先天性および小児期発症心疾患に対する カテーテル治療の適応ガイドライン

Guidelines for Indications of Catheter Intervention for Congenital and Pediatric Cardiac Diseases

日本小児循環器学会・日本 Pediatric Interventional Cardiology 学会「先天性および小児期発症心疾患に対するカテーテル治療の適応ガイドライン作成委員会」

委員長 富田 英 昭和大学横浜市北部病院 循環器センター

委員 小林 俊樹 埼玉医科大学国際医療センター 小児心臓科

矢崎 諭 国立循環器病研究センター 小児循環器科

上田 秀明 神奈川県立こども医療センター 循環器科

大月 審一 岡山大学医学部 小児循環器科

中西 敏雄 東京女子医科大学 循環器小児科

金 成海 静岡県立こども病院 循環器科

住友 直方 日本大学医学部 小児科

石井 正浩 北里大学医学部 小児科

協力員 大野 直幹 トロント小児病院 循環器科

鎌田 政博 広島市立広島市民病院 循環器小児科

北野 正尚 国立循環器病研究センター 小児循環器科

杉山 央 東京女子医科大学 循環器小児科

馬場 健児 岡山大学医学部 小児循環器科

外部評価委員 小川 俊一 日本医科大学 小児科

坂本喜三郎 静岡県立こども病院 心臓血管外科

目 次

1.	総論	s1
2.	心房間	引交通の作成・拡大s2
	2-1.	心房中隔穿孔術
	2-2.	心房中隔裂開術
3.	経皮的	9欠損孔閉鎖術 ······s3
		心房中隔欠損
	3-2.	心室中隔欠損
	3-3.	開窓フォンタン・バッフルリーク
	3-4.	弁周囲短絡
4.	経皮的	りバルーン弁形成術 <i>s6</i>
	4-1.	経皮的肺動脈弁形成術
	4-2.	経皮的大動脈弁形成術
5.	経皮的	り血管形成術・ステント留置術s8
	5-1.	未手術または術後大動脈縮窄に対するバルー
		ン血管形成術・ステント留置術
	5-2.	肺動脈狭窄に対するバルーン血管形成術・
		ステント留置術
	5-3.	大静脈狭窄に対するバルーン血管形成術・
		ステント留置術
	5-4.	
		ステント留置術
	5-5.	
		ステント留置術
	5-6.	動脈管開存に対するステント留置術
6.	.—	勺血管閉鎖術
		動脈管開存
		体肺側副動脈
		静脈-静脈短絡
		体肺短絡術
	6-5.	血管異常
7.	経皮的	为肺動脈弁留置術 s19
8.	ハイフ	ブリッド治療s20
	8-1.	左心低形成症候群・単心室循環
		術中ステント留置
	8-3.	筋性部心室中隔欠損

9. 小児循環器疾患に対する カテーテルアブレーション ·······	s22
10. 川崎病に対する PCI	s26
11. その他	s27
文献	s29

総論

カテーテル治療はわが国おける先天性および小児期発症心疾患に対する治療戦略として欠くべからざる位置を占めるようになっている。American Heart Association (AHA) からは 1991年,Guidelines for pediatric therapeutic cardiac catheterization が初めて発表され,1998年の Scientific Statement を経て,2011年には Indications for Cardiac Catheterization and Intervention in Pediatric Cardiac Disease 30 として改訂された。わが国では,先天性心疾患術後遠隔期の管理・侵襲的治療に関するガイドライン40 や成人先天性心疾患診療ガイドライン(2006年改訂版) 50 などに断片的な記載はあるが,先天性および小児期発症心疾患に対するカテーテル治療に関して系統的に記載したガイドラインはなかった.

許認可システムの違いにより欧米とわが国では入手し得る医療機器に大きな隔たりがあり、また、外科治療戦略にも少なからぬ差異があることから、欧米におけるガイドラインを、そのままわが国に適応することには問題が大きい。一方、わが国で先天性および小児期発症心疾患に対するカテーテル治療に用い得るデバイスはバルーン、コイル、ステントという時代が長く続いたが、2005年にはAmplatzer® Septal Occluder (ASO)が、2009年にはDuct Occluder (ADO)が導入され、Vascular plug(AVP)や Melody® valve の導入も検討されている。

このような中、日本 Pediatric Interventional Cardiology 学会(JPIC)は、現時点で行い得るカテーテル治療のみならず、近い将来(おおむね2年程度の間に)、導入される可能性があるデバイスを用いた手技のわが国における位置づけに関してガイドラインを作成する必要があるものと考えた。

なお、推奨基準とエビデンスレベルは ACC / AHA ガイドラインに準じて以下の分類を用いた.

推奨基準

クラス1;カテーテル治療が有益・有用で効果的であるというエビデンスがあるか、あるいは見解が広く一致している.

クラスⅡ;カテーテル治療の有用性・有効性に関するエビデンスあるいは見解が一致していない.

クラス IIa:エビデンス,見解から有効・有用である可能性が高い.

クラス Ila'; エビデンスは不十分であるが, カテーテル治療が有効, 有用であることにわが国の専門医の見解が一致している.

クラス IIb: エビデンス,見解から有用性・有効性がそれほど確立していない.

クラスⅢ:カテーテル治療が有効・有用ではなく,ときに有害であるというエビデンスがあるか,あるいは見解が広く一致している.

エビデンスレベル

レベル A; 複数の無作為介入臨床試験, またはメタアナリシスで実証されたデータ.

レベルB:1つの無作為介入臨床試験, または非無 作為介入試験(比較試験, コホートなど)で実証され たデータ.

レベル C: 専門医の意見の意見が一致しているもの, 症例報告があるもの, または標準的治療.

AHA のガイドラインにも明らかなごとく、先天性 および小児期発症心疾患に対するカテーテル治療で は、無作為比較対照試験によりエビデンスが得られた 手技やデバイスは極めて限定的であり、多くのエビデ ンスレベルはBかCである. また. 先天性心疾患に 対する治療戦略は多くの場合, 画一的なものではなく. 類似の病態に対する治療であっても年齢・体格・合併 疾患などの患者背景などを勘案し、いくつかの選択肢 から患者と医療者の合意のもとに選択される場合が多 い. したがって本ガイドラインでは. エビデンスレベ ルは専門医の意見の一致や症例報告レベルであって も, 適応し得る手技に関しては推奨基準を記載し, 適 応に関する合意の広がりに応じて推奨基準クラスを設 定することとした. したがって. 推奨基準クラス I は どんな場合でもこの手技が第一選択となるという性質 のものではない. 一方. 適応となる病態自体が稀であ るために、支持する報告自体が少ない手技であっても、 報告がある手技に関しては、想定されるほかの治療戦 略との危険性と利益を勘案したうえで、推奨基準を設 定することとした.

なお,このガイドラインには診断カテーテル,経皮 的大動脈弁留置術や経皮的僧帽弁形成術など主として 成人を対象としたカテーテル治療の適応は包含せず, 後天性の病変であっても小児期に発症し,わが国で症 例が多い川崎病に対するカテーテル治療の適応は記載 することとした。また,このガイドライン執筆時点で はわが国に導入されていない手技であるが,近い将来 の導入が検討されており,先天性心疾患の領域で重要 性が高い、経皮的肺動脈弁留置術や筋性部心室中隔欠 損の閉鎖術に関しては概要を触れることとした。

2

心房間交通の作成・拡大

左右心房間交通が循環維持や動脈血酸素化に必須の疾患群がある。このような疾患群で卵円孔が狭小化している症例や、閉鎖している症例では早急に心房間交通の作成や拡大を行う必要がある。また、僧帽弁形成術や左房へのカテーテル焼灼術など右房経由で左房・左室にアプローチしたい状況でも行われる。

2-1. 心房中隔穿孔術

すでに閉鎖している心房中隔で、心房間短絡血流を 得る目的で心房間交通を得たい時や、左心への電気生 理的検査・治療や僧帽弁狭窄・大動脈狭窄に対するバ ルーン形成術など左心系への治療を経心房中隔的に施 行したい時に行われる。最近では不整脈のカテーテル 治療で使用されることが多い。日本メドトロニック社 が成人用および小児用の中隔穿刺針を販売している。 近年、セント・ジュード・メディカル社より日本メド トロニック社製中隔穿刺針では穿刺困難な肥厚した心 房中隔用の、先端の鋭利な穿刺針も発売されている。

通常の手技は、専用のロングシースを上大静脈まで 進めて中隔穿刺針を先端がロングシースの先まで出る 直前まで進める。バイプレーン透視装置で先端が後方 を向いているのを確認した後に、シースを心房まで引 き抜き先端が卵円窩に固定されたことを確認し、中隔 穿刺針先端をロングシースより出して中隔穿刺針とロ ングシース全体を押して心房中隔を穿刺する。中隔穿 刺針先端から手元まで空いている細い内腔を利用して 圧モニタを行い、右房圧が左房圧に変化することを確 認するか、採血を行い血液の酸素飽和度を測定するこ とにより、左房内腔に達したことを確認することが可 能となる。ロングシースのダイレータが左房内まで達 したら、穿刺針のみを抜いてガイドワイヤーを左房内 まで挿入し、ガイドワイヤーに沿わしてロングシース 本体も左房内に挿入する。

穿刺の前に肺動脈造影を行い左房還流時の像より心房中隔の位置確認を行うこともある. 経食道心エコーやセクタ式心腔内エコーを穿刺時のモニタとして用い, 穿刺針の先端が適切な位置にあることを確認すればより安全に施行し得る.

わが国では入手不可能ではあるが, Baylis Medical 社製の NRG[™] RF Transseptal Needle⁶⁾ や Nykanen RF Puncture Wire⁷⁾を用いた中隔穿孔も手技的には中隔穿 刺針を用いた手技とほぼ変わりないが, 肥厚して穿孔 しにくい心房中隔での成功率は高いようである.

<心房中隔穿孔の推奨>

クラスI

- 1. 心房中隔穿刺針による心房中隔穿刺(レベル C) クラス II b
 - 1. 特発性肺高血圧症の末期右心不全に対する心房間短絡の作成

2-2. 心房中隔裂開術

右心系が低形成の先天性心疾患(三尖弁閉鎖,肺動脈閉鎖,極型肺動脈狭窄など)で体静脈血の左心系への還流が心房間交通に依存している疾患群,左心系の閉塞性疾患(左心低形成症候群など)で肺静脈血の還流が心房間交通に依存している疾患群,大血管転位のように動静脈血の混合を心房間交通に依存している疾患群がある。このような疾患群で心房間交通が狭小化している場合に心房中隔裂開術が行われ心房間交通の拡大を図っている。心房中隔裂開術はバルーンを用いて拡大する Rashkind 法と Static balloon 法,ほかにブレード法がある。しかし,心房中隔裂開術用のブレードカテーテルは,現在わが国では入手不可能となっている。またバルーン心房中隔裂開術を行ってもすぐに狭小化してしまう心房間交通にステントの留置も報告されている。

(1) Rashkind 法

1966年にRashkindとMillerによって行われた最も古いカテーテル治療である。通常は心臓カテーテル検査室にて透視と、心エコーによりカテーテル先端の位置確認をしながら行われる。バルーンが肺静脈や左心耳内、僧帽弁位にないことを確認しながら希釈造影剤でバルーンを拡大し、膨らんだバルーンを左房内より右房内に引き抜き心房中隔を裂開する。引き抜き時に引きすぎると、バルーンが下大静脈にまで達して下大静脈の損傷を招くことがあるために注意が必要である。稀に、心臓カテーテル検査室への移送も困難な症例では集中治療室内で心エコーガイドのみにて行われることもある。Rashkind法用のバルーンカテーテルはわが国ではミラーカテーテルとフォガティーダイレーションカテーテル(ともにエドワーズライフサイエン

ス社)と Rashkind カテーテル(日本メドトロニック社)が使用可能である。先端に厚いラテックス製のバルーンが付いているために太いシースイントロデューサの使用が推奨されている。しかし太いシースイントロデューサの使用は大腿静脈閉塞を招く。注意して操作をすれば、各推奨より1フレンチ細いシースイントロデューサでも使用可能である。両カテーテルともにバルーンの手前に角度が付いており、四腔構造の心臓では卵円孔を通過しやすい構造となっている。しかし、左心低形成症候群などではこの形状では心房間交通の通過が困難なことがある。スタイレットが付いているので使用することによりカテーテル先端を固くすることや別の形状をつけることが可能であり、通過しにくい形態や解剖の卵円孔も通過させることが可能となる。

(2) Static balloon 法

心房中隔裂開術用バルーンカテーテルを用いるのではなく、弁拡張用バルーンもしくは血管形成用のバルーンカテーテルを用いて心房間交通を拡大する方法である。Rashkind 法では裂開困難となった心房中隔の拡大や、Rashkind 法用のバルーンカテーテルが挿入困難な症例、太いシースイントロデューサの留置が困難な症例で行われることが多い。まず、カテーテルを用いてガイドワイヤーを左房内もしくは肺静脈まで先進させる。ガイドワイヤーにバルーンカテーテルを沿わせて心房中隔位まで持って行き、バルーンを広げて心房間交通を拡大する。Rashkind 法用のバルーンカテーテルが引き抜き可能な症例では、心房間交通の拡大効果はRashkind 法が優れている。しかし、心房中隔が肥厚してRashkind 法用のバルーンカテーテルが右房まで引き抜けない症例では有効な方法である。

手技的には最も基本的なものであり、卵円孔へのカテーテル挿入とバルーンの位置確認が重要である。単独施行には、Rashkind 法が 3 例、Static balloon 法が 5 例程度の経験が必要と考えられる。

<心房中隔裂開術の推奨>

クラスト

- 1. 心房間交通が狭小化し、ほかに十分な動静脈血 の混合部位を持たない大血管転位(レベル C)
- 2. 肺静脈血の還流が心房間交通に依存している左 心系の閉塞性疾患(レベル C)

クラス Ila'

1. 心房間交通が狭小化した右心系が低形成の先天 性心疾患(レベル C)

3

経皮的欠損孔,閉鎖術

3-1. 心房中隔欠損

心房中隔欠損は先天性心疾患の7%を占める.二次 孔欠損が最も多く,ほかに一次孔欠損,静脈洞型欠損, 冠静脈洞型欠損がある.無治療で放置した場合,右心 不全,不整脈,肺高血圧を合併する.外科的閉鎖術の 有効性と安全性は確立され長期の実績があるが,開心 術と比較的長い入院が必要となる^{8,9)}.

二次孔心房中隔欠損のカテーテル閉鎖術は1976年に Mills と King によって初めて報告され、径 26 mm までの5 症例の欠損孔を二枚傘の閉鎖栓で閉鎖した¹⁰⁾. 27 年にわたる経過観察では4 症例で遺残短絡や合併症のない生存が確認されている¹¹⁾. 太いデリバリーシステムと閉鎖栓の扱いにくさのため普及しなかったが、その後の30年で二次孔心房中隔欠損の閉鎖栓は多くの革新的な発展を遂げた. 現在の閉鎖栓はすべて二次孔心房中隔欠損に適用され、ほかの心房中隔欠損は外科的閉鎖術が行われている.

適応を慎重に判断された成人および小児に対する二次孔心房中隔欠損のカテーテル閉鎖術の成績は外科的閉鎖術に匹敵するとするいくつかの報告がある^{8,9,12)}.カテーテル閉鎖術の合併症の頻度は低く、麻酔時間は短く、入院日数も短い、多くの施設では状況によっては外科的閉鎖術より優先される治療となっている。

経食道もしくは心腔内のエコーがこの手技の適応判定、留置中のガイドと留置後の評価においてきわめて重要な役割を果たす。一方で MRI などほかの画像診断ツールがこの手技のガイドとなり得るか研究が進められている。

日本では ASO のみが二次孔心房中隔欠損に用いる 閉鎖栓として認可されている. これは米国で外科的閉鎖術と成績を比較する前向きの臨床試験を経て認可された¹³⁾. ASO はナイチノールワイヤーのメッシュと ダクロンファブリックで構成され, 左房ディスクと右房ディスクの間にセルフセンタリング機能を持つコネクティングウエストを持つ. この閉鎖栓はすべての二次孔心房中隔欠損のサブタイプに使用可能で, 径 38 mm の閉鎖栓まで使用できる. デリバリーケーブルからの離脱前には閉鎖栓の位置修正や回収が容易に可能である. 2 歳未満の小児に対する治療実績はあるが, 一般的には 15 kg 以上の症例を対象とすることで手技的, 技術的な利点があるとされている. また, 欠損孔

周囲のすべての方向のリムが必要という訳ではなくなっている。前方リムが欠損している割合は高く、下方、後方、上方のリム欠損例に対する治療成功の報告もある。

くリスクと合併症>

この治療手技においては以下のようなリスクが報告 されている。閉鎖栓の脱落、位置不正、タンポナーデ や死に至るエロージョン/心穿孔、房室ブロック、お よび心臓カテーテル法に伴う空気塞栓、感染、血腫な どである。米国の臨床試験時のデータで ASO の合併 症は、トータル 7.2% (32/442)、うち重篤な合併症 1.6%(7/442;外科的回収を要する閉鎖栓脱落3. 重 大な不整脈 2、外科的回収を要するマーカーバンドの 脱落 1. 脳寒栓 1)で死亡例はなかった. 重篤でない合 併症は6.1%(27/442; 重大でない不整脈15. 血栓形 成3. 薬剤アレルギー2. 経皮的回収を要する閉鎖栓 脱落 2. TIA の可能性がある頭痛 2. マーカーバンド の脱落 2, 尿路障害 1) であった¹³⁾. その後の MAUDE データベースの合併症レポートと治療件数の推定値か ら算出された合併症発生率は、死亡 0.093%、エロー ジョン 0.28%。閉鎖栓の脱落 0.62% とされている 14)

わが国では、ASO は使用施設基準を満たした施設の術者基準を満たした医師が、JPIC と日本心血管インターベンション治療学会の定める教育プログラムを受けた場合のみ使用できることが定めされている¹⁵.

卵円孔開存は正常剖検心の27%に、経胸壁コントラストエコーでは40歳以上の14.9%に認められるとされる。脳梗塞患者のうち、原因が特定されない患者や若年の患者で卵円孔開存を有する率が高いことがわかっており、奇異性脳塞栓の原因となっている疑いが濃厚である。現時点では初回の奇異性脳塞栓を起こした患者に対して卵円孔の閉鎖を推奨する明確な証拠はなく、適切な内科治療にもかかわらず奇異性脳塞栓を反復する患者では閉鎖を考慮すべきとされている16.

<経皮的二次孔心房中隔欠損閉鎖の推奨> クラス I

- 1. 血行動態的に有意*かつ解剖学的に適する二次 孔心房中隔欠損を有する患者では、カテーテル 閉鎖術の適応がある(レベルB)
- *血行動態的に有意とは右心系の容量負荷所見,右心不全,心房位短絡による右心系の圧上昇を指す.解剖学的に適するとは欠損孔周囲のリムが十分あり適切なサイズの閉鎖栓が固定できること,房室弁や肺静脈といった周辺構造に悪影響を与えないことを指す.

クラス IIa

- 1. 心房位での一時的な右左短絡を有し、脳卒中や 反復する脳虚血発作といった奇異性塞栓症の既 往がある患者に対して、二次孔心房中隔欠損の カテーテル閉鎖術を行うことは妥当である(レベ ルB)
- 2. 心房位での一時的な右左短絡を有し、チアノーゼ症状がある患者で心拍出量の維持が欠損孔を通過する短絡に依存しない患者に対して、二次孔心房中隔欠損のカテーテル閉鎖術を行うことは妥当である(レベルB)

クラス IIb

1. 小さな二次孔心房中隔欠損を有する患者で血栓 塞栓症のリスクがあると推認される場合には(経 静脈的ペースメーカ留置,長期にわたる静脈カ テーテル留置,過凝固状態など),二次孔心房中 隔欠損のカテーテル閉鎖術が考慮される(レベル C)

クラスⅢ

- 1. 血行動態的に有意でない小さな二次孔心房中隔 欠損を有する患者でほかのリスクファクターを 持たない場合には、カテーテル閉鎖術の適応は ない(レベルB)
- 2. 二次孔心房中隔欠損以外(一次孔欠損,静脈洞型 欠損,冠静脈洞型欠損)の心房中隔欠損を有する 患者では、現在の閉鎖栓ではカテーテル閉鎖術 を行うべきではない(レベル C)
- 3. 肺血管閉塞性病変の進行を伴い,二次孔心房中隔欠損を有する患者では,カテーテル閉鎖術は禁忌である(レベル C)

3-2. 心室中隔欠損

心室中隔は S 字状の形状をしており、膜性部と筋性部 (membranous and muscular portions) に分けられ、さらに筋性部は右室の形態から流入部、肉柱部、流出部 (inlet, trabecular, outlet portion) の 3 部分に分けられる。心室中隔欠損 (VSD) は 4 部分のいかなる部位にも発生し、単孔性の場合が多いが、多孔性の場合もある。時には肉柱部に Swiss-cheese 様の多孔性に存在し、その閉鎖には複数の留置手段とデバイスが必要になる場合がある。Inlet muscular VSD は心内膜床欠損型のVSDと鑑別を要する 17)。

Perimembranous VSD に関しては、新生児期から外科的閉鎖術が有効で、安全に施行されている。カテーテルによる閉鎖は、Amplatzer® Membranous VSD

Occluder (St. Jude Medical, St. Paul, MN) を用いたトライアルが欧米で施行されている。留置成功率は93%で、合併症は29%に認められている。永久的なペースメーカが必要となった完全房室ブロック($2\sim4\%$)、デバイス塞栓(2%)、大動脈閉鎖不全の増悪(9%)、三尖弁閉鎖不全の増悪(9%)などの合併症が生じている^{18,19)}、現時点では、FDA により認可されているデバイスはないので、AHA はカテーテルによる閉鎖を推奨していない。

Muscular VSD(mVSD)に関しては、外科的な閉鎖は 死亡率が0~17%と低くなく、再手術率も5~10% と高い20-23) 近年、欧米では左室・左房に容量負荷が ある mVSD に対する経皮的またはハイブリッドアプ ローチによる経心室的デバイス閉鎖が積極的に施行さ れている^{19,2426)}. 米国では2007年8月にAmplatzer® Muscular VSD Occluder が FDA により認可された. 体 重が5kg以上で、心室中隔の形状が閉鎖に適してい る mVSD の場合は経皮的な閉鎖を検討する. 体重が 5 kg 未満. あるいは心室中隔の形状が特異な場合は手 技またはデバイスに関連した合併症の危険が高くなる ため、外科的な閉鎖または経心室的なデバイス閉鎖を 検討する. デバイス閉鎖に最も適している部位は mid, apical, posterior, そして anterior mVSD である. 除外項目は VSD から大動脈弁, 肺動脈弁, 僧帽弁, および三尖弁までの長さが 4 mm 未満, 肺血管抵抗が 7 U・m²以上, 敗血症, および 6 カ月以上抗血小板剤 が使用できないものである。合併症は、心停止、血圧 低下, 右室穿孔, 大動脈弁損傷, 三尖弁閉鎖不全・僧 帽弁閉鎖不全,軽度の左室流出路狭窄の出現,デバイ ス塞栓, 溶血, 脳卒中・一過性脳虚血発作, 心室頻拍, 房室ブロックなどが報告されている。重大な合併症の 多くは回避、減少できるようになってきている.

<経皮的筋性部心室中隔欠損閉鎖の推奨>

クラス IIa

- 有意な左右短絡*の mVSD がある 5 kg 以上の乳 幼児、小児、若年者において経皮的に mVSD を 閉鎖することは妥当である(レベル B)
- * Qp/Qs 2.0 以上または左室·左房の容量負荷があるもの. クラス IIb
 - 1. 有意な左右短絡の mVSD と人工心肺を用いた治療が必要なほかの先天性心疾患がある新生児, 5 kg 未満の乳児, および小児では, 先に人工心肺なしにハイブリッドアプローチにより経右室的に mVSD を閉鎖し, 続いて人工心肺を用いてほかの先天性心疾患を外科的に修復する, あるい

はデバイスを留置する(レベルB)

クラス III

- 1. 有意な左右短絡があっても inlet mVSD で房室弁 や半月弁と十分な距離がない場合はデバイスに よる閉鎖をすべきではない(レベル B)
- 2. 時間経過で縮小が期待できる小から中サイズの mVSD は閉鎖する必要がなく, 縮小することを 期待しながら経過を観察する(レベルB)

3-3. 開窓フォンタン・バッフルリーク

(1)開窓フォンタン

ラテラルトンネル型フォンタンの開窓作成と後の経カテーテル閉鎖術は、ハイリスク患者において手術の生存率向上と術後の合併症低減をもたらす方策として1990年に最初に記載された。この戦略のコンセプトはフォンタン循環の成立がボーダーラインの患者(心室機能低下、肺動脈狭窄、肺血管抵抗上昇の合併など)において、右左短絡をもたらすポップオフバルブを作成し、酸素飽和度の低下と引き替えに心拍出量を維持することにある.

