

先天性心疾患患者における経心房中隔カテーテルアブレーション —心臓造影MDCTと経食道エコーの有効性—

梶山 葉, 中村 好秀, 豊原 啓子, 福原 仁雄, 芳本 潤

日本赤十字社和歌山医療センター心臓小児科

Key words:

multi-detector CT, transesophageal echocardiography, transseptal catheter ablation, congenital heart disease, Senning

Efficacy of Multi-detector CT and Transesophageal Echocardiography for Transseptal Catheter Ablation of Congenital Heart Disease

Yo Kajiyama, Yoshihide Nakamura, Keiko Toyohara, Hitoo Fukuhara, and Jun Yoshimoto

Department of Pediatric Cardiology, Japanese Red Cross Society Wakayama Medical Center, Wakayama, Japan

Trans-septal catheter ablation is performed for patients with arrhythmogenic substrates at the left atrium and mitral annulus when the retrograde aortic approach is difficult. The transseptal puncture (TSP) is done under the monitoring of transesophageal echocardiography (TEE) after the detection of the atrial septum using atrial angiography for adult patients. However, the procedure of TSP for pediatric patients with congenital heart disease is difficult with only the conventional techniques because of variations in atrial septal morphology.

We experienced two pediatric cases of transseptal catheter ablation with congenital heart disease (post-operative status of Senning 1, atrioventricular discordance 1). We used cardiac multi-detector CT (MDCT) to identify the atrial septum before the procedure and simulated TSP and the catheter approach to the arrhythmogenic substrate. We then successfully performed TSP with TEE monitoring based on the MDCT images, without complications under general anesthesia.

This combined technique of MDCT imaging and TEE is effective in performing transseptal catheter ablation for pediatric patients with congenital heart disease and unusual atrial septal morphology.

要 旨

左房側に不整脈基質(substrate)が存在し心室側からの逆行性アプローチが困難な症例におけるカテーテルアブレーション治療では心房中隔穿刺術を行い、右房から左房へカテーテル挿入し施術する。しかし、先天性心疾患症例で心房中隔形態が特異な場合は、通常的心房造影と経食道エコーを用いた心房中隔穿刺術の手法のみでは困難なことがある。

今回われわれは不整脈基質が左房側にあることが予想された先天性心疾患を有する2症例(Senning手術後1例、房室錯位1例)に対し、アブレーション手術前に心臓造影MDCT撮影を行い、心房中隔形態を評価し心房中隔穿刺術のシミュレーションを行った。その後、術中全身麻酔下に経食道エコーを用いてカテーテルを誘導しシミュレーションに沿った穿刺術を合併症なく施行することができた。正常と異なる心房中隔形態での穿刺術において、心臓造影MDCTと経食道エコーとの併用が有用であった。

はじめに

不整脈治療におけるカテーテルアブレーションでは、左房側に不整脈基質が存在する場合、経動脈的に心室から焼灼を行う逆行性アプローチと心房中隔を経由して経静脈的に左房から焼灼を行う順行性アプ

チがある。心房中隔欠損があれば欠損孔を経由してアブレーションカテーテルを不整脈の原因となっている部位へ到達させることができる¹⁾が、欠損孔がない場合は心房中隔穿刺術(transseptal puncture : TSP)を要する。

