

新生児期複雑心奇形に対する外科治療戦略

宮崎 隆子¹⁾, 角 秀秋¹⁾, 中島 淳博¹⁾, 深江 宏治¹⁾
中野 俊秀¹⁾, 檜山 和弘¹⁾, 総崎 直樹²⁾, 石川 司朗³⁾

福岡市立こども病院心臓血管外科¹⁾, 新生児循環器科²⁾,
循環器科³⁾

Key words :

新生児心手術, 複雑心奇形, 治療戦略,
手術成績

Surgical Strategy for Congenital Heart Disease in Neonates

Takako Miyazaki,¹⁾ Hideaki Kado,¹⁾ Atsuhiro Nakashima,¹⁾ Koji Fukae,¹⁾
Toshihide Nakano,¹⁾ Kazuhiro Hinokiyama,¹⁾ Naoki Fusazaki,²⁾ and Shirou Ishikawa³⁾

Departments of ¹⁾Cardiovascular Surgery, ²⁾Neonatal Cardiology, and ³⁾Cardiology,
Fukuoka Children's Hospital, Fukuoka, Japan

Background: The results of neonatal open-heart surgery have been dramatically improved recently. The surgical strategy for neonatal cardiac anomalies is discussed from the viewpoint of preoperative status.

Methods: From 1989 to 2003, 382 neonates with TGA (136: without arch obstruction), CoA/IAA complex (97), TAPVD (73), and HLHS (76) underwent surgical treatment. The preoperative status score, preoperative diagnostic method, prenatal diagnosis, surgical options, and surgical results were compared.

Results: In all diseases, the necessity for catheter examination, especially in TAPVD and HLHS, decreased by about 10% in the last five years. The number of patients with preoperative unstable condition has been decreasing, and few patients with TGA or TAPVD went into shock. However, about 30% of patients with CoA/IAA complex or HLHS did go into shock. The latest rate of prenatal diagnosis of HLHS was 36.2%, which was relatively high. On the other hand, prenatal diagnoses of TGA, CoA/IAA complex, and TAPVD were rarely made. As the rate of prenatal diagnosis and maternal transportation for patients with HLHS increased, those who went into shock decreased by about 15.4%. The recent operative mortality has been satisfactory except for patients with HLHS. The survival rate of HLHS, however, has been increasing as well.

Conclusion: Maintenance of a stable preoperative status and determining an optimal time for operation are important elements of the surgical strategy for neonatal heart disease.

要 旨

背 景：新生児心疾患の手術戦略につき，術前状態に焦点を当て検討を行った。

方 法：1989～2003年に当院で新生児期に手術を行った大血管転位症(TGA)，大動脈弓奇形疾患群(CoA/IAA complex)，総肺静脈還流異常症(TAPVD)，左心低形成症候群(HLHS)を対象とした。

結 果：全疾患群でカテーテル検査施行率は低下し，特にTAPVD，HLHSでは10%前後となった。術前状態不良例は減少し，shock合併例はTGA，TAPVDではほとんど認めず，CoA/IAA complex，HLHSでは減少傾向にあったが近年でも30%前後であった。胎児診断率はHLHSでは近年36.2%と比較的高率であるが，その他の疾患ではほとんどなされていなかった。母体搬送されたHLHSではshock合併例は15.4%と低値であった。近年の手術成績はHLHS以外の疾患群では満足いくものであり，HLHSでも有意に改善していた。

結 論：新生児心疾患に対する手術戦略では術前状態を良好に維持し，適切な時期に外科的治療を行うことが肝要である。

平成16年11月17日受付
平成18年5月15日受理

別刷請求先：〒602-8566 京都市上京区河原町広小路上ル梶井町465
京都府立医科大学附属小児疾患研究施設小児心臓血管外科 宮崎 隆子

はじめに

近年、新生児複雑心疾患の治療において、診断技術、周術期管理、補助循環技術、手術手技等の進歩によりその手術成績は著しく向上してきている¹⁾。特に術前管理と補助循環技術の進歩の担う役割は大きい。診断技術や術前管理の向上は、患児の状態悪化により余儀なくされた緊急手術を待機手術へと導いてきた。新生児期における心手術成績の向上に伴い、手術介入時期は低日齢化に進み、対象疾患の適応は広がる傾向にある。新生児心疾患の治療原則は早期診断、早期治療であると思われるが、その至適手術時期や術式はそれぞれの疾患の特異性により決定される。

本稿では最近15年間に当院で経験した新生児期に外科的治療を要する代表疾患である大血管転位(transposition of great arteries: TGA)、大動脈弓奇形疾患群(coarctation of aorta/interrupted aortic arch: CoA/IAA complex)、総肺静脈還流異常症(total anomalous pulmonary venous drainage: TAPVD)、左心低形成症候群(hypoplastic left heart syndrome: HLHS)の4疾患について患児の術前状態に即した外科治療戦略について検討を行った。

対象と方法

当院にて1989～2003年の15年間に新生児期(28生日未満)に外科的治療を施行したTGA(大動脈弓奇形を伴わないもの):136例、CoA/IAA complex:97例(単心室合併例を除外)、TAPVD:73例(単心室合併例11例)、HLHS:76例を対象とした。