開窓の作成が真に患者に恩恵をもたらすかについて は議論があるが、ハイリスク患者の手術生存率向上と 術後の胸腔ドレナージの減少, 心拍出量の上昇, 長期 的な不整脈の頻度の減少が報告されている27-30). しか しながら単心室患者の究極の治療到達点は体循環と肺 循環の分離にある. 加えて, 長期的に開窓を有する患 者においては、チアノーゼと静脈血流停滞がある状況 下で心房位の短絡に起因する奇異性寒栓症のリスク増 加が懸念される. これら外科的に作成された交通に対 して、本来はほかの適応のために作られた閉鎖デバイ ス(ASD 閉鎖栓, PFO 閉鎖栓, VSD 閉鎖栓, 塞栓用 コイル、血管閉鎖栓、カバードステントなど)を用い て閉鎖する数々の手技が報告されている31-37) 両心カ テ評価と造影を行った後に、静脈側から開窓部にカ テーテルを通し、一時的な閉鎖試験を行う(10分から 20分). 血行動態の変化が耐容可能(酸素飽和度の上 昇に伴うフォンタン循環の圧上昇と心拍出量の低下が 許容範囲内)と判断されたら、デバイスを選択して閉 鎖を行う. デバイスのタイプはフォンタン手術の種類 (心内か心外の経路作成か), 患者の体格, 解剖学的な 特徴などによる.過去の報告ではこの手技は成功率が 高く合併症は少ない、経過観察では酸素飽和度の上昇 と臨床症状の改善は持続するが、客観的運動負荷試験 における所見の改善に関しては諸説がある38-420.

<経皮的開窓フォンタン閉鎖の推奨>

クラス IIa

1. 慢性期の開窓フォンタン患者において,血行動態が良好かつ試験閉鎖結果が適切であれば,カテーテル閉鎖を考慮することは妥当である(レベルC)

(2)バッフルリーク

フォンタンバッフルリークは典型的には心内バッフルの心房壁への縫合部で生じ、右左短絡からチアノーゼを呈する.この病変についても、各種閉鎖栓、コイル、カバードステントを使用して閉鎖に成功した報告は数多い⁴³⁻⁴⁸⁾.しかし、解剖学的特徴のために不完全な閉鎖となる可能性は高く、血管塞栓や弁の合併症の可能性があり、デバイス留置に際して慎重に検討すべきである.

くフォンタンバッフルリークのカテーテル閉鎖> クラス Ⅱa

1. 慢性期のバッフルリークを有するフォンタン患者において、血行動態が良好かつ試験閉鎖結果が適切であれば、チアノーゼを軽減する目的でカテーテル閉鎖を考慮することは妥当である(レベルC)

3-4. 弁周囲短絡

外科的に留置された僧帽弁位もしくは大動脈弁位の人工弁の弁周囲短絡の閉鎖は、有意な短絡があり心不全を呈する場合(NYHA 分類Ⅲ度以上)もしくは輸血の反復が必要な溶血を起こす場合に適応となる⁴⁹⁾.この病態に対する外科的再手術は合併症や死亡のリスクがある⁵⁰⁾.合併疾患により外科手術が適さないと考えられる患者では経カテーテル的閉鎖術が考慮される^{50,51)}.

現在、弁周囲短絡の閉鎖に用いられるデバイスはこの目的のために作られたものではない。この手技は時間を要し、追加の閉鎖術を要する場合も稀ではない 52,53 . Gianturco コイル、ADO、心房中隔欠損や筋性部心室中隔欠損の閉鎖栓、Gianturco-Grifka 血管閉鎖デバイスといったデバイスが弁周囲短絡の閉鎖に使用されてきた $^{54-60}$. AVP はリテンションディスクを持たない形態のため、概してこの病態の閉鎖には適さないとされる 49 . 大動脈弁周囲短絡の場合は大腿動脈からのアプローチ、僧帽弁周囲短絡では心房中隔穿刺によるアプローチが用いられる.

成績として以下の報告がある。僧帽弁周囲短絡の27 症例にADOを用いた閉鎖が試みられ、閉鎖栓留置成功率は63%で弁逆流の程度は50%の低下であった。60%を超える有意な合併症があった⁵³⁾. ほかの報告では21 例中17 例で留置に成功し、弁逆流はなしか軽度であった⁵⁴⁾. ほかの報告では、10 例中5 例で1年後も症状の改善が持続したが、10 例中4 例では2回目の閉鎖介入が必要であった⁵²⁾.

くリスクと合併症>

現時点で弁周囲短絡の閉鎖専用にデザインされた閉鎖デバイスはなく、逆流の強さと短絡サイズの多様性のため、デバイスの脱落のリスクがある^{61,62)}. また、人工弁の弁尖に閉鎖デバイスが接触して悪影響を及ぼす可能性、遺残短絡の可能性がある。手技は総じて難しく、透視時間、手技時間は長くなりがちである。これらのリスクは画像診断技術を用いてリークの成因を正確に評価すること、適切なデバイスを選ぶことで低減できる⁵³⁾.

<経皮的弁周囲短絡閉鎖の推奨>

クラスI

1. 弁周囲短絡のカテーテル閉鎖は、溶血、輸血の 反復、有意な短絡があり心不全を呈する患者で、 外科医と検討したうえで外科的介入がハイリス クと推認される場合に適応となる(レベル C)

クラス III

- 1. 少量の弁周囲短絡(血行動態的に有意でない)や 溶血が軽度もしくはない場合はカテーテル閉鎖 は勧められない(レベル C)
- 2. 弁機能に悪影響を与えずにデバイスを留置できる構造でないと判断した場合は、弁周囲短絡に対するカテーテル閉鎖術は禁忌である(レベルC)

4

経皮的バルーン弁形成術

4-1. 経皮的肺動脈弁形成術

経皮的肺動脈弁形成術は、1982年に Kan らによって初めて報告された⁶³⁾. 以後、数多くの成功例の報告がなされ、中等度や重度の肺動脈弁狭窄に対して第一選択の治療法として位置づけられている。有効性の観点から議論の分かれるところではあるが⁶⁴⁾、手技に伴

う合併症の発生頻度が低いことから、弁の異形成の強いヌーナン症候群に対しても施行されている.

ドプラ心エコーにて肺動脈弁レベルでの圧較差 40 mmHg を認めた場合には、経皮的肺動脈弁形成術の適応となる³⁾. 実際には、麻酔の影響で、圧較差が小さくなることも経験するが、弁尖の開放制限が確認されれば、無症状の時期に待機的に経皮的肺動脈弁形成術を行うことが多い⁶⁵⁾. 軽度の肺動脈弁狭窄は自然軽快することも多く、カテーテル治療を必要としない⁶⁶⁾.

確実な治療効果を得るために、かつては肺動脈弁輪径の 140%や 150%と比較的大きめのバルーン径が選択されていた。肺動脈弁逆流は $10 \sim 40\%$ の症例に生ずるが、右室拡大や機能不全を来すことから、肺動脈弁輪径の 120%の小さめのバルーンが使用されるようになってきている 67,68 .

肺動脈弁輪径が 20 mm 以上の場合に、ダブルバルーンテクニック 69 が用いられることがある。使用されるバルーン径は、 $Radtke^{70}$ らによって提唱されている計算式に準じて選択されている。

十分な肺動脈弁の可動性が得られたにもかかわらず、術直後に右室圧が改善しない症例を経験する^{71,72)}. 右室肥大に伴う肺動脈弁下部の漏斗部狭窄が残存しているためで、心筋肥厚の改善とともに次第に軽快することが多い. このような場合、バルーンのサイズアップをすると、右室流出路の損傷のためにかえって流出路狭窄の増悪を来す危険性がある.

新生児期重症肺動脈弁狭窄は、肺血流が動脈管に依存する血行動態を示すが、肺動脈弁の形態、右室容積、三尖弁輪径や類洞交通の有無により治療法が異なるため、術前の評価は重要である。拡張直後には、著明に肥厚した心筋や右室の低形成のため動脈管依存の状態が継続する症例が10%程度存在するが73)、狭窄の解除により右室の発育や右室壁肥厚の改善が期待される74

1990年に報告された新生児期重症肺動脈弁狭窄に対するカテーテル治療の重度の合併症は、3/168人(1.8%)と小児期や成人期に行われるカテーテル治療よりも高い⁷⁵⁾. 施行の際には、ガイドワイヤーによる右室流出路の損傷、心タンポナーデを含む種々の合併症の発症に注意する必要がある。

ファロー四徴を含む複雑先天性心疾患例に対する経 皮的肺動脈弁形成術の有効性が報告されてきた⁷⁶. 肺 動脈弁逆流の観点から外科的に直視下での弁形成術を 選択するようになってきたものの, 選択肢の一つである^{77,78}. 肺動脈弁下部狭窄が主体の場合には, 経皮的 肺動脈弁形成術は有益ではない. また, 心室中隔欠損 が右室流出路にあり、弁輪狭窄がない場合には経皮的 肺動脈弁形成術により肺高血圧を来すことがあり、注 意が必要である。

心室中隔欠損を有さない膜様の肺動脈閉鎖例に対し、肺動脈弁の穿破が試みられる. 冠動脈造影用カテーテルの右ジャドキンズカテーテルと種々のガイドワイヤーが使用されるが、経験や技術が要求され、右室流出路の損傷、心タンポナーデに注意しながら慎重に行う. 術前の右室造影で、三尖弁や右室の低形成が強い、著明な右室依存性の類洞交通が認められる場合には、経皮的肺動脈弁形成術の適応とはならない.

基本的な手技であるが、リスクを有することから単独施行に必要な経験数は、新生児・乳児期早期例を含めて5例程度と考えられる。

<経皮的肺動脈弁形成術の推奨>

クラスト

1. 動脈管に依存した肺循環を呈した新生児重症肺動脈弁狭窄,心臓超音波検査上,肺動脈弁の前後で40 mmHg 以上の圧較差を認める肺動脈弁狭窄,右室機能不全を有する臨床的に明らかな肺動脈弁狭窄症例(レベルA)

クラス IIa

- 1. 上記の基準を有するものの, 異形成弁または強い異形成の形態を呈する肺動脈弁狭窄症例(レベルC)
- 2. 心室中隔欠損のない膜様の肺動脈閉鎖で,右室 に依存する有意な類洞交通を認めず,適切な三 尖弁輪径,右室容積を有する症例(レベル C)

クラス IIb

- 1. ファロー四徴を含む複雑先天性心疾患例で肺動脈弁狭窄を有する症例(レベル C)
- 2. 心室中隔欠損のない膜様の肺動脈閉鎖で,明らかに右室に依存する有意な類洞交通を有する症例(レベルB)

クラス III

1. 三尖弁輪径,右室容積が著しく低形成で,経皮 的肺動脈弁形成術による右室の発育を促す効果 が期待できない症例(レベルC)

4-2. 経皮的大動脈弁形成術

経皮的大動脈弁形成術は,1984年に初めて報告された⁷⁹⁾.以後種々の報告が存在するものの,いまだ大規模試験や多施設共同研究がなされておらず,カテーテル治療と外科手術のいずれを選択するかの治療方針

には施設間での違いがみられる.新生児重症大動脈弁狭窄,年長児以降の大動脈弁狭窄に分けて述べる.

(1)新生児重症大動脈弁狭窄

直視下での弁形成術を行う外科手術の有効性は報告されているが⁸⁰⁾、より侵襲の低い経皮的大動脈弁形成術が外科手術と遜色のない成績が報告されるにつれて^{81,82)}、経皮的大動脈弁形成術が選択されることが多くなっている。大動脈弁狭窄病変が高度なほど、左室容積は小さく、左室心内膜線維弾性症が進行し、やがては体循環が動脈管に依存する血行動態を示すようになる。大動脈弁狭窄を解除した場合に、左室容積の発育は期待されるが、二心室循環が成立するかの判断は極めて重要である。遠位大動脈弓に明らかな動脈管由来の逆行性血流を認める場合には、二心室循環が成立する可能性は低い⁸³⁾。また Rhodes スコアなどが、二心室循環が成立するかの判断に使用されることが多いが⁸⁴⁾、最終判断は施設の経験などから決定される。

経皮的大動脈弁形成術には、順行性アプローチと逆行性アプローチがある。小さい左室内でのカテーテルの反転、バルーンカテーテルによる僧帽弁の損傷のリスク等から、順行性アプローチが選択されることは少なく、逆行性アプローチで選択されることが多い⁸⁵⁾. 逆行性アプローチでは、外科的に内頸動脈にシースを留置するか、大腿動脈穿刺によりシースを留置する.

使用されるバルーン径は大動脈弁の弁輪径の80~100%とされているが、大動脈弁輪径より1 mm 程度小さいものから段階的に使用されることが多い、大動脈弁逆流が生じた際には、その時点で中止し、それ以上の拡張は推奨されない。

経皮的大動脈弁形成術は、病初期を乗り越える有効な治療法であるものの、弁形成術後に有意の弁逆流や弁狭窄が残存する可能性があるため、姑息的なカテーテル治療と位置づけられるべきである³⁾.

(2)年長児以降の大動脈弁狭窄

大動脈弁レベルでの収縮期圧較差 50 mmHg 以上を有する大動脈弁狭窄の年長児、若年成人例では、1.2~1.3 patient year 患者・年の突然死リスクがあり、圧較差 50 mmHg 未満の大動脈弁狭窄の年長児、若年成人例の 3 倍と高率であった⁸⁶. バルーン拡大術の適応は、左室 – 大動脈圧較差が 50 mmHg 以上で、大動脈弁逆流の程度が Sellers 分類で I 度までとされている.

体格が大きくなるにつれ、大動脈弁輪径から 6,7F以上のシースが必要になる。大腿動脈への損傷を避ける目的から、ダブルバルーン法が用いられる。

バルーン拡張時にバルーンが滑脱すると弁の損傷を 惹起する可能性があり、左室機能、血圧が保たれてい る場合には、右室の rapid pacing が有用である 87,88 .

<経皮的大動脈弁形成術の推奨>

クラスI

- 1. 安静時の心臓カテーテル検査で大動脈弁レベル の圧較差 50 mmHg 以上を認める症例に呈する (レベル B)
- 2. 動脈管に依存した体肺循環を呈する新生児重症 大動脈弁狭窄例や左室収縮能が低下した重症大 動脈弁狭窄例(レベル B)
- 3. 安静時の心臓カテーテル検査で大動脈弁レベル の圧較差が40 mmHg以上で、かつ狭心症状、失 神発作や心電図上有意なST-T変化を認める症例 (レベルC)

クラス IIb

1. 安静時の心臓カテーテル検査で大動脈弁レベルの圧較差が 40 mmHg 以上 50 mmHg 未満で、かつ狭心症状、失神発作や心電図上有意な ST-T 変化を認めない症例で挙児希望や運動強度の強いスポーツに従事することを希望する症例(レベルC)

クラス Ⅲ

- 1. 安静時の心臓カテーテル検査で大動脈弁レベル の圧較差が 40 mmHg 未満で、かつ狭心症状、失 神発作や心電図上有意な ST-T 変化を認めない症 例(レベル C)
- 2. 中等度以上の大動脈弁閉鎖不全を有する大動脈 弁狭窄症例(レベル C)

5

経皮的血管形成術・ ステント留置術

カテーテルによる血管形成術は、末梢性肺動脈狭窄 や術後の大動脈縮窄に対する治療戦略の一つとして、 欠くべからざるものになっているが、必ずしも外科治 療に取って代わるものではなく、個々の症例ごとに最 善の治療法を選択すべきである。

先天性心疾患に対するステント留置術は1980年台後半から実施されている^{89,90)}. その標的病変としては肺動脈狭窄に対する使用実績が最も多く、次いで大動脈縮窄、大静脈狭窄などに使用されている。また欧米では導管やシャント血管(RV-PAシャント)に対するステント留置術が広く行われている。先進的な一部の施

設では肺静脈. 卵円孔や動脈管に対するステントも試 みられている。わが国では使用可能なステントに制限 があることから、成長途上の小児においてはバルーン 血管形成術が選択されることが多く、バルーン血管形 成術が無効であったか、効果の見込みに乏しい場合に ステント留置が選択されている.狭窄率が小さい病変. 長い範囲にわたる狭窄病変, elastic recoil を呈する病 変(折れ曲がり病変を含む). 周辺組織の圧迫による病 変などではバルーン血管形成術の効果は不十分で、ス テント留置術が必要となることが多く. 今後欧米で使 用されている大血管ステントが導入されれば普及が予 想される. 成長途上の小児に対する治療であることか ら、使用するステントは成長に伴いステント再拡大を 予想してその最大拡張可能サイズを意識して選択すべ きである^{91,92)}. 現在わが国で利用可能なステントとし て大血管(肺動脈、大動脈)には Palmaz® XL(P4010)(胆 管用ステントで血管には適応がない)または Palmaz® Large (P3008), 中血管にはPalmaz® Medium stent, Palmaz[®] Genesis, Express[®] Vascular LD & SD がある.

術前の造影はできるだけ病変の長軸に直角となるように角度を設定して撮影し、狭窄部径、ステントがカバーすべき長さ、周辺血管径をもとに使用器材を決定する。適応判定の際に注意すべき点として病変の周辺構造との関係を検討する。ステント留置により冠動脈や大動脈、肺静脈などが圧迫を受けないか CT や MRI の評価が有用である。

肺動脈や大動脈縮窄に対するバルーン血管形成術は 先天性心疾患に対する基本的なカテーテル治療であり、単独施行にはそれぞれ10例の経験が必要と考えられる.肺動脈・大動脈縮窄へのステント留置単独施行には、バルーン血管形成術単独施行30例以上の経験に加え、肺動脈狭窄では5例、大動脈縮窄では3例の経験が必要と考えられる.

5-1. 未手術または術後大動脈縮窄に対する バルーン血管形成術・ステント留置術

大動脈縮窄は、大動脈のいずれかの部位の狭窄を意味するが、先天性心疾患では多くの場合、動脈管近辺の狭窄である。大動脈弓離断は、大動脈弓のいずれかの部位の連続性が断たれた状態である。大動脈縮窄は、合併心疾患を認めない単純型と、先天性心疾患を合併する大動脈縮窄複合に分けられる。大動脈縮窄複合や大動脈弓離断では、心室中隔欠損を合併することが多いが、ほかに大動脈二尖弁、大動脈弁狭窄、大動脈弁下狭窄、僧帽弁疾患などを合併することがある。

未手術大動脈縮窄に対しては外科治療がgold standard とされてきたが、近年、バルーン血管形成術やステント留置の有用性が報告されている⁹³⁻⁹⁵⁾. 大動脈縮窄ならびに大動脈弓離断は、先天性心疾患のなかでも術後遠隔期に侵襲的治療が必要になることが多い疾患であり、限局性の再縮窄に対してはバルーン血管形成術が行われることが多い。乳児期以後の限局性未手術大動脈縮窄で、大動脈峡部の低形成がなければ、バルーン血管形成術が有効のことがある⁹⁶⁻⁹⁹⁾. いずれの場合でも遠隔期の大動脈瘤形成には十分注意が必要である.

成人の大動脈径まで拡大できるステントを留置できる未手術または術後の縮窄ではステント留置が行われることがある. 再縮窄や動脈瘤のリスク軽減が期待されているが, 遠隔予後に関してはまだ明らかになっていない⁹³⁻⁹⁵.

ステント留置後にも数%で大動脈瘤の合併が報告されている¹⁰⁰⁾. また、成人の大動脈縮窄ではステント留置後の大動脈破裂による死亡例が稀ながら報告されており¹⁰¹⁾、動脈硬化や嚢胞性中膜壊死の合併がその危険因子とされている¹⁰²⁾. 欧米からは、大動脈瘤を合併した再縮窄や大動脈破裂のリスクが高い大動脈縮窄に対しては covered CP ステントのような、バルーン拡張型カバードステントを選択すべきとの報告¹⁰⁵⁾がみられるが、わが国ではいまだ入手し得ない。

くリスクと合併症>

大腿動脈損傷,血管形成術部位の解離,動脈瘤などのほか,ステントの位置不良や移動などのリスクがある.

<未治療大動脈縮窄または再縮窄に対するバルーン血 管形成術に関する推奨>

クラスI

- 1. カテーテルにより計測した縮窄部を介する収縮 期圧較差≥ 20 mmHg で適切な形態の場合には、 年齢にかかわらず再縮窄に対するバルーン血管 形成術の適応がある(レベル C)
- 2. カテーテルにより計測した縮窄部を介する収縮期圧較差< 20 mmHg であっても適切な形態で豊富な側副血管により圧較差が過小評価されている場合、および単心室または有意の心室機能障害を伴う場合には年齢にかかわらず再縮窄に対するバルーン血管形成術の適応がある(レベルC)

クラス IIa

1. 重症の心室機能障害, 重症僧帽弁逆流, 心拍出量の低下, 心機能により悪影響を受ける他臓器疾患などの危険因子を有する場合には, 年齢にかかわらず未治療縮窄に対するバルーン血管形成術を考慮することは妥当である(レベル C)

クラス IIb

- 1. カテーテルにより計測した縮窄部を介する収縮 期圧較差> 20 mmHg で適切な形態の 4 ~ 6 カ月 以後の患児では、未治療縮窄に対するバルーン 血管形成術を考慮し得る(レベル C)
- 2. 複雑な形態,または結合織疾患やターナー症候群を合併する未治療縮窄または再縮窄では,バルーン血管形成術を考慮できるかもしれないが,個々の症例ごとに慎重に検討すべきである(レベル C)

<未治療大動脈縮窄または術後再縮窄に対するステント留置に関する推奨>

クラスI

1. カテーテルにより計測した縮窄部収縮期圧較差 ≥ 20 mmHg であり、安全にステントを留置でき る体格(体重 25 kg 以上)で、成人の大動脈径ま でステントを拡大留置できる術後再縮窄に対し てはステント留置の適応がある(レベル B)

クラス IIa

- 1. カテーテルにより計測した縮窄部収縮期圧較差 ≥ 20 mmHg または、 < 20 mmHg であっても合 併する高血圧を十分説明できる形態の未治療縮 窄または術後再縮窄では、一次治療として、成 人の大動脈径まで拡大できるステント留置を考 慮する(レベル B)
- 2. カテーテルにより計測した縮窄部収縮期圧較差 ≥ 20 mmHg の長い範囲にわたる未治療縮窄また は術後再縮窄(レベルB)では、一次治療として、 成人の大動脈径まで拡大できるステント留置を 考慮する

クラス IIb

1. 手術やカテーテル治療によっても改善できない 複雑な大動脈弓の狭窄があり、さらなる手術の リスクが高いと考えられる乳児、新生児の大動 脈縮窄に対してはステント留置を考慮すること がある. 成人の大動脈径まで拡大できないステ ントを留置した場合、拡大し得る最大径までこ のステントを拡大しても、大動脈狭窄を十分解 除できなくなった時点で、手術によりステント を除去または拡大する必要がある(レベル C)

2. カテーテルにより計測した縮窄部を介する収縮期圧較差< 20 mmHg であるが左室拡張末期圧が上昇し解剖学的に狭窄を認める場合,またはカテーテルにより計測した縮窄部を介する収縮期圧較差< 20 mmHg であるが,圧較差を過小評価するような有意の側副血管を認める場合には、未治療縮窄または術後再縮窄に対する初期治療として,成人の大動脈径まで拡大できるステント留置を考慮することがある(レベル C)

5-2. 肺動脈狭窄に対するバルーン血管形成 術・ステント留置術

(1)バルーン血管形成術

狭窄部圧較差が 20 mmHg 以上あり、狭窄近位の肺動脈圧または収縮期右室圧 / 大動脈圧が 0.7 以上または患側 / 健側の肺血流量比が 0.5 以下であることが一般的な適応基準であるが、右心バイパス術後や心機能低下例ではこれらの基準では判定できないため、局所の圧較差よりも血管造影などによる形態診断や血流の不均等により決定される.

バルーン血管形成術は先天性および後天性の肺動脈 狭窄に行われているが、拡大率や長期予後には限界があり 107-1101, AHA の statement では体格や解剖学的な理由により一次治療としてステントを留置できない場合に適応するとされている³⁾. 先に述べたごとく、わが国では使用可能なステントに制限があることから、一次治療としてはバルーン血管形成術を選択することが多く、無効例に対してカッティングバルーン、ステント留置などが行われている。今後欧米で使用されている大血管ステントが導入されれば一次治療としての適応見直しも考慮される.

先天性心疾患に対するカッティングバルーンは、おもに通常のバルーン血管形成術に抵抗性の末梢性肺動脈狭窄に対して使用されてきた¹¹¹⁾. しかし、ブレードの脱落などのトラブルにより6~8 mm 径のカッティングバルーンが販売中止になり、最近の使用頻度は極めて少なかった。最近、改良されたカッティングバルーンが導入され、再び使用頻度が高くなることも予想される。カッティングバルーンはその構造上、金属ブレードをバルーンに接着して製作されており、十分取扱いに注意して使用する必要がある。通常のバルーン血管形成術に抵抗性の血管に対して使用すべきであり、ロングシースと取扱いに慣れた術者により使用することが望まれる。

くリスクと合併症>

有効拡大のためには狭窄部やその周辺を過拡大する 必要があり、良好に拡大された病変では内膜の亀裂が 認められる.このことに伴う肺動脈破裂、カテーテル やガイドワイヤーの複雑な操作に伴う肺動脈損傷や不 整脈のリスクがある.