このたびわれわれは特異な心房中隔形態を示す先天性心疾患患者2例において、心臓造影multi detector CT

平成19年9月10日受付

平成20年4月28日受理

別刷請求先：〒640-8558 和歌山市小松原通4-20

日本赤十字社和歌山医療センター心臓小児科 中村 好秀

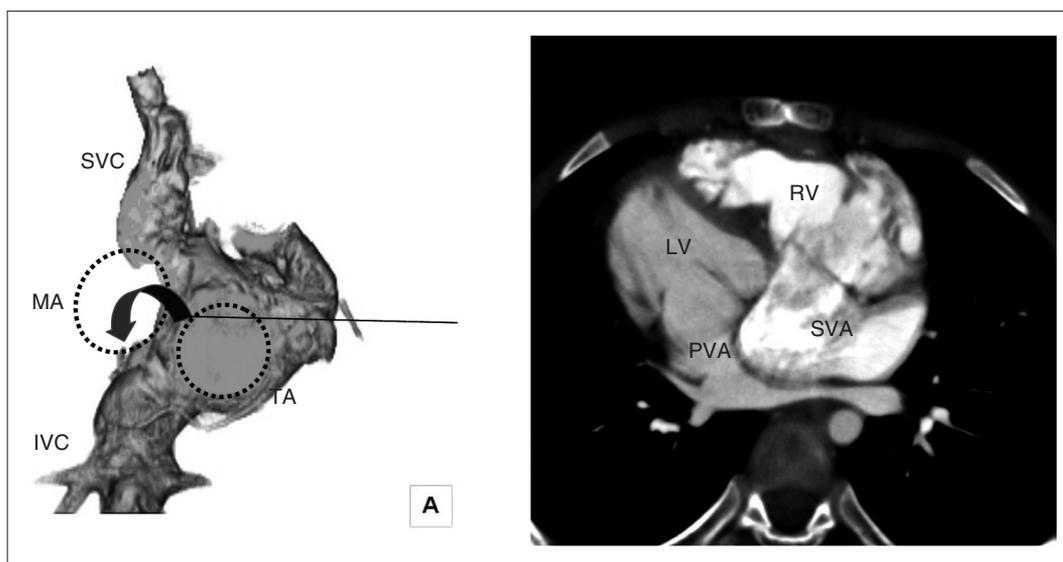


Fig. 1 A: This figure demonstrates the systemic venous atrium and the intra-atrial septum. The curved arrow simulates the catheter approach after transseptal puncture (TSP). The horizontal line shows the puncture level. B: Two-dimensional view of MDCT at the puncture level. MA: mitral annulus, TA: tricuspid annulus, SVC: superior vena cava, IVC: inferior vena cava, LV: left ventricle, RV: right ventricle, PVA: pulmonary venous atrium, SVA: systemic venous atrium

(MDCT)と術中経食道エコー(transesophageal echocardiography: TEE)を用いてTSPを行い、アブレーション治療を合併症なく成功できたので報告する。

1. 症例 1

10歳男児，身長136cm，体重27kg。

基礎心疾患は右胸心，心房正位，心室位Lループ，大血管関係はL positionの両大血管右室起始症，肺動脈狭窄症，三尖弁閉鎖不全にて6歳時にSenning手術およびRastelli手術を施行された。術後より頻回に心房粗動が認められ，薬物抵抗性であったため当院紹介となった。

心房粗動は僧帽弁周囲を巡回する回路が予想されたが，Senning術後であるため僧帽弁輪から下大静脈までの電気的ブロックラインを形成するには機能的左房(pulmonary venous atrium: PVA)から機能的右房(systemic venous atrium: SVA)を経由する必要がある。そのため術前に心臓造影MDCTを撮像し上大静脈狭窄の有無や心房中隔壁の形態評価を行った。心臓造影MDCTはAquilion® 64列(東芝)を用い心電図非同期にて撮像を行った。なお画像解析はZiostation®(アミン)を用いて行った。

心臓造影MDCT画像より心房中隔壁形態と僧帽弁輪および下大静脈の位置関係を検討した。三尖弁逆流に

よるSVA拡大のために心房中隔は右側に強く張り出した形で弯曲し，穿刺可能な部位はその前方と思われた。弯曲面後方に穿刺針が向けば肺静脈を傷つける可能性が高く，また弁輪へのカテーテルアプローチが困難となる。さらに穿刺孔周囲はカテーテルが届かず焼灼できないため，弁輪から心房中隔壁までブロックラインを作るためにはアブレーションカテーテルは弁輪より高い位置でPVAに挿入されなければならない。これらの条件を満たした心房中隔壁での横断面を二次元CT画像で確認した(Fig. 1)