術前状態をgrade 1:利尿剤もしくはPGE₁製剤のみの投与で管理可能、grade 2:カテコラミンを要する、grade 3:呼吸器管理を要する、grade 4:shock合併、と4段階で評価した。術前状態に影響を及ぼす因子として胎児診断率、母体搬送率、カテーテル検査施行率を考慮し、手術成績との関連を各疾患において前期5年(1989～1993年)、中期5年(1994～1998年)、後期5年(1999～2003年)に分類し比較検討を行った。前期、中期、後期それぞれの症例数は、TGA:55例、43例、38例、CoA/IAA complex:27例、27例、43例、TAPVD:23例、16例、34例、HLHS:9例、20例、47例であった。

福岡市立こども病院における 新生児複雑心疾患に対する治療方針

1. TGA

確定診断後直ちにPGE₁製剤投与により動脈管開存を図り、SpO₂ 70%もしくはPaO₂ 30mmHgであればすぐに大きめのballoon atrial septostomy(BAS)により心房

間交通を確保している。一方でI型(without ventricular septal defect)では左室圧が下がる以前に、肺血管抵抗が低下した7生日以降であれば可及的早期に、II型(with ventricular septal defect)では7生日以降であればいつでも手術介入に踏み切っている²⁾。

1988年以降、一次的根治を基本方針としているが、I型において左室/右室圧比<0.6かつ14生日以上、もしくは左室後壁厚<2.5mmの症例に対しては左室トレーニングとして肺動脈絞扼術(pulmonary artery banding: PAB)を先行している。最近15年間で二次的根治を選択した症例は3例のみであった。

2. CoA/IAA complex

1996年以降、一次的根治術を基本術式としてきた。体外循環法の進歩、特に循環停止の回避は当疾患の一次的根治の選択の幅を広げた。当院では1991年に左開胸による下行大動脈送血を考案し下半身の循環停止を回避し³⁾、1993年より無名動脈に送血を行うことで脳循環停止を避ける術式を考案した⁴⁾。1998年以降は胸骨正中切開による下行大動脈送血を併用した分離体外循環法^{5,6)}の採用により完全に循環停止を使用しない術式を導入した。一方、TGAや両大血管右室起始症、房室中隔欠損症といった合併複雑心奇形により二次的根治術を選択した症例は前、中、後期でそれぞれ13例(48.1%)、11例(40.7%)、5例(11.6%)と減少していた。

本疾患は動脈管依存性疾患であり、動脈管の急激な閉鎖に伴う循環不全(ductal shock)を合併した場合には、PGE₁製剤投与により動脈管開存を図り、カテコラミンを投与して心不全を軽減し、挿管管理や室素吸入による厳密な呼吸管理で肺血流量を調節する。以上の内科的集中治療を24時間行い、効果が認められた場合はAST、ALT(特にAST)が100IU/l未満になるまで待機し手術を行う。一方、内科的治療により著明な改善が得られなかった場合には緊急手術に踏み切っている⁷⁾。

3. TAPVD

外科的手術しか救命手段はなく、可及的早期の開心術を原則としている。当院ではcommon pulmonary venous atresiaに対しても積極的に手術介入を行っている。