<バルーン肺動脈形成術に関する推奨>

クラスI

1. 有意な末梢性肺動脈狭窄や,一次治療としてステント留置が選択できない小さな患者の肺動脈狭窄に対しては,バルーン血管形成術の適応がある(レベルB)

クラス IIa

1. 肺動脈遠位の有意な狭窄,一次治療としてステント留置が適さない大きな近位の分枝に対するバルーン血管形成術を考慮することは妥当である(レベルB)

クラス IIb

1. 狭窄近位の肺動脈圧または右室圧が体血圧の 2/3 以上の有意な主肺動脈狭窄に対しては, バルーン血管形成術を考慮し得る. この狭窄は一般的には肺動脈弁上狭窄の一型であり, バルーンのみでは拡大できないことが多い(レベル C)

(2)ステント留置術

成長途上の患者の主肺動脈および第一分枝までの末梢肺動脈狭窄に対しては、通常バルーン拡張型ステントが用いられる。これらの病変に対しては可能な限り、成人の肺動脈径まで後拡大できる可能性があるステントを用いるべきである¹¹². 体格や解剖学的な理由、または術後早期の病変では、計画的な段階的治療の一環として、小径ステントの留置が考慮されるが、その適応については外科医との十分な打ち合わせが必要である。

くリスクと合併症>

ステントを留置するためには太く硬いワイヤーや, ロングシースなどが必要であり,一般的なカテーテル 操作に伴うリスクは高くなる.しかし,過拡大に伴う 肺動脈損傷のリスクはバルーン血管形成術に比べて低い.ステントの移動や側枝閉塞などの可能性がある.

<肺動脈へのステント留置に関する推奨>

クラスト

1. バルーン血管形成術が無効で、成人の血管径ま

で拡大できるステントを留置できる体格の患者 では、有意な肺動脈狭窄に対してステント留置 の適応がある(レベル B)

クラス IIa

- 1. 成人の血管径まで拡大できるステントを留置できる体格の患者では、有意な肺動脈狭窄に対する一次治療としてのステント留置の適応がある(レベルB)
- 2. 心臓手術後で肺動脈分枝狭窄による循環動態の 異常が原因と考えられる重篤な患者に対して、 体格や血管径にかかわらずステント留置を考慮 する(レベルB)
- 3. 主肺動脈狭窄により右室圧が上昇している場合、ステントが肺動脈弁を損傷せず、また肺動脈分岐部の障害にならなければ、一次治療としてステント留置を考慮する(レベルB)

クラス IIb

1. 体格の小さい患者の重症の肺動脈分枝狭窄に対して、成人の血管径まで拡大できない小または中口径ステント留置を考慮することがある。これらのステントは将来の外科治療(導管置換やフォンタン手術)の際に、外科的に拡大または摘出する必要を考慮する(レベルC)

5-3. 大静脈狭窄に対するバルーン血管形成 術・ステント留置術

(1)バルーン血管形成術

先天性やマスタード、セニング、フォンタンなどの 外科治療後の中心静脈狭窄に対して行われるが再狭窄 率は高く、バルーン血管形成術のみで治療が完了する ことは稀である.

くリスクと合併症>

体静脈狭窄に対するバルーン血管形成術に伴う合併症は稀であり、血管穿孔のリスクはほかの部位よりも低い.しかし、再狭窄の可能性は肺動脈よりも高いと考えられる^{113,114)}.

<バルーン体静脈形成術に関する推奨>

クラス IIa

1. 末梢静脈狭窄や複雑な静脈狭窄でほかに治療手 段がない場合にバルーン血管形成術を考慮する ことは妥当である(レベルC)

クラス IIb

1. 中心体静脈狭窄に対するバルーン血管形成術は

妥当な可能性があるが、その有用性に関しては確立していない(レベルC)

(2) ステント留置術

腸骨大腿静脈,無名静脈,中枢側鎖骨下静脈,上下 大静脈を含むすべての体静脈狭窄に対してステント留 置が考慮される.成人の血管径まで拡大できるステントを留置できる場合には,一次治療として選択される ことが多い¹¹²⁾.

くリスクと合併症>

静脈は柔軟性に富むためステント留置時の位置不良 や移動には注意が必要である。狭窄を解除しても十分 な血流が再開しない場合には血栓閉塞の可能性が高 い

<体静脈狭窄へのステント留置に関する推奨> クラス |

- 1. 鎖骨や鼠径靭帯よりも中枢の有意な体静脈狭窄 を解除するためにステント留置の適応がある(レ ベルB)
- 2. マスタード術後, およびセニング術後の大静脈 狭窄を解除するためにステント留置の適応がある(レベル C)

5-4. 肺静脈狭窄に対するバルーン血管形成 術・ステント留置術

成人においては高周波カテーテル焼灼術後 $^{115-121}$ 、小児においては先天性心疾患修復術に伴う肺静脈狭窄に対するカテーテル治療が報告されている $^{122-129}$.ステント留置はバルーン血管形成術に比べて長期開存率を高めることが示唆されているが $^{130-132}$ 、留置後のステント径が再狭窄の決定因子との報告が多い 117,122,133,134 .高周波カテーテル焼灼術後の成人における後天性肺静脈狭窄では、8 \sim 10 mm以上に拡大することが重要とされている.

肺静脈狭窄に対するカテーテル治療後の再狭窄率は 高く、ステント留置後には外科治療が極めて困難にな ることから、外科医との十分な打ち合わせや、患者の 成長を見込んだステントの選択が重要である。

くリスクと合併症>

ほかの部位に対する血管形成術やステント留置と同様であるが、ステントが左房に脱落した場合には、重大な結果をもたらす可能性がある.

<肺静脈狭窄に対するステント留置に関する推奨> クラス |

- 1. 高周波アブレーション術後の後天的な有意の肺 静脈狭窄では、ステント留置の適応がある(レベ ルC)
- 2. 年長児, 思春期における肺移植後の後天性肺静脈狭窄, 腫瘍による外部からの圧迫に対してはステント留置の適応がある(レベルB)

クラス IIb

- 1. 孤発性の先天性肺静脈狭窄に対してステント留置を考慮することがある(レベル C)
- 2. 乳児, 幼小児における肺移植後の後天性肺静脈 狭窄, 腫瘍による外部からの圧迫に対してはス テント留置を考慮することがある(レベル C)
- 3. 総肺静脈還流異常術後の肺静脈狭窄に対する治療としてステント留置を考慮することがある(レベルC)

クラス III

1. 外科治療を必要とするほかの先天性心疾患を合併した肺静脈狭窄に対しては血管形成術やステント留置を考慮すべきではない(レベル C). ただし、複雑心疾患に伴う総肺静脈還流異常で肺静脈閉塞を来している重症例では、手術成績が極めて不良な総肺静脈還流異常の早期の外科的介入を回避する目的でステント留置することが試みられことがある(レベル C)

5-5. 導管・BT 狭窄に対するバルーン血管形成術・ステント留置術

導管^[35]やBT短絡に対する姑息的な治療としてバルーン血管形成術やステント留置が行われることがある。

<リスクと合併症>

導管に対するバルーン拡大またはステント留置では 肺動脈弁逆流の増悪, 導管の裂傷または破裂のリスク があり, もともとの導管径以上に拡大しない注意が必 要である.

ステント留置に伴い, 冠動脈を圧排することがあり 導管と冠動脈の解剖学的な位置関係についての評価が 重要である.

<導管・BT 狭窄に対するバルーン血管形成術に関する推奨>

クラス Ila

1. BT 狭窄に対する姑息的治療として、狭窄を解除

することを目的としてバルーン血管形成術を行うことは妥当である(レベル C)

クラス IIb

1. 有意の導管狭窄に対する姑息的治療として、狭窄を解除することを目的とした、またはステント留置による狭窄の伸展性を評価するためにバルーン血管形成術を行うことは妥当な可能性がある(レベル C)

く導管・BT 狭窄に対するステント留置に関する推奨> クラス I

1. 導管の有意の狭窄が主体であり、(a) ステント留置が導管に対する次の治療が必要になるまで導管の寿命を有意に延長でき⁵⁾、(b) 狭窄を放置するよりも、肺動脈弁逆流の増悪のほうが有利であり、(c) ステントが肺動脈分岐部を障害せず、また冠動脈の圧排による冠循環障害を起こさないと評価できる場合には、右室 – 主肺動脈 / 肺動脈間の導管狭窄に対するステント留置の適応がある(レベル B)

クラス IIb

2. 心内修復術の適応がない患者でBTの有意な狭窄があり、ほかに肺血流量を増加する手段がない場合にはステント留置を考慮し得る(レベルC)

5-6. 動脈管開存に対するステント留置術

肺血流量を増加する手段としての動脈管へのステント留置に関する初期成績は不良であったが^{136, 137)},ステント自体を始めとする医療機器の改良により成績の改善が報告されている¹³⁸⁻¹⁴⁴⁾.ステント留置により外科的なリスクは回避できるが、外科的な体肺短絡術に比して信頼性は低く、再狭窄率は依然として高く、開存期間も短いため救命的、一時的治療と考えるべきである。

くリスクと合併症>

大腿静脈損傷や閉塞など新生児の心臓カテーテルに 特有な合併症.循環が動脈管に完全に依存している症 例に対して施行する場合には動脈管の攣縮や損傷に備 えて補助循環を準備することが望ましい.動脈管での ガイドワイヤーやカテーテルの操作により動脈管の穿 孔や閉塞を来すことがある.動脈管に対するステント 位置不良における回収は困難な手技となる.

<肺血流量増加を目的とした動脈管へのステント留置に関する推奨>

クラス IIa

1. 1カ所以上の肺血流供給源(順行性血流や体肺側副血流)だけでは肺血流量が不十分であり、ステントを留置した動脈管からの比較的短期間(3~6カ月)持続する肺血流量増加が必要なチアノーゼ性先天性心疾患の乳児で、ステント留置に適した形態の動脈管に対してステント留置することを考慮する(レベルB)

クラス IIb

1. 動脈管が唯一の肺血流路であるチアノーゼ性先 天性心疾患の乳児で、ステント留置に適した形態の動脈管に対してステント留置することは、 緊急回避的な治療として考慮することがある. (レベル C)

クラス III

1. 動脈管付着部位近傍の近位肺動脈に狭窄がある チアノーゼ性先天性心疾患の乳児では動脈管に ステントを留置すべきではない(レベル C)

6

経皮的血管閉鎖術

6-1. 動脈管開存

動脈管開存のカテーテル治療(閉鎖術)は、1967年Porstmannら¹⁴⁵⁾により初めて報告されたが、このデバイスには非常に太いシースが必要で、閉鎖手技も複雑であったため広く普及するに至らなかった。その後、Rashkindらは、1979年にsingle-disk¹⁴⁶⁾、1987年にdouble-disk¹⁴⁷⁾を用いた閉鎖術について報告し、臨床の場で使用されるようになった。1990年代前半に、それまで異常血管の閉塞に使用されていた Gianturcoコイルを用いた動脈管開存の閉鎖術が報告された^{148,149)}、5Fという細いデリバリーシステムを用いて閉鎖術が可能という点で画期的で、以後、小児例に有用な種々の閉鎖栓、閉鎖術が開発された。現在わが国で使用できる動脈管開存閉鎖用のデバイスは、コイルと ADOである。

(1)コイルによる動脈管開存閉鎖術

動脈管開存の閉鎖にはさまざまなコイルが使用でき、それぞれ、材質、直径、巻数、太さ、ダクロン糸の付き方などに特徴がある。Pushable コイルである

Gianturco コイルも、習熟すれば比較的安全に使用できるが $^{150)}$ 、わが国では、ほとんどの施設でより安全な detachable system により閉鎖術を行っている.これには 0.038" Flipper® PDA コイル(FPC)を使用する場合と、0.052" Gianturco コイルに心筋生検鉗子を併用して detachable system としたものを用いる二通りの方法がある $^{149)}$. わが国で ADO が導入され保険適応となった 2009 年以前は、複数コイルの同時留置、0.052" コイルの使用などにより、最小径 4 mm 以上の動脈管にもコイルによる閉鎖術が試みられた $^{151-153)}$. しかし、動脈管が太くなると、コイルの脱落・遊走などの合併症も稀でなく、コイルの良い適応は最小径 $2\sim3$ mm以下の動脈管と考えられている 154 .

コイルによる動脈管開存閉鎖術の成績については多くの報告がある. 1990 年代半ばに 46 施設が参加して行われたコイル閉鎖術 535 例(最小径中央値 2.0 mm)の検討では、成功率 95%、24 時間以内の完全閉鎖率 75%であり 1550, European Pediatric Cardiology 学会からのまとめでは、1,258 例(1,291 回)のコイル閉鎖術の結果、留置直後の閉鎖率 59%、1 年では 95%と報告されている 1560.

<コイル閉鎖術の問題点、合併症とその対策>

①コイルの血管内過剰突出

コイルの過剰な巻き数が肺動脈内,大動脈内に残った場合,その程度によっては左肺動脈,大動脈に狭窄病変を形成する.小児例では,わずかな突出は成長とともに軽減するが,有意な圧較差を残す場合には,コイルを回収して再閉鎖を行うべきである.

②肺動脈・胸腹部大動脈内へのコイル脱落

通常、コイルの離脱とともに発生する。肺動脈側に塞栓することが多く、その部位はコイルの大きさ、脱落した個数によりさまざまである。通常、4F(5 mm、10 mm 径)のキャッチングスネアを用いれば、その回収は難しいものではない。血行動態も安定しているため、落ち着いて回収する。なお、静脈側からアプローチする場合、コイルが三尖弁腱索に絡まるのを防ぐため、必ず肺動脈内でデリバリーシースに回収する157)。

③赤血球破砕症候群

遺残短絡のために有意な数の赤血球が破砕された場合にヘモグロビン尿で発症する^{158,159)}. ハプトグロビンを投与しながら経過を観察すると,血栓形成とともに自然に改善することもあるが, LDH 上昇が持続,ヘモグロビン低下が進行すれば,追加治療を考慮する.体内のハプトグロビンが消費された後に顕性化するため,退院後に発見される可能性もある.

動脈管開存に対するコイル閉鎖術の単独施行には 10 例程度の経験が必要と考えられる.

(2) Amplatzer[®] Duct Occluder

ADO は、2008年に薬事承認され、2009年に保険適 応となった. ADO の使用説明書によれば月齢 6, 体 重 6.0 kg 以上の患者が対象となるが、その使用には JPIC の定めた術者基準. 施設基準を満たしておく必 要がある¹⁵⁾. 現在わが国で使用可能な ADO サイズは 7種類あり、肺動脈端径/大動脈端径/スカート径/ 長さ(mm)の順に、4/5/9/5、4/6/10/7、6/8/12/7、 8/10/16/8, 10/12/16/8, 12/14/20/8, 14/16/22/8 となっている。12/14/20/8、14/16/22/8は受注輸入 である. 原則的に、ADO 肺動脈端径が動脈管最小径 より2mm以上大きいものを選択する. 計算上10~ 12 mm までの動脈管が閉鎖対象となるが、一般に動 脈管径が大きくなるほど、より大きいサイズのADO を使用する必要がある.またADOの使用説明書では、 肺動脈内に3 mm 以上, もしくは左肺動脈径の1/3 以上突出する場合、または ADO 離脱前にドプラで計 測した左肺動脈内血流速度が 3.0m/ 秒以上、もしくは カテ前血流速度の1.75 倍以上あれば、左肺動脈狭窄 の合併を回避するため、ADO の回収が勧められてい

ADO の有用性に関しては、米国における多施設間研究¹⁶⁰⁾を参照すると、99%に留置可能で、完全閉鎖率は当日 89%、1年後 99.7%と良好で、透視時間も中央値 7.1 分と短かった。ADO はコルク栓に似た形態で肺動脈側に retention disk を有さないため、離脱後に押し戻され大動脈内に突出・脱落することがある。この現象は動脈管が収縮性に富む場合、特に小さな乳児で起こりやすい¹⁶¹⁾。ADO 離脱前にはデリバリーシースから造影剤を注入し、(1) ADO 肺動脈端径が動脈管内でなく肺動脈内にあること、(2) ADO 体部が動脈管の最狭部に挟まれて固定、ADO 肺動脈端径がスカート様の形態を呈していることを確認する.

ADO の導入により、太い動脈管もより確実、かつ容易に閉鎖することが可能になってきたが、Krichenko分類 $^{162)}$ のタイプB動脈管の閉鎖は難しく、タイプDでもしばしば困難である $^{163)}$.

<動脈管開存に対するカテーテル治療のさまざまな問 顕>

①心雑音のない動脈管開存(silent PDA)をどうするか?

Silent PDA の治療適応、すなわち感染性心内膜炎の

原因になるか否かについてはなお議論がある。少なくとも有意な乱流刺激を認めないような silent PDA の閉鎖に関しては、その意義を裏付けるデータはない。 Lloyd ら 1641によれば、silent PDA における感染性心内膜炎の発生率は、連続性雑音を聴取する症例の1/1,000以下と推測される。しかし、(1)心雑音は胸壁の厚さ、診察室周囲の環境、脈拍数、さらには短絡血流の方向などに影響を受け、短絡量のみで規定されていないこと 1651、(2)成人の動脈管は概して大きいが、小児期に silent PDA と診断された動脈管も成長する可能性があること、(3)年齢とともに血圧が上昇し、動脈管前後の圧較差が増大した時、感染性心内膜炎の危険率が上昇する可能性については、今後解決されなければならない。

②乳児期早期の動脈管開存をカテーテル治療で閉鎖するか?

成長を待てず緊急、準緊急で動脈管開存を閉鎖する 必要があるとすれば、対象はそれだけ重症例に限られ る. Fisher 6^{166} は $1 \sim 11$ カ月. 体重 $2.6 \sim 7.8$ kg. 動 脈管最狭径 1.5~5 mm の 12 例に対し、ADO による 閉鎖術を行った結果、2 例で結紮術が必要となり、9 例で手技・透視時間が長かったと報告している. ADO による動脈管開存閉鎖術は、乳児期早期例にお いても有用な可能性はあるが、(1)硬いデリバリーシー スを小さな右室流出路にかなり無理な角度で進めるた め、血行動態に影響を及ぼしやすいこと、(2)シースを 右室流出路から下行大動脈へ通過させる際、シースは 急カーブを描くように走行するため ADO を送り込む 際に、シースがキンクしやすい点が問題になりやすく. 普及するには、器具の改良が必要である。また、乳児 例では ADO の retention disk が細い大動脈内に突出す る可能性も高くなる. いずれにしても体重 10 kg 未満 では合併症の発症率も高く十分な注意が必要で163). 未熟児、新生児など小さな症例では、外科的介入を行 うべきである.

<動脈管開存に対するカテーテル治療の推奨> クラス |

1. 左右短絡を有する中等大から大きい動脈管で、以下の条件を満たす場合.(1)ほかに外科手術を必要とする心血管系合併症を有さない,(2)解剖、患者の体格がカテーテル治療に適している,(3)多呼吸、体重増加不良などの症状がある,(4)胸部 X線、心エコー検査などで肺血流増加所見、左心系の容量負荷所見を認める場合(レベルB)

クラス IIa

1. 左心系の容量負荷はなく,動脈管は小さいが, 聴診で動脈管による心雑音が聴取される場合(レ ベルC)

クラス IIb

- 1. 動脈管の短絡血流は肺血管閉塞性病変のため両 方向性であるが、酸素負荷、肺血管拡張薬によ り血管抵抗が減少、左右方向になる場合
- 2. 左右短絡を有する小さな動脈管で、心拡大なく、動脈管による心雑音を聴取しないが、心エコー 検査で乱流シグナルを認め、動脈管を短絡する 加速血流が検出される場合

クラス III

1. 動脈管は肺高血圧, 肺血管閉塞性病変のため両 方向性か右左方向で, 酸素負荷, 肺血管拡張薬 に反応しない場合

6-2. 体肺側副動脈

体肺側副動脈は種々の先天性心疾患で認められ,左 右シャントの程度もさまざまである.カテーテル閉鎖 術が考慮される症例は主に3つに大別される.

1つ目は単心室へのグレン手術やフォンタン手術後 に伴う症例である. 単心室の血行動態において左右 シャントは容量負荷や静脈圧の増加につながり、グレ ン. フォンタン循環では肺循環に競合的に働き. 結果 として肺動脈圧を上昇させてしまうかもしれな い167-173) 術後早期にはそれにより人工呼吸器装着期 間や集中治療室滞在日数が延長されることもあり得 る. また, この体肺側副動脈が胸水の増加や蛋白漏出 性胃腸症にも関連するという報告もあるが、実際には ほかの解剖学的、血行動態的、神経液性要素も多分に あるため、その関連性はいまだ不明である、状態の悪 い単心室患者の体肺側副動脈を閉鎖することで症状の 改善を認めるという報告は多く認めるが、一方で、グ レン、フォンタン手術前のカテーテル検査における無 症状の患者に対するルーチンでの閉鎖の有効性につい ては明らかではない174-176). ただし手術時に対する効 用としては、体外心肺循環時に肺静脈からの還流血流 が減少することによる視認性の向上、効果的な組織循 環の確保などがあげられる.

2つ目はファロー四徴や肺動脈閉鎖兼心室中隔欠損に共通して伴う症例である^{177, 178)}. 興味深いことにチアノーゼや肺血流の減少を伴う症例, 特に本来の肺動脈が低形成な症例では体肺側副動脈による左右シャントはむしろ有益に働くかもしれない。また, この種の

体肺側副動脈の解剖は多岐にわたる. 肺血流の主流を担い, 手術によりそこへほかの細い肺動脈を集約させる必要がある場合, 逆に肺血流のごくわずかな部分しか担わない場合もあり得る. また末梢肺血管床に対しても本来の肺動脈との二重供給である場合とそうでない場合がある. 起始部に関しては大動脈のいずれかの部分, または冠動脈を含む主な分枝血管からなどが考えられる. これらの体肺側副動脈の閉鎖を決定するにはいくつかの要素がある. 左右シャントの程度, チアノーゼや効果的な肺血流の程度, 部分的な肺血管床に対する体肺側副動脈と本来の肺動脈の血流供給バランスなどである. 本来の十分な肺血流の供給と低い肺動脈圧を実現するには外科医との協力や事前の綿密な計画が重要である.

3つ目はほかの先天性心疾患で過大な左右シャントを認める症例である.これはほかの主たる心疾患に隠されてしまい,その手術後に発見されることもしばしばである¹⁷⁹⁾.典型的な例としては術後に原因不明の高肺血流によるうっ血性心不全を呈する症例である.体肺側副動脈は心エコー検査で発見される場合もされない場合もある.もし発見されればさらにカテーテル検査を施行し,診断,閉鎖術が施行される.またMRIやCTもカテーテル閉鎖術の助けになり得る.

血管のカテーテル閉鎖術に関しては 1970 年代からさまざまなデバイスと素材(固形物質,液状物質,着脱可能塞栓子やコイルなど)によるものが報告されてきている 180-186). 現在わが国では,体肺側副動脈のカテーテル閉鎖術ではコイル閉鎖が主流である. 海外では一般的な AVP やほかの塞栓子も日本への早期導入が期待される.体肺側副動脈が複数の大動脈系からの血流供給で成立している可能性を考慮し,できるだけそのすべてからの血流を遮断するため,デバイスは極力選択的に肺動脈へのちょうど出口へ位置されるべきである.

体肺側副動脈のカテーテル閉鎖術による合併症は, ほかの重要な大動脈系へのデバイスの偶発的な塞栓である.これらの側副動脈の多くは総頸動脈や鎖骨下動 脈のような主要な大動脈分枝血管の頭側から起始していて,大動脈側に落下することなく,その血管内に収 まるデバイスとそのサイズを選択することが重要となる.稀に小血管でのカテーテル操作による造影剤血管 外漏出も報告されている.

単独施行前に術者として経験すべき症例数は、コイル閉鎖術では10例程度と考えられる.

<体肺側副動脈に対するカテーテル閉鎖術の推奨> クラス |

1. 単心室および二心室の血行動態において, うっ血性心不全, 高肺血流状態, 呼吸障害, もしくは進行性の胸水貯留や蛋白漏出性胃腸症などを来す大きな左右シャントを伴う体肺側副動脈に対するカテーテル閉鎖術は望ましい(レベルB)

クラス IIb

- 1. 単心室患者でのグレン,フォンタン手術前のカテーテル検査で発見された無症状の中等度の体 肺側副動脈に対するカテーテル閉鎖術は考慮されるかもしれない(レベルB)
- 2. 肺動脈閉鎖で体肺側副動脈を伴う症例で,本来の肺動脈からの十分な血流供給がある場合,外科との連携のもと,カテーテル閉鎖術が考慮されるかもしれない(レベルB)

クラス III

- 1. 肺血流の減少による著明なチアノーゼを来している単心室、二心室症例では体肺側副動脈に対するカテーテル閉鎖術は推奨されない(レベルC)
- 2. 肺動脈閉鎖症例に伴う将来的に本来の肺動脈に 集約されるべき体肺側副動脈に対するカテーテ ル閉鎖術は推奨されない(レベル C)

6-3. 静脈 – 静脈短絡

静脈 - 静脈短絡はグレン術後やフォンタン術後症例に多くみられ、高圧の体静脈から低圧の肺静脈への右-左短絡はチアノーゼを引き起こす。グレン術後またはフォンタン術後に静脈 - 静脈短絡が発達する予測因子は高い肺内外圧差と高い体静脈圧といわれている187-192).