手術に先立って行われた電気生理検査で，心房粗動中のSVAのelectroanatomical mapを行ったところ，SVAの興奮は頻拍周期を満たさず頻拍回路のPVA側の関与が強く疑われた。TEEプローベを挿入し，穿刺予定部位での二次元CT画像に相当するエコー断層像を描出したのちロングシース(Preface® guiding sheath, multipurpose short curve, 8F)(Johnson & Johnson)およびブロックプローブを誘導した(Fig. 2)。TEEモニタリング下にTSPを施行し合併症なくPVA側へアブレーションカテーテルを進めることができた(Fig. 3)。頻拍発作下にPVAをelectroanatomical mapping system(CARTO®)にてマッピングし僧帽弁周囲を巡回する心房粗動と診断した。PVA側からは僧帽弁輪-心房中隔まで，続けてSVA側から心房中隔-下大静脈までを焼灼し電気的ブ

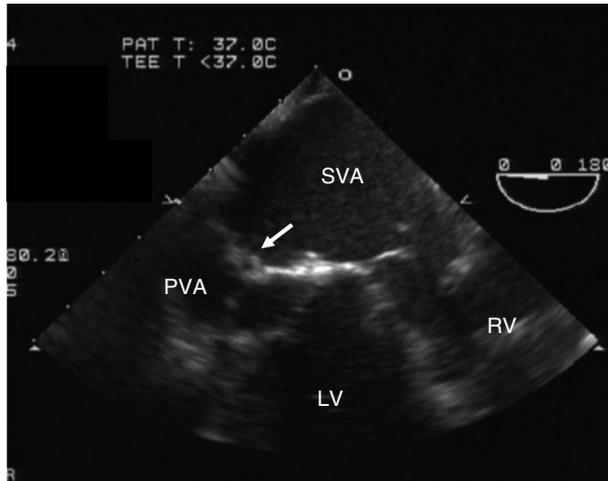


Fig. 2 Trans-esophageal echocardiography at the puncture level. This image is equal to the two-dimensional image of MDCT. Arrow indicates the tip of the Brockenbrough needle. PVA: pulmonary venous atrium, SVA: systemic venous atrium, RV: right ventricle, LV: left ventricle, RV: right ventricle