4. HLHS

本症もCoA/IAA complexと同じく動脈管依存性疾患であり、ductal shock合併例に対しても同様の治療方針をとっている。

外科的治療としては、Norwood手術が第一選択術式である。当手術において胸部下行大動脈送血併用の分離

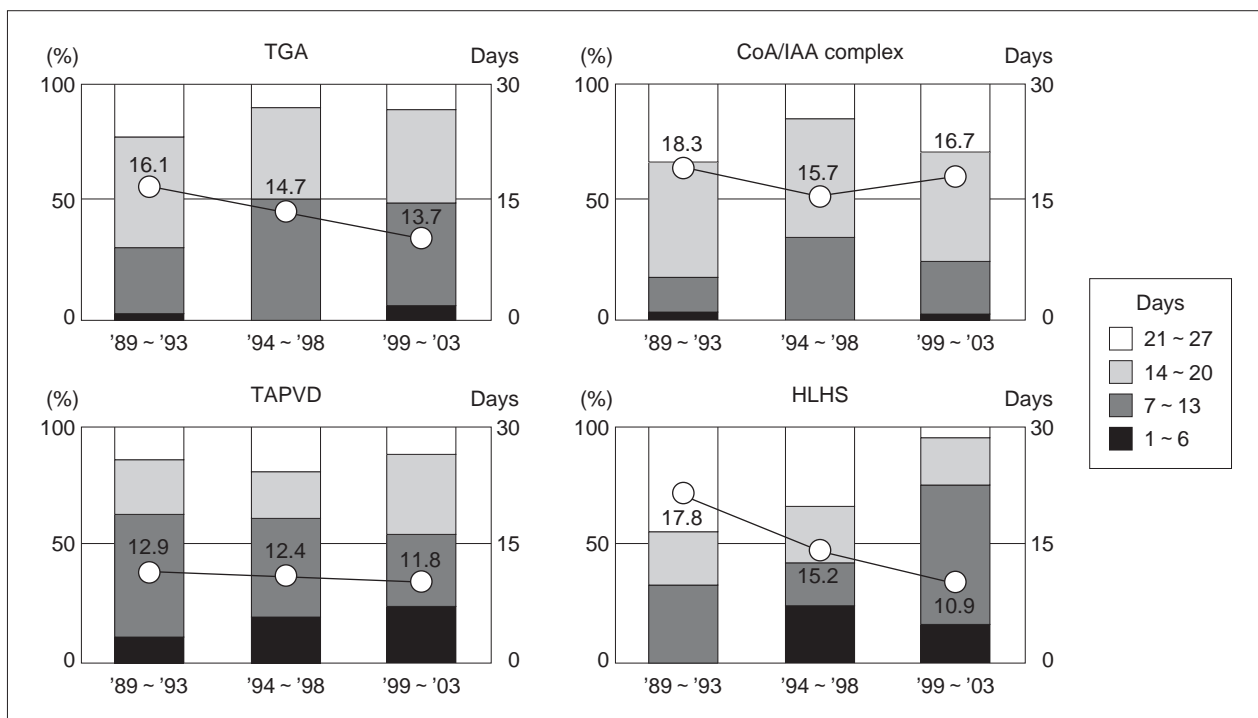


Fig. 1 Age at the time of operation.
White circle and number: average age at the time of operation.

体外循環技術の導入は大動脈再建を容易にし、手術成績向上をもたらした。しかし、本術式は姑息手術であり、手術侵襲が非常に大きく、繊細かつ厳密な術後管理が要求されることより、術前状態が良好であることが必要とされる。よって、shockを合併し24時間の内科的治療が著効しない症例や体重1,500g以下の低体重児、脳内出血や多発奇形等の合併例といった最重症例に対しては1997年より初回緊急救命手術として補助循環非使用の姑息術である両側PAB^{8,9)}を導入し、14例に施行した。

結 果

1. 手術時日齢および体重

TGAおよびHLHSでは手術介入時期は低日齢化の傾向がみられた。前期、中期、後期それぞれの手術時平均日齢はTGA：16.1日、14.7日、13.7日、CoA/IAA complex：18.3日、15.7日、16.7日、TAPVD：12.9日、12.4日、11.8日、HLHS：17.8日、15.2日、10.9日であった (Fig. 1)。

後期での各疾患における手術時日齢をみると、特にTAPVD、HLHSでは生後早期に手術を要する症例が増加していた。TAPVDでは他疾患に比較して生後1週以内の手術施行例が多く、26.5%(9例)を占めてい

た。HLHSにおいては生後1週以内に手術を行った症例は7例(14.9%)、生後2週での手術症例は29例(61.7%)と生後2週以内に76.6%の症例が外科的治療を要した。TGAは生後2週で44.7%(17例)、生後3週で39.5%(15例)と生後2、3週での手術症例が多かった。CoA/IAA complexでは生後3週で21例(48.8%)、生後4週で12例(27.9%)と比較的高日齢で手術を行っていた (Fig. 1)。

手術時平均体重は各疾患群および年代間に有意差はなかった。最近5年間ではTGA：2,925g、CoA/IAA complex：2,740g、TAPVD：2,873g、HLHS：2,777gであった。一方、低体重児の占める割合は年々増加しており最近5年間で2,500g以下の症例が36例(22.2%)を占め、このうち2,000g以下が13例(8.0%)であった (Fig. 2)。

2. 術前状態

TGAではgrade 4の症例は前、中期ではそれぞれ6例(10.9%)、9例(20.9%)であったが、後期では1例も認めなかった。また、grade 1で手術介入する症例は前、中、後期でそれぞれ21例(38.2%)、14例(32.6%)、18例(47.4%)と後期で増加していた (Fig. 3)。

CoA/IAA complexではgrade 4の症例数は前、中、後期でそれぞれ11例(40.7%)、9例(33.3%)、13例(30.2%)と低下傾向にあったが、後期においても比較的高値で