体静脈から肺静脈や冠静脈洞あるいは肺静脈が還流する心房への短絡は診断時にカテーテル閉鎖術を行うべきであり、上半身の体静脈から横隔膜より下位への短絡はグレン手術前にはカテーテル閉鎖術を行う、フォンタン手術が予定されている場合は横隔膜より下位での短絡は症状が軽度であれば閉鎖術を行う必要はない。

くリスクと合併症>

合併症としてはほかの閉鎖術の手技と同様に遺残短絡やコイル脱落があげられる。ほかに注意すべき点として閉塞部位よりさらに遠位部で遠隔期の短絡再開通が起こる場合がある。

<静脈 − 静脈短絡に対するカテーテル閉鎖術の推奨> クラス |

- 1. 肺静脈や冠静脈洞あるいは肺静脈が還流する心房への静脈 静脈短絡は重篤なチアノーゼや閉鎖症のリスクがある患者の場合カテーテル閉鎖術の適応がある(レベル C)
- 2. グレン手術後に横隔膜より下位への静脈 静脈 短絡が発達し、重篤なチアノーゼを引き起こし ている患者の場合、ただちにフォンタン手術を 行うのでなければカテーテル閉鎖術の適応がある(レベル C)

クラス IIa

1. フォンタン手術前のカテーテルで静脈 – 静脈短絡がみつかった患者の場合, 重篤なチアノーゼを引き起こしていなくてもカテーテル閉鎖術を考慮することは妥当である(レベル C)

クラス IIb

1. 横隔膜より下位への静脈 - 静脈短絡を有するグレン手術前の患者の場合カテーテル閉鎖術が考慮される(レベルB)

クラス III

1. フォンタン手術が予定されている患者の場合, 横隔膜より下位での短絡は症状が軽度であれば 閉鎖術を行う必要はない(レベル C)

6-4. 体肺短絡術

Blalock-Taussig shunt (BTS)に代表される体動脈 - 肺動脈シャントは外科的修復の過程でシャントに依存せずに肺血流量が十分確保できるようになると不要になることもある。必要がなくなったシャントは過度の肺血流を引き起こすなどの悪影響を及ぼす可能性があるため結紮、閉塞すべきである。しかしながら外科的なシャント結紮または閉鎖術は横隔神経麻痺、反回神経麻痺や胸管損傷のリスクもあり、ほかの修復術と同時に行う場合でも手術時間の延長などが合併症をより惹起する懸念もある。そのためカテーテル治療の進歩に伴い、カテーテル的体肺短絡術閉塞術が考慮されるようになってきた。

わが国ではカテーテル的 BTS 閉鎖術は Jackson コイル (Cook Medical Inc., USA) や Gianturco コイル (Cook Medical Inc., USA) などのコイルが主に使用されている。 諸外国からの報告でもカテーテル的 BTS 閉鎖術は体動脈側からのアプローチが多いためより小さいカテーテル,シースの使用が可能なコイルが主流 $^{193-195)}$ であるが、年長児でかつ静脈側からのアプローチが可

能な場合は AVP や ADO の使用も考慮されている 196-198).

シャント内に狭窄がない BTS のカテーテル的閉鎖 術では、コイルまたはデバイスの脱落による塞栓症の リスクを少なくする方法として、"controlled-release" コイルの使用を考慮する、シャント吻合部の肺動脈側へのステント留置¹⁹⁸⁾、シャントの遠位側を一時的にバルーン閉鎖してフローコントロールを行うこと^{199, 200)} などが考慮される.

BTS 以外の体肺短絡術に関しては諸外国からの報告では Potts シャントに対してはカバードステント²⁰¹⁾ や Amplatzer® Muscular VSD Occluder²⁰²⁾の使用が、また Waterston シャントに対しては ASO など ²⁰³⁾の使用が報告されている.

<リスクと合併症>

カテーテル的 BTS 閉塞術の合併症としてコイルまたはデバイスの脱落による塞栓症があるが、シャント吻合部肺動脈側へのステント留置¹⁹⁸⁾や、バルーン閉鎖によってフローコントロールを行う^{199,200)}ことにより塞栓症のリスクを軽減することが可能である。

カテーテル的 BTS 閉塞術では切り離されていない Gore-Tex® tube が残存しているため患児の成長に伴い 肺動脈が上方に引っ張られる "tenting" を引き起こす可能性があり、この潜在的な合併症に関して長期的なフォローアップが必要と考えられる.

<体肺短絡術に対するカテーテル閉鎖術の推奨> クラス |

- 1. 純型肺動脈閉鎖症や重症肺動脈弁狭窄症の術後で動脈 肺動脈シャントに依存せずに十分な酸素化が得られる患者の場合,カテーテル的 BTS 閉塞術の適応がある(レベル C)
- 2. 先天性心疾患の根治術後に姑息術時に設けた BTS から相当量の左右短絡を有する遺残短絡を 認めた場合,カテーテル的 BTS 閉鎖術の適応が ある(レベル C)

クラス IIa

1. 外科的にシャント閉塞が困難または手術時のリスクを増加させると考えられる場合には、シャント閉鎖試験で重篤な低酸素血症がなければ手術直前にカテーテル的 BTS 閉鎖術を考慮することは妥当である(レベル C)

クラスⅢ

1. シャント閉鎖試験で許容できない低酸素血症を 引き起こした場合は修復術前にカテーテル的 BTS 閉鎖術を行うべきではない(レベル C)

6-5. 血管異常

(1)冠動脈瘻

冠動脈瘻は冠動脈と心腔 大血管の間に交通を有す る病態で、先天性のものが多くを占めている、その流 出血管は左右冠動脈のどちらからも発生し、両側冠動 脈から血流を受けるものも稀でない. 冠動脈枝ごとの 頻度は右冠動脈から発生するものが最多で、続いて左 前下行枝からのものが多く認められる204,205). 還流部 位は、右房、右室、肺動脈などの右心系に多く、右心 系が90%前後を占めている^{205, 206)}. ドプラエコーによ り無症状の症例が発見されることも稀ではなく、その 頻度は従来考えられていたより高率で、自然消退した 症例も報告されている2071. 新生児期から大きい冠動 脈瘻を有する症例もあるが、多くは小児期には無症状 である。年齢とともに拡大し、成人期に入り有症状例 の比率、合併症を伴う比率が高くなる208)、無症状で も有意な短絡量(Qp/Qs ≥ 1.3)を有していれば手術適 応との記載もあるが²⁰⁹⁾, 肺血流, 心室への影響はそ の還流部位によって異なることに注意する。すなわち 冠動脈瘻が右心系に還流する場合, 両心負荷の状態と なり肺血流量も増加する。一方、左心系に還流する場 合, 左室容量は大きくなるが, 肺血流量は増加しない. 冠動脈瘻の閉鎖時期については、 心不全症状がコント ロールできない場合、出生後早期にカテーテル治療を 行うことも必要になる. しかし. 例えば乳児期に無症 状の冠動脈瘻が発見された場合. 小児期に有症状とな ることは少ないこと、体格が大きくなれば治療手技上 の合併症も少なくなることより、カテーテル治療の難 易度などを考慮したうえで, 適切な年齢, 体格まで待 機することは可能であろう210, なお、瘻内の血栓形 成は稀であるが、急性心筋梗塞や、発作性心房細動、 心室性不整脈などの原因となる可能性がある211).

多くの冠動脈瘻はマイクロコイルを含むコイルやそのほかの閉鎖栓により閉鎖することが可能である $^{205.}$ 210, $^{212,213)}$. 冠動脈瘻の治療適応は外科手術,カテーテル治療ともに同じである。カテーテル治療に特異的な条件としては、(1) 冠動脈瘻に流入するまで安全にカテーテルを挿入可能、(2) 冠動脈瘻以外に閉塞される太い正常側枝が存在しない、(3) 内部に狭窄を有すること、(4) 開口部が複数ないことなどがあげられる $^{214)}$.

コイルを使用する場合, そのサイズが重要であり, Qureshi²¹⁰⁾は血管径(特に流出部)の 130%のものを使用することを勧めている.

冠動脈瘻の閉鎖に使用する閉鎖栓,カテーテルは, 血管の蛇行性,血流速度,瘤状拡張の有無,閉鎖対象 部位,患者の年齢,体格などを考慮して選択する²¹⁰.カテーテル治療の成績は外科手術と遜色なく 90%以上の閉塞率が報告されている^{205,210}.コイル閉鎖の成績には,(1)冠動脈瘻の大きさ:短絡量,(2)冠動脈瘻の起始部位(冠動脈起始部からの距離)と開口部(肺動脈など)までの距離,(3)使用コイルの種類と留置の仕方などが関与するため²¹⁵⁾,これらの点に注意して術前評価を行っていく.

<合併症>

不完全閉鎖による遺残短絡,不注意でより末梢の冠動脈が閉鎖されたことによる心筋虚血,右心系,肺動脈へのコイルの遊離・塞栓,一過性の心電図 ST 変化,房室ブロックなどが合併症として報告されている^{205,210,215)}.また,外科的結紮術後に形成された盲端に血栓が発生,近位側に成長した結果,遅発性心筋梗塞を合併した症例も報告されている^{216,217)}.カテーテルによる閉鎖後も経過観察が必要である.

(2)肺動静脈瘻

肺動静脈瘻とは毛細血管を介さずに肺動脈と肺静脈 が連絡した病態を示している。血管造影所見から、単 一の栄養動脈が瘤状拡張性病変を有する単一静脈に還 流する単純型と、複数の栄養動脈と静脈が内部に隔壁 を有する静脈瘤様構造を介して連絡する複雑型に分類 される²¹⁸⁾. 頻度は単純型 80 ~ 70%. 複雑型が 20 ~ 30%と報告されている^{219,220)}. 単発のことも多発性の こともあり、後者を合併する代表的疾患として遺伝性 出血性毛細血管拡張症が有名である。肝硬変などの肝 疾患、外傷、悪性疾患、グレン術後など、後天性の病 態に合併するものも知られている. 3 主徴はチアノー ゼ. ばち状指. 赤血球増多であり. 重要な合併症とし ては脳梗塞、脳膿瘍、けいれん、喀血、血胸などがあ げられる²²⁰⁾. 小児期に発症する肺動静脈瘻は10%未 満に過ぎず221, 通常数十年間にわたり高圧を受けた 後に顕性化する222). 心不全症状を呈する例もあるが, 多くの症例では前述した合併症予防が治療目的とな る. 単発型に比して多発型で脳梗塞の発生率が高いが. これは塞栓が通過し得る動静脈瘻の総断面積が大きい ためと考えられている²²³⁾.

有症状例のほか、無症状でも直径 3 mm 以上の瘤を 有する場合には、神経学的合併症を防ぐため、またチ アノーゼの進行を防ぐために治療対象となる^{218,224)}. 奇異性塞栓の予防には、肺動静脈瘻の閉鎖と長期的な 抗凝固療法が必要である。肺動静脈瘻の閉鎖に際して 重要なことは、(1)流入動脈をできるだけ瘻の直前で閉 塞する(瘻が非常に大きく short neck の場合には瘻自体を閉鎖する),(2)塞栓物質や血栓を流出させない,(3)健常肺に分布する動脈を閉塞しないことである²²⁵⁾. 閉鎖術前には CT 検査を行い,見逃している瘻がないかチェックするとともに,流入動脈の大きさ,形態,瘻直前の正常肺動脈の分枝状態などを掌握する. 特に多発性肺動静脈瘻の場合,閉鎖術前後の酸素飽和度を比較することも,閉鎖術の効果を知るうえで重要である²²⁰⁾

最近ではマイクロコイルのほか、Amplatzer® device²²⁶⁻²²⁸⁾ など新しいデバイスの開発により、さまざまな閉鎖方 法が開発され、大きな肺動静脈瘻の閉鎖も可能となっ ている。わが国ではほとんどの症例で、瘻の閉鎖には コイルが用いられている. 閉鎖術に使用するコイルの 大きさは重要で、コイルが小さすぎるとコイルの奇異 性寒栓が発生する. 逆に大きすぎるコイルは過伸展し. 寒栓効果の減弱。カテーテル先端が押し戻されること による正常血管の塞栓を惹起する危険性がある. Perry らは血管径の 1.1 ~ 1.4 倍のコイルを使用して閉 鎖術を行っているが²²⁹⁾、最も重要なのは最初に留置 するコイル(anchor コイル)であり、血管径の正確な評 価が必須である。なお、健常肺に至る血管の血流は、 閉鎖前には steal effect により減少しているため描出さ れにくい、特に大きめのコイルを使用する場合、正常 枝を閉塞しないよう注意する²³⁰⁾. 一般に肺動静脈瘻 のカテーテル治療は有効で、長期予後も良好であるこ とがわかっているが220,遺伝性出血性毛細血管拡張 症など肺全体に分布する多発性肺動静脈瘻のカテーテ ル治療は困難である224,231). すべての肺動静脈瘻の閉 鎖を目指すのでなく、明瞭で局在する瘻のみを閉塞し 酸素飽和度を上昇させることを目的とする223).

くリスクと合併症>

稀ではあるが、不完全閉鎖、静脈側の血栓形成、閉鎖栓の遊離迷入などの合併症も報告されている。また 瘻近傍にある正常な枝を閉鎖しないよう注意が必要である。

<冠動脈瘻, 肺動静脈瘻に対するカテーテル閉鎖術の 推奨>

クラスI

- 1. 有症状の冠動脈瘻(レベルB)
- 2. 有意なチアノーゼ, または奇異性塞栓の既往がある. また, 無症状でも直径 3 mm 以上の瘤を有し, 奇異性塞栓のリスクがあると考えられる局在性肺動静脈瘻(レベルB)

クラス IIa

- 1. 無症状ではあるが心拡大を有する中等度以上の 冠動脈瘻(レベル C)
- 2. 多発性で肺全体に分布する肺動静脈瘻ではあるが, 低酸素血症などの症状を認める場合(主要な肺動静脈瘻に対して)

クラスⅢ

1. 無症状で心拡大なく, 臨床的に有意でない冠動 脈瘻(レベル C)

7

経皮的肺動脈弁留置術

右室流出路再建術を受けた症例では、自己肺動脈弁 を温存できない限り肺動脈の狭窄と閉鎖不全の両方を 併せ持っている. 肺動脈閉鎖不全が強いと右室の容量 負荷となり右心不全の原因となる。このような症例で は肺動脈弁位にホモグラフトや異種生体弁の留置を行 うことが多い. しかし. これらの弁の耐久期間は短く また導管狭窄も合併するために、生涯で何回かの入れ 替え手術が必要となる。このために、バルーン拡大式 の金属ステントに異種生体弁をつけ、経皮的に右室流 出路まで持って行き拡大留置する経皮的肺動脈弁留置 術が開発されてきた. メドトロニック社の Melody²³²⁾ はCEマークを取得しただけでなく、米国のFDAで も承認されている。エドワーズライフサイエンス社の Edwards SAPIEN®233) は大動脈弁用に臨床使用が先行し ているが、現在は肺動脈弁への使用拡大が図られてい る.

Melody® Transcatheter Pulmonary Valve(メドトロニック社)

<適応症例>

30 kg 以上の体重で、16 mm 以上の人工導管を用いて右室流出路再建術がなされている症例が対象となる。

NYHA II, III, IV の症例では平均の右室流出路圧較差が 35 mmHg 以上もしくは、中程度から重度の肺動脈閉鎖不全を有する.

NYHAIの症例では平均の右室流出路圧較差が40 mmHg以上もしくは、右室の拡張もしくは機能不全と重症の肺動脈閉鎖不全を有する.

<合併症>

留置後に右室収縮に伴う金属疲労で、Melody 本体のステントが留置後に折れて、再狭窄や弁機能不全の原因となることが報告されている。現在は事前にバルーン拡大式の金属ステントを留置しその中にMelody を留置する対策が取られている。

右室流出路と冠動脈が近接していると、Melody 留置により左冠動脈が圧迫されて心筋虚血に陥ることがある。事前に心臓 3D-CT にて解剖学的評価を行い、疑わしい症例では事前に拡大目標径のバルーンを拡大中に冠動脈造影を行い、冠動脈圧排の有無を確認して適応症例の選択を進める。

8

ハイブリッド治療

循環器疾患領域におけるハイブリッド治療とは、通 常、内科(循環器内科または小児循環器科)によるカ テーテル治療と、心臓血管外科による手術を組み合わ せた治療を指す.一般的に、診断・治療用カテーテル やシースイントロデューサは鼠径部、頸部、あるいは 上肢の動静脈から挿入される. 血管拡張用ステントや 欠損孔に対する閉鎖栓などの治療用デバイスは太い シースイントロデューサを要するものが多く、目標と する病変部へ経皮経管的に到達させる際には、患児の 体格が小さいほど血管の太さや心内への物理的負荷が 問題となり、技術的にも侵襲的にも困難となる. 一方. 開心術においては、大きな切開創や体外循環、心停止 を含めた外科的侵襲とそれらによる中枢神経系や発達 への影響が患児が幼若なほど問題となり、筋性部心室 中隔欠損や末梢肺動脈など、直視下に到達して修復す ることが困難な病変も存在する.

先天性心疾患の治療では、胎児期から成人期への発達過程のなかで、内科が診断と手術適応の評価を行い、外科が適切な手術を行い、その後再び内科がフォローするという連携が不可欠である。また、安全なカテーテル治療のためには、心臓外科医によるバックアップが前提である。それらをさらに発展させた形で、外科的切開による病変部へのより直接的なアプローチの中でカテーテル治療を行う治療形態が先天性心疾患に対するハイブリッド治療と呼ばれるようになった。

ハイブリッド治療を行う環境"hybrid suite"には、シングルプレーンの血管撮影装置が備わった心臓血管外科用手術室"hybrid OR"と、手術室と同じフロアで同じ清潔域内に設けられた血管撮影室"hybrid

catheterization suite"の2種類が提唱されている.後者では開胸下あるいは補助循環使用下にアプローチ可能なように、コンパクトで可動域の大きいバイプレーン・フラットパネル・ディテクタに加えて、手術用無影燈、術野記録用カメラや血管内視鏡を備える.全身麻酔が可能であり、看護師や臨床工学士を含めた手術室チームが風通しよく入れることが前提とされる.

8-1. 左心低形成症候群・単心室循環

左心低形成症候群や単心室は,適切な時期での段階的手術介入が不可欠な自然予後不良の重症心疾患群であり,機能的修復術としてフォンタン手術が到達目標とされる^{234,235)}.新生児期・乳児期早期に第一段階の姑息的手術の対象になることが多く,機能的単心室に接続する狭窄のない体循環,狭窄のない心房間交通,適度に調節された肺血流路,十分な冠血流の4つを構築することが救命への鍵となる.以降の段階的治療過程でも,これらのバランスを維持することがQOLの高い予後にとって重要となる.

1990年代以前のノルウッド第1期手術は、侵襲の大きさと術後管理の困難さから手術成績は不良であったが、2000年以降、早期生存率が80~90%を越える施設がみられ、第3期フォンタン手術への段階的治療が確立してきた^{236,237)}.しかし、ノルウッド第1期手術では、新生児期の長時間の体外循環による多臓器、特に中枢神経・発達への障害、二期的胸骨閉鎖とそれらに伴う重症感染症、心室機能低下例への対応、大量の輸血、入院期間の長期化などの問題も残され、頭蓋内出血・気道出血などの出血傾向合併例や34週以前の早期産児には施行できない²³⁸⁾.

Akintuerk と Michel-Behnke ら は、1998 ~ 2002 年、動脈管依存性の左心系狭窄疾患の新生児 20 例に対して、透視下に動脈管へのバルーン拡張型ステント留置と両側肺動脈絞扼術を同時、もしくは引き続いて行うハイブリッド治療を行った。同時に行う場合には開胸下、主肺動脈にシースを留置した。急性期に 2 例、遠隔期に 3 例死亡がみられたものの、動脈管と肺動脈は最高 331 日間維持され、2 例が心臓移植に、11 例が第2期の大動脈弓再建+両方向性グレン手術に、2 例が二心室治療に到達したと報告した^{239,240)}。また、Galantowicz と Cheatham らは、2001 年以降、同様の第1期ハイブリッド治療の報告を数多く行ってきた。動脈管には主に自己拡張型ステントを留置し、動脈管に狭窄を伴っている場合は Palmaz® Genesis (Cordis、Johnson & Johnson) などのバルーン拡張型ステントを

使用する. 心房間交通の狭窄がある場合. 必要に応じ て退院までにバルーンやステントで拡大する.彼らは. 第2期治療として、ノルウッド+両方向性グレン手術 (右房と右肺動脈下壁の連続性を保ちその吻合部中央 に放射線非透過性マーカーをおく). 第3期治療とし て経皮経管的フォンタン術(transcatheter Fontan completion)を行う新しい段階的治療を提案した。第1 期ハイブリッド治療では、初期には有意な learning curve があり、5 例の急性期死亡と3 例の早期(段階間) 死亡がみられているが、近年では、低体重児、心室機 能不全、三尖弁逆流、狭小な上行大動脈、多臓器不全 合併といったハイリスク例を含め、前述したノルウッ ド第1期手術と同等の生存率に到達していると報告し た. 人工心肺使用が第2期のノルウッド+両方向性グ レン手術のみで、前述したノルウッド第3期手術に到 達した5例はいずれも24時間以内に自宅退院し、中 には輸血歴の全くないものまでみられるという241-244).

このような成績を受けて、左心低形成症候群や、大動脈弁下部ないし大動脈弓のいずれかの体循環系に狭窄病変を有する単心室症例に対して、人工心肺を使用しない初回姑息術としての両側肺動脈絞扼術および動脈管ステント留置というハイブリッド治療が世界的に普及するようになった^{245, 246)}.本治療の普及には、心臓移植への橋渡しとしての側面がある。一方、わが国では小児の心臓移植に制限がありかつ hybrid suite を有する施設もごく限られているため論文化された報告はなく、早期の両側肺動脈絞扼術後に、一定期間プロスタグランジン E₁ 製剤持続静注で動脈管を維持し、全身状態の安定する生後1カ月前後に経皮的にステント留置を行うか、BTシャントか心室 – 肺動脈導管を伴うノルウッド手術を行うとする報告が多い。

第1期ハイブリッド治療では、技術的な learning curve 以外に、動脈管ステントが大動脈弓峡部の血流を阻害するための冠血流のさらなる低下(大動脈縮窄の増悪)、段階間の早期死亡・壊死性腸炎の発生²⁴⁸⁾、動脈管ステント除去を伴う第2期大動脈弓再建の困難さという諸問題がある. 冠血流低下に対しては、同時に主肺動脈から腕頭動脈への "reverse BT shunt"を造設する方針を打ち出した報告もあるが^{249,250)}、こちらは現在一般化せず、退院後も大動脈峡部の狭窄所見を心エコー図で頻回に観察し、その傾向を認めれば動脈管ステントのストラット間を通して小さな冠動脈用ステントで追加拡大する報告もなされている. また、第2期のノルウッド+両方向性グレン手術における大動脈弓再建の際、動脈管ステントにより下行大動脈組織が侵食されていても、欧米ではホモグラフト補填に

よる大動脈弓再建が一般的であるためあまり問題とされないが、わが国ではその使用に制限があるため再建が困難となることが特有の問題といえる²⁵¹⁾.

8-2. 術中ステント留置

術中ステント留置は1992年に初めて報告され た252) 経皮経管的ステント留置と比較して、術中ス テント留置では、シースイントロデューサを使用せず、 あるいは病変部のすぐ近くに挿入してバルーン拡張型 ステントを留置するものである。シースを使用しない 場合は、術前の画像診断によりあらかじめバルーン・ ステント径を決定し、直視下あるいは血管内視鏡補助 下に位置決めを行う. また,シースを挿入する場合は, 術野に C-アームを導入し、シースの側管から前後で 造影を行い確認することができる。肺動脈分岐部狭窄 に最も適応があるが、大動脈、体肺動脈短絡血管、大 静脈や動脈管への適応も報告されている. 利点は. シー スに制限されず成人期までの成長を見込んだステント を直接的に到達させられることであり、アプローチ血 管~病変部の閉塞例. ほかの修復手術と同時施行例に は特に適応があり、 血行動態の変化やステント脱落。 血管穿孔といった合併症が少ないなどの利点がある. ステントの遠位端や拡張径の厳密な調節のためには. "hybrid suite"における血管内視鏡や C-アームの併用が 有利とされる253-255).

8-3. 筋性部心室中隔欠捐

太いシースを経皮的に導入することが困難な乳児 や、同時に肺動脈絞扼解除などのほかの手術操作を行 う適応がある場合、前胸部の小切開により心拍動下に 右室自由壁を直接穿刺し、ガイドワイヤーを欠損孔に 通し、短いシースを欠損孔に通過させて経心室的 (perventricular) に Amplatzer® Muscular VSD Occluder を 留置すると. 人工心肺を用いずに低侵襲で筋性部心室 中隔欠損を閉鎖できる. 手術室にて, 透視や造影を併 用せず経食道心エコーガイド下に行われるこのハイブ リッド治療は、Amin らにより動物実験での有効性、 安全性が報告され²⁵⁶⁾. 2005 年 Bacha らにより多施設 による12例の臨床報告がなされた257). 手技上の合併 症はなく、12カ月後には全例無症状で少量の遺残短 絡が2例のみにみられ、遠隔期に2例の突然死がみら れている256). どの施設でも比較的施行しやすいハイ ブリッド治療と考えられ各国に普及し良好な成績を収 めている^{258, 259)}.

