

小児のカテーテル治療の現況

野木俊二*, 公文啓二**

序 論

小児科領域のカテーテル治療の適応はこの数年で飛躍的に拡大し、種々の面で改良が重ねられ有効性、安全性ともに向上してきている。一方で、集積された合併症への対応も検討時期に入っており、より確実に安全性の高いデバイスの開発が望まれると同時に術者の技術支援のプログラムが思索されているところである。

ここではカテーテル治療適応が妥当と思われる主な疾患とそのスタンダードな治療方法、今後導入が検討されるであろうカテーテル治療、さらにカテーテル治療の問題点などにも触れたいと思う。

バルーンを用いた血管形成術

A. 肺動脈弁狭窄に対するバルーン拡大術

1982年のKan¹⁾の報告以来経皮的弁形成術の成績は良好で、異型性弁を除き1回の施行で急性期、遠隔期ともに良好な成績が得られ治療の第1選択になっている。適応は右室-肺動脈圧格差が40~50mmHg^{2,3)}以上とされている。バルーンサイズ径は肺動脈弁輪径の135~150%とされ、4気圧以下の低圧でウェストが消失するまでバルーンを拡張する³⁾。弁輪径が20mm以上の症例やシースのサイズダウンを目的にダブルバルーン法が行われてきたが、大バルーン径に適応できるシャフト径の小さいものも導入されてきている。新生児の重症肺動脈弁狭窄は右室や三尖弁が低形成でなければ適応となる。最初は2~4mmの小さいものから、ついで4~8mmと段階的にサイズアップするのが良い(図1)^{3,4)}。

B. 大動脈弁に対する拡大術

バルーン拡張術の効果は肺動脈弁狭窄ほどではなく、手術による弁切開術に取って代わるものではない。あくまで姑息的治療と考えられている。適応は左室-大動脈圧差が50mmHg以上で、大動脈弁逆流がSellersの分類の2度以下とされる。新生児重症大動脈弁狭窄は出生直後なら臍動脈ルート、その後なら内頸動脈カットダウンルート、大腿動脈アプローチなどの方法がある。PTCA用0.014インチワイヤーや4F右冠動脈用カテーテルが有用である。弁輪径の80~90%のバルーンを使用する(図2)^{4~7)}。

C. 大動脈縮窄症

対象は心室中隔欠損を伴う型と伴わない型に分類され、前者に対しては外科的治療を行うが、後者に対して、カテーテル治療を行うかは施設間で方針は異なる。また、術後狭窄に対してはカテーテル治療を行うことには異論はなかるうが、native coarctationに対してカテーテル法か手術法かの選択には議論が残る^{6,8)}。

未治療大動脈縮窄のカテーテルインターベンションの適応はpeak to peak圧格差>20mmHgとされている^{9,10)}。再狭窄は約2%、高血圧の率は89%から23%に低下した¹¹⁾。拡張の方法は基本的にはnative、再狭窄どちらも同様の方法で、再狭窄部に隣接した大血管の正常径相当ないしやや小さい径のバルーンを用いる。緊急を要する以外は、心房中隔を介する順行性のカテーテルを縮窄部位のproximalまで挿入し、造影から大動脈の形態(サイズ、長さ、大動脈径の測定)およびバルーンカテの位置決定を行うのが通常の手順である。非手術例に対するバルーン拡張は合併症として拡張部位の動脈瘤化が問題とされたこともあるが、バルーン拡張の効果は未手術例、手術例に拘らず良好であ

*姫路聖マリア病院小児科

**同 救急診療部

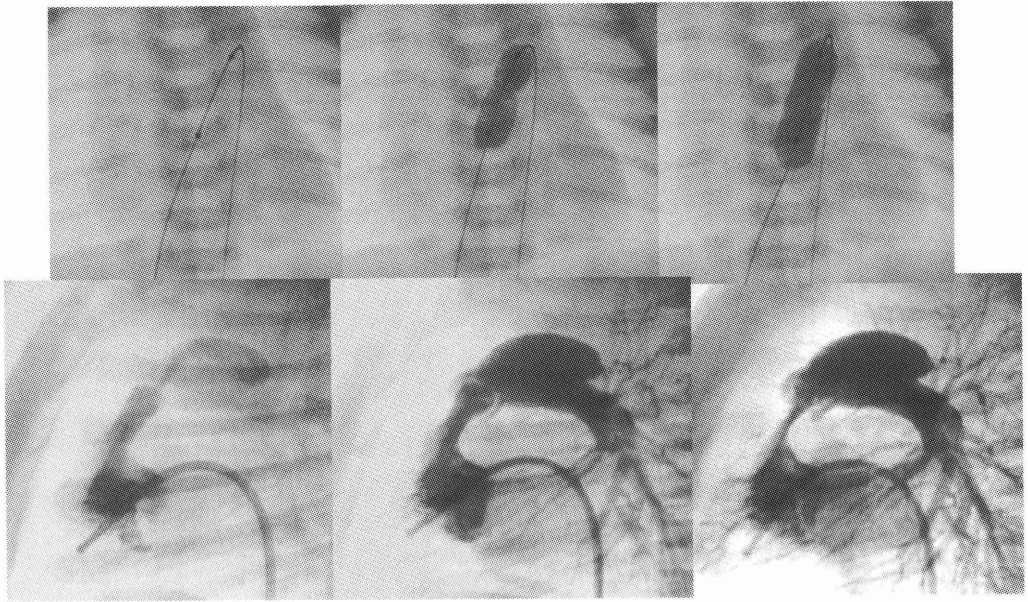


図1 肺動脈弁狭窄に対するバルーン拡大術

上段：バルーン拡大術

左：バルーンカテーテルの挿入，中央：バルーン拡張(バルーン中央に waist を認める)，右：waist の消失
下段：右室造影所見(バルーン拡大術前)

