

特集 I

小児開心術の麻酔管理

大畑 淳*, 石川輝彦**, 羽鳥文磨**

はじめに

小児先天性心疾患の外科治療に対する麻酔管理は術前より呼吸管理を必要とする重症例も多く、術前術後も含めた統一された管理、チーム医療で行わなければならない。千葉県こども病院では心臓手術が始まった1990年6月より1993年1月まで1年8カ月の間に148例の開心術を行なった。その成績を報告するとともに、現在我々が行なっている術中を中心とした麻酔管理方法について報告する。

成績

延148例の年齢、体重の平均はそれぞれ3.2才、12.1 kgであった(表1)。麻酔法は大量のフェンタニールを用いているが、投与量は術当日に気管内チューブの抜管を予定した症例は40 μ g/kg、そうでない症例は100 μ g/kg以上を目標にしている。術後の人工呼吸日数は1年以上に及ぶ症例もあるため平均で6.4日と長くなっているがそれらの症例を除くと平均3.8日であった。

表1 千葉県こども病院心臓外科開設後開心術の症例数
(1990年6月～1993年1月：1年8カ月)

148例 (144人：2回2人, 3回1人)	
年齢	3.2 \pm 4.1才
体重	12.1 \pm 10.4 kg
フェンタニール	93.9 \pm 38.2 μ g/kg
当日抜管症例	38.7 \pm 7.8 (31例)
人工呼吸症例	108.5 \pm 28.3 (117例)
麻酔時間	6.7 \pm 2.3時間
心肺時間	137.1 \pm 88.7分
術後人工呼吸日数	6.4 \pm 17.0日

*長野県立こども病院麻酔科

**千葉県こども病院麻酔科集中治療科

年齢別に見ると新生児が14例で全体の9%、一才未満の乳児を併せると全体の半分を占めている(表2)。

疾患別は表3にあるが、その他の中に三心房心、純型肺動脈狭窄症、ウイルムス腫瘍による腫瘍塞栓症、ノーウッドの手術を行った単心室プラス大動脈縮窄症の症例などがあり、また合併症としてダウン症候群が8例あった。

大血管転位症は修正大血管転位症も含め11例あり、うち8例にジャテーンの手術などの大血管のスイッチ手術をおこないいずれも良い結果を得ている(表4)。

表2 年齢別症例数

	死亡数
新生児 (1カ月未満)	14 (9%) 4
乳児 (一才未満)	59 (40%) 3
幼児 (六才未満)	43 (29%) 1
学童	25 (17%) 1
学童以上	7 (5%)
計	148 9 (6%)

表3 診断別症例数

ASD	: 32
VSD	: 60
TOF	: 18
TAPVR	: 7
TGA	: 8
C-TGA	: 3
ECD	: 15
HLHS	: 4
DORV	: 2
その他	: 9
DOWN	: 8

表4 大血管転位症 (TGA)

I型: 4例	ジャテーン手術
II型: 3例	ジャテーン手術: 2 セニング手術: 1
III型: 1例	フォンタン手術
C-TGA: 3例	ダブルスッチ手術: 2

大血管転位症 I 型の 4 例はいずれも新生児で、新生児では他に総肺静脈還流異常症 4 例、VSD + PH 2 例あったが、ノーウッドの手術を行なった左心低形成症の 3 例と、ECD に大動脈縮窄症、大動脈弁下狭窄症を合併した 1 症例は、残念ながら失った (表 5)。術早期に死亡した症例は 9 例で全症例の 6.2 % であった (表 6)。

麻酔管理

前投薬及び術前指示 (表 7) としては他の外科系症例とほとんど変わりなく、ジアゼパム (0.7 mg/kg, 最大 10 mg) を術前 1 時間 30 分に幼児以下には坐薬かシロップ、学童以上には錠剤で投与、また学童以上にロキサチジン (75 mg) を術前日就寝時、および当日朝投与する。硫酸アトロピンは原則として筋注は避け、術前より静脈路確保例には麻酔導入前に、静脈路非確保例に対しても確保後に静注する。術前の静脈路はチアノーゼ疾患には脱水による脳梗塞を起こさないために前夜より確保する。

