

CTを用いたSHD治療の工夫

社会医療法人孝仁会北海道大野記念病院画像診断部 | 増広 諭

はじめに

近年、構造的心疾患（Structural Heart Disease : SHD）に対する様々なインターベンションのデバイスが保険償還されており、その中で心臓CT（Cardiac Computed Tomography Angiography : CCTA）がSHD治療に欠かせない位置付けとなってきている。

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の流行により医療従事者の感染防護及び院内感染拡散防止の観点から、経食道心エコー図検査（Trans Esophageal Echocardiography : TEE）が施行しにくい状態となっ

ている事もあり、当院では術前に腎機能等に問題がなければ積極的にCCTAを撮影している。被曝には常に配慮が必要であるがSHD治療対象構造物と他の心構造物との三次元な位置関係が明瞭に描出されるだけでなく、任意の角度で観察可能である点、冠動脈病変のスクリーニングも可能となる点、等々の利点は大きい。

当院概要

当院のCT装置はSOMATOM Definition Flash

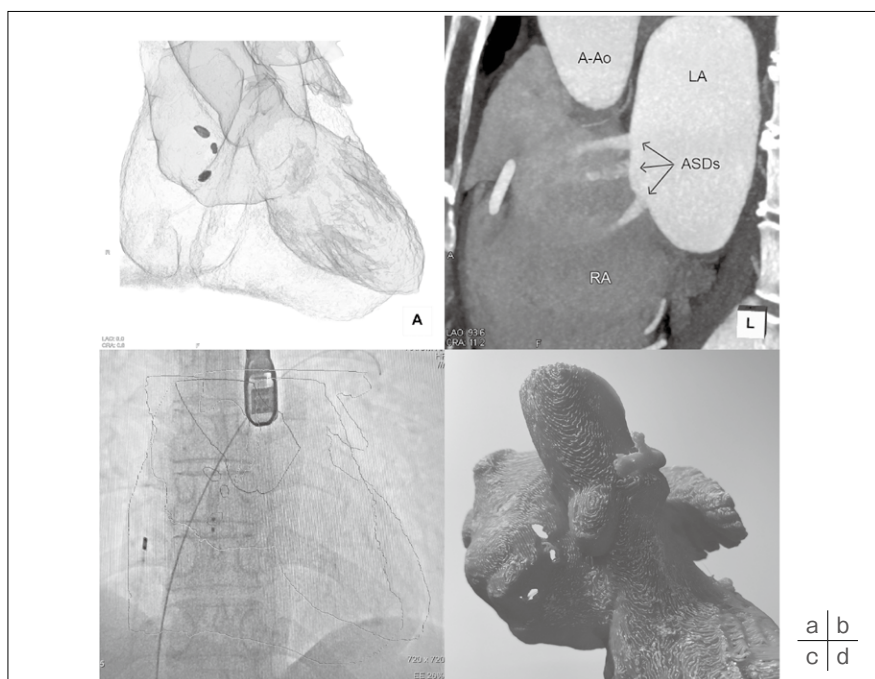


図1 ASD多孔症例

- a : ASDs (黒楕円) の位置関係が把握できるVR
- b : ASDs の位置関係が把握できるMPR
- c : 3Dロードマップ「EP Planning」による透視ナビゲーション
- d : 3Dプリンターのモデル

→巻頭カラー参照

(SIEMENS Healthineers社)を使用している。このCTは二管球搭載装置で時間分解能が高く、循環器領域における撮影に優れている。汎用画像診断装置ワークステーションZio station 2 (アミン株式会社)を使用しVR (Volume Rendering) やMPR (Multi Planar Reconstruction) などの画像を作成している。VRは治療対象構造物と他の心構造物との三次元的な位置関係を表示することを目的としており、MPRはTEEで描出する角度と近似した画像を作成している。

撮影したCCTAのデータを血管撮影装置Artis Zee Biplane Pure (SIEMENS Healthineers社)に取り込み3Dロードマップ「EP Planning」のアプリケーションを用いて、心構造物の輪郭を透視上に重ね合わせデバイス留置のナビゲーションとして使用している。通常「EP Planning」のアプリケーションはカテーテルアブレーション治療に用いられるものをSHD治療に応用しており、透視上で解剖学的な位置を認識することで、新規SHD手技の開始初期フェーズにおける治療支援ツールとして非常に有用であった。