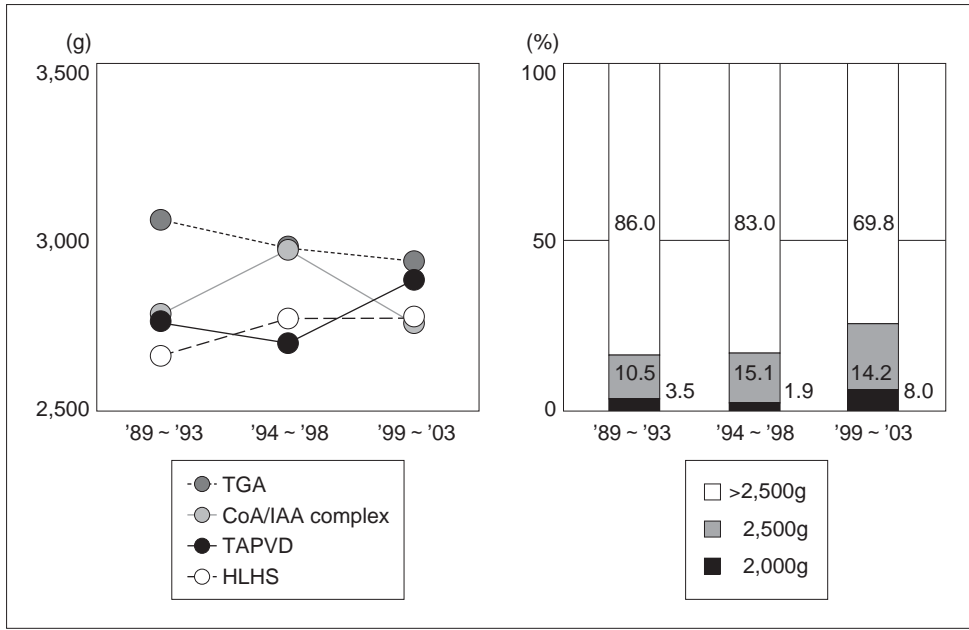


Fig. 2 Body weight at the time of operation.
 A Average body weight.
 B Rate by body weight.

A | B

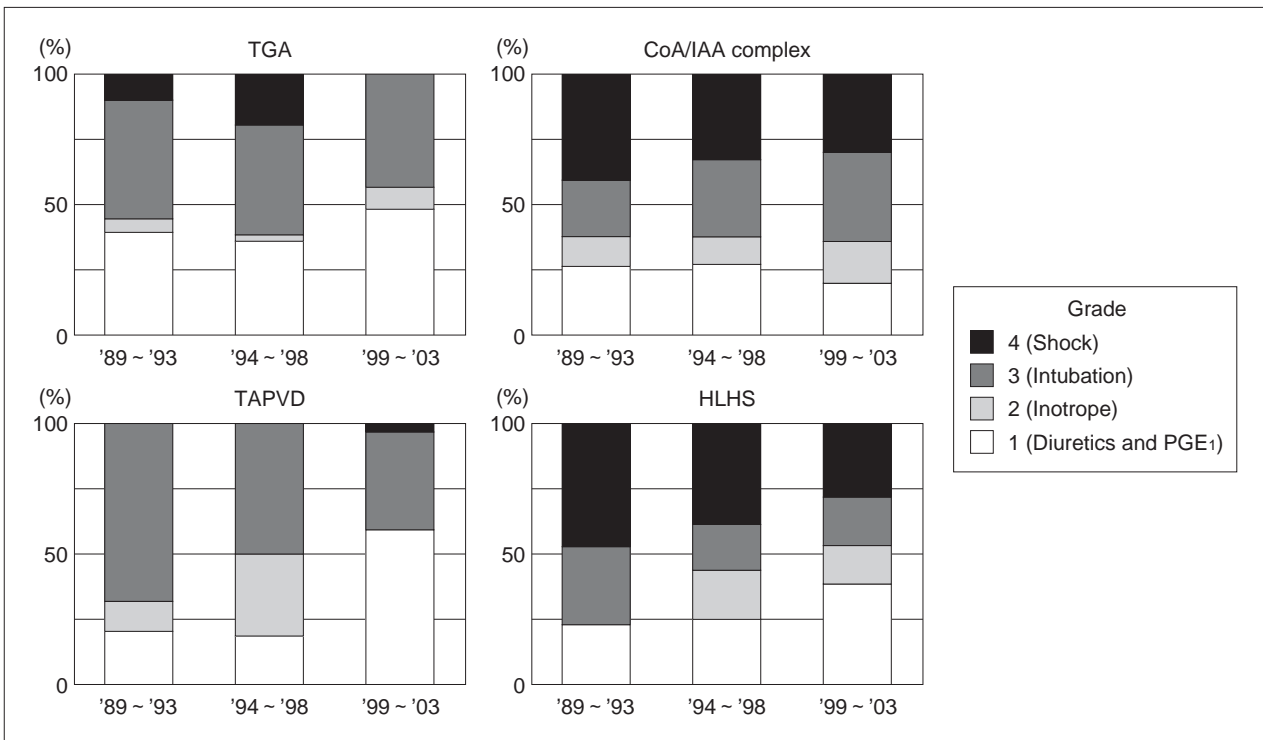


Fig. 3 Preoperative status.