左：収縮前期(肺動脈主幹部へのジェット状の順行性フローが確認できる)
中央：収縮中期，右：収縮後期(漏斗部狭窄を認める)

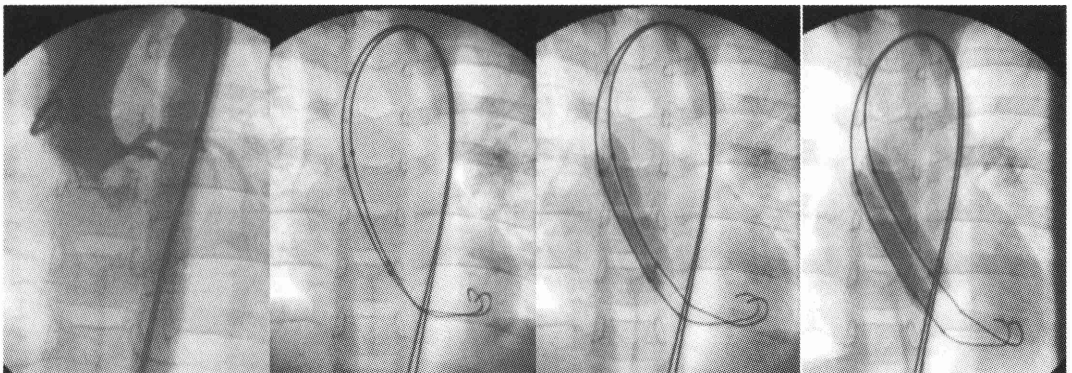


図2 大動脈狭窄に対するバルーン拡張術(ダブルバルーン法)

左から大動脈造影にて逆流はほとんど認められない→バルーンカテーテルを2本挿入→バルーン拡張(中央に waist が確認できる)→waist の消失

ると考えられている。しかし、大動脈狭部(Isthmus)が低形成の場合には再手術になることが多い¹¹⁾。

D. 末梢性肺動脈狭窄

対象疾患は先天性のものと体肺動脈短絡手術後、心内修復術後に大きく分けられる。先天性の場合は Williams 症候群や Alagille 症候群に合併する場合は末梢性多発性が多く、ファロー四徴症、総動脈管症、肺動脈閉鎖などでは肺動脈主幹部、分岐部

の狭窄が多い。多発性狭窄や全体の低形成による場合はカテーテル治療の対象にはなりにくい。後者の場合はすべてのタイプの手術が対象となりうるが、人工血管の吻合部やパッチ前後に生じた狭窄が主となる。バルーンによる拡張術が有効なケースはほとんどないので、ステントが適応となる^{12,13)}。

血管塞栓術

A. 動脈管開存に対するコイル塞栓術

1992年に0.038” Gianturco coilによる動脈管塞栓術が報告されて以来、広く使用されるようになった。改良が加えられ、有用性、安全性ともに確立された治療法となってきた。開発当初は Gianturco coil (0.035, 0.038, 0.052” 径のステンレスワイヤーに血栓誘導を目的としたダクロン糸を巻きつけたもの) をカテーテル先端から押し出す方法が主流であったが、留置時のコイルの脱落やコイルの適正な位置への固定や回収することの困難な点を考慮して、コイルをただ押し出すのではなく、コントロールする方法として、コイルの先端を反対側から挿入したスネアーのカテーテルにて把持する方法¹⁴⁾、バイオトームでコイルの後端をつかんでコントロールする方法^{15,16)}などが考案された。さらにその後開発されたワイヤーの先端部がスクリュー式となったデタッチャブルコイル (Cook, Jackson) (図3) の出現により^{17,18)}、本手技は飛躍的に安全性、有効性が向上し、中等度以下のサイズの標準的治療となった。

さらに0.052 inch Gianturco coilの末端を体外でバイオトームにより把持して着脱をコントロールさせる方法はコイルの持つ復元力が強い点など、比較的大きな動脈管にも有用性が高い。また2ないし3個の同コイルを同時に留置することにより、より太い(4~5mm)動脈管にも対応が可能となる(図4)¹⁹⁾。しかしバイオトームの使用など経済的側面では問題もある。通常コイルのサイズは動脈管の最狭窄部の2倍以上を用いることが推奨される^{17,18)}。また platinum coil はコイルが柔らかく小さな動脈管に適しており、磁性体でないため、MRI検査が可能との利点もある。しかし昨今、Inconel はニッケルクロム製のデタッチャブルコイルを開発しMRI対応となったことで、platinum coil はほとんど使用されなくなってきた。デタッチャブルはディバリーワイヤ(外径0.038”, 長さ110cm)先端部がねじ巻き式となっており、さらにその中にマンドリルという細いワイヤーをディバリーの中に通して、さらにコイルの中にも挿入できる仕組みとなっている。ワイヤーが通るとコイルは直線状となる仕組みである(図3)。さらに、国外では新しいデバイス (Amplatzer occluder device) がその有