<ハイブリッド治療の推奨>

クラス IIa

- 1. 左心低形成症候群や体循環系狭窄病変を有する 単心室の新生児に対して、ノルウッド第1期手 術のような従来の開心姑息術の代替として、第 1期ハイブリッド治療(両側肺動脈絞扼術、動脈 管ステント留置、および必要に応じて心房間交 通拡大を人工心肺非使用で開胸下にカテーテル 手技を組み合わせて行う)は治療選択の一つとな り得る(レベルB)
- 2. 前もって評価されている血管狭窄病変に対して、 アプローチが困難な症例において、あるいはほかの病変の開心術を行うと同時に、術中ステント留置を行うことは選択肢となり得る(レベル C)

クラス IIb

 左心低形成症候群や体循環系狭窄病変を有する 単心室の新生児に対する第1期ハイブリッド治療や術中ステント留置は、設備の整った"hybrid suite"と諸専門分野から構成されるチーム "multidisciplinary team"のもとで行われるべきである(レベル C)

│ 小児循環器疾患に対する │ カテーテルアブレーション

小児におけるアブレーション治療は、Silka ら $^{260)}$ の 心房頻拍に対する直流通電アブレーションの報告から始まった。また、高周波を用いた小児に対するアブレーションの報告は 1991 年であり $^{261)}$ 、その約 10 年後の 2002 年に小児に対するカテーテルアブレーションのコンセンサスレポートが提出された。この報告では、それまで行われてきた小児に対するカテーテルアブレーションの治療成績、合併症などが詳細に報告され、カテーテルアブレーションの最初の適応基準について記述されている $^{262,263)}$.

小児不整脈の特徴としてまずあげられるのが、頻拍発作の自然消失である。一般的に副伝導路を介する房室回帰頻拍は、1 歳未満の乳児の93%で自然発作が認められなくなるが、そのうち $30\sim70\%$ の症例が後に頻拍が再発する $^{264,265)$ 。これに対し、5 歳以後に発症する房室回帰頻拍は頻拍が消失することはない 264 、また、WPW 症候群に伴う突然死は $0.09\sim0.6\%$ と報告されており 266 、この兼ね合いを考え適応を検討する。心房頻拍も約半数で自然軽快すると報告されてい

る²⁶⁷⁻²⁷¹⁾. 新生児発症の心房粗動も頻度は多いが,再発することは極めて稀である²⁷²⁻²⁷⁶⁾. 接合部頻拍も25%が自然軽快するといわれている²⁷⁷⁾. 学童期に発見された心室頻拍は90%が自然軽快するといわれているが²⁷⁸⁾,この報告は学校心臓検診など無症状の心室頻拍を含んでおり,失神,心不全などの症状を有する特発性心室頻拍の予後に関する明確な報告はない.これらのことを念頭に置き,カテーテルアブレーションの適応を決定することが重要である.

器質的心疾患を合併しない小児のカテーテルアブレーションに伴う合併症は、2002年の報告では3.3%と高率であった²⁶³⁾. その種類は、完全房室ブロック、心室穿孔、心嚢液貯留、塞栓症、腕神経叢損傷、気胸などであった. 死亡率は0.117%であり、成功率は、経験した症例数の多い施設、左自由壁副伝導路、房室結節リエントリー頻拍、後中隔副伝導路で高かった²⁶³⁾. 近年、三次元マッピング技術の進歩などにより、重篤な合併症は減少した^{279、280)}. 乳幼児に対するカテーテルアブレーションでも治療成績、安全性が向上しているという報告もある²⁸¹⁾.

現在、日本循環器学会のカテーテルアブレーションガイドライン(班長:奥村謙)の作成が進行中であり、本ガイドラインもこのガイドラインとの整合性を保ちつつ若干の改訂を加えた。

小児のカテーテルアブレーション手技

① 鎮静

ほとんどの小児患者で鎮静が必要である。特に先天性心疾患に関連するカテーテルアブレーションや 12 歳以下の小児では、鎮静が必要となる。

A. 静脈麻酔

麻酔に際しては、心電図、呼吸モニタ、血圧、酸素 飽和度のモニタが必要で、プロポフォール、フェンタ ニル、デクスメデトミジン、ミダゾラム、ケタミンな どが用いられる。

B. 全身麻酔

酸素, 笑気, セボフルランによる吸入麻酔を行う施設もある. 専門の麻酔科医師による管理が必要である. 麻酔深度が深く, 強い鎮静が得られるが, 麻酔による電気生理学的影響により頻拍が誘発されにくくなる, などの欠点がある.

②カテーテルの選択

乳児(10 kg 以下)のカテーテルでは両側鼠径部からカテーテルの挿入を行うが、片側のカテーテルは最大7Fまでで、これより細いカテーテルを選択する。アブレーションに使用できるカテーテルは、7Fが多く、

カテーテル操作の行いやすい右鼠径部から挿入することが多い. 左側からは記録用カテーテルを挿入する. 2F Ensemble (日本ライフライン), 1.6F PATHFINDER mini 6(日本ライフライン)などのカテーテルを用いることもある. 現在 Ensemble は製造中止となり, 新たな細いカテーテルの開発が望まれる. 4F以上のカテーテルは多くの種類が販売されている.

カテーテル本数を減らすもう1つの工夫として、多極カテーテルを使用する方法がある。His 東心電図と右室を同時に記録できるカテーテルとして、4F、5F J-Cath EP star His-RV Fix (日本ライフライン)、5F Daig supreme CRD His-V(St. Jude Medical, 日本光電)などがあり、CS と右房を同時に記録できるカテーテルとして、6F IBI CS-RA 14polar(St. Jude Medical)、6F Bard Woven CS-RA 20polar(メディコン)、7F Daig Supreme CS-RA 20polar(メディコン)、7F Daig Supreme CS-RA 20polar(St. Jude Medical, 日本光電)などが販売されている。これらを使用することにより、2カ所の心電図を同時に記録することができるため、挿入するカテーテルの本数を減らすことができる。

 $10 \sim 15 \text{ kg}$ の乳児では、4F を左鼠径部から 2 本、7F を右から 1 本挿入することができる、頸静脈もしくは鎖骨下静脈から 4F のカテーテルを挿入できる場合もある。

 $15 \sim 30 \text{ kg}$ では左右の鼠径部から 2 本ずつのカテーテル挿入も可能である. ただし, できるだけ細いカテーテルを選ぶことが必要である.

30 kg 以上であれば、成人とほぼ同様のカテーテル 留置が可能である.

③マッピングシステム

CARTO® XP(Biosense Webster, Johnson & Johnson), CARTO® 3 (Biosense Webster, Johnson & Johnson), EnSite NavX® (St. Jude Medical, 日本光電)、EnSite Velocity® (St. Jude Medical, 日本光電)などの三次元マッピングシステムは小児に非常に有用で、乳児でカテーテルの本数が限られる場合には、食道誘導電極と3次元マッピングカテーテル1本で診断および治療を行った報告も散見される。EnSite Array® は20 kg 以下の小児には使用することはかなり難しい。

乳児は心筋が薄く、カテーテルが硬いため、心筋穿 孔を起こす可能性が高く、特に慎重なカテーテル操作 が必要である.

<器質的疾患を伴わない小児のカテーテルアブレーションの適応>

クラスI

1. 突然死ニアミスおよび失神の既往がある WPW

症候群282,283). 心室頻拍

- 2. 頻拍の持続に伴い心室機能の低下した上室頻拍, 心室頻拍
- 3. 血行動態の異常を伴う薬剤抵抗性心室頻拍

クラス IIa

- 1. 薬剤抵抗性で、再発性もしくは症候性の上室頻拍
- 2. 先天性心疾患に伴う頻拍症例(特に術後にカテーテル操作が困難となる場合)
- 3. インセサント型上室頻拍
- 4. 心房内リエントリー頻拍
- 5. 動悸のある患者で、心臓電気生理学的検査により上室頻拍が誘発されるもの

クラス IIb

- 1. 抗不整脈薬の投与が有効な上室頻拍
- 2. 抗不整脈薬の投与は有効であるが血行動態の異常を伴う小室頻拍
- 3. 非持続性心室頻拍および非持続性上室頻拍
- 4. 再発性もしくは薬剤抵抗性およびアブレーション 無効の心房内リエントリー性頻拍に対する房室接 合部アブレーションとペースメーカ植込み
- 5. 無症候性 WPW 症候群で,本人および両親が根 治を希望する場合

<先天性心疾患に対するカテーテルアブレーションの 適応と注意点>

先天性心疾患に頻拍性不整脈を合併すると血行動態 の点からも危険性が高い. 出生直後から薬剤抵抗性頻 拍が持続することや, 周術期に不整脈の出現で管理に 難渋することも少なくはない. 先天性心疾患の不整脈 は疾患特異性があることが多く, 主な疾患に関してカ テーテルアブレーション治療の注意点に関して述べる

①エプスタイン病(Fig. 1)²⁸⁴⁾

WPW 症候群を合併する頻度が高い. 心房東枝副伝導路(Mahaim 東), 伝導速度の遅い房室副伝導の合併頻度も高い. そのほかに房室結節リエントリー頻拍,心室頻拍なども合併する. 房室副伝導路のアブレーション治療では解剖学的房室弁輪の正確な把握が必要である. マッピング時に心房・心室波高を確認する必要がある. 右房化右室の心室波は小さく分裂していることもあり注意が必要である. 重症エプスタイン病では,しばしばインセサント型頻拍による高度心不全となり,三尖弁を閉鎖する手術を要する症例では,術後のアブレーション治療が困難となるために術前治療が望ましい.

三尖弁輪のマッピングには Halo カテが使用される

が,乳幼児ではカテーテル操作で心内膜下血腫などの 可能性もあり,三次元マッピングでの評価が有用であ る.

②房室不一致(修正大血管転位)(Fig. 2)

WPW 症候群, 房室結節リエントリー頻拍の合併が報告されている。カテーテルアブレーション治療で注意すべきは, 房室結節の位置と走行である. 先天性心疾患のない内臓正位の心臓(SLL)では, コッホ三角に存在するべき房室結節(発生的には後方結節)が低形成で, 前方結節から刺激伝導系に連結する²⁸⁵⁾. 一方, 内臓逆位の房室不一致(IDD)症例では. 後方結節が刺

激伝導系に連結する.

WPW 症候群の治療は通常に行えるが、房室結節リエントリー頻拍では適切な治療部位を慎重に判断し、房室ブロック発生に注意することが必要である.

③房室中隔欠損

WPW 症候群,房室結節リエントリー頻拍,心房頻拍を合併する.

房室中隔欠損では、欠損の程度にも左右されるが、 その解剖学的特性から His 電位は後方下部で記録される²⁸⁶⁾. さらに房室接合部の中心線状体も欠損している²⁸⁷⁾ため、三尖弁輪下大静脈峡部での線状焼灼時に

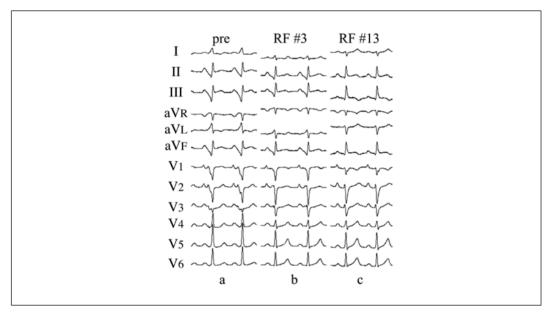


Fig. 1 エプスタイン症例におけるカテーテルアブレーション中の心電図の変化 洞調律中に通電を加えるとデルタ波は徐々に小さくなり、PR 時間も延長した(a から b). RF # 13 の後は Δ 波は消失している. (文献 284 より)

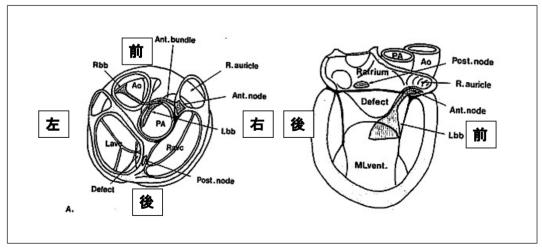


Fig. 2 房室不一致の房室結節

は房室ブロックの危険性も高い.

したがって、房室副伝導路が中隔部に存在する場合には、His 電位を中隔部で確認し、アブレーションを施行する、心房頻拍で三尖弁輪と下大静脈間の峡部焼灼を行うときには特に房室ブロックの可能性が高くなる。中隔部を避け、右室自由壁を選択することが望ましい。房室結節回帰性頻拍では前述した房室結節解剖学的特徴によりカテーテルアブレーションは困難なことが多い。正常順行性房室伝導を確認し、遅伝導路部位の確認を行うことが必要となる。左房からのアプローチを含めて種々の方法が報告されている。

前中隔房室副伝導路を合併した房室中隔欠損症 例²⁸⁶⁾の His 記録部位を示す(Fig. 3).

④単心室

単心室では2つの房室結節²⁸⁸⁾を有する症例があり、 これらを介する発作性上室頻拍を認めることがある。 心電図上で異なる QRS 波形を有する場合は本症を疑う。

房室弁輪でマッピングして、波形の変化などを参考に房室弁輪での2つの His 電位を確認する. 頻拍発作を誘発し、どちらの房室結節が順行伝導と逆行伝導に関与しているかを診断したうえで、頻拍回路を診断し治療する. 2つの房室結節を介する頻拍もあるが、どちらか一方のみの房室結節回帰頻拍も存在するので、房室ブロックには注意する必要がある.

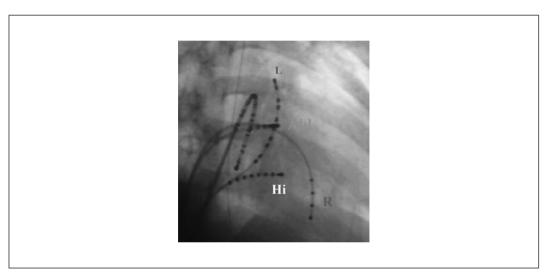


Fig. 3 前中隔房室副伝導路を合併した房室中隔欠損症例の His 記録部位

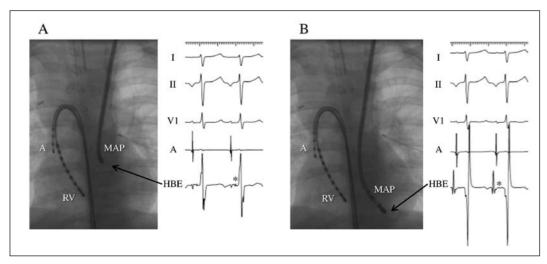


Fig. 4 多脾症候群で記録された2つの His 束心電図(文献 291 より) A:上方房室結節,B:下方房室結節

⑤三尖弁閉鎖

単心室を含む先天性心疾患の特殊伝導組織の位置は 複雑である.

房室結節や His 東の走行は認められる心室関係で変化する. この分野は Anderson の功績による. ここでは三尖弁閉鎖に限って報告する. この疾患ではフォンタン手術にかかわる心房頻拍で電気生理検査が必要となる.

三尖弁閉鎖の房室結節は通常のコッホ三角に存在する。閉鎖した三尖弁は膜様組織のことや心筋の窪みのみの場合もある。コッホ三角領域も極めて小さく,房室結節が発生学的に前方結節と後方結節が融合しているとも考えられる²⁸⁹⁾. His 電位記録は三尖弁側からは困難であることが多く,大動脈洞および左室中隔から確認する.

⑥内臓心房錯位症候群

右側心房相同にみられる先天性心疾患は一般に複合化しており、共通房室弁、単心室、肺動脈閉鎖または狭窄、総肺静脈還流異常の組み合わせが多く、左側心房相同には共通房室弁などが単独で認められることもある。下大静脈欠損による奇静脈結合は左側心房相同の半数以上に認める。また術後は体静脈を肺動脈につなげる手術が行われることが多いために、カテーテルのアクセスが極度に制限される。伝導系の障害も高頻度に認められ、洞結節や房室結節は右側臓器であるために、右側心房相同では両側洞結節や二つの房室結節、左側心房相同では洞不全症候群、房室伝導障害を認めることが多い²⁹⁰⁾。術前・術後の不整脈の頻度が高いが、不整脈診断、カテーテルアクセス経路などを慎重に考慮する必要がある。

二重房室結節症例で記録された,2つの房室結節の 心電図を図に示す(Fig. 4)²⁹¹⁾.

川崎病に対する PCI

川崎病冠動脈瘤がどのような運命をたどるか,長期的な予後はどうかなど,まだ不明な点は多い.過去の報告では,1973年より1983年までに発症した594例の川崎病児を10年から21年(平均13.6年)の長期フォローアップを行い冠動脈病変の自然歴を報告している.全症例に川崎病急性期(発症3カ月以内)に冠動脈造影を施行し,冠動脈病変の評価を行った.594例中,冠動脈瘤が146例(24.6%)にみられた.これらの症例に対して2回目の造影検査を1~2年後に行い,冠動

脈病変の経過を観察した. 第2回目の造影検査では、72例(49.3%)において冠動脈瘤の消退(regression)を認めた. さらに病変が残った例では数年おきに第3回, 第4回の造影検査を行い, 最終的に狭窄病変を28例(4.7%)に認めた. 心筋梗塞は11例(1.9%)に発症し, そのうちの5例は死亡した. 冠動脈瘤が退縮する時期や, 狭窄病変へ進展していく時期と発症からの期間との関係では, 退縮は発症より2年以内に90%に認められている. 狭窄例においては, その50%は発症より2年以内に認めているが, 以後徐々に進行し, 最長では発症より17年後に認めた例もあった. 病理学的には, 発症後2年以内の川崎病の狭窄病変部は求心性の内膜肥厚が主である. 発症後5年くらいから石灰化病変が出現しそれらは発症後10年には著明なものとなる²⁹²⁻³⁰¹⁾.

成人領域の虚血性心疾患においては冠動脈に対するカテーテル治療は広く行われており、良好な治療成績を治めている。粥状動脈硬化による冠動脈病変とは異なり、川崎病の冠動脈狭窄病変では高度の石灰化を伴うことが多い。このため、成人領域で用いられているカテーテル治療の適応や、成人のカテーテル治療法をそのまま川崎病の病変に行うことは高当でなく、場合によっては危険である。しかし、現在、川崎病による虚血性心疾患に対して、いかにこれらを未然に防ぐか、また心筋梗塞に陥った場合にはどう対処するかなどの点で血栓溶解療法、カテーテル治療および外科的バイパス術も含めた治療法も確立されているとはいえない。特に、川崎病に対するカテーテル治療は、開始され始めてから日が浅く長期的な予後に関しては不明な点が多い292343).

<経皮的冠動脈形成術 percutaneous coronary intervention (PCI) の種類とその適応および注意点> ①経皮的冠動脈バルーン形成術

percutaneous old balloon angioplasty (POBA)

川崎病の冠動脈病変に対する POBA は発症早期(6年以内)の症例では狭窄病変の解除に有効であるが、それ以上経過した例では有効性は低下する. 川崎病冠動脈病変は初期には求心性の内膜肥厚が生じるが、発症から5年頃より病変の石灰化がみられることが多く, バルーンのみでの狭窄病変拡張が困難となる. 川崎病の冠動脈病変は成人に比し硬いため高圧による POBA の拡張を必要とする場合が多い. そのため成人の POBA に比し新生冠動脈瘤を合併する頻度が高い. POBA の際の拡張圧は 10 気圧以下が推奨される.

」 日本小児循環器学会雑誌 第28巻 supplement 2

②ステント留置術

ステントは石灰化が軽度でかつ患児の成長を考慮し 年長児(13歳以上)がよい適応と考えられる. POBA と比較し良好な血管径が得られ. 前後に冠動脈瘤を有 する症例にも有効である。POBA 単独の場合と比較し て高圧拡張を行っても新生動脈瘤の発生は少ないが拡 張気圧は14気圧以下が推奨される。それ以上の高圧 拡張を要すると予測される場合はロータブレータによ る lesion modification が必要である. 近年成人の動脈 硬化病変に対して新生内膜増殖を抑制する薬剤を塗布 した薬剤溶出型ステント drug-eluting stent (DES) が臨 床応用され再狭窄を著明に減少させている. 川崎病冠 動脈病変での報告は少なくまたカテーテル治療後の新 生内膜の増殖は来しにくいとの報告がある. また、青 年期に治療を行うことが多い川崎病既往児は、今後各 種外科手術を行う機会も多いと考えられる. その際の、 抗血小板薬の中止に伴う晩期血栓症などのリスクを考 慮する必要がある. 動脈硬化病変の合併などを考慮し DES の適応は慎重に行う必要がある.

③ロータブレータ

percutaneous transluminal coronary rotational ablation (PTCRA)

川崎病狭窄病変は冠動脈瘤前後に生じる高度石灰化病変を特徴にする。高度石灰化病変に対してはPTCRAにより石灰化を切除して必要に応じてPOBAもしくはステント留置が行われる。ロータブレータのカテーテルの先端部は約2,000個のマイクロダイアモンドが埋め込まれた卵円形の金属球(Burr)となっている。Burr サイズは1.25 mm から2.5 mm の8種類があり病変部の血管径に合わせて選択する。Burr が高速回転し動脈硬化組織を破砕し、破砕された組織は理論上5 μm 以下となり、末梢塞栓は生じずに網内系で貪食される。ロータブレータによる冠動脈形成術後の後拡張については、全く行わないという術者もいるが一般的には低圧のバルーンで行っている。高圧のバルーンで後拡張を行ったため新生動脈瘤を発症した報告もある。

川崎病冠動脈疾患におけるカテーテル治療は冠動脈カテーテル治療の経験豊富な循環器内科医と川崎病の心合併症の自然歴や病理をよく理解した小児循環器科医との共同作業であるとともに、心臓外科医のバックアップがあって初めて可能である。したがって、熟練したカテーテル治療専門の内科医、小児循環器科医および熟練した冠動脈バイパス術専門の心臓外科医がいるような、総合的な循環器病センター的な施設で行うことが望ましい。

<川崎病に対するカテーテル治療の推奨>

クラス IIa

- 1. 冠動脈造影により 75%以上の高度狭窄病変を有し、冠動脈狭窄に起因する虚血症状を生じた者 (レベル B)
- 2. 冠動脈造影により75%以上の高度狭窄病変を有し、通常の生活では虚血症状を呈さないが運動 負荷心電図、運動負荷心筋シンチグラフィ、薬 物負荷心筋シンチグラフィなどの負荷試験で虚 血所見を呈した者(レベルB)

クラス III

- 1. 入口部病変は PCI の禁忌である (レベル B)
- 2. 多枝病変,対側の冠動脈に75%以上の狭窄または閉塞がみられる場合のPCIは禁忌である.ただし対側の病変にバイパス手術を行い,カテーテル治療と併用することはある(レベルB)

11 その他

11-1. 術後早期のカテーテル治療

Zahn らは、先天性心疾患術後6週間以内の急性期 において 35 例の患児に行われた延べ 50 回のカテーテ ル治療について報告した344).対象年齢は中央値4カ 月(2日~11歳), 体重 4.7 kg(2.3~45 kg), 術後 9日 (0~42日)であり、9例は体外補助循環併用下の超急 性期であった. 30 例に急性閉塞・狭窄した血管ない しグラフトへのバルーンまたはステントによる血管形 成が行われたが、そのうち26例は縫合されて間もな い部位であった. 縫合や血管の断裂は1例もみられず. 手技上の死亡例はなく、30 日以上の生存率は83%で あった. 従来. 縫合部の瘢痕形成を考慮して術後6週 間以内のカテーテル治療は禁忌とされていたが、彼ら は、ポリプロピレン・モノフィラメント糸(Prolene) で連続縫合された部位が、断裂までに最大34%の伸 展性があることを確認し、バルーン径/狭窄部径が 2.5 / 1.0 以内なら安全な血管形成をなし得. バルーン 径を抑えかつ再退縮を避けるためにはバルーン単独よ りステントのほうが有効と考察した(たとえ新生児に 小さなステントを留置しのちに外科的に処理すること になっても). 体外補助循環(PCPS, ECMO)装着下の 心カテの安全性についてはほかにもいくつか報告があ るが ^{345, 346)} その後の生存退院率が 35 ~ 55%と低く 先行する患児の長時間の体外循環, 長時間の蘇生, 循

環動態の破綻,多臓器不全の影響が考えられ,体外補助循環から離脱不能と判断されてから24時間以内のカテーテル治療を考慮すべきと考えられた³⁴⁷⁾.

Asoh らは、術後集中治療室滞在中の心臓カテーテル検査および治療の適応と効果ついて報告した³⁴⁸⁾. 2004 年 3 月から 2006 年 10 月の間に、心臓外科手術例の 2.8%にあたる 49 の小児例が集中治療室退室前に62 回の心臓カテーテルを受けた、対象年齢は 167 日(0~13.5歳)、術後 8.5(0~84) 日目であり、35 例がカテーテル治療、27 例が診断カテーテルであった、術後早期に心臓カテーテルを要する例は、同時にステント留置あるいは引き続き肺動脈形成を要する率が有意に高く、全体で再手術は 23 例(37%)に必要で、死亡率は43%と高かった。2~3 週間以上と遅れてカテーテルを施行した例、胸骨閉鎖遅延例の生存率が低く(p<0.001)、早期の対応が望まれる結果であった。

いずれもカテーテル治療と手術は、互いに競合するものではなく協調するものであり、各専門診療科(循環器科、心臓外科、麻酔科、集中治療科)および看護師、体外循環を扱う臨床工学士、放射線技師とによる、諸専門分野から構成されるチーム"multi-disciplinary team"アプローチが重要と考えられる³⁴⁷⁾.