表5 新生児症例数

	死亡数
VSD, PH	: 2
TGA (1)	: 4
TAPVR	: 4
HLHS	: 3 3
ECD, CoA	: 1 1
計	: 14 4

表6 死亡症例

HLHS	: 3
ECD, PH	: 2
post IAA, VSD, SAS	: 1
FONTAN手術	: 1
EBSTEIN	: 1
ECD, CoA	: 1
計	: 9

麻酔導入法 (表 8) は、新生児ではリドカイン 1.5 mg/kg 静注後意識下挿管を原則としているが、重症の症例が多く半数の 7 例が術前より人工呼吸を行なっており既に挿管済みであった。

チアノーゼ疾患は術前より静脈路が確保されているため、アトロピン静注後、ミダゾラム又はジアゼパムを 0.2 mg/kg, つぎにフェンタニールをゆっくりと 3 ~ 5 μg/kg で投与し、ベクロニウム 0.3 mg/kg 挿管する。

非チアノーゼ疾患に対しては、静脈路のある症例はアトロピン静注後、チオペンタール 2 ~ 3 mg/kg とフェンタニール 3 ~ 5 μg/kg で導入する。静脈路のない症例は酸素、笑気、セボフルランのマスクで導入し、静脈確保後アトロピン 0.1 mg/kg を静注しベクロニウム 0.3 mg/kg で挿管する。

麻酔の維持 (表 9) はフェンタニールを使用し、

表7 前投薬

新生児	
特になし	
乳児, 幼児	
ジアゼパム坐薬あるいはシロップ	0.7 mg/kg (最大 10 mg)
	術前 1 時間 30 分
学童以上	
塩酸ロキサチジン 75 mg	前日就寝時, 当日朝内服
ジアゼパム錠 10 mg	術前 1 時間 30 分
術前点滴: 前日夜より確保	
チアノーゼ疾患	
1 歳以下の非チアノーゼ疾患	

表8 導入

新生児	
リドカイン (1.5 mg/kg) 静注後, 意識下挿管	
チアノーゼ疾患	
ミダゾラム (0.2 mg/kg) またはジアゼパム (0.2 mg/kg)	
フェンタニール (2 ~ 3 g/kg)	
ベクロニウム (0.3 mg/kg)	
非チアノーゼ疾患	
iv ラインのある児	
チオペンタール (2 ~ 3 mg/kg)	
フェンタニール (2 ~ 3 g/kg)	
ベクロニウム (0.3 mg/kg)	
iv ラインのない児	
酸素, 笑気, セボフルランのマスク導入	
点滴確保後硫酸アトロピン (0.01 mg/kg)	
ベクロニウム (0.3 mg/kg)	

総投与量は術当日抜管予定症例は、 $40\mu\text{g}/\text{kg}$ 、そうでない症例は $100\mu\text{g}/\text{kg}$ 以上を目標にして、麻酔導入、Aライン挿入後シリンジポンプを使用し人工心肺開始まで、30分から1時間かけて持続投与する。また人工心肺中や離脱後に投与することもある。

人工心肺開始までの酸素濃度は、状況に応じて、笑気や空気を用い21%から100%まで使用し、筋弛緩薬は30分毎に、 $0.1\text{mg}/\text{kg}$ の追加をする。術後は当日抜管予定以外の症例は手術室で経鼻挿管に変更し(術前にはヘパリン投与による鼻出血が予想されるため行わない)、胸部レントゲン写真撮影後、全例ICUで管理する。

術前準備

術前準備(表10)は術前より重症な症例が多い小児に開心術の麻酔管理において重要である、通常の麻酔準備以外に $1\text{ml}/\text{h}$ で初回量濃度になるようにカテコラミンと血管拡張薬をシリンジに希釈し、ポンプに装着しすぐにスタートできるようにする。救急薬、圧ライン、輸液輸血ライン、モニター、徐細動器等は患者の入室時にはすべて準備がなされてなければならない。

表9 維持

当日抜管予定例 フェンタニール $40\text{g}/\text{kg}$ 翌日以降抜管予定例 フェンタニール $100\text{g}/\text{kg}$ 以上 ジアゼパム, ミダゾラム, クロールプロマジン 笑気(人工心肺前) セボフルレン ベクロニウム $0.1\text{mg}/\text{kg}$ 30分毎追加
--