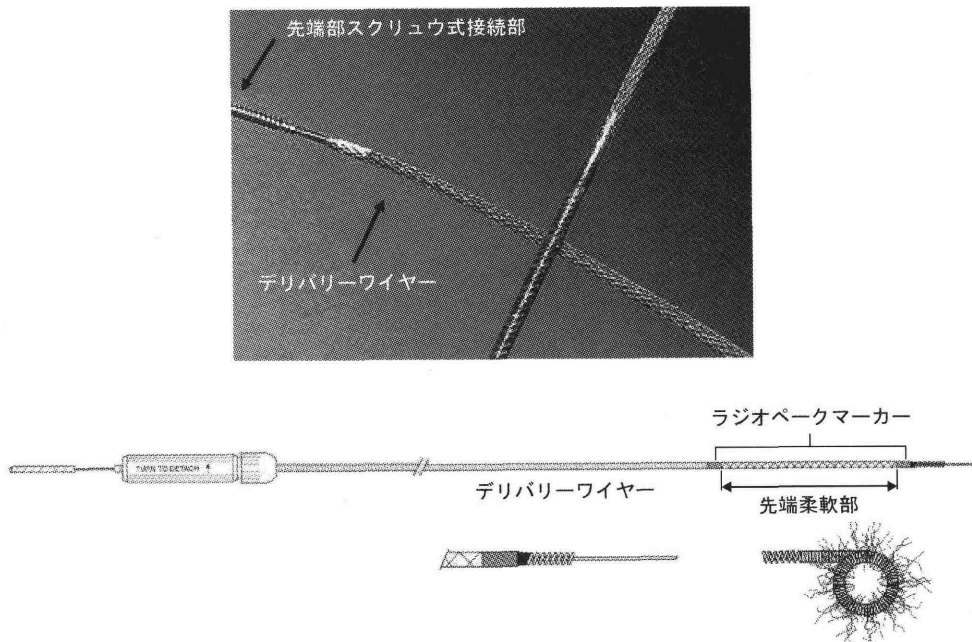


図3 PDA Occluder system (Detachable, Flipper Coil, Cook)
 形状記憶金属(ニチノール)をメッシュ状に構築されている。
 上段: Coil との接合部はスクリューシステムとなっている。下段: 模式図

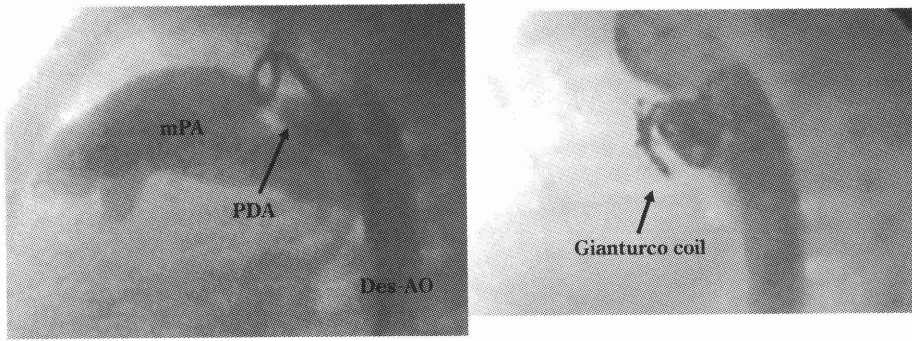


図4 PDAに対するコイル閉鎖術前後造影所見

左：大動脈造影：再狭窄部から下行大動脈まで PDA が鮮明に確認される。
 右：Gianturco Coil 2 個同時留置

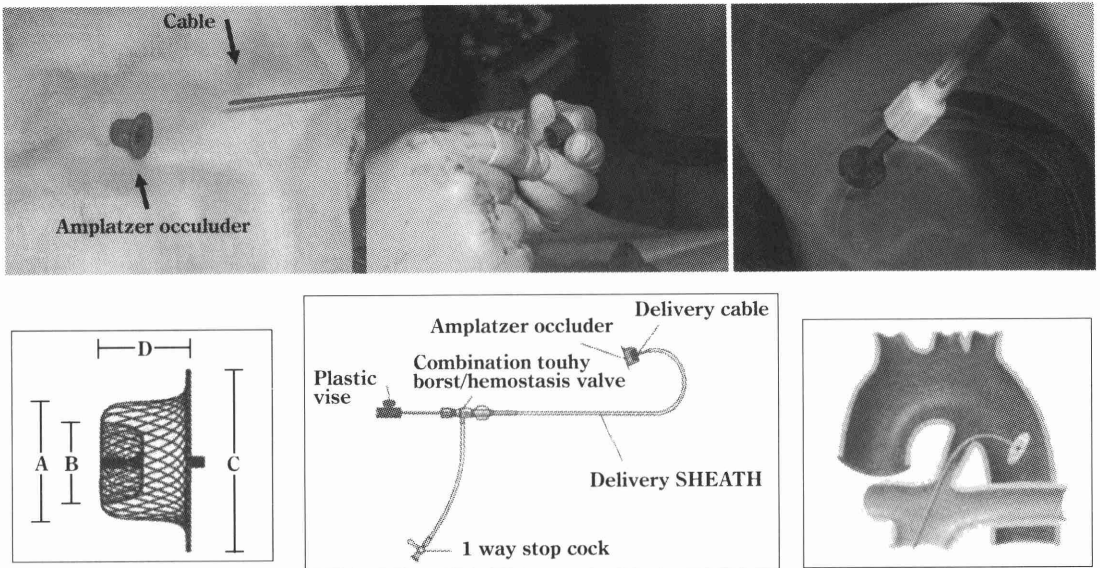


図5 Amplatzer PDA Occluding system を用いた閉鎖術

閉鎖栓は PDA のそれと同じくニチノールによる合金で構築されている。中央のくぼみが (connecting waist) が PDA の狭窄部に収まる形状となっている。

上段：閉鎖栓→ケーブルに接続→ローダーに収納，下段：模式図

用性と安全性から標準的治療になりつつある。Amplatzer PDA occluder は ASD occluder (図5) を応用したもので形状記憶合金のニチノールをメッシュ状に編んだものである。このデバイスは留置方法が単純で、安全性が高く、非常に大きな PDA に対しても閉鎖可能である。また、ディバリーワイヤを完全に遊離させない限り、回収はいつでも行え、位置の調整なども容易である点である (図6)¹⁸⁾。国内でも近い将来導入に向けた臨床的検討がなされると期待される。Amplatzer duct occluder system は 3mm 以上の大きな PDA においても、複数

