

特集 I

# 新生児・乳児期早期の開心術の麻酔管理

木内 恵子\*, 太城 力良\*, 岸本 英文\*\*

## 要 旨

当センターにおける最近3年間の生後3カ月未満の開心術33症例の内訳は完全大血管転位10例, 総肺静脈環流異常4例, 心室中隔欠損5例, 左心低形成2例, 無脾症候群2例, ファロー四徴2例, その他8例であった。

麻酔薬はフェンタニールで行い笑気は使用しない。術中管理では特に体外循環前のFiO<sub>2</sub>に留意している。心室中隔欠損, 総肺静脈環流異常, 左心低形成には低めのFiO<sub>2</sub>を使用し, ファロー四徴, 完全大血管転位には高めのFiO<sub>2</sub>を用いている。最近2年間は循環停止は行わない方針をとっており, 総肺静脈環流異常, 左心低形成などでは心停止も行わず心拍動下に手術を行っている。

## はじめに

当センターで行われた生後3カ月未満の開心術の内, 特に最近3年間の症例を中心に我々の麻酔管理を紹介する。1990年1月-1993年2月の約3年間の心臓外科手術348例の中で, 生後3カ月未満の症例は140例(40%), 3カ月以上1才未満の症例は61例(18%)であった。生後3カ月未満の体外循環(ECC)下の手術(開心術)は33例であった。

当センター開設以来の3カ月未満の開心術症例の内訳を表1に, 最近3年間の症例内訳とその転帰を表2に示す。新生児・乳児期早期に手術対象となるのは完全大血管転位(TGA), 総肺静脈環流異常(TAPVR), 左心低形成(HLHS), 無脾症候群など重症例が多く, 最近3年間の術中および

術後1カ月以内の死亡率は10/33(30%)であった。

## 1. 術前管理

33症例のうち, 術前より人工呼吸管理を必要としたものは19例(58%)であった。動脈管を開存させるためプロスタグランディン E<sub>1</sub> (PGE<sub>1</sub>) を投与していた症例は, TGA 7例, HLHS 2例, 重症肺動脈弁狭窄1例, 大動脈縮窄1例, 無脾症候群(肺動脈弁閉鎖を合併)1例, エプスタイン+肺動脈弁閉鎖1例の計13例(39%)であった。ドーパミンはTGA 4例, 心室中隔欠損(VSD) 1例, TAPVR 1例, 重症肺動脈弁狭窄1例など計13例(39%)に使用されていた。ドブタミンはTGAの2例においてドパミンと併用された。

表1 3カ月未満開心術の内訳  
大阪府立母子保健総合医療センター  
(1982. 09-1993. 02)

疾 患 名	例数
総肺静脈還流異常	20
完全大血管転位	19
左心低形成	16
心室中隔欠損	12
(大動脈縮窄複合に合併 5)	
(大動脈離断に合併 1)	
無脾・多脾症候群	8
総動脈幹	3
心房中隔欠損	3
ファロー四徴	4
(肺動脈弁欠損を合併 2)	
肺動脈弁狭窄・閉鎖	3
大動脈弁狭窄	2
共通房室弁	2
エプスタイン	1
その他	7
計	100

\*大阪府立母子保健総合医療センター麻酔科

\*\*同 心臓血管外科

表2 最近3年間の3カ月未満開心術の内訳と転帰  
大阪府立母子保健総合医療センター  
(1990. 01-1993. 02)

疾患名	総数	手術死亡 <sup>a</sup>	1カ月以降の死亡
完全大血管転位	10	4	1 <sup>b</sup>
総肺静脈還流異常	4		1 <sup>b</sup>
心室中隔欠損	5		
左心低形成	2	1	1
ファロー四徴	2		
無脾症候群	2	1	1
肺動脈弁狭窄	1		
エプスタイン+肺動脈弁閉鎖	1	1	
大動脈離断+心室中隔欠損	1	1	
冠動脈瘻	1	1	
その他	4	1	
計	33	10	4

a : 1カ月未満の死亡

b : 退院後の死亡

## 2. 麻酔方法

前投薬は、フェンタニール、ジアゼパムなどを使用した7例(21%)を除いて用いなかった。麻酔開始時に静脈路がなかった6例(18%)で笑気とセボフルランを用いたが、麻酔維持は全例フェンタニール30~60 $\mu$ g/kg単独またはジアゼパム併用で行い、筋弛緩薬はバンクロニウムを使用した。麻酔導入後、笑気は使用せず、酸素と空気での $FI_{O_2}$ を調節した。

