

2022年12月13日放送

先天性心疾患のカテーテル治療の実際

埼玉県立小児医療センター 循環器科
科長 星野 健司

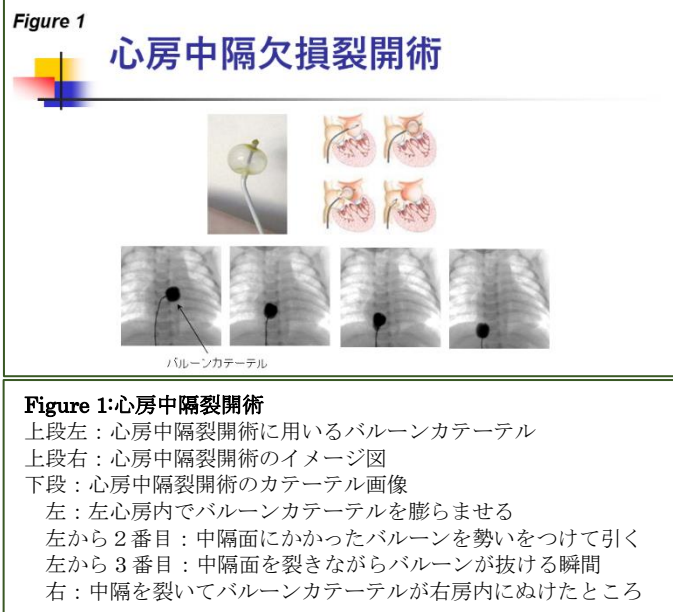
心疾患、特に先天性心疾患に対するカテーテル治療は、日本は諸外国に比べて遅れていました。しかし近年、行政でも変化が見られ、革新的医療機器条件付き早期承認制度、などが取り入れられ、カテーテル治療が急速に進歩しています。

本日は、最も古くから行われてきた、心房中隔裂開術について説明し、その後最近進歩が著しい心房中隔欠損・動脈管開存に対するカテーテル閉鎖術、肺動脈弁に対するカテーテル治療、について説明いたします。

心房中隔裂開術(IC)

世界で最初に行われた先天性心疾患に対するカテーテル治療は、経皮的心房中隔裂開術です。

これは Balloon atrial septostomy : BAS と略します。1966年（昭和41年）に米国の Rashkind 先生らが初めて報告した革新的手技です。完全大血管転換という疾患では、心房間を介して酸素化された血液を全身に循環させることが必要です。心房間が狭小化している時は、BAS と呼ばれる手技が必要になります。日本では1968年に初めてカテーテルによる心房中隔裂開術が行われています。手技は、先端にバルーンがついたバルーンカテーテルを鼠径部より挿入し、卵円孔を



通過させます。先端のバルーン部分が左心房に到達したら、バルーンを膨らませて勢いよく引き抜き、心房中隔に穴を開けます。56年を経た今尚、心房間交通拡大を目的としたカテーテル治療として小児循環器医が習得すべき手技の一つです。従来はメドトロニック社の **Rashkind** カテーテルが使用されていましたが、2020年10月に全面回収され、現在は NuMed 社の **Z-5** というカテーテルが使用されています。

心房中隔欠損閉鎖術(IA)

対象となる心房中隔欠損は **Central type** または二次孔欠損と呼ばれるタイプのものです。心房中隔欠損のカテーテル治療は 1976 年に初めて報告されています。しかし、太いカテーテルが必要で、閉鎖栓も扱いにくかったため、普及しませんでした。その後、様々な改良が加えられた閉鎖栓が考案され、1997 年の Abbott 社の **Amplatzer Septal Occluder** の登場により、心房中隔欠損のカテーテル治療は飛躍的に普及しました。わが国では **Amplatzer** 閉鎖栓は 2005 年に認可され、径 6 mm から 38 mm の閉鎖栓が使用できるようになりました。閉鎖は比較的容易でしたが、大きな問題は **erosion** という合併症でした。こ