留置の必要がなく、留置までの行程が簡単で留置後の脱落などの合併症も起こりにくいことで有用性は高い¹⁸⁾。

B. 冠動脈瘻

一般的には外科的治療とカテーテル治療があるが、成績には差はなく²⁰⁾、通常、以下の条件を満たしていることである。①冠動脈瘻に流入する冠動脈までカテーテルが安全に挿入できること、②冠動脈瘻以外に閉塞される太い側枝がないこと、③狭窄を有していること、④開口部が複数存在しないこと、などがあげられている²¹⁾。

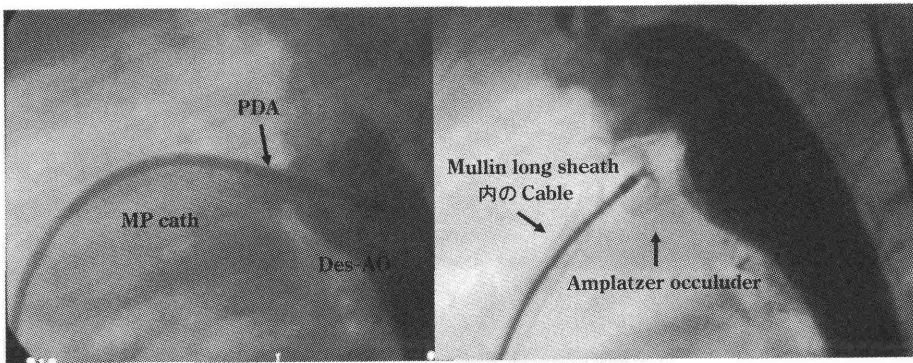


図6 Amplatzer 閉鎖栓の留置前後

左：下行大動脈造影にて PDA を確認，右：Amplatzer 閉鎖栓留置後下行大動脈造影：遺残短絡認めず→このあと閉鎖栓に接続されたケーブルを release

この条件下で種々のデバイスが用いられているが、コイルのみしか使用できない本邦では大きな冠動脈瘻は制約があるが、高い閉鎖率を報告されている²¹⁾。

冠動脈瘻の閉塞部の近位部に正常冠動脈の分枝が存在すると血栓が成長し冠動脈閉塞を来とし、遅発性の心筋梗塞を起こす可能性が報告されている。アスピリンで抗凝固療法を行うことが必須である^{22,23)}。

欠損孔閉鎖

A. 心房中隔欠損

心房中隔欠損の閉鎖術は外科的手術が行われてきたが、近年 Clamshell (USCI Angiographics, Billerica, MA), STARFlexTM (NMT Medical Inc., Bostpn, MA), TheSideris Button (Pediatric Cardiology Custom Medical Devises, Althens, Greese), Helex (W.L. Gore & Associates, Flagstaff, AZ), Angel wings (Microvena Corp., White Bear Lake, MN), ASDOS (Sulzer Osypka, Rheifelden, Germany) などの閉鎖栓を用いて経カテーテル手技による閉鎖術が導入され、発展してきた。しかし、これらの閉鎖栓に比して Amplatzer occluder system (AGA Medical Corp., Golden Valley, MN) は以下の点で利点が多い。①操作しやすい、②detach 前なら回収が可能、③比較的大きい欠損に対応できる、④残存短絡の頻度が少ない、などである^{4,18)}。Amplatzer Septal Occluder (ASO) はニッケルチタン合金からなる形状記憶合金をメッシュ状に構築した円形の合金で、さらにそれに金属メッシュ内部にポリエステル製

の布が縫着されている。左室側ディスクと右室側ディスクで挟みこむ構造となっており、閉鎖線はデリバリーカテーテル内部でスクリュー機構によってデリバリーケーブルと連結され、ディスク位置の変更、デリバリー内へのデバイスの回収が容易となるように設計されている(図7)。ASO の対象は2次孔欠損で、体重は4~8kg 以上²⁴⁾ 欠損孔のサイズが40mm 以下(肺体血流比が1.5 以上、欠損孔周囲縁(rim)が5mm 以上などが条件である²⁵⁾。留置成功率は90~100%^{26~28)} と報告されている。次に周辺 rim の大きさの条件であるが、Amplatzer では anterior rim はなくても良く、inferior rim がないものは留置が難しいとされている。実際には60~70%の症例で1つのrim が欠如しているとの報告もある^{29,30)}。これらの評価は胸壁エコーでは難しく、経食道エコーで行うことが必要不可欠である²⁹⁾。手技の詳細を示す。全身麻酔下に通常の診断カテーテル、造影検査を行った後計測用バルーンカテーテルを用いて、欠損孔の大きさを測定し、閉鎖栓を選択する。大腿静脈から左房にデリバリーシースを挿入し、このシース内にデバイスを挿入し、左房まで到達させる。つづいて左房側のデバイスを開き、次に右房側のディスクを開き中隔を閉鎖する。

この時経食道エコーにより位置、角度などを確認することが重要である。閉鎖後抗血栓療法としてアスピリンを半年間投与する。合併症としての大動脈壁損傷^{31~33)}は極少数例ではあるが致死的となりうるので注意が必要である。原因は anterior ないし superior rim の欠如、ないし oversizing した

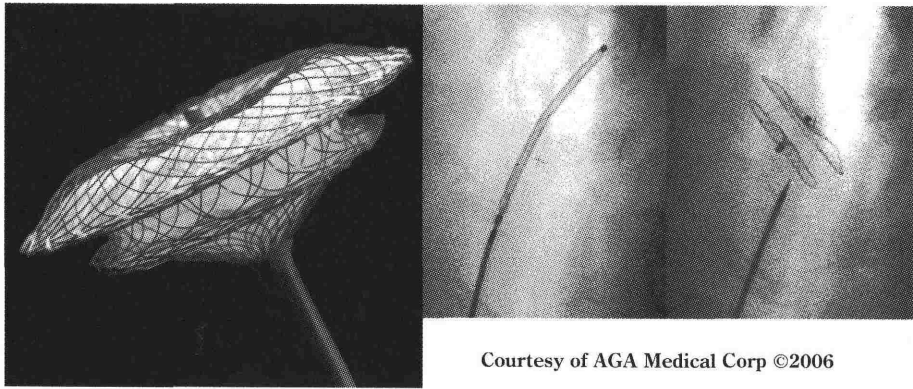


図7 Amplatzer Septal Occluder System

左：Amplatzer ASD Occluder：中央の waist は PDA 用のそれよりも深く、左房側が waist の+12~14mm，右房側が+8~10mm と若干小さくなっている。左房側が直径 2mm 大きい。