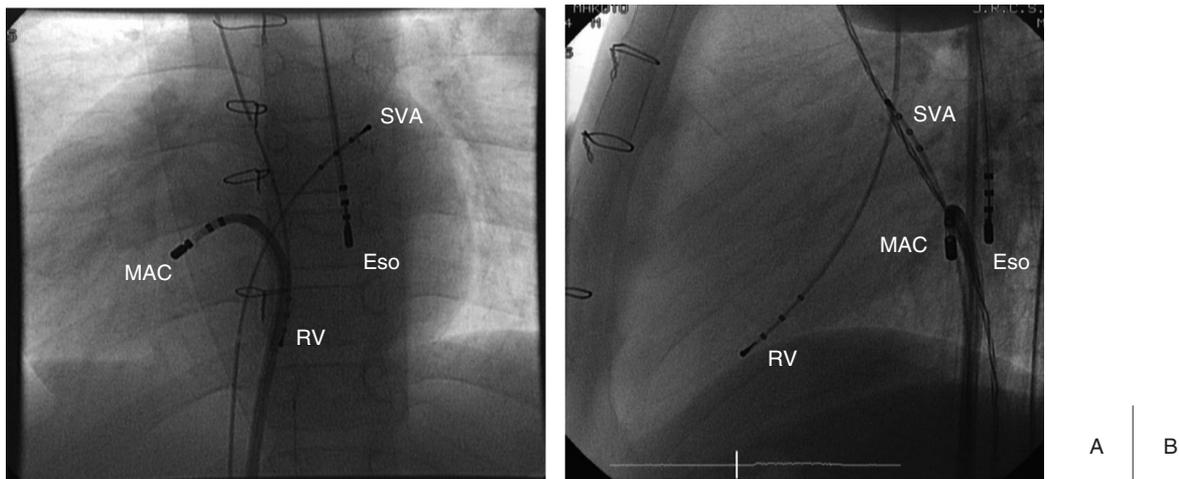


Fig. 3 Anteroposterior (A) and lateral (B) fluoroscopic views of the mapping and ablation catheter (MAC) in the pulmonary venous atrium. RV: right ventricle catheter, SVA: systemic venous atrium catheter, Eso: esophageal catheter

ロックラインを形成することができた(Fig. 4)。術後経過は良好で、術後9カ月の時点で再発を認めていない。

2. 症例 2

2歳女児，身長80.4cm，体重10.3kg。

基礎心疾患は右胸心，心房正位，心室位Lループの両大血管右室起始症，肺動脈閉鎖症にて0歳時に右の，2歳時に左のBlalok-Taussig(BT)shunt手術を施行された。2回目のBT shunt術後より頻回に発作性上室性頻脈が認められ薬物抵抗性であったため当院紹介となった。

安静時の心電図でΔ波は認めなかったが，頻脈発作

時の心電図で逆行性P波が認められ潜在性WPW(Wolf-Parkinson-White)症候群が疑われた。また逆行性P波はI誘導で陰性であり三尖弁側に副伝導路の存在が疑われたが，心房中隔壁に欠損孔はなくTSPを行い順行性にカテーテルを左房に挿入し弁輪周囲のマッピングを行う方法と，逆行性に経大動脈から右室にカテーテルを挿入し弁輪周囲のマッピングを行う方法とが考えられた。そのため，アブレーション手術前に心臓造影MDCTを撮像し心房中隔壁の形態評価と房室弁との関係評価を行った。心臓造影MDCT撮影方法と解析方法は症例1と同様に行った。

三次元構築した心臓造影MDCT画像より心房中隔壁形態と三尖弁との位置関係を検討した。房室錯位症例

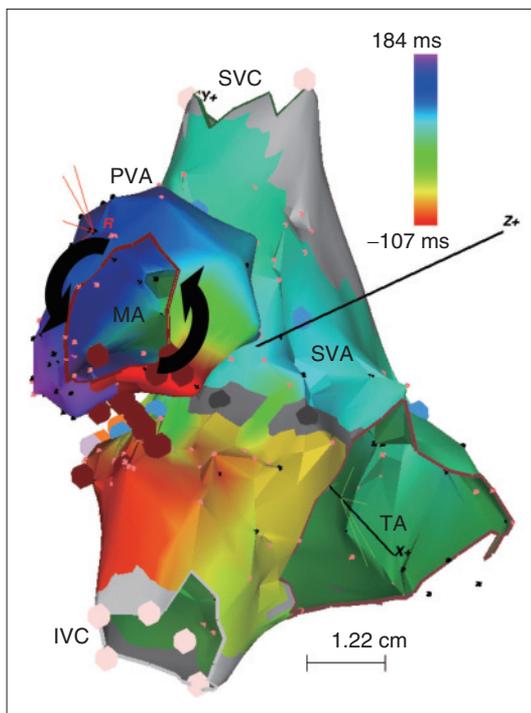


Fig. 4 Electroanatomical map of SVA and PVA. Arrows show the activation pattern of PVA during atrial flutter. Red tags indicate the linear ablation points from MA to IVC. PVA: pulmonary venous atrium, SVA: systemic venous atrium, TA: tricuspid annulus, MA: mitral annulus, IVC: inferior vena cava, SVC: superior vena cava