近年、医療分野において3Dプリンターの使用が普

及してきており当院でもUPBOX (Beijing Tiertime Technology 社) のABS樹脂 (Acrylonitrile Butadiene Styrene共重合合成樹脂) を用いて作成している。CCTAで得られた撮影データを使用しZio station 2を用いて中空モデルを作成する。次に、作成したデータをSTL変換し3Dプリンターでモデルを作成する。解剖学的な理解を深めたり、デバイスを3Dモデルに留置しサイズの選択予測をしたりと術前シミュレーションに有用である。しかし、息止め不良やアーチファクト等があると3Dモデルに反映されてしまう為、3Dプリンターに限った事ではないが正確な撮影や適切な再構成が求められる。

経カテーテル閉鎖術

1. 経皮的ASD/PFO閉鎖術

心房中隔欠損症 (Atrial Septal Defect : ASD) は胎児期に心内膜床から上方と下方に隆起して発達する心房中隔壁の形成不全による先天性心疾患であり、

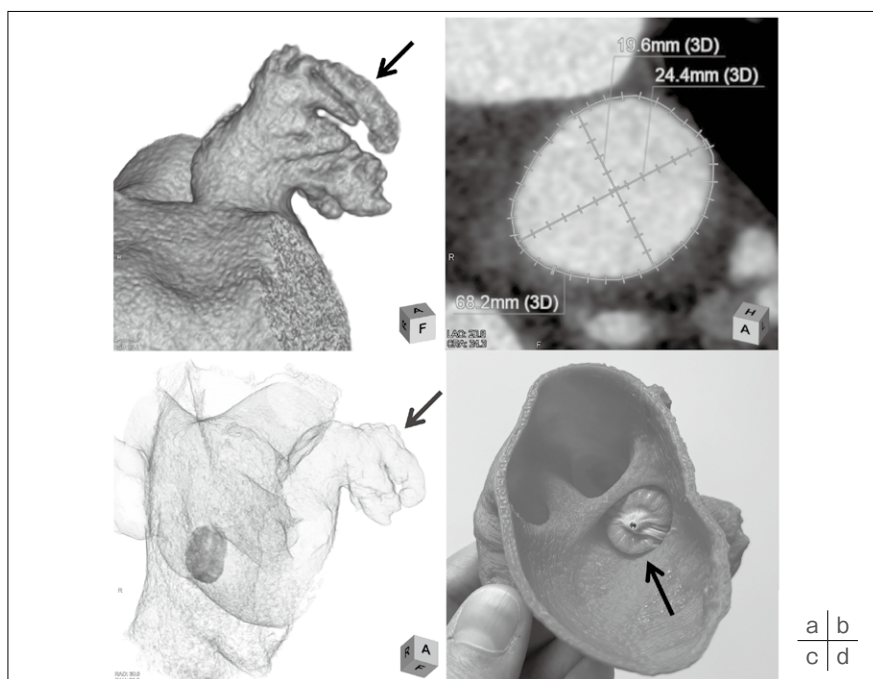


図2 左心耳閉鎖術

- a: LAA (矢印)形態評価の為のVR
- b: LAA入口部径をMPRにて計測
- c: 中隔穿刺時に卵円窩(黒楕円)とLAA (矢印)との位置関係を示すVR
- d: 3Dプリンターで作成した立体モデルに閉鎖栓(矢印)を挿入

→巻頭カラー参照

1,000人に1人の疾病率である。経皮的ASD閉鎖術の治療適応は二次孔型欠損のみであり、症状の有無に関わらず右心系の拡大症例、あるいは奇異性塞栓症やPOS (Platypnea Orthodeoxia Syndrome) の既往症例、肺体血流比 (Qp/Qs) が1.5以上となる症例である。CCTAでは両心房間に欠損像があり、通常左房から右房に向かってジェットが見られる。欠損孔の病型、位置形態、rimの評価、先天性心疾患に合併するPLSVC (Persistent Left Superior Vena Cava)、PAPVR (Partial Anomalous Pulmonary Venous Return)、ARSA (Aberrant Right Subclavian Artery) などの心血管奇形の画像評価も行なっている。また、CCTAとTEEでの欠損孔の計測値は相関¹⁾する事からTEE禁忌やTEE施行困難症例での代用検査としても有用である。

ASD多孔症例を図1に示す。VRとMPR共にASDsの位置関係を明瞭に表示出来ている (図1a、b)。また、透視ナビゲーションでは赤枠線がASDsで下段のASDには閉鎖栓が留置され、上段ASDにはガイドワイヤー