中央：Mullin sheath 内を閉鎖栓を進め左房内に到達したところ。

右：留置後造影にて位置確認と短絡の有無を経食道エコーを用いて確認ケーブルを release する。

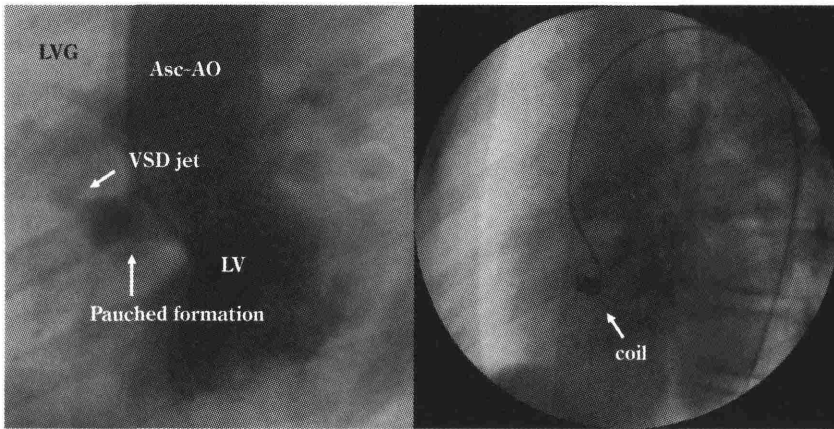


図8 Flipper Coil を用いた VSD 閉鎖術

左：左室造影で大きなポーチと VSD ジェットが確認される。コイルはポーチ内に十分収まる形状と判断される。

右：留置後のコイルケーブルをこの後 release する。

と考えられるデバイスによる損傷などが考えられており、今後の大きな課題である^{28,31~33}。

B. 心室中隔欠損

心房中隔欠損同様、VSD 用の Amplatzer occluder system が開発されているが、未だ本邦では認可されていないデバイスである。適応となる欠損の主なタイプは筋性部、膜様部、手術後遺残短絡である。造影所見および経食道エコーを参考に欠損孔サイズの 2mm 程度大きいデバイスを用いる³³。技術的には鼠径静脈アプローチや大腿動脈アプローチがあり、ガイドワイヤーを欠損孔に通過させる方法がある。心室中隔欠損の左右心室を介してループ上を形成し、ロングシースの内部を通して欠損

孔までデバイスを誘導するものである。やや煩雑であるが、良好な成績が報告されている³³。しかし、合併症としては遠隔期の恒久的完全房室ブロックを 4%程度に認めている。これに対しては十分な原因究明がなされ、防止策が検討されることがわが国での導入に向けての第一歩である。

日本では PDA に使用されている Flipper coil や Gianturco coil などを膜様部中隔欠損(小欠損)に対して、感染性心内膜炎の予防の目的で行われることがある(図8)。欠損孔は三尖弁ポーチ形成を伴い、コイルがポーチ内に収まる形状であれば比較的簡単に施行できる。



図9 左肺動脈狭窄に対するステント留置術

左：留置前の肺動脈造影：左肺動脈分岐部直後に狭窄を認める。
中央，右：ステント P1808 を留置後の肺動脈造影：良好に拡大している。

ステントを用いた血管形成術

バルーン血管形成術では困難とされる周囲からの圧排や elastic recoil のためバルーンでは再狭窄を来たした病変にはステント留置術が行われる。具体的には末梢性肺動脈狭窄，術後大動脈縮索や大静脈狭窄などの病変である。ステントの利点は狭窄前後正常の血管系以上に拡大する必要性がなく，血管の破裂，選考，遠隔期の動脈瘤形成といった合併症の危険性が低いことである。また支持力が強く recoil による再狭窄の可能性が低い点などがあげられる。

A. ステントの種類

小児領域の疾患に使用するステントの特徴として成長を加味した構造でなければならない。

しかし，ステントはあくまで人工物であるので成長しない。バルーン拡張型ステントは，ステントの再拡大が可能であり成長に伴う相対的再狭窄に対して有用である。すなわち，成人に見合う径のステントを使用することで再拡張後に成人の血管径が得られるメリットがある³⁴⁾。小～中口径のステントはそういう意味で小児には限界がある。また，屈曲した病変に対しても硬度が高い点や鋭利な辺縁部がステント留置を困難にしている。現在国内で主に使用されているステントは Palmaz ステント (Cordis/Johnson and Johnson) と Palmaz ステントの改良型である Palmaz Genesis ステントである。前者は 1984 年に米国において開発された，stainless-steel を mesh 状にデザインしたステントである。硬度が高く屈曲した病変には使用できない³⁵⁾。後者は Flex segment technology という技術を取り入れ，屈曲した狭窄にも適応できるよう柔

軟性と強度をあわせ持っている。径および長さの適応範囲も広げられ大きな血管にも対応できる点でメリットが多い³⁶⁾。Balloon in balloon ステントはバルーンがシングルの場合に拡張時にバルーン全体が一樣に拡張しないため生じる径の差がステントの位置の「ずれ」を発生させ，またその「ずれ」の修復がシングルバルーンの場合に行にくいという欠点を補える方法である。