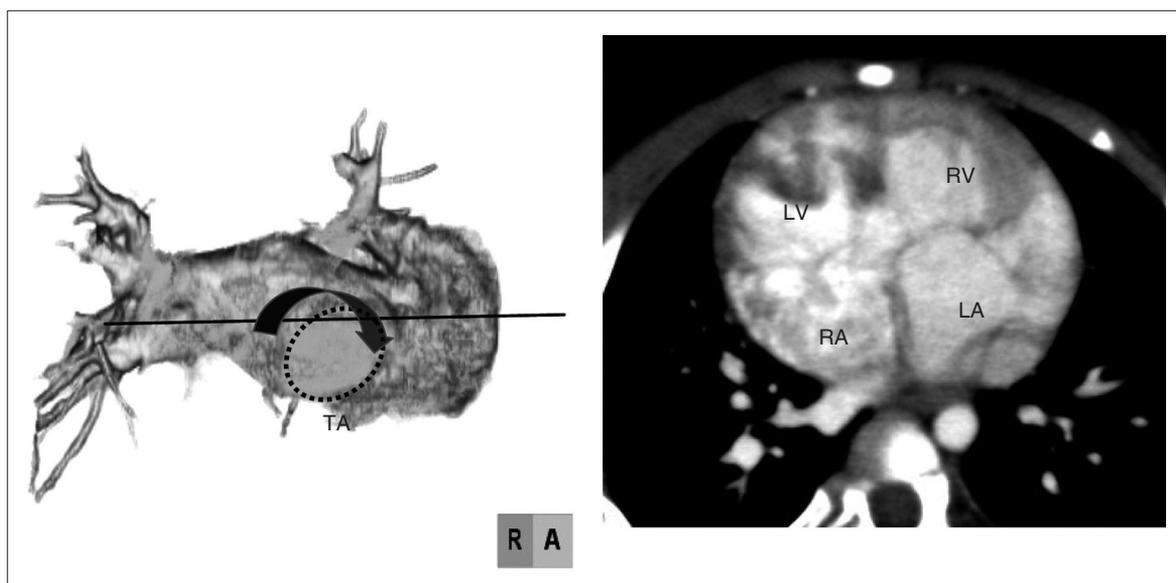


Fig. 5 A: This figure demonstrates the LA and intra-atrial septum. The curved arrow and the horizontal line are same as in Fig 1. B: Two-dimensional view of MDCT at the puncture level. TA: tricuspid annulus, RA: right atrium, LA: left atrium

A | B

では心房中隔は正常より垂直に起立した形態をしており左右への傾きが少ない。その分穿刺可能な心房中隔は小さく、後方に穿刺針が向けば肺静脈を傷める可能性が高い。また、副伝導路を確認するためにはアブレーションカテーテルで三尖弁周囲をくまなくマッピ

ングする必要があるため、弁輪と穿刺孔とは一定の距離が必要である。これらの条件を満たした心房中隔壁での横断面を二次元CT画像で確認した(Fig. 5)。

手術に先立って行われた電気生理検査では、頻拍発作中に記録された冠状静脈洞電極カテーテルでの心房

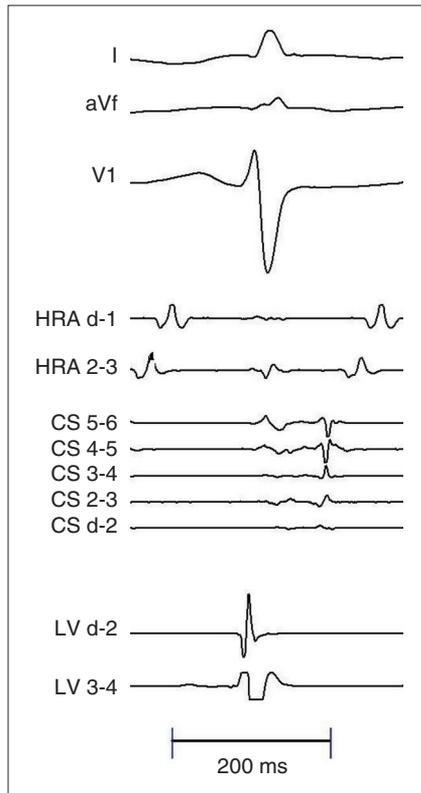


Fig. 6 This figure shows surface electrocardiographic leads I, aVf, and V1 and endocardial leads recorded during tachycardia. Excitation of the left atrium is earlier than that of the right atrium.
HRA: high right atrium, CS: coronary sinus, LV: left ventricle