表10 術前準備

シリンジポンプ(4~6台) ドーパミン イソプロテレノール ニトロプルシッド ニトログリセリン 圧ライン3本 救急薬(シリンジに吸っておく) 輸血 除細動器 モニター
--

モニター

モニター(表11)の中で最も大事なのは患者の情報が直接伝わる聴診器である。呼吸音の確認だけでなく、心音の強弱により血圧を判断し、心雑音の変化は循環動態の変化が予想される。血圧の測定は、直接動脈圧測定だけでなく、必ずカフやドプラを使用したもう一つの方法も用意する。また人工心肺より離脱するとき大動脈の圧を測定することもある。パルスオキシメータやカプノメータはすでになくってはならないものとなっている。

ライン(表12)

末梢ラインは輸血用として上肢下肢にそれぞれ1本、中心静脈は鼠径部と外頸静脈にダブルルーメンカテーテルを入れて、上下の中心静脈圧の測定やカテコラミン用に使用する。Aラインは原則的には第一選択として左橈骨動脈を穿刺する。

術中呼吸管理

小児の開心術の呼吸管理は、肺高血圧症群では難渋することがある。小児では気管内チューブのリークがある程度の圧でなくてはならず、それで

表11 モニター

聴診器:食道, 胸壁 体温:食道, 直腸 血圧:観血, 非観血(ドプラ) 心電図 パルスオキシメーター 呼気炭酸ガス, 麻酔ガスモニター CVP LAP 尿量 ACT 血液ガス分圧, 電解質

表12 ライン

末梢:2本(上肢下肢それぞれ1本) Aライン(第一選択左橈骨動脈) 中心静脈:ダブルルーメンカテを2本 鼠径部 外頸静脈
--

も高い PEEP が確実にかかり、より優れた人工呼吸器が麻酔中も必要である。また気管内分泌物の多い症例や肺出血に備えて十分な加温加湿が必要であり、カニスターや人工鼻より、確実な加温加湿器が良いと考える (表13)。

肺高血圧症 (表14) は術後管理などで覚め際に発作を起こすことがあるが、麻酔中は大量の麻薬で鎮静しているため、起こりにくい。過換気にすることや、ライン確保時よりニトログリセリンなどの血管拡張薬を使用して予防する。

表13 麻酔中の人工換気

PEEP のかかる強力な人工呼吸器
空気の流量計も必要
十分な加温加湿

表14 肺高血圧症に対して

多量の麻薬、および鎮静薬
十分な筋弛緩
過換気 (アルカローシス)
血管拡張剤の使用

表15 心 停 止 液

組成	K C l	3 7 ml
	Magnezole	2 4 6 ml
	10% NaCl	2 0 ml
	0.9% NaCl	7 0 0 ml
pH	6. 4 1 4	
Osm.	6 7 5 mOsm/l	
Na	1 3 8 mEq/l	
K	7 6 mEq/l	
Cl	2 1 5 mEq/l	
Mg	1 9 0 mEq/l	

人工心肺

人工心肺については、臨床工学士の 2 人が担当している。人工心肺の管理により術後の全身管理あるいは成績にも関与する。

我々の施設では心停止液としてヤング氏液 (表15) を用いており、心筋保護液は GIK (表16) を使用している。

人工心肺の充填量は体重や回路により 800 から 1200 ml、組成は表17にある、心肺時間が長くなると麻酔医が指示してフェンタニールやジアゼパムを人工心肺より投与する。溶血が起こると積極的にハプトグロビン、離脱時にはカルシウムや心拍数を上げるためイソプロテレノールなどを人工心肺より投与する。

表17 人工心肺組成

充填量
体重および回路サイズにより
8 0 0 ~ 1 2 0 0 ml
充填液組成
新鮮血 無輸血の場合はヘスバンダー
乳酸リンゲル マニトール
重炭酸ナトリウム
ヘパリン
パンクロニウム
その他
アルブミン
抗生剤
メチルプレドニソロン
ウリスタチン
ニトログリセリン
フロセミド
ハプトグロビン
CaCl 2
イソプロテレノール
など