次世代ステントとして新しく開発されたものを列挙する。Covered ステントは急性の血管破裂や動脈瘤の治療に用いることができ，また薬物溶出ステントは内膜増殖による再狭窄防止の目的で開発された。さらに最近では弁付ステントも導入されており，先天性心疾患の治療戦略上，遠隔期成績を含め期待されている。

B. 合併症

ステントの落下，破損，血管損傷，血管内膜炎，動脈瘤形成，再狭窄などが認められており今後の改良点として重要である^{37,38)}。

C. 適応疾患

1. 末梢性肺動脈狭窄

ステント留置が最も多く使用されているのが本疾患である。バルーン拡張術は効果が低く，合併症も多い。適応は右室・左室圧比が 50% 以上の両側肺動脈狭窄か肺血流シンチにおいて 30% 以下の流量比を示す一側肺動脈狭窄である (図9)³⁹⁾。

留置できたものでも，肺動脈逆流の現象にはつながらないので，弁付きステントが期待されている⁴⁰⁾。

2. 動脈管開存

動脈管依存型先天性心疾患にとって，動脈管のルートは生命維持に欠かせない。動脈管へのステ

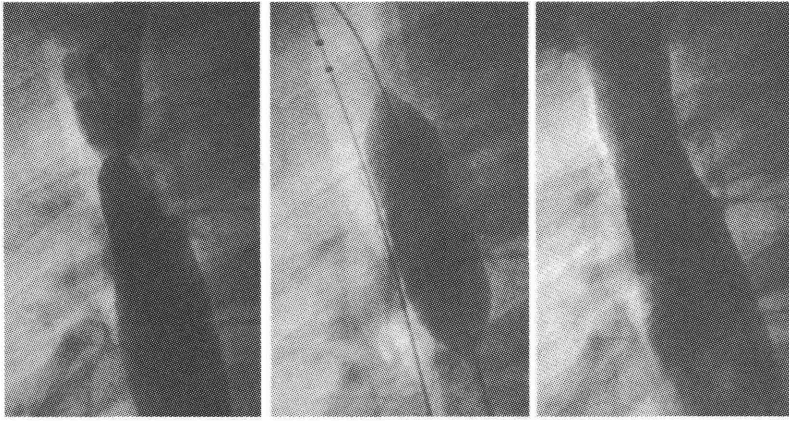


図10 大動脈縮窄に対するステント留置術

左：留置前大動脈造影，中央：Balloon 拡大，右：留置後：狭窄部は良好に拡大している。

ント留置は緊急短絡手術を避けることができる⁴¹⁾。PGE1にて維持されていた動脈管に留置後30分で中止可能である。重要なことは、ステントは動脈管全体をカバーするようにしなければ、非ステント部分が狭窄を来すことになる。4~5mm程度の拡張が必要だが、体循環を依存する場合は6~10mmが必要である。

3. 大動脈縮窄

術後大動脈縮窄はステントの良い適応である。しかし、非手術例の6~12ヵ月以下の症例では高率に再狭窄を来すこと、大腿動脈損傷のため推奨されない。しかし、近年の報告では新しいデバイスを使用すれば乳幼児にもバルーン拡張、ステント、その後の外科手術を選択できる。大動脈縮窄におけるステント術の治療根拠は縮窄部の過拡張を得るため動脈壁を補強するためのものであり、またステントは血管のrecoil現象や管状狭窄を来すことを防止することができる。過拡張して損傷された内膜の再生過程を促し、解離性動脈瘤に発展することを防止している。この意味で留置後の動脈瘤や解離の可能性は少ない。このコンセプトで開発されたのがcoveredステント(Chatham-platinus stent)³⁶⁾である。

大動脈縮窄ではしばしばrecoilやlong segment狭窄のため再狭窄を来すことが知られている⁴²⁾がPalmaz Genesisステントはこのような狭窄にも有用である(図10)。

4. 右室流出路狭窄・末梢性肺動脈狭窄

これらの病態に対するステントは技術的に難し

い領域である。右室流出路は初期治療で外科的に再建されているが、遠隔期石灰化や再狭窄が問題となる⁴³⁾。これらの病態に対するステント留置術の役割は、人工導管の再再建術を遅らせることである。しかし、動きが活発な領域の留置術はステントの骨折や骨折断片の塞栓症などが問題となる。また石灰化した部位へのステント留置は困難を伴い、回収することとなる。

5. その他

その他の疾患でステントが応用されるのは、大動脈-肺動脈間の側副血行路、Blaloch-Taussig shunt⁴⁴⁾、大動脈スイッチ術後の冠動脈狭窄⁴⁵⁾、川崎病による冠動脈狭窄および腹部大動脈狭窄(図11)、MustardやSenning手術後の体静脈狭窄⁴⁶⁾などがある。

D. 合併症

ステント治療を行う限り、その合併症と対応の方法に習熟しておくことが重要である。ここでは問題点を列挙することにとどめ詳細は他の論文にゆずることにする。早期合併症としての、バルーン破裂ステント移動・脱落においてはステントの移動・回収を行うが、その際、open ring long sheath⁴⁷⁾などを用いて行われる(図)。また、肺動脈へのステント留置では9F以上のlong sheathとstiff wireが右室を通過する際に頻拍型不整脈や徐脈を来す。抗不整脈剤や体外式ペースメーカーの準備など万全の体制を怠らないようにすべきである。肺動脈へのステント留置においてはガイドワイヤー操作による肺動脈穿孔を来す可能性が