ECC中もフェンタニール、ジアゼパム、バンクロニウムにより麻酔を維持した。

モニター項目は、直接動脈圧、中心静脈圧、大腿静脈圧、pre—およびpost-ductal  $SpO_2$ 、呼気終末 $CO_2$ 分圧( $P_{ET}CO_2$ )、直腸・食道温、深部体温計による足底・前額温、心電図を用い、症例により $S\dot{V}O_2$ を追加した。

## 3. 術中使用薬

### 1) ECC前

術前より $PGE_1$ およびカテコラミンを使用していた症例については麻酔開始後もそのまま使用を継続した。さらにTAPVRの1例にドパミンを使用し、重症肺動脈弁狭窄の1例に体血管抵抗を上げる目的でノルエピネフリンを使用した。一時的な血圧低下に対して22例にグルコン酸カルシウム

を投与した。

### 2) ECC中

人工心肺の管理は臨床工学士により行われているがECC中にルチンに投与される薬剤を表3に示した。この他に末梢血管拡張薬としてクロールプロマジン、フェントラミン(0.5-1mg/回)、 $PGE_1$ (1 $\mu$ g/回)が、また溶血に対してはハプトグロビンが使用されている。大動脈遮断中の心筋保護に使用されるカルジオプレジアはGIK液を基準としておりその組成を表4に示した。開始時10ml/kg、30分毎に5ml/kgを追加投与している。

ECCからの離脱は食道温36 $^{\circ}C$ 、直腸温33 $^{\circ}C$ 、末梢温30 $^{\circ}C$ を目安としている。ECC開始前にヘパリン300単位/kgを右房内に投与し、1時間毎に半量をECC回路内に追加し、人工心肺離脱後にプロタミン5mg/kgで中和している。

表3 ポンプ中に投与する薬剤

2% $CaCl_2$	2.5 ml/pack of CRC
7% $NaHCO_3$	25-35 ml
furosemide	10 mg
20% mannitol	5 ml/kg
methylprednisolone	30 mg/kg
urinastatin	5000 U/kg
cefalothin	2 g

表4 Cardioplegia の組成  
(大阪府立母子保健総合医療センター)

5 % glucose	500 ml
50% glucose	5 ml
1 M KCl	10 ml
2% CaCl <sub>2</sub>	4 ml
10% MgSO <sub>4</sub>	10 ml
7% NaHCO <sub>3</sub>	5 ml
Heparin	1,000 U
Insulin	6 U
Osm	375 mOsm/l
K	18 mEq/l
Na	8 mEq/l
Ca	2.4 mEq/l
Mg	32 mEq/l
Glucose	51 g/l
Insulin	12 U/l
pH	7.8
初回投与量	10 ml/kg
追加 (30分毎)	5 ml/kg

### 3) ECC 後

ECC 離脱時、塩化カルシウム 40-120 mg を分割投与する。ECC 後カテコラミンを使用した症例は30例 (91%) に上り、イソプロテレノールが13例 (39%) に、ドパミンが27例 (82%) に、ドブタミンが8例 (24%) に、エピネフリンが11例 (33%) に使用された。TAG に対するジャテン手術では大動脈遮断解除後ニトログリセリンを持続投与 (0.5-1 μg/kg/min) している。