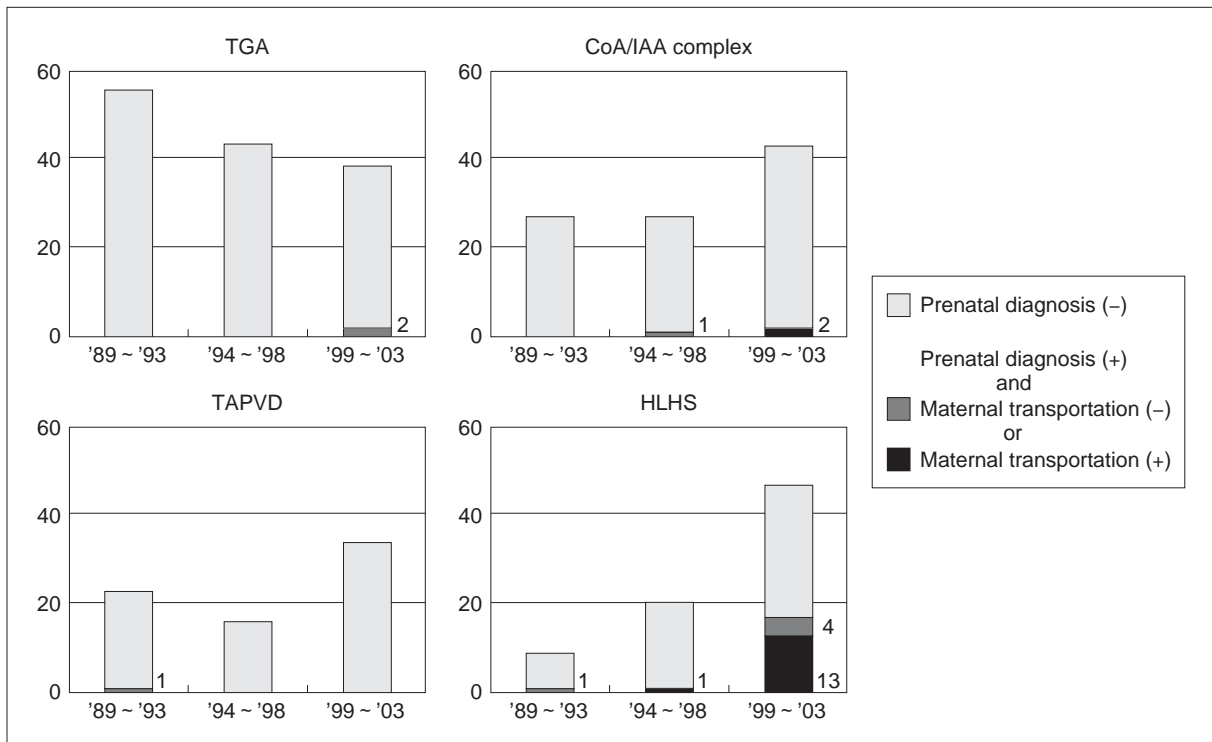


Fig. 4 Rate of prenatal diagnosis and maternal transportation.

あった(Fig. 3) .

TAPVDではgrade 4 の症例は15年間で 2 例のみであった . 前 , 中 , 後期でgrade 3 の症例はそれぞれ16例 (69.6 %) , 8 例 (50.0 %) , 11 例 (32.4 %) と減少する一方でgrade 1 の症例はそれぞれ 5 例 (21.7 %) , 3 例 (18.8 %) , 20 例 (58.8 %) と増加していた(Fig. 3) .

HLHSにおいてはgrade 4 の症例の占める割合は前 , 中 , 後期でそれぞれ44.4% (4 例) , 35.0% (7 例) , 27.7% (13 例) と有意に減少しており , 一方でgrade 1 の症例はそれぞれ 2 例 (22.2 %) , 5 例 (25.0 %) , 17 例 (36.2 %) と増加していた(Fig. 3) .

3 . 術前診断

1) 胎児診断率および母体搬送率

HLHS以外の疾患群では , 胎児診断はほとんどなされていなかった(Fig. 4) .

TGAでは2001年に初めて 2 例が胎児診断されたが母体搬送には至らなかった(Fig. 4) .

CoA/IAA complexでは中期で 1 例が胎児診断されたが母体搬送はされず , 後期では 2 例が胎児診断から母体搬送された(Fig. 4) .

TAPVDでは胎児診断された症例は過去15年間で 1 例のみであった(Fig. 4) .

HLHSについては , 初期では 1 例が胎児診断されたが母体搬送はされず , 中期で 1 例が胎児診断から母体搬送されたのみであった . しかし , 後期になり17例 (36.2 %) が胎児診断され , このうち13例が母体搬送されており , 胎児診断率は著明に上昇した(Fig. 4) . 後期の症例で , 胎児診断の有無に関わらず母体搬送されなかった 34 例のうち11例 (32.4 %) はgrade 4 であり , このうち胎児診断はされていたが母体搬送されなかった 4 例では 2 例がgrade 4 であった . 一方 , 母体搬送症例ではgrade 4 を呈したのは13例中 2 例 (15.4 %) のみであった . さらに 2003年に母体搬送されてきた 6 例ではgrade 4 の症例を認めず , 極小未熟児でgrade 3 の 1 例を除いた 5 例ではgradeは 1 と 2 にとどまっていた .

2) 術前カテーテル施行率

術前カテーテル施行率は各疾患群において年々低下していた . 前期 , 中期 , 後期それぞれの術前カテーテル施行率はTGA : 100% , 97.7% (42 例) , 76.3% (29 例) , CoA/IAA complex : 96.3% (26 例) , 81.5% (22 例) , 44.2% (19 例) , TAPVD : 21.7% (5 例) , 12.5% (2 例) , 8.8% (3 例) , HLHS : 33.3% (3 例) , 15.0% (3 例) , 10.6% (5 例) であった . 最近 5 年間ではTAPVD , HLHSについてはほとんどの症例がエコー診断のみで手術介入可能であった(Fig. 5) .