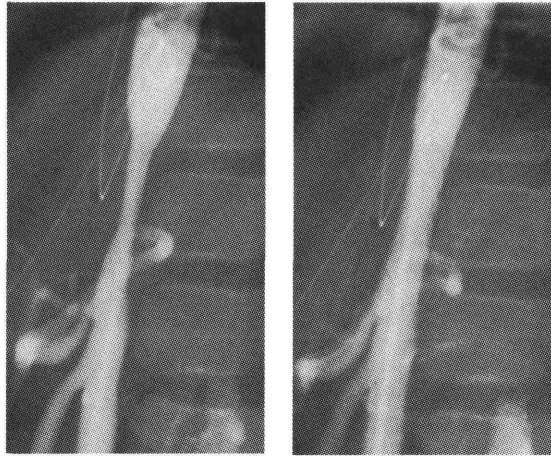


図11 腹部大動脈の異形大動脈縮窄に対するステント留置術

左：ステント留置前の大動脈造影，右：ステント留置後の大動脈造影：狭窄は解除されている。

あり注意が必要である^{48,49)}。

我が国においては虚血心疾患領域において導入されている次世代ステントは薬剤溶出性ステント (Cypher stent)⁵⁰⁾や経皮的弁留置術⁵¹⁾などがあり、今後の成績が期待されている。

今後のカテーテル治療におけるインフォームド コンセントのあり方

小児科領域における心臓カテーテル治療の臨床的意義は著しく重要性を増し、治療における選択順位が外科的治療を凌駕している部分もある。しかし、合併症の発生率増加を考慮すると、マイナス面も説明し、外科的治療との選択肢を患者サイドのメリットを十分に考慮した上で行うべきものと考えている。また、適応基準、治療、合併症を含めた、ある程度統一された説明も現場には必要である。医者裁量だけでなく、患者および患者家族との間で上記の認識を共有できる関係を構築しておくことが、その後に発生しうる事態にも問題を残さないために必要不可欠であると考えられる。

本稿を終えるにあたり、参考画像(図)の一部を提供していただきました北海道立小児総合保健センター循環器科の富田英先生に深謝いたします。

文 献

- 1) Kan JS, White RI Jr, Mitchell SE, et al: Percutaneous balloon valvuloplasty: a new method for treating congenital pulmonary-valve stenosis. *N Engl J Med* 1982; 307: 540-2.
- 2) Lima CO, Sahn DJ, Valdes-Cruz LM, et al: Noninvasive prediction of transvalvular pressure gradients in patients with pulmonary stenosis by quantitative two-dimensional echocardiographic Doppler studies. *Circulation* 1983; 67: 866-71.
- 3) Mullins CE: Pulmonary valve balloon dilatation. *Cardiac catheterization in congenital heart disease Chapter 16* 430-40.
- 4) 上田秀明: 小児心臓カテーテル治療. *小児科診療* 2002; 65: 254-7.
- 5) 加藤裕久: 小児心疾患のカテーテル治療. *日本小児循環器学会雑誌* 1998; 102: 947-50.
- 6) 中西敏雄: 大動脈弁疾患へのカテーテル治療. *Cardiovascular Med-Surg* 2005; 17: 101-5.
- 7) Thomson JD: Management of valvular aortic stenosis in children. *Heart* 2004; 90: 5-6.
- 8) Fiore AC, Fischer LK, Schwartz T, et al: Comparison of angiography and surgery for neonatal aortic coarctation. *Ann Thorac Surg* 2005; 80: 1659-64.
- 9) 中西敏雄: 新生児・乳児先天性心疾患に対するカテーテル治療. *小児外科* 1999; 31: 1286-92.
- 10) Rao PS: Interventional pediatric cardiology: state of the art and future directions. *Pediatr Cardiol* 1998; 19: 107-24.
- 11) Rao PS, Galal O, Smith PA, et al: Five-to nine-year follow-up results of balloon angioplasty of native aortic coarctation in infants and children. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 462-70.