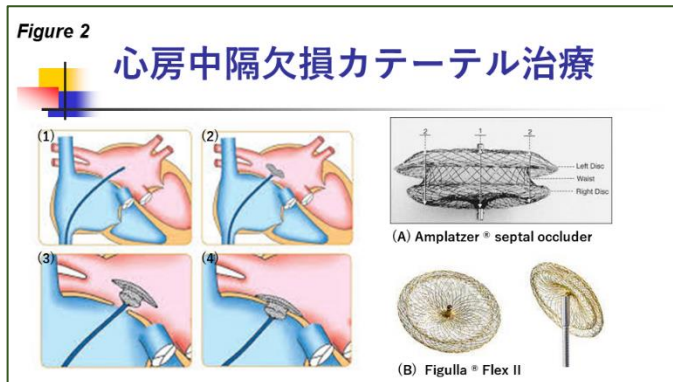


Figure 2 : 心房中隔欠損閉鎖術 1
 左 : Amplatzer ® septal occluder による、心房中隔欠損閉鎖術
 (1) : 心房中隔欠損を通してデリバリーカテーテルを左房内に留置
 (2) : 左房内でデリバリーカテーテルから左房側 disk を展開
 (3) : Waist 部分が欠損孔にはまる様に調整しながらカテーテルを引き戻す
 (4) : 閉鎖栓を欠損孔に密着させる
 右 : Amplatzer ® septal occlude(上)と Figulla ® Flex II (下)

れは、閉鎖栓の disk が心房壁・血管を断続的に圧迫することで、心房壁・血管に亀裂を生じる合併症です。非常に重篤な合併症で、生命に危険が及ぶ可能性があります。2016 年には、わが国で第二の閉鎖栓となる Occlutech 社の **Figulla Flex II** が導入されました。この閉鎖栓は disk の辺縁が **Amplatzer** より柔らかく **erosion** の頻度が減りましたが、依然として一定の頻度で発生していました。2021 年 6 月には、わが国で第三の閉鎖栓となる **GORE** 社の **GORE**

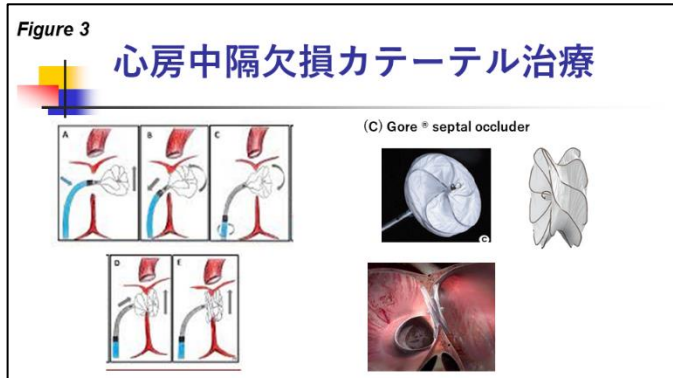


Figure 3 : 心房中隔欠損閉鎖術 2
 左 : Gore ® septal occluder による、心房中隔欠損閉鎖術
 (A) : 心房中隔欠損を通してデリバリーカテーテルから左房側 disk を展開
 (B) : 左房側 disk をゆっくりと引いてくる
 (C) : 左房側 disk を左房表面に密着させる
 (D) : 右房側 disk を右房表面に沿わせて展開
 (E) : 両側 disk が中隔面に並置して心房中隔欠損を閉鎖した状態
 右 : Gore ® septal occluder
 上 : Gore ® septal occluder
 下 : 心房中隔欠損に Gore ® septal occluder を留置したイメージ図

Cardioform ASD occluder が導入されました。従来の閉鎖栓は、欠損孔を挟み込んで閉鎖するも

のでした。GORE Cardioform は、ワイヤーのフレームをゴアテックスで覆ったもので、欠損孔を覆う様にして閉鎖します。現在まで世界で 5 万例以上の治療が行われていますが、erosion の発生は無く、今後の中期から長期成績が待たれる治療方法です。

動脈管開存(1B)

動脈管開存のカテーテル治療は 1967 年に Porstmann らの報告が最初で、その後様々な閉鎖システムを用いた治療法が開発されてきました。わが国でも 1990 年代前半からコイルを用いた動脈管の閉鎖術が普及してきました。しかし、3mm を超える太い動脈管のコイル治療は、不確実な面がありました。2008 年 Abbott 社の Amplatzer Duct Occluder I (ADO I) と呼ばれる閉鎖栓の使用が可能となり、動脈管のカテーテル治療は大きく変化しました。これは片方に disk がある閉鎖栓で、これまで困難であった 3mm 以上の太い動脈管の治療が安全・確実に行える様になりました。

2018 年には両側に disk がある Amplatzer Duct Occluder II (ADO II)