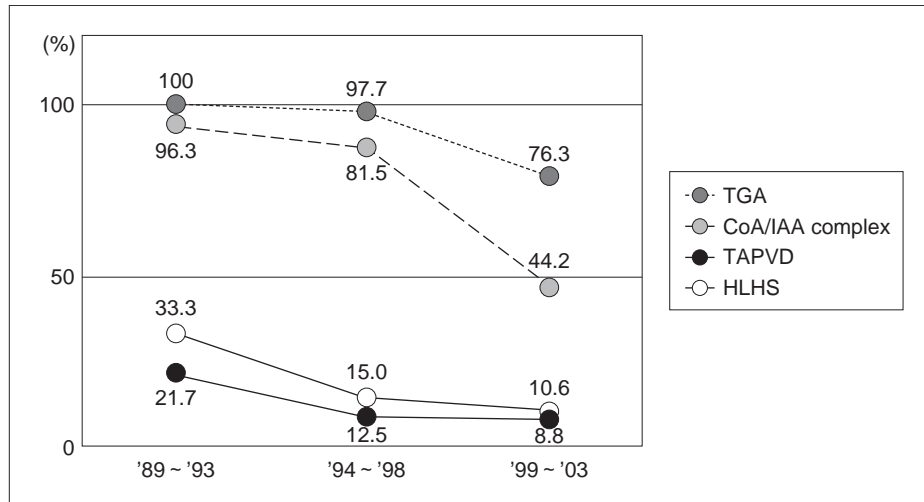


Fig. 5 Rate of preoperative catheter examination.

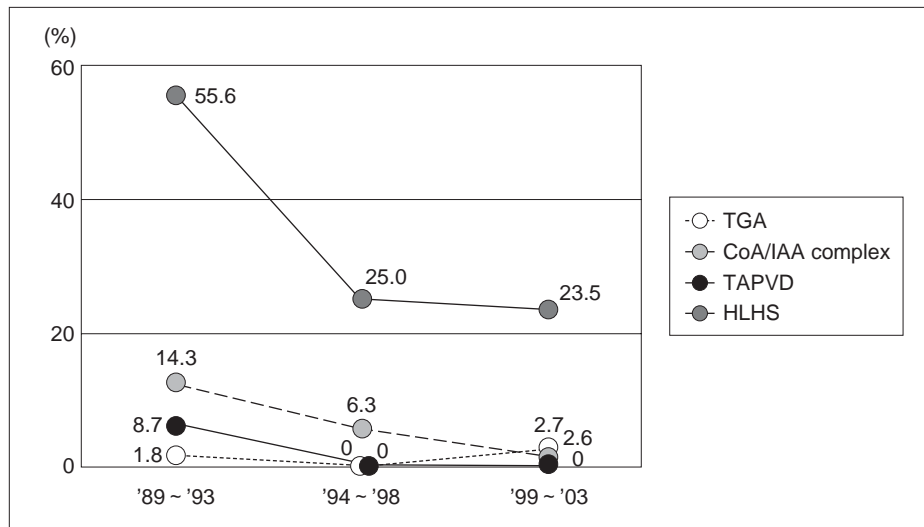


Fig. 6 Operative mortality of open-heart surgery.

4. 手術死亡率

開心術における手術死亡率は各疾患群で年々低下していた。前期、中期、後期それぞれの手術死亡率/病院死亡率はTGA：1.8%(1例)/5.5%(3例), 0%/0%, 2.7%(1例)/2.7%(1例), CoA/IAA complex：14.3%(2例)/21.4%(3例), 6.3%(1例)/6.3%(1例), 2.6%(1例)/2.6%(1例), TAPVD：8.7%(2例)/13.0%(3例), 0%/6.3%(1例), 0%/2.9%(1例)と良好な成績を得た。HLHSでは55.6%(5例)/55.6%(5例), 25.0%(5例)/25.0%(5例), 23.5%(8例)/29.4%(10例)と改善傾向がみられた(Fig. 6)。全疾患群において手術死亡率と病院死亡率間に有意差はなかった。

一方、非開心術についてみると、TGAでは左室ト

レーニングのためPABを施行した3例のうち1例が手術死亡したが、残り2例はJatene手術に到達した。CoA/IAA complexでは二期的手術を選択した29例で手術死亡を認めなかった。HLHSに対し両側PABを選択した14例では手術死亡は術前より脳内出血を合併していた1例のみであった。生存例13例中8例がNorwood手術に到達し、かつ手術死亡を認めなかった。Norwood手術死亡率は全体で18.6%であり、両側PAB未導入時の前、中期と比較すると有意に低下していた。Norwood手術に到達し得なかった5例の内訳は高度房室弁逆流合併例、食道閉鎖合併例、混合型TAPVD合併例、術前shockが急激に進行した症例といった最重症例と、術後動脈管が突然閉塞した症例であった。