11-2. フォンタン循環の減圧術

フォンタン術後早期に心拍出量を改善するため、もしくはフォンタン循環の破綻や蛋白漏出性胃腸症の改善のために、開窓の拡大術が行われることがある。導管による Total Cavopulmonary Connection (TCPC) を含めたフォンタン循環の開窓拡大術は、バルーンまたはステント留置で行われ、中心静脈圧の低下および心室への前負荷増加により循環動態を改善させる可能性がある³⁴⁹⁻³⁵⁰⁾. 一方、低酸素血症を惹起し、機能が低下した心室に対する過剰な容量負荷となり得るため、必ずしも予後を改善しないとする報告もある³⁵¹⁻³⁵²⁾. 開窓がない心外導管、心内導管に対しても、中隔穿刺針により比較的安全に交通を作成することが可能との報告もある³⁵³⁾.

<特殊な術後状態に対するカテーテル治療の推奨> クラス |

1. 心臓外科手術後残存病変を有する重篤な状態の 先天性心疾患症例において、心エコー、CT/ MRI などの非侵襲的画像診断では病態評価が困 難なこともあり、早期(おおむね6週間以内)に 診断確定および必要に応じて同時にカテーテル 治療を行うことは選択肢となり得る(レベルB)

2. 上記と同様の適応で、循環補助装置から離脱できない症例において、それを装着した状態でカテーテル治療を行うことは選択肢となり得る(レベルB)

クラス IIa

1. フォンタン循環の破綻の恐れのある症例,蛋白漏出性胃腸症を発症している症例において,心拍出量の増加,中心静脈圧低下による循環動態の改善を目的として開窓の作成,拡大を行うことは選択肢となり得る(レベルC)

クラス IIb

1. 術後早期のカテーテル治療は、設備の整った "hybrid suite"と諸専門分野から構成されるチーム "multidisciplinary team" のもとで行われるべき である(レベル C)

文 献

- Allen HD, Driscoll DJ, Fricker FJ, et al: Guidelines for pediatric therapeutic cardiac catheterization. A statement for health professionals from the Committee on Congenital Cardiac Defects of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, the American Heart Association. Circulation 1991; 84: 2248-2258
- 2) Allen HD, Beekman RH III, Garson A Jr, et al: Pediatric Therapeutic Cardiac Catheterization; A Statement for Healthcare Professionals From the Council on Cardiovascular Disease in the Young, American Heart Association. Circulation 1998; 97: 609-625
- 3) Feltes TF, Bacha E, Beekman RH 3rd, et al: American Heart Association Congenital Cardiac Defects Committee of the Council onCardiovascular Disease in the Young; Council on Clinical Cardiology; Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. Indications for cardiac catheterization and intervention in pediatric cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation 2011; 123: 2607-2652.
- 4) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2005-2006 年合同研究班). 班長 越後茂之. 先天性心疾患術後遠隔 期の管理・侵襲的治療に関するガイドライン. Circ J 2007; **71** (Suppl IV): 1115-1189
- 5) 成人先天性心疾患診療ガイドライン(2006 年改訂版), http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2006_kurosawa_ h.pdf.
- 6) Fromentin S, Sarrazin JF, Champagne J, et al: Prospective comparison between conventional transseptal puncture and transseptal needle puncture with radiofrequency energy. J Interv Card Electrophysiol 2011; 31: 237-242
- 7) Justino, H., Benson LN, Nykanen DG: Transcatheter creation of an atrial septal defect using radiofrequency perforation. Catheter Cardiovasc Interv 2001; 54: 83-87
- 8) Suchon E, Pieculewicz M, Tracz W, et al: Transcatheter closure as an alternative and equivalent method to the surgical treatment of atrial septal defect in adults: comparison of early and late results. Med Sci Monit 2009; 15: CR612-CR617
- 9) Kaya MG, Baykan A, Dogan A, et al: Intermediate-term effects of transcatheter secundum atrial septal defect closure on cardiac remodeling in children and adults. Pediatr Cardiol 2010; 31: 474-482
- 10) Mills NL, King TD: Nonoperative closure of left-to-right shunts. J Thorac Cardiovasc Surg 1976; **72**: 371-378
- 11) Mills NL, King TD: Late follow-up of nonoperative closure of secundum atrial septal defects using the King-Mills doubleumbrella device. Am J Cardiol 2003; 92: 353-355
- 12) Knepp MD, Rocchini AP, Lloyd TR, et al: Long-term follow up of secundum atrial septal defect closure with the Amplatzer

- septal occluder. Congenit Heart Dis 2010; 5: 32-37
- 13) Du ZD, Hijazi ZM, Kleinman CS, et al: Amplatzer Investigators. 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: 1836-1844
- 14) DiBardino DJ, McElhinney DB, Kaza AK, et al: Analysis of the US Food and Drug Administration Manufacturer and User Facility Device Experience database for adverse events involving Amplatzer septal occluder devices and comparison with the Society of Thoracic Surgery congenital cardiac surgery database. J Thorac Cardiovasc Surg 2009; 137: 1334-1341
- 15) http://www.jpic-meeting.org/cathe/
- 16) O'Gara PT, Messe SR, Tuzcu EM, et al: American Heart Association; American Stroke Association; American College of Cardiology Foundation. Percutaneous device closure of patent foramen ovale for secondary stroke prevention: a call for completion of randomized clinical trials: a science advisory from the American Heart Association/American Stroke Association and the American College of Cardiology Foundation. Circulation 2009; 119: 2743-2747
- 17) Amin Z, Cao QL, Hijazi ZM: Closure of muscular ventricular septal defects: Transcatheter and hybrid techniques. Catheter Cardiovasc Interv 2008; 72: 102-111
- 18) Holzer R, de Giovanni J, Walsh KP, et al: Transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects using the Amplatzer membranous VSD occluder: immediate and midterm results of an international registry. Catheter Cardiovasc Interv 2006; 68: 620-628
- 19) Carminati M, Butera G, Chessa M, et al: Investigators of the European VSD Registry. Transcatheter closure of congenital ventricular septal defects: results of the European Registry. Eur Heart J 2007; 28: 2361-2368
- 20) Wollenek G, Wyse R, Sullivan I, et al: Closure of muscular ventricular septal defects through a left ventriculotomy. Eur J Cardiothorac Surg 1996; 10: 595-598
- 21) Stellin G, Padalino M, Milanesi O, et al: Surgical closure of apical ventricular septal defects through a right ventricular apical infundibulotomy. Ann Thorac Surg 2000; 69: 597-601
- 22) 桜井 一, 前田正信, 佐井 昇, ほか: 筋性部肉柱部心室中隔欠損症例の検討. 胸部外科 1999; **52**: 471-476
- 23) Serraf A, Lacour-Gayet F, Bruniaux J, et al: Surgical management of isolated multiple ventricular septal defects: logical approach in 130 cases. J Thorac Cardiovasc Surg 1992; 103: 437-442
- 24) Holzer R, Balzer D, Cao QL, et al: Amplatzer Muscular Ventricular Septal Defect Investigators. Device closure of muscular ventricular septal defects using the Amplatzer muscular ventricular septal defect occluder: immediate and mid-term results of a U.S. registry. J Am Coll Cardiol 2004; 43: 1257-1263

- 25) Diab KA, Cao QL, Mora BN, et al: Device closure of muscular ventricular septal defects in infants less than one year of age using the Amplatzer devices: feasibility and outcome. Catheter Cardiovasc Interv 2007; 70: 90-97
- 26) Hijazi ZM: Device closure of ventricular septal defects. Catheter Cardiovasc Interv 2003; **60**: 107-114
- 27) Lemler MS, Scott WA, Leonard SR, et al: Fenestration improves clinical outcome of the Fontan procedure: a prospective, randomized study. Circulation 2002; 105: 207-212.
- 28) Kopf GS, Kleinman CS, Hijazi ZM, et al: Fenestrated Fontan operation with delayed transcatheter closure of atrial septal defect: improved results in high-risk patients. J Thorac Cardiovasc Surg 1992; 103: 1039-1047
- 29) Takeda M, Shimada M, Sekiguchi A, et al: Long-term results of the fenestrated Fontan operation: progress of patients with patent fenestrations. Jpn J Thorac Cardiovasc Surg 1999; 47: 432-439
- 30) Kim SJ, Kim WH, Lim HG, et al: Outcome of 200 patients after an extracardiac Fontan procedure. J Thorac Cardiovasc Surg 2008; 136: 108-116
- 31) Sommer RJ, Recto M, Golinko RJ, et al: Transcatheter coil occlusion of surgical fenestration after Fontan operation. Circulation 1996; **94**: 249-252
- 32) Tofeig M, Walsh KP, Chan C, et al: Occlusion of Fontan fenestrations using the Amplatzer septal occluder. Heart 1998; **79**: 368-370
- 33) Cowley CG, Badran S, Gaffney D, et al: Transcatheter closure of Fontan fenestrations using the Amplatzer septal occluder: initial experience and follow-up. Catheter Cardiovasc Interv 2000; 51: 301-304
- 34) Marini D, Boudjemline Y, Agnoletti G: Closure of extracardiac Fontan fenestration by using the covered Cheatham Platinum stent. Catheter Cardiovasc Interv 2007; 69: 1002-1006
- 35) Ebeid MR, Mehta I, Gaymes CH: Closure of external tunnel Fontan fenestration: a novel use of the Amplatzer vascular plug. Pediatr Cardiol 2009; **30**: 15-19
- 36) Gundel F, Liebig T, Eicken A, et al: Electrolytically detachable coils for closure of a modified baffle fenestration in patients with hypoplastic left heart syndrome (HLHS). Int J Cardiol 2009; 135: e49-e51
- 37) Boshoff DE, Brown SC, Degiovanni J, et al: Percutaneous management of a Fontan fenestration: in search for the ideal restriction-occlusion device. Catheter Cardiovasc Interv 2010; 75: 60-65
- 38) Goff DA, Blume ED, Gauvreau K, et al: Clinical outcome of fenestrated Fontan patients after closure: the first 10 years. Circulation 2000; **102**: 2094-2099
- 39) Pihkala J, Yazaki S, Mehta R, et al: Feasibility and clinical impact of transcatheter closure of interatrial communications after a fenestrated Fontan procedure: medium-term outcomes. Catheter Cardiovasc Interv 2007; 69: 1007-1014

- 40) Momenah TS, Eltayb H, Oakley RE, et al: Effects of transcatheter closure of Fontan fenestration on exercise tolerance. Pediatr Cardiol 2008: 29: 585-588
- 41) Mays WA, Border WL, Knecht SK, et al: Exercise capacity improves after transcatheter closure of the Fontan fenestration in children. Congenit Heart Dis 2008; **3**: 254-261
- 42) Meadows J, Lang P, Marx G, et al: Fontan fenestration closure has no acute effect on exercise capacity but improves ventilatory response to exercise. J Am Coll Cardiol 2008; 52: 108-113
- 43) Hsu HS, Nykanen DG, Williams WG, et al: Right to left interatrial communications after the modified Fontan procedure: identification and management with transcatheter occlusion. Br Heart J 1995; 74: 548-552
- 44) Gamillscheg A, Beitzke A, Stein JI, et al: Transcatheter coil occlusion of residual interatrial communications after Fontan procedure. Heart 1998; 80: 49-53
- 45) Hoyer MH: Transcatheter closure of atypical right-to-left shunts after Fontan surgery. J Invasive Cardiol 2006; 18: E61-E65
- 46) Hijazi ZM, Ruiz CE, Patel H, et al: Catheter therapy for Fontan baffle obstruction and leak, using an endovascular covered stent. Cathet Cardiovasc Diagn 1998; 45: 158-161
- 47) Crowley DI, Donnelly JP: Use of Amplatzer occlusion devices to occlude Fontan baffle leaks during fenestration closure procedures. Catheter Cardiovasc Interv 2008; 71: 244-249
- 48) Masura J, Bordacova L, Tittel P, et al: Percutaneous management of cyanosis in Fontan patients using Amplatzer occluders. Catheter Cardiovasc Interv 2008; 71: 843-849
- 49) Sorajja P, Cabalka AK, Hagler DJ, et al: Successful percutaneous repair of perivalvular prosthetic regurgitation. Catheter Cardiovasc Interv 2007; **70**: 815-823
- 50) Akins CW, Bitondo JM, Hilgenberg AD, et al: Early and late results of the surgical correction of cardiac prosthetic paravalvular leaks. J Heart Valve Dis 2005; 14: 792-799
- 51) Hijazi ZM: Transcatheter management of paravalvular mitral leaks: far from ideal. Catheter Cardiovasc Interv 2004; 61: 552-553
- 52) Pate GE, Al Zubaidi A, Chandavimol M, et al: Percutaneous closure of prosthetic paravalvular leaks: case series and review. Catheter Cardiovasc Interv 2006; **68**: 528-533
- 53) Cortés M, García E, García-Fernandez MA, et al: Usefulness of transesophageal echocardiography in percutaneous transcatheter repairs of paravalvular mitral regurgitation. Am J Cardiol 2008; 101: 382-386
- 54) Hein R, Wunderlich N, Robertson G, et al: Catheter closure of paravalvular leak. EuroIntervention 2006; **2**: 318-325
- 55) Webb JG, Pate GE, Munt BI: Percutaneous closure of an aortic prosthetic paravalvular leak with an Amplatzer duct occluder. Catheter Cardiovasc Interv 2005; 65: 69-72
- 56) Moore JD, Lashus AG, Prieto LR, et al: Transcatheter coil occlusion of perivalvular mitral leaks associated with severe

- hemolysis. Catheter Cardiovasc Interv 2000; 49: 64-67
- 57) Eisenhauer AC, Piemonte TC, Watson PS: Closure of prosthetic paravalvular mitral regurgitation with the Gianturco-Grifka vascular occlusion device. Catheter Cardiovasc Interv 2001; 54: 234-238
- 58) Shapira Y, Hirsch R, Kornowski R, et al: Percutaneous closure of perivalvular leaks with Amplatzer occluders: feasibility, safety, and shortterm results. J Heart Valve Dis 2007; 16: 305-313
- 59) Kuehl M, Schreieck J, Burgstahler C: Percutaneous closure of a periprosthetic leakage after mitral valve reoperation due to recurrent endocarditis. Catheter Cardiovasc Interv 2009; 73: 838-841
- 60) Kort HW, Sharkey AM, Balzer DT: Novel use of the Amplatzer duct occluder to close perivalvar leak involving a prosthetic mitral valve. Catheter Cardiovasc Interv 2004; 61: 548-551
- 61) Alfirevic A, Koch CG: Failed closure of paravalvular leak with an Amplatzer occluder device after mitral valve replacement. Anesth Analg 2009; 108: 439-440
- 62) Ussia GP, Scandura S, Calafiore AM, et al: Images in cardiovascular medicine. Late device dislodgement after percutaneous closure of mitral prosthesis paravalvular leak with Amplatzer muscular ventricular septal defect occluder. Circulation 2007; 115: e208-e210
- 63) 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: 540-542
- 64) McCrindle BW: Independent predictors of long-term results after balloon pulmonary valvuloplasty. Valvuloplasty and Angioplasty of Congenital Anomalies (VACA) Registry Investigators. Circulation 1994; 89: 1751-1759
- 65) Silvilairat S, Cabalka AK, Cetta F, et al: Echocardiographic assessment of isolated pulmonary valve stenosis: which outpatient Doppler gradient has the most clinical validity? J Am Soc Echocardiogr 2005; 18: 1137-1142
- 66) Gielen H, Daniëls O, van Lier H: Natural history of congenital pulmonary valvar stenosis: an echo and Doppler cardiographic study. Cardiol Young 1999; 9: 129-135
- 67) Poon LK, Menahem S: Pulmonary regurgitation after percutaneous balloon valvoplasty for isolated pulmonary valvar stenosis in childhood. Cardiol Young 2003; 13: 444-450
- 68) Rao PS: Percutaneous balloon pulmonary valvuloplasty: state of the art. Catheter Cardiovasc Interv 2007; 69: 747-763
- 69) Mullins CE, Nihill MR, Vick GW 3rd, et al: Double balloon technique for dilation of valvular or vessel stenosis in congenital and acquired heart disease. J Am Coll Cardiol 1987; 10: 107-114
- 70) Radtke W, Keane JF, Fellows KE, et al: Percutaneous balloon valvotomy of congenital pulmonary stenosis using oversized balloons. J Am Coll Cardiol 1986; 8: 909-915

- 71) Fawzy ME, Hassan W, Fadel BM, et al: Long-term results (up to 17 years) of pulmonary balloon valvuloplasty in adults and its effects on concomitant severe infundibular stenosis and tricuspid regurgitation. Am Heart J 2007: **153**: 433-438
- 72) Thapar MK, Rao PS: Significance of infundibular obstruction following balloon valvuloplasty for valvar pulmonic stenosis. Am Heart J 1989; 118: 99-103
- 73) AllennHD, Driscoll DJ, Shaddy RE, et al (eds): Moss and Adams' Heart disease in infants, children, and adolescents, 7th ed. Williams & Wilkins, Bailtimore, 2007. pp844
- 74) Tabatabaei H, Boutin C, Nykanen DG, et al: Morphologic and hemodynamic consequences after percutaneous balloon valvotomy for neonatal pulmonary stenosis: medium-term follow-up. J Am Coll Cardiol 1996; 27: 473-478
- 75) Stanger P, Cassidy SC, Girod DA, et al: Balloon pulmonary valvuloplasty: results of the Valvuloplasty and Angioplasty of Congenital Anomalies Registry. Am J Cardiol 1990; 65: 775-783
- 76) Sluysmans T, Neven B, Rubay J, et al: Early balloon dilatation of the pulmonary valve in infants with tetralogy of Fallot. Risks and benefits. Circulation 1995; 91: 1506-1511
- 77) Kreulzer J, Perry SB, Jonas RA: Tetralogy of Fallot with diminutive pulmonary arteries: preoperative pulmonary valve dilation and transcatheter rehabilitation of pulmonary arteries. J Am Coll Cardiol 1996; 27: 1741-1747
- 78) Robinson JD, Rathod RH, Brown DW, et al: The evolving role of intraoperative balloon pulmonary valvuloplasty in valvesparing repair of tetralogy of Fallot. J Thorac Cardiovasc Surg 2011: 142: 1367-1373
- 79) Lababidi Z, Wu JR, Walls JT: Percutaneous balloon aortic valvuloplasty: results in 23 patients. Am J Cardiol 1984; 53: 194-197
- 80) Alexiou C, Langley SM, Dalrymple-Hay MJ, et al: Open commissurotomy for critical isolated aortic stenosis in neonates. Ann Thorac Surg 2001; 71: 489-493
- 81) Zeevi B, Keane JF, Castaneda AR, et al: Neonatal critical valvar aortic stenosis. A comparison of surgical and balloon dilation therapy. Circulation 1989; 80: 831-839
- 82) McElhinney DB, Lock JE, Keane JF, et al: Left heart growth, function, and reintervention after balloon aortic valvuloplasty for neonatal aortic stenosis. Circulation 2005; 111: 451-458
- 83) Kovalchin JP, Brook MM, Rosenthal GL, et al: Echocardiographic hemodynamic and morphometric predictors of survival after two-ventricle repair in infants with critical aortic stenosis. J Am Coll Cardiol 1998; 32: 237-244
- 84) Rhodes LA, Colan SD, Perry SB, et al: Predictors of survival in neonates with critical aortic stenosis. Circulation 1991; 84: 2325-2335
- 85) Weber HS: Catheter management of aortic valve stenosis in neonates and children. Catheter Cardiovasc Interv 2006; 67: 947-955
- 86) Keane JF, Driscoll DJ, Gersony WM, et al: Second natural

- history study of congenital heart defects: results of treatment of patients with aortic valvar stenosis. Circulation 1993; **87** (suppl): I-16-27
- 87) Witzke C, Don CW, Cubeddu RJ, et al: Impact of rapid ventricular pacing during percutaneous balloon aortic valvuloplasty in patients with critical aortic stenosis: should we be using it? Catheter Cardiovasc Interv 2010; **75**: 444-452
- 88) Mehta C, Desai T, Shebani S, et al: Rapid Ventricular Pacing for Catheter Interventions in Congenital Aortic Stenosis and Coarctation: Effectiveness, Safety, and Rate Titration for Optimal Results. J Int Cardio 2010; 23: 7-13
- 89) Mullins CE, O'Laughlin MP, Vick GW, et al: Implantation of balloon-expandable intravascular grafts by catheterization in pulmonary arteries and systemic veins. Circulation 1988; 77: 188-199
- 90) O'Laughlin MP, Perry SB, Mullins CE, et al: Use of endovascular stents in congenital heart disease. Circulation 1991: **83**: 1923-1939
- 91) Ing FF, Grifka RG, Mullins CE, et al: Repeat Dilation of Intravascular Stents in Congenital Heart Defects. Circulation 1995; 92: 893-897
- 92) McMahon CJ, Grifka RG, Mullins CE, et al: Redilation of Endovascular Stents in Congenital Heart Disease: Factors Implicated in the Development of Restenosis and Neointimal Proliferation. J Am Coll Cardiol 2001; 38: 521-526
- 93) Forbes TJ, Garekar S, Amin Z, et al: Congenital Cardiovascular Interventional Study Consortium (CCISC). Procedural results and acute complications in stenting native and recurrent coarctation of the aorta in patients over 4 years of age: a multi-institutional study. Catheter Cardiovasc Interv 2007; 70: 276-285
- 94) Forbes TJ, Moore P, Pedra CA, et al: Intermediate follow-up following intravascular stenting for treatment of coarctation of the aorta. Catheter Cardiovasc Interv 2007; **70**: 569-577
- 95) Marshall AC, Perry SB, Keane JF, et al: Early results and medium-term follow-up of stent implantation for mild residual or recurrent aortic coarctation. Am Heart J 2000; 139: 1054-1060
- 96) Morrow WR, Vick GW 3rd, Nihill MR, et al: Balloon dilation of unoperated coarctation of the aorta:short- and intermediate-term results. J Am Coll Cardiol 1988; 11: 133-138
- 97) Fletcher SE, Nihill MR, Grifka RG, et al: Balloon angioplasty of native coarctation of the aorta: midterm follow-up and prognostic factors. J Am Coll Cardiol 1995; **25**: 730-734
- 98) Patel HT, Madani A, Paris YM, et al: Balloon angioplasty of native coarctation of the aorta in infants and neonates: is it worth the hassle? Pediatr Cardiol 2001; **22**: 53-57
- 99) Fawzy ME, Fathala A, Osman A, et al: Twenty-two years of follow-up results of balloon angioplasty for discrete native coarctation of the aorta in adolescents and adults. Am Heart J 2008; 156: 910-917
- 100) Ing F: Stents: what's available to the pediatric interventional

- cardiologist? Catheter Cardiovasc Interv 2002; 57: 374-386
- 101) Varma C, Benson LN, Butany J, et al: Aortic dissection after stent dilatation for coarctation of the aorta: a case report and literature review. Catheter Cardiovasc Interv 2003; 59: 528-535
- 102) Golden AB, Hellenbrand WE: Coarctation of the aorta. Stenting in children and adults. Catheter Cardiovasc Interv 2007; 69: 289-299
- 103) Gunn J, Cleveland T, Gaines P: Covered stent to treat coexistent coarctation and aneurysm of the aorta in a young man. Heart 1999; 82: 351
- 104) Tzifa A, Ewert P, Brzezinska-Rajszys G, et al: Covered Cheatham-Platinum stents for aortic coarctation. Early and intermediate-term results. J Am Coll Cardiol 2006; 47: 1457-1463
- 105) Pedra CAC, Fontes VF, Esteves CA, et al: Use of covered stents in the management of coarctation of the aorta. Pediatr Cardiol 2005: 26: 431-439
- 106) Ewert P, Schubert S, Peters B, et al: The CP stent-short, long, covered-for the treatment of aortic coarctation, stenosis of pulmonary arteries and caval veins, and Fontan anastomosis in children and adults: an evaluation of 60 stents in 53 patients. Heart 2005; 91: 948-953
- 107) Bush DM, Hoffman TM, Del Rosario J, et al: Frequency of restenosis after balloon pulmonary arterioplasty and its causes. Am J Cardiol 2000; 86: 1205-1209
- 108) Rothman A, Perry SB, Keane JF, et al: Early results and follow-up of balloon angioplasty for branch pulmonary artery stenoses. J Am Coll Cardiol 1990; 15: 1109-1117
- 109) Hosking MC, Thomaidis C, Hamilton R, et al: Clinical impact of balloon angioplasty for branch pulmonary arterial stenosis. Am J Cardiol 1992; 69: 1467-1470
- 110) Mullins CE: Intravascular stent implant-pulmonary branch stenosis. In: Mullins C (ed): Cardiac Catheterization in Congenital Heart Disease: Pediatric and Adult. Malden, MA: Blackwell Futura, 2006, pp597-622
- 111) Bergersen LJ, Perry SB, Lock JE: Effect of cutting balloon angioplasty on resistant pulmonary artery stenosis. Am J Cardiol 2003; 91: 185-189
- 112) Mullins CE: Intravascular stents in venous stenosis. In: Mullins C (ed): Cardiac Catheterization in Congenital Heart Disease: Pediatric and Adult. Malden, MA: Blackwell Futura, 2006, pp623-641
- 113) Dev V, Kaul U, Jain P, et al: Percutaneous transluminal balloon angioplasty for obstruction of the suprahepatic inferior vena cava and cavo-atrial graft stenosis. Am J Cardiol 1989; **64**: 397-399
- 114) Tzifa A, Marshall AC, McElhinney DB, et al: Endovascular treatment for superior vena cava occlusion or obstruction in a pediatric and young adult population: a 22-year experience. J Am Coll Cardiol 2007; 49: 1003-1009
- 115) Packer DL, Keelan P, Munger TM, et al: Clinical