### 4. 術中の F<sub>IO<sub>2</sub></sub>

2年ほど前より術中の F<sub>IO<sub>2</sub></sub> に特に留意するようになった。VSD では肺血流量の増大を避けるため F<sub>IO<sub>2</sub></sub> は低めに保ち (0.21-0.5)、肺血流量の少ないファロー四徴では F<sub>IO<sub>2</sub></sub> は高めに維持した (0.5-1)。TAPVR, HLHS ではできるだけ低めに (F<sub>IO<sub>2</sub></sub> 0.21-0.5) 保つようにした。

### 5. 輸液管理

術前の電解質・水バランスを考慮するが、通常は1号液を 4 ml/kg/hr で開始する。麻酔薬による血圧低下に対しては、5%アルブミン (5~10 ml/kg) を投与する。

ECC 中の血液希釈率は30%前後とし、積極的な利尿により、ECC 終了時の血液・水バランス

は0を目標にしている。

ECC 離脱後は水分は抑えて、血液製剤を中心に投与、利尿によるカリウム低下に対してカリウム (0.5 mEq/kg/hr) を補充する。

## 6. 考 案

多くの先天性心疾患は、左→右、右→左、あるいは両方向性のシャントを有しており、肺血管・体血管抵抗の変化によりシャント量も変化する。麻酔薬、血管作動薬的作用により体血管・肺血管抵抗は変化するが、気道内圧、動脈血炭酸ガス濃度、F<sub>IO<sub>2</sub></sub> により肺血管抵抗が著明な影響を受けることが知られている<sup>1,2)</sup>。高い気道内圧、PEEP、無気肺、高炭酸ガス血症、低酸素血症などで肺血管抵抗が増加し肺血流量は減少する。反対に低い気道内圧、低炭酸ガス血症、アルカローシス、高濃度酸素投与などで肺血管抵抗は低下し肺血流量が増加する。肺血流量を減少させる目的で、高めの吸気圧や PEEP を併用したりして、肺の換気が良くなるとかえって肺血流が増加することがある。反対に肺血流を増やそうとして平均気道内圧を低くしたために無気肺を生じたりするとかえって肺血管抵抗が増加することもある。PETCO<sub>2</sub> をモニターし適正換気、気道清浄化への配慮も必要である。

我々の麻酔管理で最近特に注目しているのは F<sub>IO<sub>2</sub></sub> の設定である。VSD で肺血流量の多いものでは、肺血流量が過量にならないよう F<sub>IO<sub>2</sub></sub> は低めに保つ。TGA (I型) では元々肺血流量は多いが、肺血流量が多い方が左房還流量が多く心房内での左→右シャントが増え SpO<sub>2</sub> が上昇し有利であるので F<sub>IO<sub>2</sub></sub> は高めに維持する。TAPVR では高い F<sub>IO<sub>2</sub></sub> は肺血流量の増加から肺うっ血の増強を招く可能性がある。HLHS では高い F<sub>IO<sub>2</sub></sub> は肺血管抵抗の低下から動脈管を通じての大動脈への血流を減少させるので、体循環量をさらに減少させ、冠動脈灌流圧を低下させる危険性がある。以上より TAPVR, HLHS では、F<sub>IO<sub>2</sub></sub> は低めに保つのがよいと考えられる。また肺の圧迫や手術操作などでも肺血流は変化するから、SpO<sub>2</sub> の動きに併せて F<sub>IO<sub>2</sub></sub> を調節しなければならない。

術前よりの人工呼吸症例については、術前の F<sub>IO<sub>2</sub></sub> を参考にして SpO<sub>2</sub> の変化を見ながら ECC 前の術中 F<sub>IO<sub>2</sub></sub> を調節するのがよい。

体血管抵抗が低下すると心室中隔欠損や動脈管での右→左シャントが増加し肺血流量が減少することがある。ファロー四徴では肺血流量を保つため  $FI_{O_2}$  は高めにし、麻酔薬などによる低血圧の発生の防止とその対策（ボリュームの負荷、血管収縮薬の投与など）が必要である。また内因性カテコラミン分泌による肺動脈漏斗部攣縮を防止するため十分な麻酔深度が必要である。