が通過しておりCCTAと透視との整合性が得られている (図1c)。3Dプリンターで作成したモデルと閉鎖栓を用いてシミュレーション等も可能である (図1d)。

卵円孔開存 (Patent Foramen Ovale : PFO) は胎児期に母体臍帯血が卵円孔を介して右心房から左心房に流入しており、出生後に左房圧の上昇により癒着閉鎖するはずの一次中隔と二次中隔の癒着不全によるトンネル構造であり、一般健常人の約15~27%が有していると報告されている²⁾。本邦における経皮的PFO閉鎖術の治療適応は現時点で、静脈系で形成された血栓塞栓子がPFOを介して生じる奇異性脳塞栓症に対する二次予防のみである。CCTAでは両心房間に一次中隔と二次中隔からなるフラップが存在し、安静時にフラップを介して左房から右房下方に向かう造影所見がしばしば見られる。PFOではASDと同様に心血管奇形の評価、PFO以外の左右短絡路疾患 (特に肺動静脈瘻) の検索や、上行大動脈から弓部大動脈の粥種、左心耳内血栓、左室内血栓などの塞栓源検索なども併せて行

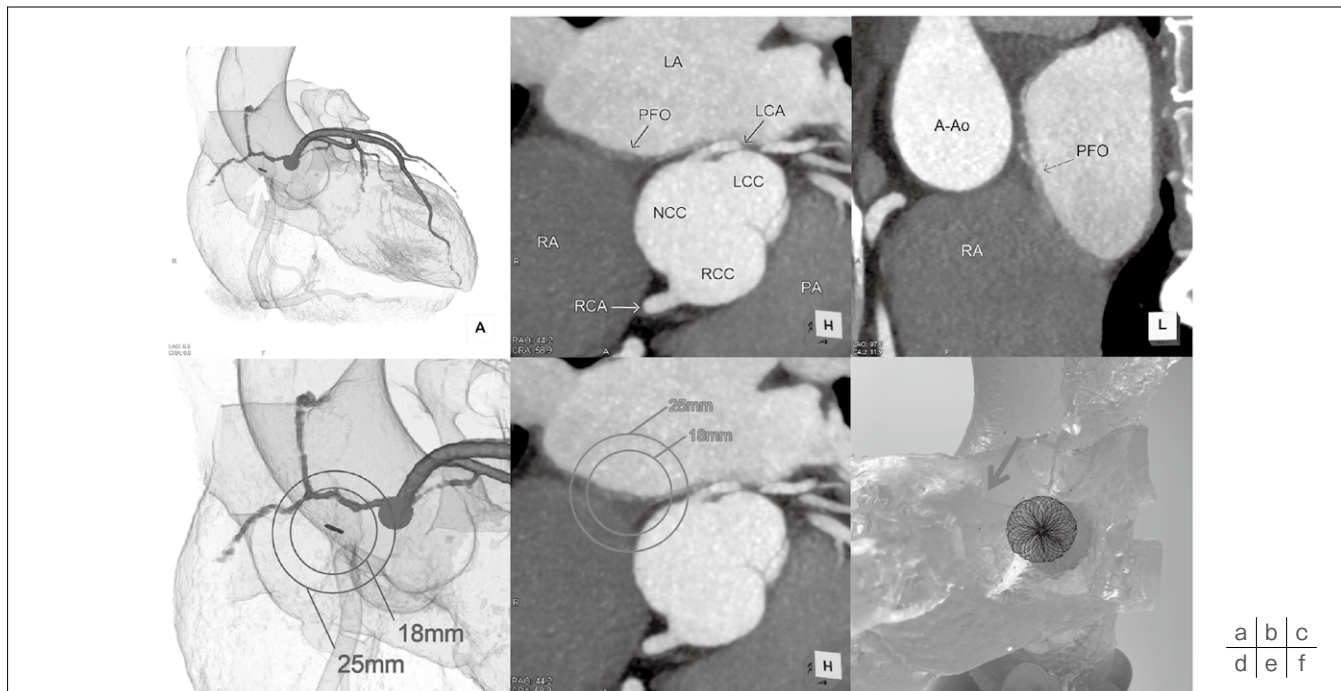


図3 PFO閉鎖術前

- a : PFO (矢印)・LCANCS・SNAの位置関係が把握できるVR
- b : PFO・LCANCS・SNAの位置関係が把握できるMPR
- c : PFOがスリット状に描出されるMPR
- d : PFOを中心にLA discサイズの円を表示しSNAに干渉するかシミュレーションしたVR
- e : PFOを中心にLA discサイズの円を表示しLMCAに干渉するかシミュレーションしたMPR
- f : 3Dプリンターで作成したモデルに対してAPOをはめ込みLMCA (矢印)に干渉するかを後方からシミュレーション

