

特集 I

兵庫県立こども病院における小児開心術の麻酔

津田 恵子*

要 旨

最近4年間の兵庫県立こども病院における開心術の麻酔管理について、ファロー四徴症（TOF）を例にあげて紹介した。麻酔法は軽症例を除き原則として大量ファンタニルを選択している。術中モニターとして心電図、パルスオキシメーター、カプノメーター、各種圧ライン（動脈圧、中心静脈圧、左房圧、肺動脈圧、大動脈基部圧）と各種体温を測定している。人工心肺中の心停止液には全例 cold blood cardioplegia (BCP) を使用し、特にチアノーゼ疾患では直腸温22℃の高度低体温を保ち、確実な心筋保護に留意している。近年の症例では術後のカテコラミンの必要量など臨床的諸指標において改善が認められている。

はじめに

小児先天性心疾患においては、各疾患の特異的な血行動態の理解が重要である。また手術対象となる年齢層も幅広く、一方では臓器が未熟な新生児症例から他方では学童期での再手術症例も存在し、近年その麻酔管理はさらに複雑を呈している。TOF 37症例を例にあげて最近4年間の当院における小児開心術の麻酔管理の一端を述べる。

1 症 例

当院において1989年1月から1992年12月末までの4年間に計373例の開心術が行われた。現在もなお手術成績が伸びにくい新生児を含め1才以下が約1/4を占めている（図1）。また最近では学童期患児において、成長に伴った相対的な弁狭窄や流出路狭窄に対し、再弁置換術や心外導管の再置

換術などの再手術症例も増加してきている（6%）
 開心術の対象疾患は、VSD, ASD を中心とした非チアノーゼ疾患が228例（61%）、TOF, TGA を中心としたチアノーゼ疾患が145例（39%）を占めている（図2）。緊急開心術のほとんどが総肺静脈還流異常症など新生児症例で全体の5%前後を占めている。

2 麻 酔 法

前投薬は症例のいかんを問わず、プロマゼパム坐薬、ジアゼパムシロップを中心としている。TOF では塩酸カルテオロールなどのβ遮断薬が投与されていることが多いが、最近の傾向として術前日まで投与を中止しない。したがって、無酸素発作予防のために特に深い鎮静は必要でない