が使用可能となりました。これにより、これまで困難であった、複雑で太い形態の動脈管の治療も可能となりました。さらに 2019 年には、Amplatzer Duct Occluder II Additional size (通

称 Piccolo) の登場で、動脈管のカテーテル治療はさらに大きく変わりました。Piccolo は 700g 以上の低出生体重児の動脈管治療を目的とした閉鎖栓です。しかし、従来コイルで閉鎖していた殆どの動脈管は Piccolo での閉鎖が安全かつ容易に可能となり、治療戦略も大きく変わりました。最近の我々の治療方針は、2mm 以下は Piccolo を第 1 選択とし、2mm 以上では ADO I, II 等を選択しています。日本では、低出生体重児のカテーテル治療はまだ軌道に乗っていませんが、近い将来 700g 以上の低出生体重児から成人までの殆どの動脈管は、カテーテルでの治療が主流になり、外科手術は少なくなると考えられます。

肺動脈弁に対するカテーテル治療(1A)

肺動脈弁は半月型の 3 枚の薄い膜 (弁尖) でできています。肺動脈弁狭窄は、弁尖の一部が癒合し開放が制限される疾患です。肺動脈弁狭窄症に対するカテーテル治療は 1982 年に Kan 先生が最初の報告をしています。現在、肺動脈弁狭窄に対する治療は、カテーテル治療が第一選択となり、単独の肺動脈弁狭窄に対する外科手術は、殆ど行われなくなっています。



Figure 4 : 動脈管開存に使用される閉鎖栓
 上：日本で使用される主な閉鎖栓
 左から、Flipper coil と Gianturco coil (現在は使用されていない)、Amplatzer duct occluder I、Amplatzer duct occluder II、Amplatzer duct occlude II Additional size (Piccolo)、Amplatzer vascular plug II (動脈管に対しては適応外使用)
 下：海外で使用されているが日本で承認されていない閉鎖栓
 左から、Occlutech PDA occluder、CeraFlex PDA occluder、Nit-occluded PDA-R、Nit-occluded PDA

肺動脈弁狭窄に対するカテーテル治療で、現在最も難度が高いのは、閉鎖した肺動脈弁（肺動脈弁狭窄の極型と考えてください）に対するカテーテル治療です。純系肺動脈閉鎖（IIaC）という疾患で、肺動脈弁が膜様に閉鎖しています。以前は細く硬いガイドワイヤーで閉鎖した肺動脈弁を穿通し、その後バルーンカテーテルで肺動脈弁の癒合部を拡張していました。しかし、これは非常に難度が高く危険性もある手技でした。2013年4月に高周波カテーテルが保険適用と

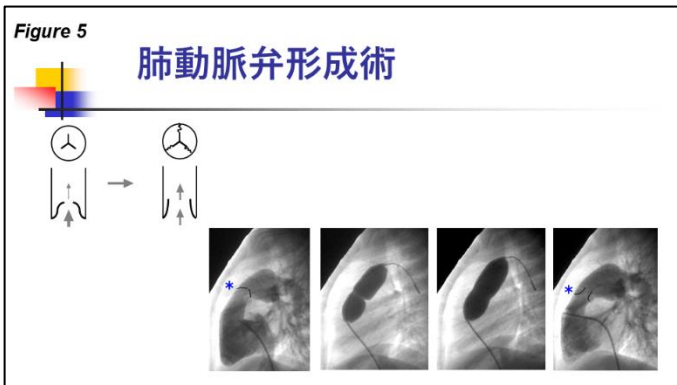


Figure 5: 肺動脈弁形成術

左上：肺動脈弁形成術の模式図、癒合した肺動脈弁の癒合部：（左）が、バルーンで拡張後に広がる（裂ける）：（右）
 右下：バルーン肺動脈弁拡張（形成）術
 左：バルーン拡張前の右室造影、肺動脈の開放制限がある（*）
 左から2番目：癒合した肺動脈弁でバルーンにくびれ（waist）ができる
 左から3番目：バルーンを拡張してくびれ（waist）がとれる
 右：バルーン拡張後の右室造影、肺動脈弁の開放制限が解除される（*）

なり、肺動脈弁の穿通が比較的容易になりました。しかし、3kg 前後の新生児の小さな心臓の中にカテーテルを挿入し、閉鎖した肺動脈弁まで到達するには高度な経験が必要です。