- presentation, investigation, and management of pulmonary vein stenosis complicating ablation for atrial fibrillation. Circulation 2005; **111**: 546-554
- 116) Qureshi AM, Prieto LR, Latson LA, et al: Transcatheter angioplasty for acquired pulmonary vein stenosis after radiofrequency ablation. Circulation 2003; 108: 1336-1342
- 117) Holmes DR Jr, Monahan KH, Packer D: Pulmonary vein stenosis complicating ablation for atrial fibrillation: clinical spectrum and interventional considerations. JACC Cardiovasc Interv 2009; 2: 267-276
- 118) Pürerfellner H, Aichinger J, Martinek M, et al: Incidence, management, and outcome in significant pulmonary vein stenosis complicating ablation for atrial fibrillation. Am J Cardiol 2004; 93: 1428-1431, A10
- 119) Tsao HM, Chen SA: Evaluation of pulmonary vein stenosis after catheter ablation of atrial fibrillation. Card Electrophysiol Rev 2002; 6: 397-400
- 120) Neumann T, Sperzel J, Dill T, et al: Percutaneous pulmonary vein stenting for the treatment of severe stenosis after pulmonary vein isolation. J Cardiovasc Electrophysiol 2005; 16: 1180-1188
- 121) Skanes AC, Gula LJ, Yee R, et al: Pulmonary vein stenosis: intervene early and carry a big stent. J Cardiovasc Electrophysiol 2008; 19: 679-680
- 122) Latson LA, Prieto LR: Congenital and acquired pulmonary vein stenosis. Circulation 2007; **115**: 103-108
- 123) Devaney EJ, Chang AC, Ohve RG, et al: Management of congenital and acquired pulmonary vein stenosis. Ann Thorac Surg 2006; 81: 992-995
- 124) van Son JA, Danielson GK, Puga FJ, et al: Repair of congenital and acquired pulmonary vein stenosis. Ann Thorac Surg 1995; **60**: 144-150
- 125) Cullen S, Ho SY, Shore D, et al: Congenital stenosis of pulmonary veins: failure to modify natural history of intraoperative placement of stents. Cardiol Young 1994; 4: 395-398
- 126) Caldarone CA, Najm HK, Kadletz M, et al: Relentless pulmonary vein stenosis after repair of total anomalous pulmonary venous drainage. Ann Thorac Surg 1998; 66: 1514-1520
- 127) Lamb RK, Qureshi SA, Wilkinson JL, et al: Total anomalous pulmonary venous drainage: seventeen-year surgical experience. J Thorac Cardiovasc Surg 1988; **96**: 368-375
- 128) Yun TJ, Coles JG, Konstantinov IE, et al: Conventional and sutureless techniques for management of the pulmonary veins: evolution of indications from postrepair pulmonary vein stenosis to primary pulmonary vein anomalies. J Thorac Cardiovasc Surg 2005; 129: 167-174
- 129) Hancock Friesen CL, Zurakowski D, Thiagarajan RR, et al: Total anomalous pulmonary venous connection: an analysis of current management strategies in a single institution. Ann Thorac Surg 2005; 79: 596-606

- 130) Neumann T, Sperzel J, Dill T, et al: Percutaneous pulmonary vein stenting for the treatment of severe stenosis after pulmonary vein isolation. J Cardiovasc Electrophysiol 2005; 16: 1180-1188
- 131) Skanes AC, Gula LJ, Yee R, et al: Pulmonary vein stenosis: intervene early and carry a big stent. J Cardiovasc Electrophysiol 2008; 19: 679-680
- 132) Prieto LR, Schoenhagen P, Arruda MJ, et al: Comparison of stent versus balloon angioplasty for pulmonary vein stenosis complicating pulmonary vein isolation. J Cardiovasc Electrophysiol 2008; 19: 673-678
- 133) Tomita H, Watanabe K, Yazaki S, et al: Stent implantation and subsequent dilatation for pulmonary vein stenosis in pediatric patients: maximizing effectiveness. Circ J 2003; 67: 187-190
- 134) Hosking M, Redmond M, Allen L, et al: Responses of systemic and pulmonary veins to the presence of an intravascular stent in a swine model. Cathet Cardiovasc Diagn 1995; **36**: 90-96
- 135) Sugiyama H, William W, Benson L: Implantation of endovascular stents for the obstructive right ventricular outflow tract. Heart 2005; 91: 1058-1063
- 136) Gibbs JL, Rothman MT, Rees MR, et al: Stenting of the arterial duct: a new approach to palliation for pulmonary atresia. Br Heart J 1992; **67**: 240-245
- 137) Gibbs JL, Uzun O, Blackburn ME, et al: Fate of the stented arterial duct. Circulation 1999; 99: 2621-2625
- 138) Gewillig 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**: 107-112
- 139) Alwi M, Choo KK, Latiff HA, et al: Initial results and medium-term follow-up of stent implantation of patent ductus arteriosus in duct-dependent pulmonary circulation. J Am Coll Cardiol 2004; 44: 438-445
- 140) Michel-Behnke I, Akintuerk H, Thul J, et al: Stent implantation in the ductus arteriosus for pulmonary blood supply in congenital heart disease. Catheter Cardiovasc Interv 2004; 61: 242-252
- 141) Boshoff DE, Michel-Behnke I, Schranz D, et al: Stenting the neonatal arterial duct. Expert Rev Cardiovasc Ther 2007; 5: 893-901
- 142) Celebi A, Yalçin Y, Erdem A, et al: Stent implantation into the patent ductus arteriosus in cyanotic congenital heart disease with duct-dependent or diminished pulmonary circulation. Turk J Pediatr 2007; 49: 413-417
- 143) Hussain A, Al-Zharani S, Muhammed AA, et al: Midterm outcome of stent dilatation of patent ductus arteriosus in ductal-dependent pulmonary circulation. Congenit Heart Dis 2008; 3: 241-249
- 144) Santoro G, Gaio G, Palladino MT, et al: Stenting of the arterial duct in newborns with duct-dependent pulmonary

- circulation. Heart 2008; 94: 925-929
- 145) Porstmann W, Wierny L, Warnke H: Der Verschluss des Ductus Arteriosus Persistens ohne Thorakotomie; 1, Mitteilung, Thoraxchirurgie. 1967; 15: 199-203
- 146) Rashkind WJ, Cuaso CC: Transcatheter closure of patent ductus arteriosus: successful use in a 3.5 kilogram infant. Pediatr Cardiology 1979; 1: 3-7
- 147) Rashkind WJ, Mullins CE, Hellenbrand WE, et al: Nonsurgical closure of patent ductus arteriosus: clinical application of Rashkind PDA occlude system. Circulation 1987; 75: 583-592
- 148) 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**: 815-816
- 149) Lloyd TR, Fedderly R, Mendelsohn AM, et al: Transcatheter occlusion of patent ductus arteriosus with Gianturco coils. Circulation 1993; 88: 1412-1420
- 150) Hijazi ZM, Geggel RI: Results of antegrade transcatheter closure of patent ductus arteriosus using single or multiple Gianturco coils. Am J Cardiol 1994; 74: 925-929
- 151) Grifka RG, Jones TK: Transcatheter closure of large PDA using 0.052" Gianturco coils: controlled delivery using a bioptome catheter through a 4 French sheath. Catheter Cardiovasc Interv 2000; 49: 301-306
- 152) Kumar RK, Krishnan MN, Venugopal K, et al: Bioptomeassociated simultaneous delivery of multiple coils for occlusion of the large patent ductus arteriosus. Catheter Cardiovasc Interv 2001; 54: 95-100
- 153) Hijazi ZM, Geggel RI: Transcatheter closure of large patent ductus arteriosus (>or=4mm) with multiple Gianturco coils. Heart 1996; **76**: 536-540
- 154) Magee AG, Huggan IC, Seed PT, at al: Association for European Cardiology. Transcatheter coil occlusion of the arterial duct; results of the European Registry. Eur Heart J 2001; 22: 1817-1821
- 155) Lloyd TR, Beekman RH, Moore JW, et al: for the PDA coil registry investigators. The PDA coil registry: report of the first 535 procedures. Circulation 1995; 92 (suppl I): I-380. Abstract.
- 156) Magee AG, Huggon IC, Seed PT, et al: on behalf of the association for European pediatric cardiology. Transcatheter coil occlusion of the arterial duct: results of the European registry. Eur Heart J 2001; 22: 1817-1821
- 157) Kumar RK: Patent ductus arteriosus: coil occlusion. In Sievert H, Qureshi SA, Wilson N, et al (ed): Percutaneous interventions for congenital heart disease, London, Informa healthcare, 2007, pp385-401
- 158) Tomita H, Fuse S, Akagi T, et al: Hemolysis complicating coil occlusion of patent ductus arteriosus. Cathet Cardiovasc Diagn 1998; 43: 50-53
- 159) Anil SR, Sivakumar K, Philip A et al: Management strategies

- for hemolysis after transcatheter closure of patent arterial duct. Catheter Cardiovasc Interv 2003; **59**: 538-543
- 160) Pass RH, Hijazi Z, Hsu DT, et al: Multicenter USA Amplatzer patent ductus arteriosus occlusion device trial: initial and one-year results. J Am Coll Cardiol 2004; 44: 513-519
- 161) Mullins CE: Transcatheter occlusion of the patent ductus arteriosus (PDA). In: Mullins C (ed): Cardiac catheterization in congenital heart disease: pediatric and adult. Massachusetts, Blackwell Futura, 2006, pp693-727
- 162) Krichenko A, Benson LN, Burrows P, et al: Angiographic classification of the isolated, persistently patent ductus arteriosus and implications for percutaneous catheter occlusion. Am J Cardiol 1989; 63: 877-880
- 163) Alwi M: PDA occlusion with the Amplatzer devices. In Sievert H, Qureshi SA, Wilson N, Hijazi ZM (ed): Percutaneous interventions for congenital heart disease, London, Informa healthcare, 2007, pp377-384
- 164) Lloyd TR, Beekman III RH: Clinically silent patent ductus arteriosus. Am Heart J 1994; 127: 1664-1665
- 165) Bennhagen RG, Benson LN: Silent and audible persistent ductus arteriosus: an angiographic study. Pediatr Cardiol 2003; 24: 27-30
- 166) Fisher G, Stieh J, Uebing A, et al: Transcatheter closure of persistent ductus arteriosus in infants using the Amplatzer duct occluder. Heart 2001; **86**: 444-447
- 167) Triedman JK, Bridges ND, Mayer JE Jr, et al: Prevalence and risk factors for aortopulmonary collateral vessels after Fontan and bidirectional Glenn procedures. J Am Coll Cardiol 1993; 22: 207-215
- 168) Rothman A, Tong AD: Percutaneous coil embolization of superfluous vascular connections in patients with congenital heart disease. Am Heart J 1993; 126: 206-213
- 169) Beekman RH 3rd, Shim D, Lloyd TR: Embolization therapy in pediatric cardiology. J Interv Cardiol 1995; 8: 543-556
- 170) Moore JW, Berdjis F: Coil occlusion of congenital vascular malformation and surgical shunts. Prog Pediatr Cardiol 1996;6: 149-159
- 171) Rothman A: Pediatric cardiovascular embolization therapy. Pediatr Cardiol 1998; 19: 74-84
- 172) Lim DS, Graziano JN, Rocchini AP, et al: Transcatheter occlusion of aortopulmonary shunts during single ventricle surgical palliation. Catheter Cardiovasc Interv 2005; 65: 427-433
- 173) Stern HJ: The argument for aggressive coiling of aortopulmonary collaterals in single ventricle patients. Catheter Cardiovasc Interv 2009; **74**: 897-900
- 174) Bradley SM, McCall MM, Sistino JJ, et al: Aortopulmonary collateral flow in the Fontan patient: does it matter? Ann Thorac Surg 2001; **72**: 408-415
- 175) Berdat PA, Belli E, Lacour-Gayet F, et al: Additional pulmonary blood flow has no adverse effect on outcome after

- bidirectional cavopulmonary anastomosis. Ann Thorac Surg 2005; **79**: 29-36
- 176) McElhinney DB, Reddy VM, Tworetzky W, et al: Incidence and implications of systemic to pulmonary collaterals after bidirectional cavopulmonary anastomosis. Ann Thorac Surg 2000; **69**: 1222-1228
- 177) Perry SB, Radtke W, Fellows KE, et al: Coil embolization to occlude aortopulmonary collateral vessels and shunts in patients with congenital heart disease. J Am Coll Cardiol 1989; 13: 100-108
- 178) Brawn WJ, Jones T, Davies B, et al: How we manage patients with major aorta pulmonary collaterals. Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu 2009; 12: 152-157
- 179) Santoro G, Carrozza M, Russo MG, et al: Symptomatic aortopulmonary collaterals early after arterial switch operation. Pediatr Cardiol 2008; 29: 838-841
- 180) Reidy JF, Jones OD, Tynan MJ, et al: Embolisation procedures in congenital heart disease. Br Heart J 1985; **54**: 184-192
- 181) Hijazi ZM: New device for percutaneous closure of aortopulmonary collaterals. Catheter Cardiovasc Interv 2004; 63: 482-485
- 182) Anderson JH, Wallace S, Gianturco C, et al: "Mini "Gianturco stainless steel coils for transcatheter vascular occlusion. Radiology 1979; 132: 301-303
- 183) Sieverding L, Breuer J: Interventional occlusion of congenital vascular malformations with the detachable Cook coil system. J Interv Cardiol 2001; 14: 313-318
- 184) Hill SL, Hijazi ZM, Hellenbrand WE, et al: Evaluation of the AMPLATZER vascular plug for embolization of peripheral vascular malformations associated with congenital heart disease. Catheter Cardiovasc Interv 2006; 67: 113-119
- 185) Tissot C, da Cruz E, Beghetti M, et al: Successful use of a new Amplatzer Vascular plug for percutaneous closure of a large aortopulmonary collateral artery in a pulmonary atresia with ventricular septal defect prior to complete repair. Int J Cardiol 2007; 116: e39-e41
- 186) Petko C, Gray RG, Cowley CG: Amplatzer occlusion of accessory ventriculopulmonary connections. Catheter Cardiovasc Interv 2009; 73: 105-108
- 187) Gross GJ, Jonas RA, Castaneda AR, et al: Maturational and hemodynamic factors predictive of increased cyanosis after bidirectional cavopulmonary anastomosis. Am J Cardiol 1994; 74: 705-709
- 188) McElhinney DB, Reddy VM, Hanley FL, et al: Systemic venous collateral channels causing desaturation after bidirectional cavopulmonary anastomosis: evaluation and management. J Am Coll Cardiol 1997; 30: 817-824
- 189) Magee AG, McCrindle BW, Mawson J, et al: Systemic venous collateral development after the bidirectional cavopulmonary anastomosis: prevalence and predictors. J Am Coll Cardiol 1998; **32**: 502-508

- 190) Heinemann M, Breuer J, Steger V, et al: Incidence and impact of systemic venous collateral development after Glenn and Fontan procedures. Thorac Cardiovasc Surg 2001; 49: 172-178
- 191) Weber HS: Incidence and predictors for the development of significant supradiaphragmatic decompressing venous collateral channels following creation of Fontan physiology. Cardiol Young 2001; 11: 289-294
- 192) Sugiyama H, Yoo SJ, Williams W, et al: Characterization and treatment of systemic venous to pulmonary venous collaterals seen after the Fontan operation. Cardiol Young 2003; 13: 424-430
- 193) Moore JW, Ing FF, Drummond D, et al: Transcatheter closure of surgical shunts in patients with congenital heart disease. Am J Cardiol 2000; **85**: 636-640
- 194) Lane GK, Lucas VW, Sklansky MS, et al: Percutaneous coil occlusion of ascending aorta to pulmonary artery shunts. Am J Cardiol 1998; 81: 1389-1391
- 195) Tometzki AJ, Houston AB, Redington AN, et al: Closure of Blalock-Taussig shunts using a new detachable coil device. Br Heart J 1995; 73: 383-384
- 196) Hill SL, Hijazi ZM, Hellenbrand WE, et al: Evaluation of the AMPLATZER vascular plug for embolization of peripheral vascular malformations associated with congenital heart disease. Catheter Cardiovasc Interv 2006; 67: 113-119
- 197) Kenny D, Walsh KP: Transcatheter occlusion of a classical BT shunt with the Amplatzer Duct Occluder II. Catheter Cardiovasc Interv 2008: 72: 841-843
- 198) Moore JW, Ing FF, Drummond D, et al: Transcatheter closure of surgical shunts in patients with congenital heart disease. Am J Cardiol 2000; **85**: 636-640
- 199) Sivakumar K, Krishnan P, Pieris R, et al: Hybrid approach to surgical correction of tetralogy of Fallot in all patients with functioning Blalock Taussig shunts. Catheter Cardiovasc Interv 2007; 70: 256-264
- 200) Limsuwan A, Sklansky MS, Kashani IA, et al: Wire-snare technique with distal flow control for coil occlusion of a modified Blalock-Taussig shunt. Catheter Cardiovasc Interv 2000; 49: 51-54
- 201) Ahmar W, Aggarwal A, Skillington P, et al: Closure of patent Potts shunt with aortic endoluminal stent graft. Cardiovasc Revasc Med 2006; 7: 192-194
- 202) Boshoff D, Budts W, Daenen W, et al: Transcatheter closure of a Potts shunt with subsequent surgical repair of tetralogy of Fallot. Catheter Cardiovasc Interv 2005; **64**: 121-123
- 203) Mullins CE: Occlusion of abnormal small vessels, persistent shunts, vascular fistulae, including perivalvular leaks. In: Mullins C (ed): Cardiac Catheterization in Congenital Heart Disease: Pediatric and Adult. Malden, MA: Blackwell Futura, 2006, pp661-692
- 204) McNamara IJ, Gross RE: Congenital coronary artery fistula. Surgery 1969; **65**: 59-69

- 205) Armsby LR, Keane JF, Sherwood MC, et al: Management of coronary artery fistulae: Petient selection and the results of transcatheter closure. J Am Coll Cardiol 2002; 39: 1026-1032
- 206) Levin DC, Fellows KE, Abrams HL: Hemodynamically significant primary anomalies of the coronary arteries. Circulation 1978; 58: 25-34
- 207) Sherwood MC, Rockenmacher S, Colan SD, et al: Prognostic significance of clinically silent coronary artery fistulas. Am J Cardiol 1999; 83: 407-411
- 208) Liberthson RR, Sagar K, Berkoben JP, et al: Congenital coronary arteriovenous fistula: report of 13 patients, review of the literature and delineation of management. Circulation 1979: 59: 849-854
- 209) Kouchoukos NT, Blackstone EH, Doty DB, et al: Congenital anomalies of the coronary arteries. Kirklin/Barratt-Boyes Cardiac surgery: morphology, diagnostic criteria, natural history, techniques, results, and indications. 3rd ed. Philadelphia, Churchill Livingstone, 2003, pp1240-1263
- 210) Qureshi SA: Transcatheter closure of coronary artery fistulas. In Sievert H, Qureshi SA, Wilson N, Hijazi ZM (ed): Percutaneous interventions for congenital heart disease. London, Informa healthcare, 2007, pp423-430
- 211) Ramo OJ, Totterman KJ, Harjula AL: Thrombosed coronary artery fistula as a cause of paroxysmal atrial fibrillation and ventricular arrhythmia. Cardiovasc Surg 1994; 2: 720-722
- 212) Behera SK, Danon S, Levi DS, et al: Transcatheter closure of coronary artery fistulae using the Amplatzer Duct Occluder. Catheter Cardiovasc Interv 2006: 68: 242-248
- 213) Brown MA, Baltzer D, Lasala J: Multiple coronary artery fistulae treated with a single Amplatzer vascular plug: check and back door when the front is locked. Catheter Cardiovasc Interv 2009; 73: 390-394
- 214) Mavroudis C, Backer CL, Rocchini AP, et al: Coronary artery fistulas in infants and children: A surgical review and discussion of coil embolization. Ann Thorac Surg 1997; 63: 1235-1242
- 215) 伊藤晋一, 須田憲治, 籠手田雄介, ほか: 冠動脈瘻に対するコイル塞栓術の検討. 日小児循環器会誌 2006; **22**: 531-538
- 216) 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: 372-374
- 217) Goldberg SL, Manchester J, Laks H: Late-term myocardial infarction after surgical ligation of a giant coronary artery fistula. J Invasive Cardiol 2002; 14: 202-206
- 218) Anabtawi IN, Ellison RG, Ellison LT: Pulmonary arteriovenous aneurysms and fistulas: anatomical variations, embryology, and classification. Ann Thorac Surg 1965; 122: 277-285
- 219) White RI Jr, Mitchell SE, Barth KH: Angioarchitecture of

- pulmonary arteriovenous malformations: an important consideration before embolotherapy. AJR 1983; **140**: 681-686
- 220) Faughman ME, Thabet ME, Mei-Zahav M, et al: Pulmonary arteriovenous malformations in children: outcomes of transcatheter embolotherapy. J Pediatr 2004; **145**: 826-831
- 221) Kuhn JP: Disorders of pulmonary circulation. In Kuhn JP, Slovis TL, Haller JO (ed): Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging. Philadelphia, Mosby, 2004, pp1073-1095
- 222) Cerebral embolism task force: Cardiogenic brain embolism.
 Arch Neurol 1986: 43: 71-84
- 223) Maussouttas M, Fayad P, Rosenblatt M, et al: Pulmonary arteriovenous malformations. Cerebral ischemia and neurologic manifestations. Neurology 2000; **55**: 959-964
- 224) Lee DW, White RI, Egglin TK, et al: Embolotherapy of large pulmonary arteriovenous malformations: long-term results. Ann Thorac Surg 1997; **64**: 930-940
- 225) Reidy JF. Pulmonary arterio-venous fistulas. In Sievert H, Qureshi SA, Wilson N, et al (ed): Percutaneous interventions for congenital heart disease, London, Informa healthcare, 2007, pp419-422
- 226) Ferro C, Rossi UG, Bovio G, et al: Percutaneous transcatheter embolization of a large pulmonary arteriovenous fistula with an Amplatzer vascular plug. Cardiovasc Intervent Radiology 2007; 30: 328-331
- 227) Beck A, Dagan T, Matitiau A, et al: Transcatheter closure of pulmonary arteriovenous malformations with Amplatzer devices. Catheter Cardiovasc Interv 2006; **67**: 932-937
- 228) Gamillscheg A, Schuchlenz H, Stein JI, et al: Interventional occlusion of a large pulmonary arteriovenous malformation with an Amplatzer septal occluder. J Interv Cardiol 2003; 16: 335-339
- 229) Perry SB, Keane JF, Lock JE: Pediatric interventions. In Baim DS (ed): Cardiac catheterization, angiography, and intervention, 5th ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1966, pp713-732
- 230) Dutton JAE, Jackson JE, Hughes JMB et al: Pulmonary arteriovenous malformations: results of treatment with coil embolization in 53 patients. AJR 1995; **165**: 1119-1125
- 231) Curie A, Lesca G, Cottin V, et al: Long-term follow-up in 12 children with pulmonary arteriovenous malformations: confirmation of hereditary hemorrhagic telangiectasia. J Pediatr 2007; 151: 299-306
- 232) Zahn EM, Hellenbrand WE, Lock JE, et al: Implantation of the melody transcatheter pulmonary valve in patients with a dysfunctional right ventricular outflow tract conduit early results from the u.s. Clinical trial. J Am Coll Cardiol 2009; 54: 1722-1729
- 233) Kenny D, Hijazi ZM, Kar S, et al: Percutaneous implantation of the Edwards SAPIEN transcatheter heart valve for conduit failure in the pulmonary position: early phase 1 results from an international multicenter clinical trial. J Am Coll Cardiol