→巻頭カラー参照

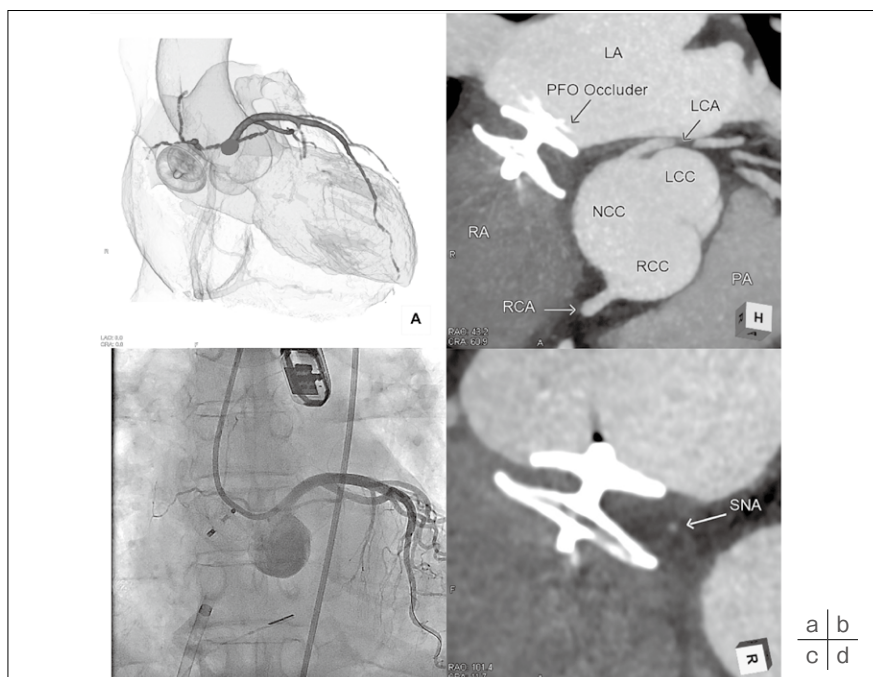


図4 PFO閉鎖術後

- a: APO・LCANCS・SNAの位置関係が把握できるVR
b: APO・LCANCS・SNAの位置関係が把握できるMPR
c: APO留置直後の左冠動脈造影
d: APOとSNAのMPR

→巻頭カラー参照

なっている。

2.経皮的左心耳閉鎖術

左心耳 (Left Atrial Appendage : LAA) は左心房左上部に付着する管状の盲端構造であり、非弁膜症性心房細動患者の約90%において心原性脳梗塞の血栓形成部位となる。左心耳閉鎖術の治療適応は、非弁膜症性心房細動を有しCHADS₂スコア2点以上又はCHA₂DS₂-VAScスコア3点以上、かつHAS-BLEDスコア3点以上、あるいは何らかの理由で長期の抗凝固療法が難しい患者が対象となる。術前スクリーニングにあたって、当院ではCCTAで左心耳の全体像や形態評価、左心耳内血栓の有無、左心耳入口部径を計測し治療適応基準であれば次にTEEとしている。

TEEにて左心耳内のSpontaneous Echo Contrast (SEC) が強く左心耳内血栓を否定できない場合などでCCTAは有用であり、早期相にて左心耳内の造影欠損が見られた場合は、早期相撮影後60秒後の遅延相を撮影することにより左心耳内血栓の鑑別ができることから、左心耳内血栓の有無判定においてCCTAはTEEと比較し

て非侵襲的に高い診断精度を示す^{3, 4)}。また、術後のデバイス周囲リーク (Peri Device Leak : PDL) やデバイス関連血栓 (Device Related Thrombus : DRT) の検出にもCCTAがTEEに代わる手段として有用⁵⁾との報告もある。

施設によっては腹臥位での撮影を行っている報告も見られるが、当院ではCCTAのデータを術中3Dロードマップに使用しており術中体位との整合性が得られるかの検証を行っていない為、現時点では仰臥位での撮影としている。