最後にファロー四徴症という疾患の治療について説明します。疾患の詳細は時間の関係で省略いたしますが、右室流出路から肺動脈の狭窄が問題となる疾患で、生涯に複数回の手術を必要とする場合があります。狭窄が高度で、肺血流が少ない場合は、新生児から乳児期に鎖骨下動脈など大動脈の分枝と肺動脈を人工血管でつなぐ modified Blalock Taussig shunt(BT shunt)という手術が行われていました。近年海外では BT shunt に代わる手技として右室流出路にステントを留置する手技が行われ、良好な成績をおさめています。右室流出路ステントは、右心

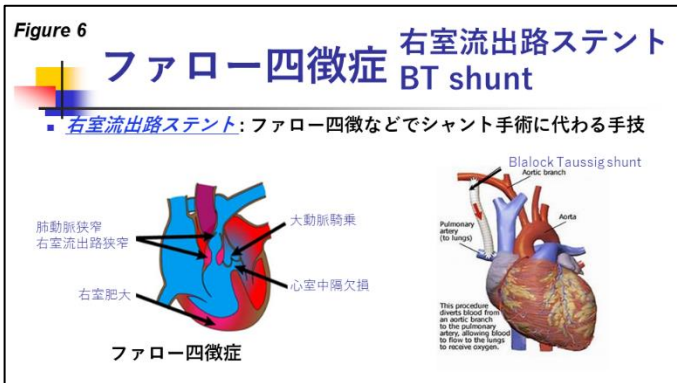


Figure 6: ファロー四徴症

左：ファロー四徴症の模式図
 肺動脈狭窄（右室流出路狭窄も含む）、大動脈騎乗、右室肥大、心室中隔欠損を合併する。
 右図 modified Blalock Taussig shunt(BT shunt)に代わる治療として、右室流出路にステント挿入する治療が開始されている
 右：modified Blalock Taussig shunt(BT shunt)、図では右鎖骨下動脈と右肺動脈を人工血管で吻合している

室から肺動脈への通常の血流が改善するため、血行動態は非常に安定し、生涯の手術が一つ減ります。日本でも、外科手術に代わる治療方法として期待されています。一方、心内修復手術後は肺動脈狭窄・肺動脈弁の逆流（閉鎖不全といいます）が問題となります。これまでは外科手術が主流で、人工血管による右室流出路から肺動脈の再建・人工弁置換などを行っていました。

2000年頃から、右室流出路—肺動脈機能不全に対して経カテーテル肺動脈弁置換術が行われる様になっています。日本では、エドワーズ社のサピエン3という閉鎖システムが2020年9月に適応承認され、メドトロニック社のハーモニーという閉鎖システムが2021年12月8日に保険適用となりました。

外科手術に比べて低侵襲ですが、治療対象の判定・手技への熟練度、耐用年数などの問題があります。まだ限られた施設でしか実施できませんが、右室流出路ステントとともに、生涯の心臓手の回数を減らすことができ、今後の普及に期待がもたれます。

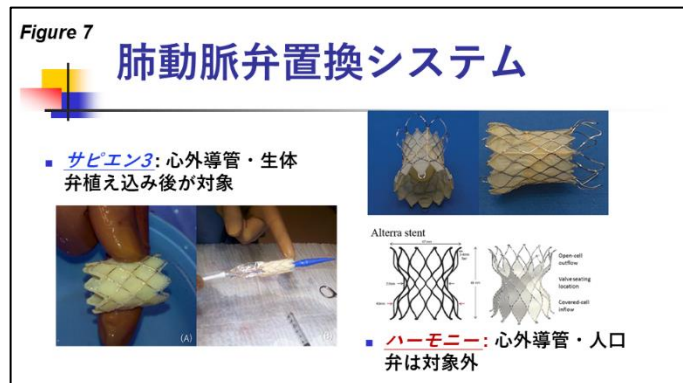


Figure 7: 肺動脈弁置換システム

右室流出路—肺動脈機能不全に対する経カテーテル肺動脈弁置換術で使用されるデバイス
左：エドワーズ社のサピエン3（心外導管・生体弁植え込み後が対象）
右：メドトロニック社のハーモニー（心外導管・人工弁は対象外）

「小児科診療 UP-to-DATE」

<https://www.radionikkei.jp/uptodate/>