- 2011; 58: 2248-2256
- 234) Noonan JA, Nadas AS: The hypoplastic left heart syndrome: an analysis of 101 cases. Pediatr Clin North Am 1990; 85: 977-983
- 235) Morris CD, Oulkalt J, Menashe VD: Hypoplastic left heart syndrome: natural history in a geographically defined population. Pediatrics 1990: **85**: 977-983
- 236) Norwood WI, Lang P, Castaneda AR, et al: Experience with operations for hypoplastic left heart syndrome. J Thorac Cardiovasc Surg 1981; **82**: 511-519
- 237) Sano S, Ishino K, Kawada M, et al: Right ventricle-pulmonary artery shunt in first-stage palliation of hyopplastic left heart syndrome. J Thorac Cardiovasc Surg 2003; 126: 504-509
- 238) Wernovsky G, Rubenstein SD, Spray TL: Cardiac surgery in the low-birth weight neonate. New approaches. Clin Perinatol 2001; 28: 249-264
- 239) Akintuerk H, Michel-Behnke I, Valeske K, et al: Stenting of the arterial duct and banding of the pulmonary arteries: basis for combined Norwood stage I and II repair in hypoplastic left heart. Circulation. 2002; 5: 1099-1103
- 240) Michel-Behnke I, Akintuerk H, Marquardt I, et al: Stenting of the ductus arteriosus and banding of the pulmonary arteries: basis for various surgical strategies in newborns with multiple left heart obstructive lesions. Heart 2003; 89: 645-650
- 241) Hill SL, Galantowicz M, Cheatham JP: Hybrid stage I palliation. Pediatr Cardiol Today 2003; 1: 1-4
- 242) Galantowicz M, Cheatham JP: Lessons learned from the development of a new hybrid strategy for the management of hypoplastic left heart syndrome. Pediatr Cardiol 2005; 26: 190-199
- 243) Galantowicz M, Cheatham JP, Philips A, et al: Hybrid approach for hypoplastic left heart syndrome: intermediate results after the learning curve. Ann Thorac Surg 2008; 85: 2063-2070
- 244) Holzer RJ, Wood A, Chisolm JL, et al: Atrial septal interventions in patients with hypoplastic left heart syndrome. Catheter Cardiovasc Interv 2008; 72: 696-704
- 245) Atrip JH, Campbell DN, Ivy DD, et al: Birth weight and complexity are significant factors for the management of hypoplastic left heart syndrome. Ann Thirac Surg 2006; 82: 1252-1257
- 246) Bacha EA, Daves S, Hardin J: Single-ventricle palliation for high-risk neonates: The emergence of an alternative hybrid stage I strategy. J Thorac Cardiovasc Surg 2006; 131: 163-171
- 247) Luce WA, Schwartz RM, Beauseau W, et al: Necrotizing enterocolitis in neonates undergoing the hybrid approach to complex congenital heart disease. Pediatr Crit Care Med 2011; 12: 46-51
- 248) Weiss SL, Gossett JG, Kaushal S, et al: Comparison of

- gastrointestinal morbidity after Norwood and hybrid palliation for complex heart defects. Pediatr Cardiol 2011; **32**: 391-398
- 249) Caldarone CA, Benson LN, Holtby H, et al: Main pulmonary artery to innominate artery shunt during hybrid palliation of hypoplastic left heart syndrome. J Thorac Cardiovasc Surg 2005; 130: e1-e2
- 250) Caldarone CA, Benson L, Holtby H, et al: Initial experience with hybrid palliation for neonates with single-ventricle physiology. Ann Thorac Surg 2007; **84**: 1294-1300
- 251) 永田 弾, 石川友一, 石川司朗, ほか: ハイリスク左心 低形成症候群(HLHS) に対する心臓カテーテル法による 2 つのステント同時留置術の経験. 日小児循環器会 誌 2010: 26: 243-248
- 252) Houde C, Zahn EM, Benson LN, et al: Intraoperative placement of endovascular stents. J Thorac Cardiovasc Surg 1992; 104: 530-532
- 253) Ing FF: Delivery of stents to target lesions Techniques of intraoperative stent implantation and intraoperative angiograms. Pediatr Cardiol 2005; 26: 260-266
- 254) Schmitz C, Esmailzadeh B, Herberg U, et al: Hybrid procedures can reduce the risk of congenital cardiovascular surgery. Eur J Cardiothorac Surg 2008; 34: 718-725
- 255) Davenport JJ, Lam L, Whalen-Glass R, et al: The successful use of alternative routes of vascular access for performing pediatric interventional cardiac catheterization. Catheter Cardiovasc Interv 2008; 72: 392-398
- 256) Amin Z, Gu X, Berry JM, Titus JL, et al: Perventricular closure of ventricular septal defects without cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg 1999; 68: 149-154
- 257) Bacha EA, Hijazi ZM, Cao QL, et al: Hybrid pediatric cardiac surgery. Pediatr Cardiol 2005; 26: 315-322
- 258) Crossland DS, Wilkinson JL, Cochrane AD, et al: Initial results of primary device closure of large muscular ventricular septal defects in early infancy using perventricular access. Catheter Cardiovasc Interv 2008; 72: 386-391
- 259) Gan C, Lin K, An Q, et al: Perventricular device closure of muscular ventricular septal defects on beating hearts: initial experience in eight children. J Thorac Cardiovasc Surg 2009; 137: 929-933
- 260) Silka MJ, Gillette PC, Garson A Jr, et al: Transvenous catheter ablation of a right atrial automatic ectopic tachycardia. J Am Coll Cardiol 1985; 5: 999-1001
- 261) Van Hare GF, Lesh MD, Scheinman M, et al: Percutaneous radiofrequency catheter ablation for supraventricular arrhythmias in children. J Am Coll Cardiol 1991; 17: 1613-1620
- 262) Van Hare GF: Indications for radiofrequency ablation in the pediatric population. J Cardiovasc Electrophysiol 1997; 8: 952-962
- 263) Friedman RA, Walsh EP, Silka MJ, et al: NASPE Expert

- Consensus Conference: Radiofrequency catheter ablation in children with and without congenital heart disease. Report of the writing committee. North American Society of Pacing and Electrophysiology. Pacing Clin Electrophysiol 2002; **25**: 1000-1017
- 264) Perry JC, Garson A: Supraventricular tachycardia due to Wolff-Parkinson-White syndrome in children: Early disappearance and later recurrence. J Am Coll Cardiol 1990; 16: 1215-1520
- 265) Lundberg A: Paroxysmal atrial tachycardia in infancy: Long-term follow-up study of 49 subjects. Pediatrics 1982; 70: 638-642
- 266) Munger TM, Packer DL, Hammill SC, et al: A population study of the natural history of Wolff-Parkinson-White syndrome in Olmsted County, Minnesota. 1953–1989. Circulation 1993; **87**: 866-873
- 267) Von Bernuth G, Engelhardt W, Kramer HH, et al: Atrial automatic tachycardia in infancy and childhood. Eur Heart J 1992; **13**: 1410-1415
- 268) Koike K, Hesslein PS, Finlay CD, et al: Automatic atrial tachycardia in children. Am J Cardiol 1988; 61: 1127-1130
- 269) Mehta AV, Sanchez GR, Sacks EJ, et al: Ectopic automatic atrial tachycardia in children: Clinical characteristics, management and follow-up. J Am Coll Cardiol 1988; 11: 379-385
- 270) Naheed ZJ, Strasburger JF, Benson DW, et al: Natural history and management strategies of automatic atrial tachycardia in children. Am J Cardiol 1995; 75: 405-407
- 271) Klersy C, Chimienti M, Marangoni E, et al: Factors that predict spontaneous remission of ectopic atrial tachycardia. Eur Heart J 1993; **14**: 1654-1656
- 272) Martin TC, Hernandez A: Atrial flutter in infancy. J Pediatr 1982; **100**: 239-242
- 273) Mendelsohn A, Dick M, Serwer GA: Natural history of isolated atrial flutter in infancy. J Pediatr 1991; 119: 386-391
- 274) Rowland TW, Mathew R, Chameides L, et al: Idiopathic atrial flutter in infancy: A review of eight cases. Pediatrics 1978; **61**: 52-56
- 275) Mehta AV, Ewing LL: Atrial tachycardia in infants and children: Electrocardiographic classification and its significance. Pediatr Cardiol 1993; 14: 199-203
- 276) Texter KM, Kertesz NJ, Friedman RA, et al: Atrial flutter in infants. J Am Coll Cardiol 2006; **48**: 1040-1046
- 277) Villain E, Vetter VL, Garcia JM, et al: Evolving concepts in the management of congenital junctional ectopic tachycardia, a multicenter study. Circulation 1990; **81**: 1544-1549
- 278) Iwamoto M, Niimura I, Shibata T, et al: Long-term course and clinical characteristics of ventricular tachycardia detected in children by school-based heart disease screening. Circ J 2005; 69: 273-276
- 279) Lee PC, Hwang B, Chen SA, et al: The results of radiofrequency catheter ablation of supraventricular

- tachycardia in children. Pacing Clin Electrophysiol 2007; **30**: 655-661
- 280) Joung B, Lee M, Sung JH, et al: Pediatric radiofrequency catheter ablation: sedation methods and success, complication and recurrence rates. Circ J 2006; 70: 278-284
- 281) Aiyagari R, Saarel EV, Etheridge SP, et al: Radiofrequency ablation for supraventricular tachycardia in children < or =15 kg is safe and effective. Pediatr Cardiol 2005; **26**: 622-626
- 282) Bromberg BI, Lindsay BD, Cain ME, et al: Impact of clinical history and electrophysiologic characterization of accessory pathways on management strategies to reduce sudden death among children with Wolff-Parkinson-White syndrome. J Am Coll Cardiol 1996; 27: 690-695
- 283) Klein GJ, Bashore TM, Sellers TD, et al: Ventricular fibrillation in the Wolff-Parkinson-White syndrome. N Engl J Med 1979; **301**: 1080-1085
- 284) 市川理恵, 住友直方, 福原淳示, ほか: Ebstein 奇形に対するカテーテルアブレーション CARTO system を用いた副伝導路部位の検討 . 臨床心臓電気生理 2007; **30**: 191-200
- 285) Anderson RH, Arnold R, Wilkinson JL: The conducting system in congenitally corrected transposition. Lancet 1973;1: 1286-1288
- 286) Toyohara K, Tanihira Y, Tasato H, et al: Catheter ablation for right anteroseptal accessory pathway in a patient with an endocardial cushion defect. Pacing Clin Electrophysiol 2003; 26: 773-774
- 287) Pickoff AS: Development and function of the cardiac conduction system In: Emmanouilides GC, Allen HD, Riemenschneider TA, Gutgesell HP (eds): Moss & Adams Heart disease in infants, children and adolescents including the fetus and young adults, fifth edition. Williams & Wilkins, 1995, pp29-41
- 288) Epstein MR, Saul JP, Weindling SN, et al: Atrioventricular reciprocating tachycardia involving twin atrioventricular nodes in patients with complex congenital heart disease. J Cardiovasc Electrophysiol 2001; 12: 671-679
- 289) Davies MJ, Anderson RH, Becker AE: The conduction system of the heart. London, Butterworth-Heineman, 1983
- 290) Dickinson DF, Wilkinson JL, Anderson KR, et al: The cardiac conduction system in situs ambiguous. Circulation 1979; **59**: 879-885
- 291) Kato Y, Horigome H, Takahashi-Igari M, et al: Tachycardia associated with twin atrioventricular nodes in an infant with heterotaxy and interruption of inferior vena cava, Pacing Clin Electrophysiol 2012; 32: (in press)
- 292) Kato H, Ichinose E, Yoshioka F, et al: Fate of coronary aneurysms in Kawasaki disease: serial coronary angioplasty and long-term follow-up study. Am J Cardiol 1981; **49**: 1758-1766
- 293) Kato H, Ichinose E, Kawasaki T: Myocardial infarction in Kawasaki disease: Clinical analyses in 195 cases. J Pediatr

- 1986; 108: 923-927
- 294) Fujiwara H, Hamashima Y: Pathology of the heart in Kawasaki disease. Pediatrics 1978; 61: 17-27
- 295) Tanaka N, Naoe S, Masuda H, et al: Pathological study of sequelae of Kawasaki disease (MCLS). With special reference to the heart and coronary arterial lesions. Acta Pathol Jpn 1986; 36: 1513-1527
- 296) Suzuki A, Kamiya T, Arakaki Y, et al: Fate of coronary arterial aneurysms in Kawasaki disease. Am J Cardiol 1994; **74**: 822-824
- 297) Suzuki A, Yamaguchi M, Kimura K, et al: Functional behavior and morphology of the coronary artery wall in patients with Kawasaki disease assessed by intravascular ultrasound. J Am Coll Cardiol 1996; 27: 291-296
- 298) Naoe S, Takahashi K, Masuda H, et al: Kawasaki disease. With particular emphasis on arterial lesions. Acta Pathol Jpn 1991; 41: 785-797
- 299) Kato H, Sugimura T, Akagi T, et al: Long-term consequences of Kawasaki disease: a 10 to 21 year follow-up study of 594 patients. Circulation 1996; **94**: 1379-1385
- 300) Yamakawa R, Ishii M, Sugimura T, et al: Coronary endothelirum dysfunction after Kawasaki disease: Evaluation by intracoronary injection of acetylcholine. J Am Coll Caridol 1998; **31**: 1074-1080
- 301) Iemura M, Ishii M, Sugimura T, et al: Long-term consequences of regressed coronary aneurysms after Kawasaki Disease: vascular wall morphology and function. Heart 2000; 83: 307-311
- 302) Ino T, Nishimoto K, Akimoto K, et al: Percutaneous transluminal coronary angioplasty for Kawasaki disease: a case report and literature. Pediatr Cardiol 1991; **12**: 33-35
- 303) Satler LF, Leon MB, Kent KM, et al: Angioplasty in a child with Kawasaki disease. Am Heart J 1992; **124**: 216-219
- 304) Nishimura H, Sawada T, Azuma A, et al: Percutaneous transluminal coronary angioplasty in a patient with Kawasaki disease: a case report of an unsuccessful angioplasty. J Heart J 1992; **33**: 869-873
- 305) Kawata T, Hasegawa J, Yoshida Y, et al: Percutaneous transluminal coronary angioplasty of the left internal thoracic artery graft: a case report in a child. Cathet Cardiovasc Diagn 1994; 32: 340-242
- 306) Tsubata S, Ichida F, Hamamichi Y, et al: Successful thrombolytic thrapy using tissue-type plasminogen activator in Kawasaki disease. Pediatr Cardiol 1995; 16: 186-189
- 307) Ino T, Akimoto K, Ohkubo M, et al: Application of percutaneous transluminal coronary angioplasty to coronary arterial stenosis in Kawasaki disease. Circulation 1996; 93: 1709-1715
- 308) Oda H, Miida T, Ochiai Y, et al: Successful stent implantation in acute myocardial infarction and successful directional coronary atherectomy of a stenotic lesion involving an aneurysm in a woman with Kawasaki disease of adult onset.

- J Interven Cardiol 1997; **10**: 375-380
- 309) Hijazi ZM, Smith JJ, Fulton DR: Stent implantation for coronary artery stenosis after Kawasaki disease. J Invasive Cardiology 1997; 9: 534-536
- 310) Sugimura T, Yokoi H, Sato N, et al: Interventional treatment for children with severe coronary artery stenosis with calcification after long-term Kawasaki disease. Circulation 1997; 96: 3928-3933
- 311) Ogawa S, Fukazawa R, Ohkubo T, et al: Silent myocardial ischemia in Kawasaki disease: evaluation of percutaneous transluminal coronary angioplasty by dobutamine stress testing. Circulation 1997; **96**: 3384-3389
- 312) Kato H, Ishii M, Akagi T, et al: Interventional catheterization in Kawasaki disease. J Interven Cardiol 1998; 11: 355-361
- 313) Moore JW, Buchbinder M: Successful coronary stenting in a 4-year-old child. Cathet Cardiovasc Diagn 1998; **44**: 202-205
- 314) Min JH, Huh J, Kim YW, et al: Percutaneous transluminal coronary angioplasty in child with Kawasaki disease. J Korean Med Sci 1998; 13: 693-695
- 315) Hijazi ZM: Coronary arterial stenosis after Kawasaki disease: role of catheter intervention. Catheter Cardiovasc Interv 1999; 46: 337
- 316) Ueno T, Kai H, Ikeda H, et al: Coronary stent deployment in a young adult with Kawasaki disease and recurrent myocardial infarction. Clin Cardiol 1999; 22: 147-149
- 317) Hashmi A, Lazzam C, McCrindle BW, et al: Stenting of coronary artery stenosis in Kawasaki disease. Catheter Cardiovasc Interv 1999; **46**: 333-336
- 318) Akagi T, Ogawa S, Ino T, et al: Catheter interventional treatment in Kawasaki disease: a report from the Japanese pediatric interventional cardiology investigation group. J Pediatr 2000; **137**: 181-186
- 319) Ishii M, Ueno T, Akagi T, et al: Research Committee of Ministry of Health, Labour and Welfare "Study of treatment and long-term management in Kawasaki disease". Guideline for catheter intervention in coronary artery lesion in Kawasaki disease. Pediatr Int 2001; 43: 558-562
- 320) Ishii M, Ueno T, Ikeda H, et al: Sequential follow-up results of catheter intervention for coronary artery lesions after Kawasaki disease: quantitative coronary artery angiography and intravascular ultrasound imaging study. Circulation 2002; 105: 3004-3010
- 321) Miyazaki A, Tsuda E, Miyazaki S, et al: Percutaneous transluminal coronary angioplasty for anastomotic stenosis after coronary arterial bypass grafting in Kawasaki disease. Cardiol Young 2003; 13: 284-289
- 322) Tsuda E, Miyazakio S, Takamuro M, et al: Strategy for localized stenosis caused by Kawasaki disease: midterm results of perctaneous transluminal coronary balloon angioplasty in two infants. Pediatr Cardiol 2006; 27: 272-275
- 323) Tsuda E, Miyazaki S, Yamada O, et al: Perctaneoous transluminal coronary rotational atherectomy for localized

- stenosis caused by Kawasaki disease. Pediatr Cardiol 2006; **27**: 447-453
- 324) Muta H, Ishii M: Percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting for stenotic lesions after Kawasaki disease. J Pediatr 2010; **157**: 120-126
- 325) Ariyoshi M, Shiraishi. J, Kimura M, et al: Primary perctaneous coronary intervention for acute myocardial infarction due to possible sequelae of Kawasaki disease in young adults: a case series. Heart Vessels 2011; 26: 117-124
- 326) Drossner DM, Chappell C, Rab T, et al: Percutaneous coronary intervention for acute myocardial infarction in a pediatric patient with coronary aneurysms and stenosis due to Kawasaki disease. Pediatr Cardiol 2012; 33: 811-813
- 327) 水戸守寿洋, 馬場 清, 大崎 秀: 川崎病による高度の 右冠動脈狭窄性病変に対して PTCA (percutaneous transluminal angioplasty) を施行した3歳女児例. 小児科 臨床 1989; **42**: 1461-1466
- 328) 佐野哲也, 中島 徹, 松下 享: A-C バイパス術の吻合 部狭窄に対して PTCA を試みた川崎病の 1 例. Progress in Medicine 1990; **10**: 1445-1448
- 329) 高橋俊樹, 松田 暉, 平中俊行: A-C バイパス術後のグラフト中枢側吻合部の狭窄に対し PTCA を施行した川崎病の1症例. 日小児循環器会誌 1991; 6: 538-542
- 330) 布施茂登: 川崎病による冠動脈狭窄に対して PTCA を 試みた3 例. 日小児循環器会誌 1991; 7: 483-484
- 331) 秋元かつみ, 大久保又一, 島崎信次郎: 川崎病の狭窄性病変に対する PTCA の有効性. 日小児循環器会誌 1994; 9: 777-783
- 332) 善家正昭, 光藤和明, 土井 修: PTCA を施行した川崎 病既往の1例. 呼吸と循環 1995; **43**: 723-727
- 333) 佐藤恭子,西 猛:川崎病後の急性心筋梗塞に PTCR·PTCA が有効であった1例.日小児循環器会誌 1996; 12: 777-782
- 334)津田悦子, 山田 修, 小野安生: 川崎病による石灰化病 変を伴う重症局所狭窄に対してロータブレーターが有 効であった1例. Prog Med 1998; **18**: 1643-1648
- 335) 小川俊一:川崎病の冠動脈疾患に対するカテーテル治療. Heart View 1999; **3**: 794-800
- 336) 吉林宗夫, 米村俊哉, 野崎浩二, ほか: PTCRA により重 症局所狭窄の解除と心筋虚血の消失が得られた川崎病 冠動脈障害の1例. Prog Med 1999; **19**: 1653-1657
- 337) 石井正浩, 加藤裕久: 川崎病冠状動脈疾患におけるカテーテル治療, Annual Review 循環器 1999, 東京, 中外医学社, 1999, pp181-186
- 338) 石井正浩, 上野高史: 川崎病冠状動脈病変のインターベンション治療, Annual Review 循環器 2004, 東京, 中外医学社, 2004, pp133-141
- 339) 横井宏佳: カテーテル治療. 日臨 2008; 66: 373-379
- 340) 三角和雄,谷口 優:循環器内科医からみた川崎病後冠動脈病変と冠イベント:特にロータブレーター,エキシマレーザー,薬剤溶出性ステントによる最新カテー

- テル治療の現状と問題点 . Prog Med 2010; **30**: 1899-1904
- 341) 横井宏佳: 川崎病冠動脈病変に対するカテーテル治療. 小児診療 2011: 74: 1206-1213
- 342) 石井正浩: 川崎病 今日の心臓手術の適応と至適手術時期. 吉川純一監修: 伊藤 浩, 高梨秀一郎, 松宮護郎, 渡辺弘之, ほか, 編: 東京, 文光堂, 2011, pp251-254
- 343) 横山晋二, 家村素史, 上野高史: EBM に基づく川崎病 後遺症へのカテーテル治療: 急性期成績と長期予後. 五十嵐隆, 石井正浩, 清水俊明, ほか, 編: EBM 小児疾 患の治療. 東京, 中外医学社, 2011, pp158-162
- 344) Zahn EM, Dobrolet NC, Nykanen DG, et al: Interventional catheterization performed in the early postoperative period after congenital heart surgery in children. J Am Coll Cardiol 2004; **43**: 1264-1269
- 345) Booth KL, Roth SJ, Perry SB, et al: Cardiac catheterization of patients supported by extracorporeal membrane oxgenation. J Am Coll Cardiol 2002; **40**: 1681-1686
- 346) desJardins SE, Crowley DC, Beekman RH, et al: Utility of cardiac catheterization in pediatric cardiac patients on ECMO. Catheter Cardiavasc Interv 1999; **46**: 62-67
- 347) Nykanen DG, Zahn EM: Transcatheter techniques in the management of perioperative vascular obstruction. Catheter Cardiovasc Interv 2005; **66**: 573-579
- 348) Asoh K, Hickey E, Dorostkar PC, et al: Transcatheter interventions in the early postoperative period after the Fontan procedure. Catheter Cardiovasc Interv 2011; 77: 92-98
- 349) Veldtman GR, Norgard G, Wåhlander H, et al: Creation and enlargement of atrial defects in congenital heart disease. Pediatr Cardiol 2005; **26**: 162-168
- 350) Rychik J, Rome JJ, Jacobs ML: Late surgical fenestration for complications after the Fontan operation. Circulation 1997; 96: 33-36
- 351) Vyas H, Driscoll DJ, Cabalka AK, et al: Results of transcatheter Fontan fenestration to treat protein losing enteropathy. Catheter Cardiovasc Interv 2007; 69: 584-589
- 352) Horner JM, Driscoll DJ: Protein losing enteropathy after Fontan operation. Pediatric Cardiology and Cardiac Surgery 2011; **26**: 33-38
- 353) Elsaid HG, Ing FF, Grifka RG, et al: 18-year experience with transseptal punctures though baffles, conduits, and other intra-atrial patches. Catheter Cardiovasc Interv 2000; **50**: 434-439

— 複写される方へ —

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、(社)日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の従業員以外は、図書館も著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。著作物の転載・翻訳のような複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい。

〒 107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 学術著作権協会

TEL: 03-3475-5618 FAX: 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡して下さい.

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA Phone: (978) 750-8400 FAX: (978) 646-8600



第28巻 Supplement 2 2012年11月1日発行

編集室 〒105-0004 東京都港区新橋2-20-15 新橋駅前ビル1号館

株式会社協和企画内

E-mail pccs@kk-kyowa.co.jp

電話: 03-3571-3134 FAX: 03-3289-7227

発行者 中西 敏雄

発行所 〒102-0074

東京都千代田区九段南2-1-30 イタリア文化会館ビル8階

株式会社メディカルトリビューン内 特定非営利活動法人日本小児循環器学会

電話: 03-3239-7264 FAX: 03-3239-7225

学会ホームページ: http://JSPCCS.umin.ac.jp/



For your Satisfaction

- MRI対応
- ニッケルクロム合金 非磁性素材を採用

販 売 名: クックエンボライゼーションコイル

承認番号:15800BZY00720000

MEDICOS

AcuNav™ Ultrasound Catheter









製造販売業者

ジョンソン・エンド・ジョンソン 株式会社

バイオセンス ウェブスター事業部

〒101-0065 東京都千代田区西神田3-5-2 Tel.03-4411-7910 http://www.jnj.co.jp

トランスデューサ:フェーズドアレイ方式/64素子

使用可能モード: 2D/Color/M-mode/PW/CW/Tissue Doppler

周 波 数 域:5-10 MHz transmitting frequency (depending on ultrasound platform)

販売名:アキュナビ

医療機器承認番号: 22300BZX00110000

©J&J KK 2012

潤いある情(こころ)でお客様のために行動し、 医療環境の向上をお手伝いします。





西日本メディカルリンク株式会社

●本 社/〒700-8503 岡山県岡山市南区西市114番地2

●岡山営業所/〒700-8503 岡山県岡山市南区西市114番地2

●倉敷営業所/〒710-0052 岡山県倉敷市美和1丁目14番39号

●福山営業所/〒721-0942 広島県福山市引野町2丁目28番9号

●広島営業所/〒733-0034 広島県広島市西区南観音町21番28号

●三次営業所/〒728-0017 広島県三次市南畑敷町349-4

●山口営業所/〒755-0039 山口県宇部市東梶返1-10-8

TEL(086)241 - 8776

TEL(086)241 - 0231

TEL(086)426 - 0222

TEL (084) 945 - 5556

TEL(082)231-2601

TEL(0824)64 - 0170

TEL(0836)37 - 1433

http://www.jml-west.jp/