表16 心筋保護液 (GIK)

組成	5%ブドウ糖	5 0 0 ml	pH	7. 9 9
	K C L	1 0 mEq	Osm.	3 2 6 mOsm/l
	重炭酸ナトリウム	5 ml		
	マニトール	1 1 ml		
	インスリン	1 0 unit		
投与量	初回	2 0 ml/kg		
	追加	1 0 ml/kg	4 0 分毎	

表18 水分管理

十分な循環血流量
 血圧, 心拍数
 CVP, LAP
 尿量
 心臓の大きさ
 輸液
 輸血
 血小板は濃縮する

表19 カテコラミン

ドパミン (初回量 5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)
 ドブタミン (初回量 5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)
 イソプロテレノール (初回量 0.02 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)

血管拡張薬

ニトロプルシッド (初回量 1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)
 加温直前より 2~5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ で開始する
 ニトログリセリン (初回量 3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)
 必要であればポンプ前より使用する

1 ml/hr で投与すると初回量になるように希釈する

水分の管理は非常に重要である (表18)。人工心肺前も後も、十分な循環血流量が必要ですが、特に離脱直後は、CVP や左房圧、心臓の大きさが指標となる。新鮮血や、血小板の輸血が主となり、輸液は維持程度に押さえている。過度の輸液輸血を防ぐため数回濃縮した血小板は有用と考えられる。

カテコラミン、血管拡張薬 (表19)

カテコラミンなどは出来れば 1ライン 1薬物が理想である。重症例ではポンプ離脱時にドパミンを初回量 5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$ で開始する。また、手術法などにもよるが小児では一回拍出量が限られており、心拍数を増やすことが心拍出量を増やすことになる。イソプロテレノールはそういう意味で小量 0.01~0.02 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$ より使用する。

血管拡張薬は、ニトロプルシッドとニトログリセリンを併用している。前者は、復温前より開始する (2~5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$)。人工心肺離脱後は 2 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$ 以下とする。後者も人工心肺中より同時に使用する (1~3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$)。

表20 開心術麻酔で使用する薬剤

メチルプレドニソロン
 ヘパリン
 プロタミン
 必要に応じて
 KC1
 CaCl2
 重炭酸ナトリウム
 フロセミド
 マントール
 ハプトグロビン
 メタラミノールなど

その他、麻酔医が使用する薬 (表20) はメチルプレドニンやトランキライザーなどがあるが、確実なヘパリン投与、プロタミンはポンプを使用することが重要である。また血液がガス分圧測定のみならず、血清カリウムやカルシウムイオンを頻回に測定し、少なればゆっくりと (カリウムはポンプを用いて中心静脈ラインより) 補充しなければならない。

おわりに

以上が我々が行なっている小児開心術の麻酔管理法であるが、術前術後を通じて看護婦、臨床工学士、内科医、外科医、麻酔医などを含めたチーム医療が大切と考えている。

文 献

- 1) Hicky P R, Hanson D D, Norwood W I, et al: Anesthetic Complication in Surgery for Congenital Heart disease. *Anesth Analg* **63**: 654-664, 1984
- 2) Hansen D D, Hickey P R.: Anesthesia For Hypoplastic Left Heart Syndrome: Use of High-Dose Fentanyl in 30 Neonates. *Anesth Analg* **65**: 127-132, 1986
- 3) 宮坂勝之, 山下正夫訳: 小児麻酔マニュアル, 医歯薬出版, 東京, 1986
- 4) 羽鳥文磨他: 小児開胸手術の麻酔管理, 小児看護 **4** (2): 202-210, 1981
- 5) Coté C J, Rolf N, Liu LMP, et al: A Single-blind Study of Combined Pulse Oximetry and Capnography in Children. *Anesthesiology* **74**: 980-987, 1991
- 6) Hickey P R.: Anesthetizing the Child with Congenital Heart Disease. *ASA Annual Refresher Course Lectures*. San Francisco 232, 1991
- 7) Samuelson P N.: Pediatric Cardiac Anesthesia. *ASA Annual Refresher Course Lectures*. Atlanta. 251, 1987
- 8) 宮坂勝之: 国立小児病院マニュアル, 東京, 1992