完成までの透視時間、焼灼点の数と通電時間、合併症の有無、さらに 6 か月後の AFL の再発の有無について AI 群で検討し、非 AI 群との比較も行った。

AI 群、非 AI 群の 2 群間で患者背景に有意差を認めず、ファーストパス伝導ブロックは、AI 群の 151 人中 120 人(80%)の患者で達成された。非 AI 群では 30 人中 20 人(67%)であった($P=0.152$ 、図 2)。透視時間は AI 群で 0.2 ± 0.4 分であり、非 AI 群よりも短かった(1.7 ± 2.0 分、 $P<0.001$)。AI 群 151 人の中でファーストパス伝導ブロックを達成できな

かった 31 人では、伝導ギャップが右心房の下大静脈付近(心房側)に位置していた患者が 24 人 (78%) であった。その 24 人の患者で、8 人 (33%) で Eustachian 弁による陥凹部を ICE で認めた(図 3)。AI 群は 11 ± 5 回の焼灼を行われ(非 AI 群では 12 ± 4 回、 $P = 0.098$)、AI 群の合計の焼灼時間は 4.2 ± 2.4 分(非 AI 群では 5.1 ± 2.5 分、 $P = 0.011$) であった。焼灼後に 15 分待機した後に再伝導を認めた割合は、AI 群 151 人中 16 人 (11%) の患者で発生し、このうち 8 人 (50%) の患者ではファーストパス伝導ブロックが達成されていた。再伝導の症例に認めていた伝導ギャップは、16 人中 11 人 (69%) の患者で心房側に位置していた。通電中の水蒸気爆発(アブレーション部の組織内温度上昇に伴った水蒸気の形成)は 3 人 (2%) の患者で発生したが、いずれの患者も心タンポナーデを発症しなかった。両群とも 6 か月のフォローアップを行った段階で AFL は再発しなかった。両群のアブレーションの結果の比較については表 2 に記載した。

Discussion(考察と展望)

AI の CTI アブレーションの活用について、Zhang らは、焼灼部位間の距離は 6mm (本研究では 4mm) として、至適 AI 値を CTI の右心室側の 2/3 を 500 に、心房側 1/3 の範囲では AI を 400 に設定と設定してファーストパス伝導ブロックについて検証している。CF が感知できるイリゲーションカテーテルによる非 AI ガイド群に対して、AI ガイドによる CTI アブレーションは、ファーストパス伝導ブロック率が高かったと報告している。ただし、Zhang ら検討では CTI の心室側と心房側の解剖学的境界は不明瞭であり、アブレーションに要した透視時間は 3 分を超えていた。これに対して、本研究では CTI アブレーション時の AI を 450 に統一し、VISITAG の焼灼部位間距離も 4mm と短く設定した。本研究では、Zhang らの研究と異なり、CTI 領域の右室側では低い AI 値の設定であったにもかかわらず、伝導ギャップの発生率を増加させず、高い確率でファーストパス伝導ブロック完成させることができることを示した。さらに本研究では、透視画像を統合した CARTOUNIVU の使用が CTI アブレーションでの透視の使用を大幅に減少させることが可能であることが示された。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、本研究は小規模な単一施設の観察コホート研究である点である。第二に、カテーテルアブレーション後のフォローアップ期間が 6 か月とし、AFL の再発は認めなかったが、さらに長期での継続的なモニタリングを行った場合には AFL の再発が確認された可能性がある。加えて、CTI の再伝導について再度カテーテルアブレーションを行って侵襲的に評価できていないため、AI を基にした CTI アブレーションの有効性を過大評価していた可能性が挙げられた。したがって、さらなる詳細な分析には、より対象患者を多くし、術後の評価として植込み型心電図記録計などの持続モニタリングデバイスを使用し長期観察することが必要でと言える。また、他のアブレーション法と比較する前向き比較研究は、本アブレーション法の有効性の更なる検証には必要となる。

Conclusion(結論)

透視画像を統合した 3 次元マッピングの焼灼巣予測指標を活用した通常型心房粗動に対するカテーテルアブレーションは、合併症を増加させることなく高いファーストパス伝導ブロックを達成することができ、放射線被曝を低減させる。