HLHSにおける術前状態と手術成績を検討した。後期におけるNorwood手術の手術死亡は術前状態がgrade 1の症例では12例中2例(16.7%)であったが、grade 4の症例では9例中4例(44.4%)であった。grade 4症例の手術死亡率は初期では100%(4人)、中期28.6%(2人)、後期38.5%(5人、両側PAB症例1例を含む)と不良であった。grade 4の手術死亡例5例のうち母体搬送例は1例のみであった。母体搬送例14例中5例に極小未熟児や多発奇形合併といった理由により両側PABを選択したが手術死亡を認めず、食道閉鎖合併例1例を除く4例はNorwood手術に到達した。

考 察

術前状態の改善や人工心肺技術の進歩の結果、低日齢児、低体重児に対する開心術の安全性は向上してきた^{10, 11)}。このような背景のもと、全疾患群で術前状態不良例、手術死亡率ともに経時的に減少している。以下に、術前診断から術前状態、手術死亡との関連につき考察する。

1. 術前診断

1) 出生前診断

胎児診断率の向上と、それに伴う母体搬送率の増加は出生後の治療計画を容易とし術前shock合併例を減少させ、安定した術前管理が可能になるという報告がある¹²⁾。出生前診断に関しては、従来HLHS、TGAと比べ診断困難とされてきたTAPVDやCoA/IAA complexについても、近年のエコー診断技術の進歩により診断可能となりつつある¹³⁾。自験例でもHLHSの後期における胎児診断率は36.2%と比較的良好であった。胎児診断から母体搬送された症例では術前shock合併例が15.4%と少なく、一方で、症例数は少ないが術前診断されたにもかかわらず母体搬送に至らなかった症例では、半数がshockを呈していた。また、母体搬送例のNorwood手術成績は良好であり、分娩施設の選択を行う計画的周産期管理が術前状態の安定化に有効であると考えられる。一方、shock合併例の手術成績はいまだ不良であり、さらなる胎児診断率の向上および分娩施設の厳選が必要であろう。

HLHS以外の疾患群では依然胎児診断率は低く、胎児診断率、母体搬送率の上昇のためには、胎児診断の有用性の啓蒙や、エコー診断技術のさらなる向上と幅広い医療従事者、部門、施設間の連携構築が今後の課題であろう。

2) 出生後診断

超音波検査による診断経験の蓄積により術前カテ-

テル検査の必要性は低下しており、エコー検査のみで手術介入する頻度は65~82%と報告されている¹⁴⁻¹⁷⁾。当院でもカテーテル検査の侵襲による全身状態の悪化を懸念し、可能な限り回避する方針をとっている。TAPVD、HLHSにおいてはエコー検査のみで確定診断がほぼ可能となっていることに加え、特にTAPVDでは肺静脈狭窄合併例などの緊急的早期に手術を要する症例があることや、術中検索も可能であることから基本的に当検査をしない方針であり、これら2疾患では術前カテーテル検査施行率は10%前後となっている。一方、TGAについては術前状態良好な症例が多いことに加えて、冠動脈形態の把握や、特にI型における左室/右室圧の測定において、またCoA/IAA complexでは大動脈弓部や弓部分枝の形態、合併心奇形の詳細確認にカテーテル検査が有用であり、近年でも当検査を施行する症例が多くある。しかし、その施行率は年々低下傾向にあり、今後もさらに低下するであろう。また、超音波検査だけでなくMRIやCT等の非侵襲的診断技術のさらなる向上も望まれる。

2. 術前状態と手術至適時期

1) TGA

最近5年間に術前shock合併例を認めなかったが、前述の治療方針に従いIPGE₁投与と大きめのBASを行うことによりhypoxic shockの回避が可能となった結果であると思われる。また、一期的根治術の基本方針のもと、特にI型においては大きめのBASによる左室圧低下を憂慮し、肺血管抵抗の低下時期との兼ね合いで、年々手術時平均日齢は早期化している。

当疾患の手術成績は満足いくものであった。

2) TAPVD

術前shock合併例はほぼ認められず、年代別でも手術時平均日齢に差がなかった。これは、従来、可及的早期の開心術を原則としているためであると考えられる。また、生後1週間以内に手術を要する症例が多いが、肺静脈狭窄合併例では肺うっ血と心不全の急激な進行により緊急手術を要する症例があるためである。年々grade 3の症例は減少していたが、安易な呼吸器管理や酸素投与は肺うっ血や心不全の増悪をもたらすため避けてきた結果である。

可能な限り早期に手術介入を行うという治療方針が効を奏していると思われるが、最近10年間では手術死亡を認めていない。

3) CoA/IAA complex

Ductal shockを合併する症例が近年でも比較的高頻度に見受けられる。これらの症例では、手術待機を要す

る場合があるため、他の疾患に比べ手術時日齢が高くなっていると考えられる。一次的根治術の手術成績は改善し、近年では満足のいくものであり、今後も第一選択術式とする方針である。今後の課題として、ductal shock回避のためには出生前診断率の向上と出生後治療の改善、つまり高度心不全や呼吸不全を呈した患児に対する安易な酸素投与禁忌の啓蒙や、迅速な確定診断技術の向上が必要であろう。