興奮が高位右房より早く (Fig. 6), 三尖弁輪に副伝導路をもつ潜在性WPW症候群と診断した。潜在性WPW症候群のアブレーション治療では通常, 心室刺激を行いながら心房の最早期興奮部位を確認するが, 経大動脈的に心室から房室弁輪周囲をマッピングする逆行性アプローチでは房室弁輪の心房側をマッピングするカテ操作に制約があり, 心房壁とアブレーションカテテルの接触も不良な場合が多い。そのため, 当施設では正確な副伝導路のマッピングのために, 体心室側に副伝導路をもつ潜在性WPW症候群においては順行性アプローチを選択している。TEEプローベを挿入し, 穿刺予定部位での二次元CT画像に相当するエコー断層像を描出したのちロングシース (Swartz™ introducer SR0, 8F St. Jude Medical) およびブロッケンブロー針を誘導した (Fig. 7)。TEEモニタリング下にTSPを施行し合併症なく左房側へアブレーションカテテルを進めることができた (Fig. 8)。心室ペーシング下に三尖弁輪の最早期興奮部位をCARTO®でマッピングし三尖弁

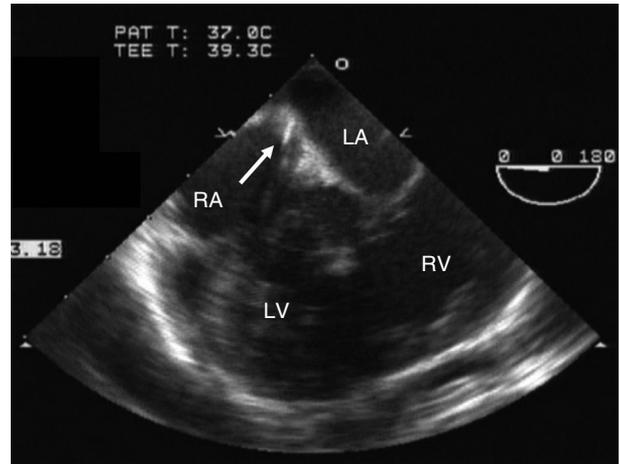


Fig. 7 Transesophageal echocardiography at the puncture level.
This image is equal to the two-dimensional image of MDCT. The arrow indicates the tip of the Brockenbrough needle.
RA: right atrium, LA: left atrium, RV: right ventricle, LV: left ventricle

輪後壁に副伝導路の存在を確認した。同部位にて焼灼を行い1回の通電で副伝導路を離断することができた。術後経過は良好で, 術後6カ月の時点で再発を認めていない。

考 察

不整脈治療におけるTSPを伴うカテテルアブレーションは, 近年では成人における心房細動の治療において多用されている。通常のTSPにおいては, 穿刺に先立ち右房を正面および側面で造影し, 心房中隔壁を確認し卵円窩にロングシースの先端を留置する。ロングシース内にブロッケンブロー針を通し卵円窩に固定したうえで背側に向かって穿刺し, 穿通できればブロッケンブロー針を支えにロングシースを左房側へ留置させる。この際穿刺に十分な左房腔が針を進める方向にあることを確認し, 左房壁を傷めないようにすることが重要である。TEEにてこれらの手技を確認しながら行えば, より安全にTSPを行うことができる。しかし, 先天性心疾患患者において心房中隔壁構造が正常と異なる症例においてはこれらの手技を通常どおり行えるとは限らず, 造影のみで施行するには経験を要する²⁾。また, 循環動態の不安定な患者においてはTSP後のカテテルアブレーションが速やかに行えるよう, 不整脈基質と思われる部位へのカテテルアプローチが行いやすい部位で穿刺を行うのが理想的である。