開心術の成否は上手な手術修復と、その間の心筋保護にかかっていると見て過言ではない。大動脈遮断中の心筋保護については、心筋虚血の時間が長いほど心筋壊死の範囲が広範になるとか、心筋虚血を断続的に行うと reperfusion injury がひどくなるので連続して1回にするのがよいと言われている<sup>3)</sup>。心筋保護についての新生児・乳児期早期の成績が乏しく、カリウム主体のカルジオプレジアについても年長児・大人ほどの信頼は得られていない<sup>4)</sup>。局所心筋冷却・血液温の低下等の併用が大切である<sup>5)</sup>。

循環停止については新生児の複雑心奇形の開心術に多くの施設で用いられてきた<sup>6)</sup>。当センターでも開設以来、HLHS, TAPVR, TGA などの症例に使用されてきた。しかし、中枢神経系へのダメージの危険性、時間に制限があるなどの理由により、当センターでは2年ほど前より循環停止を避ける方針できている。また TAPVR, HLHS の一部などでは心停止を行わず、心拍動下に手術を行うことにより手術成績の向上がみられている。

ECC 離脱時はカテコラミンをルチンには投与していないが、一般的に術後に心室に負荷の加わる疾患や心筋虚血時間の長いものではカテコラミンの必要になる率が高い。現在の所、第一選択はドパミンであるが、ドブタミンのほうが肺血管抵抗を上げないので、肺高血圧のある症例ではこれを用いる。もっと多くの症例でドブタミンを第1選択にしてもよいかもしれない。

心エコー図の発達により非侵襲的にかなりの診断がつけられるようになったことや、 $PGE_1$  (あ

るいはリポ  $PGE_1$ ) を使用することにより動脈管を開存させることが比較的容易となり、内科的な管理により、いい状態に維持しながら手術時期を決定できるようになってきている。新生児は年長児に比べ、肺血管抵抗が高くストレスによる血管収縮をおこしやすく、hypoxic pulmonary vasoconstriction の程度もきついといわれている<sup>2,7)</sup>。当センターでは生後数日以内の手術はできるだけ待機し、肺血管抵抗の高い時期を避けるようにしている。

## ま と め

生後3カ月未満で開心術の対象となるのは重症例が多く、術前管理により、良いコンディションで手術に持っていくことが重要である。術中は各疾患の病態に応じた適切な  $FI_{O_2}$  で呼吸管理を行うのがよいと考える。

## 文 献

- 1) Drummond W H, Gregory G A, Heymann M A, et al : The independent effects of hyperventilation, tolazoline, and dopamine on infants with persistent pulmonary hypertension. *J Pediatr* **98** : 603-611, 1981
- 2) Hickey P R, Wessel D L : Anesthesia for treatment of congenital heart disease. *In* Kaplan J. A. (ed) : *Cardiac Anesthesia* (vol. 2) (ed 2). Grune & Stratton, Orlando pp.635-723, 1987
- 3) Lell W A, Huber S, Buttner E E. : Myocardial protection during cardiopulmonary bypass. *In* Kaplan J. A. (ed) : *Cardiac Anesthesia* (vol. 2) (ed 2). Grune & Stratton, Orlando pp.927-962, 1987
- 4) Kirklin J K. : Neonatal cardiopulmonary bypass. *In* Long W.A. (ed) : *Fetal & Neonatal Cardiology*. W.B. Saunders, Philadelphia pp.736-741, 1990
- 5) 島田宗洋 : 開心術に於ける心筋保護の現況. *循環制御* **12** : 633-638, 1991
- 6) Cohen N H. : Anesthesia for neonatal cardiac surgery. *In* Long W.A. (ed) : *Fetal & Neonatal Cardiology*. W.B. Saunders, Philadelphia pp.718-735, 1990
- 7) James L S, Rowe R D. : The pattern of response of pulmonary and systemic arterial pressures in newborn and older infants to short periods of hypoxia. *J Pediatr* **51** : 5-11, 1957