術前作成画像を図2に示す。

経皮的PFO閉鎖術においてCCTAが有用だった一例

50代女性、朝起床後に観念性失行が出現し近医にて、左頭頂葉梗塞・ESUS (Embolic Stroke of Undetermined Sources) の診断にて入院加療、ESUSの精査にて深部静脈血栓によるPFOを介した奇異性脳

梗塞が強く疑われたため当院紹介となった。当院の検査ではTTE bubble test grade 4・TCD bubble test grade 3であり、TEEにてRest R-L shunt、Long tunnel、ASA (Atrial Septal Aneurysm) が認められたため、ハイリスクPFOであると判断し閉鎖術の積極的な適応となった。

CCTAを撮影し冠動脈に有意狭窄や肺動静脈瘻等の短絡路疾患は見られなかった。しかし、LCAが通常のLCCからではなくNCCより派生している、LCANCS (Left Coronary Artery from Non-Coronary Sinus) であった。さらには、PFO近傍をLCxより派生したSinus Nodal Artery (SNA) が走行していた。PFOとLMCAの距離が近くAMPLATZER™ PFO Occluder (APO) 留置時にLMCAへ干渉する危険性と、過去にASDデバイスがSNAを灌流する動脈に干渉し、運動誘発性の徐脈が生じた症例報告⁶⁾があったことから、LMCAおよびSNAの血流障害を生じるリスクが想定された。ブレインハートチームカンファレンスでは開心術の提案もあったが、全介助が必要な障害児のお子さまがおり長期入院ができず、ご本人の早期退院希望に沿うカテーテル治療の方針となった。

CCTA評価を用いて行なった術前検討内容を図3に示す。

術前シミュレーションの結果APO 25mm (LA disc 18mm) であればLA discによるLMCAの干渉は防げると予想された(図3 e、f)。一方で、SNAはAPO 35mm (LA disc 25mm) のみならずAPO25mmであっても干渉することが想定された(図3 d)。

手技は全身麻酔下で施行した。IVUSでLMCA画像を持続的にモニタリングし、SNAを干渉した場合の徐脈に対し一時的ペースメーカーをスタンバイした。バルーンサイジングからAPO 25mmを選択し留置したところLA discは術前の予想通りLMCAに届かずに済んだ。SNAは両心房discに挟まれる形にはなったが血流障害には至らなかったため、徐脈も出現せず合併症なく手技は終了した。

術後CCTAではAPOのLA discからLMCAまでの距離は離れており明らかな干渉は見られず(図4 b)、SNAは一部が両心房disc間を走行しているものの、圧迫されている様子は見られなかった(図4 d)。また、術後トレッドミルを施行したところ、懸念された運動誘発

性の徐脈等も見られなかった。

本症例では術前CCTA画像を用いて、合併症となり得るリスクの検出や、術前シミュレーション、治療ストラテジー立案、術後評価の各段階において非常に有用な情報を提供し得た症例であったため報告した。

おわりに

SHD治療においてCCTAは形態的評価や術前プランニング、3Dプリンターでのモデル作成、術中の3Dロードマップなど、多岐に渡る活用によってより良い治療ストラテジーや安全な手技への大きな役割を担い得ると考える。また、3Dプリンターモデルを用いたより緻密な手技が、保険償還制度において今後何らかの評価を受けられることを期待したい。

〈文献〉

- 1) Osawa K et al: Comprehensive Assessment of Morphology and Severity of Atrial Septal Defects in Adults by Computed Tomography. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography* 9(4): 354-61, 2015
- 2) Kerut EK et al: Patent foramen ovale: A review of associated conditions and the impact of physiological size. *J Am Coll Cardiol* 38(3): 613-23, 2001
- 3) Romeo J et al: Detection of Left Atrial Appendage Thrombus by Cardiac Computed Tomography in Patients with Atrial Fibrillation. *Circulation Cardiovascular Imaging* 6(2): 185-194, 2013
- 4) Olga L et al: A low-dose, dual-phase cardiovascular CT protocol to assess left atrial appendage anatomy and exclude thrombus prior to left atrial intervention. *Int J Cardiovasc Imaging* 32(2): 347-354, 2016
- 5) Sadia Q et al: Comparison of cardiac computed tomography angiography and transoesophageal echocardiography for device surveillance after left atrial appendage closure. *Euro Intervention* 18(8): 663-670, 2019
- 6) Tsunehisa Y et al: A Novel Mechanism of Atrioventricular Block Following Transcatheter Closure of an Atrial Defect. *JACC Cardiovascular Interventions* 9(19): 2067-2069, 2016