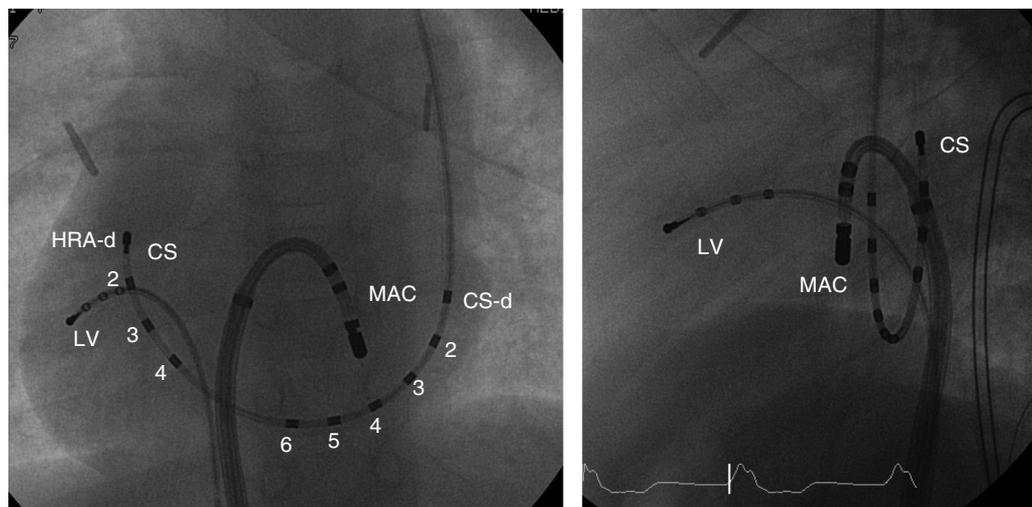


Fig. 8 Anteroposterior (A) and lateral (B) fluoroscopic views of the mapping and ablation catheter (MAC) in the left atrium.
HRA: high right atrium, LV: left ventricle catheter, CS: coronary sinus catheter via persistent left superior vena cava

今回、われわれは64列MDCTを用いて心房中隔と房室弁との関係を三次元的に確認し、不整脈基質が存在すると思われる部位、および用いるアブレーションカテーテルの形態を踏まえ不整脈基質にアプローチしやすいTSPの穿刺部位を確認した。しかし、術中のカテーテル誘導にはリアルタイムでカテーテルの位置を確認することが必要である。そのため穿刺予定部位での二次元CT画像を参考に、TEEで同様の視野を検出しロングシースの位置、穿刺方向を誘導しながらTSPを行った。これは胸腔内で食道が心臓後方を椎体とほぼ平行に走行しているために二次元CT画像と同様の画像が容易に描出できるためである。また、この断面は心房中隔がロングシースおよびブロッケンブロー針によって伸展している様子が観察しやすく、穿刺術の誘導に適していた。この際、適切な穿刺方向にブロッケンブロー針が向かない場合は針先を指で形成することで上手く穿刺できることがある。心房中隔形態と穿刺部位を踏まえ、ロングシースの選択を症例に合わせて行うことも重要である。

その後、CARTO®を用いて不整脈基質を明らかにしたのちアブレーションを行った。心房間スイッチ術後で不整脈基質が左房側にある場合、本システムが有効であったとする報告は多いが³⁻⁶⁾マッピングカテーテルは成人用の弯曲の大きな規格しか利用できない。小児の小さな左房内での操作性を考慮し穿刺部位を決定したことで、その後の手技が容易になったと考える。

このように、心臓造影MDCTによる三次元シミュ

レーションを二次元画像に変換し、術中のカテーテルガイドとして応用したのであるが、2症例ともに合併症なく迅速にTSPを行うことができ、カテーテルアブレーションを成功させることができた。本手技は心房間交通がなく、心房中隔が特異的な患者におけるTSPの安全性および確実性を高めるのに有効であったと考える。また2症例とも、翌日の心エコー検査では心房中隔穿刺術後の心房間交通を示す所見は認めなかった。