4) HLHS

出生前診断を含め比較的診断が容易であり、早期治療介入により術前shock合併例は減少し手術時期は早期化している。当院では低体重児に対する手術件数は増加傾向にあり、2,000g以下の低出生体重児においても積極的に開心術を行い、良好な成績を得ており、1,500g以下の極小未熟児に対しても人工心肺技術の安全性は確立されているが、当疾患においては、手術侵襲を考慮すると両側PABが有効な術式だと考える。両側PABの手術適応をPGE₁使用により動脈管の十分な血流が得られていること、十分な心房間交通を有すること、上行大動脈径 2.5mm、としているが、本法の手術成績は良好であり、最重症例に対する緊急救命手段としての有効性が示唆された。しかし、本術式にはPGE₁長期投与による合併症の出現、PABにより肺動脈の変形や狭窄などを来す可能性があり、今後これらの問題点を解決していく必要がある。

まとめ

新生児期に外科的治療を要する主要疾患であるTGA, CoA/IAA complex, TAPVD, HLHSの手術戦略につきその術前状態に焦点を当て検討を加えた。

近年、新生児心手術症例は著明に増加しており、特にHLHSにおいて顕著であった。

患児の良好な術前状態の維持を最優先とし、状態が悪化する以前に手術介入を行う治療戦略が手術成績を向上させてきた。

HLHSを除いた3疾患の手術成績は満足いくものであり、今後は晩発性の合併症や再手術の回避等、長期予後を見据えた治療体系が要求されるであろう。

HLHSにおいては周産期管理環境 胎児診断および母体搬送)の向上により安定した術前管理が可能となり、症例数の増加と相まって治療成績は改善しつつある。今後、症例集積も踏まえ、分娩、治療施設の検討が必要であろう。加えて、その手術適応は拡大される一方で、術前状態不良例や多発奇形合併例等の治療成績はいまだ満足できるものではなく、こうした症例に対し両側PABの有効性が期待される。

【参考文献】

- 1) Committee of Science: Thoracic and cardiovascular surgery in Japan during 2002. Jpn J Thorac Cardiovasc Surg 2004; 52: 491-508
- 2) 宮崎隆子, 角 秀秋: 完全大血管転位. 胸部外科 2004; 57: 711-716
- 3) Yasui H, Kado H, Yonenaga K, et al: Revised technique of cardiopulmonary bypass in one-stage repair of interrupted aortic arch complex. Ann Thorac Surg 1993; 55: 1166-1171
- 4) Asou T, Kado H, Imoto Y, et al: Selective cerebral perfusion technique during aortic arch repair in neonates. Ann Thorac Surg 1996; 61: 1546-1548
- 5) 井本 浩, 角 秀秋, 塩川祐一, ほか: 胸骨正中切開より横隔膜直上にて下行大動脈送血を行った大動脈弓離断症一次的根治術の1例. 胸部外科 1999; 52: 372-375
- 6) Imoto Y, Kado H, Shiokawa Y, et al: Norwood procedure without circulatory arrest. Ann Thorac Surg 1999; 68: 559-561
- 7) 角 秀秋: 新生児外科疾患の診断と治療 心疾患. 周産期医学 2000; 30: 997-1003
- 8) 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; 105: 1099-1103
- 9) Ishizaka T, Ohye RG, Suzuki T, et al: Bilateral pulmonary artery banding for resuscitation in hypoplastic left heart syndrome. Ann Thorac Surg 2003; 75: 277-279
- 10) Reddy VM, McElhinney DB, Sagrado T, et al: Result of 102 cases of complete repair of congenital heart defects in patients weighing 700 to 2,500 grams. J Thorac Cardiovasc Surg 1999; 117: 324-331
- 11) Reddy VM, Hanley FL: Cardiac surgery in infants with very low birth weight. Semin Pediatr Surg 2000; 9: 91-95
- 12) Satomi G, Yasukochi S, Shimizu T, et al: Has fetal echocardiography improved the prognosis of congenital heart disease? Comparison of patients with hypoplastic left heart syndrome with and without prenatal diagnosis. Pediatr Int 1999; 41: 728-732
- 13) 安河内聰, 里見元義: 先天性心疾患の出生前診断(胎児心エコーの有用性). 小児外科 1999; 31: 1225-1230
- 14) Marek J, Skovranek J, Hucin B, et al: Seven-year experience of noninvasive preoperative diagnostics in children with congenital heart defects: Comprehensive analysis of 2,788 consecutive patients. Cardiology 1995; 86: 488-495
- 15) Tworetzky W, McElhinney DB, Brook MM, et al: Echocardiographic diagnosis alone for the complete repair of major congenital heart defects. J Am Coll Cardiol 1999; 33: 228-233
- 16) Pfammatter JP, Berdat PA, Carrel TP, et al: Pediatric open heart operations without diagnostic cardiac catheterization. Ann Thorac Surg 1999; 68: 532-536
- 17) Pfammatter JP, Berdat P, Hammerli M, et al: Pediatric cardiac surgery after exclusively echocardiography-based diagnostic work-up. Int J Cardiol 2000; 74: 185-190