- 12) Lock JE, Niemi T, Einzig S, et al: Transvenous angioplasty of experimental branch pulmonary artery stenosis in newborn lambs. *Circulation* 1981; 64: 886-93.
- 13) Lock JE, Castaneda-Zuniga WR, Fuhrman BP, et al: Balloon dilatation angioplasty of hypoplastic and stenotic pulmonary arteries. *Circulation* 1983; 67: 962-7.
- 14) Cambier PA, Kirby WC, Wortham DC, et al: Percutaneous closure of the small (less than 2.5mm) patent ductus arteriosus using coil embolization. *Am J Cardiol* 1992; 69: 815-6.
- 15) Grifka MD GR, Jones TK: Transcatheter closure of large PDA using 0.052" gianturco coils: controlled delivery using a biptome catheter through a 4 French sheath. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000; 49: 301-6.
- 16) Kumar RK, Krishnan MN, Sivakumar K, et al: Biptome-associated simultaneous delivery of multiple coils for occlusion of the large patent ductus arteriosus. *Catheter Cardiovasc Interv* 2001; 54: 95-100.
- 17) 赤木禎治: 動脈管開存症に対するカテーテル治療. *心臓* 2003; 35: 15-6.
- 18) Mullins CE: Patent ductus arteriosus occlusion. *Cardiac catheterization in congenital heart disease Chapter 27* 693-727.
- 19) Kumar RK, Krishnan MN, Sivakumar K, et al: Biptome-assisted simultaneous delivery of multiple coils for occlusion of the larger patent ductus arteriosus. *Catheter Cardiovasc Interv* 2001; 54: 95-100.
- 20) 伊藤晋一, 須田憲治, 籠手田雄介ら: 冠動脈瘤の対するコイル塞栓術の検討. *日小循環誌* 2006; 22: 531-8.
- 21) Lowe JE, Oldham HN Jr, Sabiston DC Jr: Surgical management of congenital coronary artery fistulas. *Ann Surg* 1981; 194: 373-80.
- 22) Hamada M, Kubo H, Matsuoka H, et al: Myocardial infarction complicating surgical repair of left coronary-right ventricular fistula in an adult. *Am J Cardiol* 1986; 57: 372-4.
- 23) Goldberg SL, Manchester J, Laks H: Late-term myocardial infarction after surgical ligation of a giant coronary artery fistula. *J Invasive Cardiol* 2002; 14: 202-6.
- 24) Du ZD, Hijazi ZM, Kleinman CS, et al: Comparison between transcatheter and surgical closure of secundum atrial septal defect in children and adults: results of a multicenter nonrandomized trial. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39: 1836-44.
- 25) Harper RW, Mottram PM, McGaw DJ: Closure of secundum atrial septal defects with the Amplatzer septal occluder device: techniques and problems. *Catheter Cardiovasc Interv* 2002; 57: 508-24.
- 26) Hildich-Smith DJ, O'Sullivan M, Wisbey CR, et al: Amplatzer device closure of atrial septal defects in mature adults: analysis of 76 cases. *Heart* 2004; 90: 334-5.
- 27) Masura J, Gavora P, Podnar T: Long-term outcome of transcatheter secundum-type atrial septal defect closure using Amplatzer septal occluders. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 505-7.
- 28) 須田憲治: 心房中隔欠損のカテーテル治療. *Annual review 循環器* 2006. 東京: 中外医学社; 2006. p.322-32.
- 29) Varma C, Benson LN, Silversides C, et al: Outcomes and alternative techniques for device closure of the large secundum atrial septal defect. *Catheter Cardiovasc Interv* 2004; 61: 131-9.
- 30) Wang HS, Qian MY, Zhang ZW(←Du ZD, Koenig P, Cao QL?), et al: Comparison of transcatheter closure of secundum atrial septal defect using the Amplatzer septal occluder associated with deficient versus sufficient rims. *Am J Cardiol* 2002; 90: 865-9.
- 31) Chun DS, Turrentine MW, Moustapha A, et al: Development of aorta-to-right atrial fistula following closure of secundum atrial septal defect using the Amplatzer septal occluder. *Catheter Cardiovasc Interv* 2003; 58: 246-51.
- 32) Preventza O, Sampath-Kumar S, Wasnick J, et al: Late cardiac perforation following transcatheter atrial septal defect closure. *Ann Thorac Surg* 2004; 77: 1435-7.
- 33) Carminati M, Butera G, Chessa M, et al: Transcatheter closure of congenital ventricular septal defect Amplatzer septal occluders (suppl). *Am J Cardiol* 2005; 96: 52-8L.
- 34) 富田 英: デバイス治療による先天性心疾患に対するカテーテル治療. *循環器疾患研究の進歩* 2000; 21: 47-54.
- 35) Qureshi SA, Sivasankaran S: Role of stents in congenital heart disease. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2005; 3: 261-9.
- 36) Ebeid MR: Balloon expandable stents for coarctation of the aorta: review of current status and technical considerations. *Images Pediatric Cardiol* 2003; 15: 25-41.
- 37) Okubo M, Benson LN: Intravascular and intracardiac stents used in congenital heart disease. *Curr Opin Cardiol* 2001; 16: 84-91.
- 38) Rao PS: Stents in the management of congenital heart disease in pediatric and adult patients. *Indian Heart J* 2001; 53: 714-30.
- 39) McMahon CJ, Said HG, Vincebt JA, et al: Refinements in the implantation of pulmonary arterial stents: impact on morbidity and mortality of the procedure over the last two decades. *Cardiol Young* 2002; 12: 445-52.
- 40) Holzer R, Hijazi ZM: Interventional approach to congenital heart disease. *Curr Opin Cardiol* 2004; 19: 84-90.
- 41) Gewling M, Boshoff DE, Dens J, et al: Stenting the neonatal arterial duct in duct-dependent pulmonary circulation: new techniques, better results. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 107-12.
- 42) Ing FF, Grifka RG, Nihill MR, et al: Repeat dilation of intravascular stents in congenital heart defects. *Circula-*

- tion 1995; 92: 893-7.
- 43) Rao PS: Stents in the management of congenital heart disease in pediatric and adult patients. *Indian Heart J* 2001; 53: 714-30.
 - 44) El-Said HG, Clapp S, Fagan TE, et al: Stenting of stenosed aortopulmonary collaterals and shunts for palliation of pulmonary atresia/ventricular septal defect. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000; 49: 430-6.
 - 45) Abhaichand R, Morice MC, Bonnet D, et al: Stent supported angioplasty for coronary arterial stenosis following the arterial switch operation. *Catheter Cardiovasc Interv* 2002; 56: 278-80.
 - 46) Ward CJ, Mullins CE, Nihill MR, et al: Use of intravascular stents in systemic venous and systemic venous baffle obstructions. *Circulation* 1995; 91: 2948-54.
 - 47) 富田 英: 小児の大血管狭窄に対するステント留置術におけるトラブルとその対処法. *心臓* 2003; 35: 323-30.
 - 48) Slonim SM, Dake MD, Razavi MK, et al: Management of misplaced or migrated endovascular stents. *J Vasc Interv Radiol* 1999; 10: 851-9.
 - 49) Sousa JE, Serruys PW, Costa MA, et al: New frontiers in cardiology: Drug-eluting stents: Part II. *Circulation* 2003; 107: 2383-9.
 - 50) Morice MC, Serruys PW, Sousa JE, et al (RAVEL Study Group. Randomized Study with the Sirolimus-Coated Bx Velocity Balloon-Expandable Stent in the Treatment of Patients with de Novo Native Coronary Artery Lesions): A randomized comparison of a sirolimus-eluting stent with a standard stent for coronary revascularization. *N Engl J Med* 2002; 346: 1773-80.
 - 51) Levi DS, Alejos LC, Moore JW: Future of interventional cardiology in pediatrics. *Curr Opin Cardiol* 2003; 18: 79-90.