心臓造影MDCTは、体格や肺に影響されることなく明瞭に心内外の形態評価が行えるデバイスとして近年広く用いられている。しかし造影剤の使用や被曝を伴うことを考慮しなければならない。これに代わり得るものとして経胸壁3Dエコーや経食道3Dエコー、心臓MRIが挙げられる。経胸壁3Dエコーは、学童期以上の小児において上・下大静脈を含む心房の全体像をとることは困難である。またTEEは、小児では全身麻酔が必要であり繰り返し行える検査ではなく、術前の心内構造評価、TSPのシミュレーションとして行うには侵襲が大きい。また小児用経食道3Dエコープローブはまだ実用化されていない。心臓MRIは明瞭な画像が得られれば今後心臓造影MDCTに代わると期待されるが、撮像に時間を要する。

今回、われわれはTEEを用いてカテーテルの位置確認や誘導を行ったが、当院における小児のカテーテルアブレーションでは、全例に人工呼吸器を用いた全身麻酔を行っているために患者に過剰の負担を与えるこ

となく施行することができた。類似の視野は経胸壁エコーでも検出可能だが、TEEのほうが透視を用いたカテーテル操作の視野に与える影響は小さく、また心房中隔を明瞭に検出する点で優位と考えられた。これまでに心内エコーを用いてカテーテルを誘導した報告がある⁷⁾が、小児においては心房内でのカテーテルの操作の障害となり、また比較的大きなシース挿入を必要とするため血管損傷の危険もある。TEEを用いてより少ない血管内カテーテルで治療を行うことは重要であると考える。

今回われわれは先天性心疾患患者に対し、心臓造影MDCTおよびTEEを用いてTSPの一連の手技に対する術前シミュレーションから術中のカテーテルモニタリングまで行い、安全に治療を行うことができた。同様の手技を用いてfenestrationを介したFontan術後患者の心房内カテーテルアブレーションのカテーテル誘導など、さまざまな先天性心疾患患者のカテーテル治療に応用できるものと考えている。

本論文の要旨は第18回日本心エコー図学会学術集会(2007年4月、長野県北佐久郡)において発表した。

【参考文献】

- 1) Dong J, Zrenner B, Schreieck J, et al: Necessity for biatrial ablation to achieve bidirectional cavotricuspid isthmus conduction block in a patient following senning operation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2004; **15**: 945–949
- 2) El-Said HG, Ing FF, Grifka RG, et al: 18-year experience with transseptal procedures through baffles, conduits, and other intra-atrial patches. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000; **50**: 434–439
- 3) Perry JC, Boramanand NK, Ing FF: “Transseptal” technique through atrial baffles for 3-dimensional mapping and ablation of atrial tachycardia in patients with d-transposition of the great arteries. *J Interv Card Electrophysiol* 2003; **9**: 365–369
- 4) Sardana R, Chauhan VS, Downar E: Unusual intraatrial reentry following the Mustard procedure defined by multisite magnetic electroanatomic mapping. *Pacing Clin Electrophysiol* 2003; **26**: 902–905
- 5) Sokoloski MC, Pennington JC 3rd, Winton GJ, et al: Use of multisite electroanatomic mapping to facilitate ablation of intra-atrial reentry following the Mustard procedure. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2000; **11**: 927–930
- 6) Zrenner B, Dong J, Schreieck J, et al: Delineation of intra-atrial reentrant tachycardia circuits after mustard operation for transposition of the great arteries using biatrial electroanatomic mapping and entrainment mapping. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2003; **14**: 1302–1310
- 7) Kedia A, Hsu PY, Holmes J, et al: Use of intracardiac echocardiography in guiding radiofrequency catheter ablation of atrial tachycardia in a patient after the senning operation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2003; **26**: 2178–2180