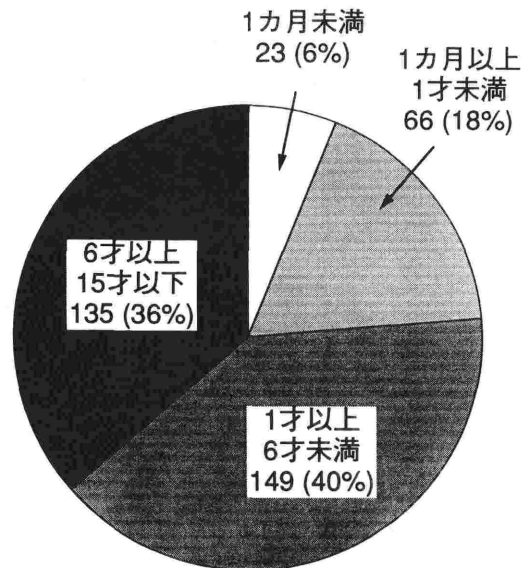


図1 年齢別構成

*兵庫県立こども病院麻酔科

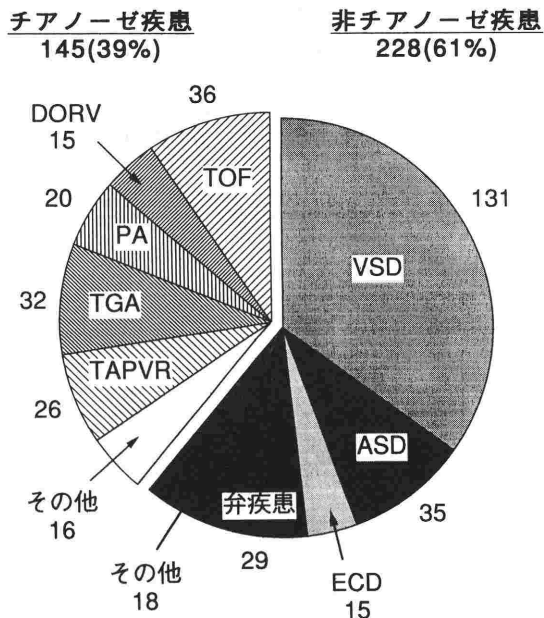


図2 疾患別構成

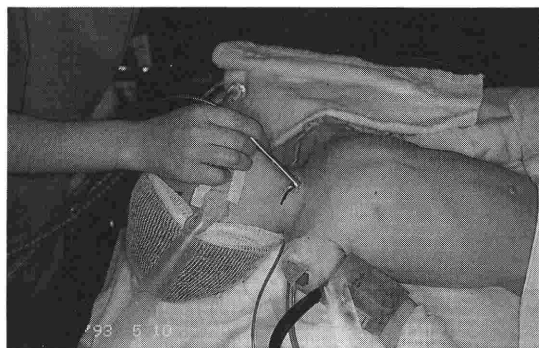


図3 ペン型ドップラープローブによる内頸静脈の探索

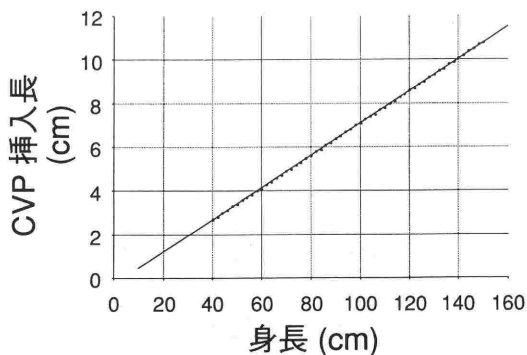


図4 CVP 挿入長

思われるため前投薬に麻薬は使用していない。麻酔医、看護婦両者による術前の患児とのコミュニケーションを重視している。

麻酔導入は原則として静脈ライン確保後に硫酸アトロピン10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、フェンタニール 5-10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、ジアゼパム 0.2 mg/kg 、パンクロニウム 0.15 mg/kg にて急速導入としている。維持は主として大量フェンタニールで血圧、脈拍等をモニターしながら、ゆっくり特続投与している。TOFにおけるフェンタニールの投与量は胸骨切開までに約70 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、人工心肺充填液に1 mg 、総量は153 \pm 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ であった。

軽症のVSD、ASDなどでは当日抜管を予定しているため、フェンタニール総投与量を30-50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ に抑え、必要に応じて適宜吸入麻酔薬を併用している。

3 モニタリング

麻酔導入前に心電図とパルスオキシメータを装着し、導入後に観血的動脈圧、中心静脈圧(CVP)ラインを挿入している。カプノメータは適性換気の指標として使用しているが、肺血流のモニターとしても優れている。無酸素発作の発見にはパルスオキシメータのみならずカプノメータによる呼気終末炭酸ガス濃度の連続監視も有用である¹⁾。

手術開始後、術野から大動脈基部に圧ラインを挿入し、心停止液注入時の圧モニターとしている。また心内修復終了時に、左房圧(LAP)ラインと、TOFや肺高血圧使用例には肺動脈圧(PAP)ラインを術野より挿入し、体外循環離脱から術後にかけて利用している。体温モニターは中枢温として直腸温、食道温、末梢温として大腿筋温を用い温度較差により末梢循環の指標としている。

CVPライン挿入に際してはあらかじめ内頸静脈と内頸動脈をドップラーで確認した上で穿刺する方法をとっている。まず最初に輪状軟骨を触知し体軸に対して直角に基準線をマークする。穿刺位置は、この基準線と内頸静脈の交差点となる。ペン型ドブラプローブを用いて内頸動脈をマークし、次に基準線に沿って平行に外側に移動させて内頸静脈を確認する(図3)。実際に穿刺するときにはペンプローブと同じ角度にて刺入することがポイントである。この方法にて経験の浅い研修医でも5 kg 以上の症例ではほぼ100%の成功率を

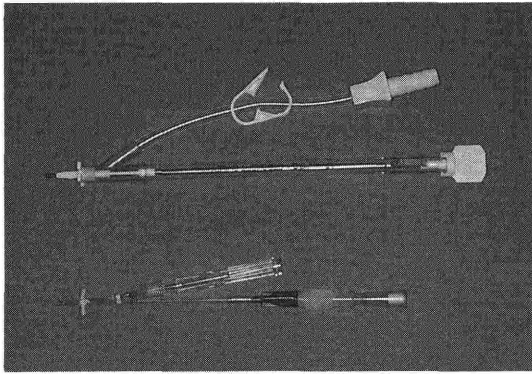


図5 大動脈基部カニューレ

おさめている。CVPの挿入長に関しては、胸部単純写真において輪状軟骨の高さから上大静脈の適正位置までの距離を測定し、身長と挿入長のグラフを作成している(図4)。また左上大静脈遺残症例では両側に中心静脈圧ラインを挿入することもある。

体外循環中には、大動脈基部カニューレとして心停止液注入ラインと圧ラインを組み合わせたものを使用している。15 kg以上の症例では既製のカニューレを(図5上)、15 kg以下の症例や大動脈遮断時間の短い軽症例では、24Gと16G静脈留置針を組み合わせて作成した自家製のカニューレを使用している(図5下)。離脱時に実際の心機能に比して末梢動脈圧の値が低く表示されることがある。大動脈基部圧をモニターすることにより、このような末梢圧との食い違いにも対応することができる。

4 心筋保護法

TOFをはじめとするチアノーゼ心疾患では、肥大した右室心筋と多量の側副血行が心筋保護上問題となる。このような症例に対し、体外循環中は直腸温22℃前後の高度低体温としている²⁾。心停止液には10℃前後のBCPを使用し、ice slushによる局所冷却も併用している。また多量の側副血行による心筋温の上昇を避けるため、早期から充分なventingを行うよう留意している。

非チアノーゼ疾患においては直腸温27℃前後で維持しているが、大動脈基部圧ラインの挿入は全例に行い確実な心停止液注入に努めている。

使用しているBCPの組成と性状は表1のとおりである。小児体外循環中の心停止液については

様々な議論がかわされているが、当院においては1985年より全例にBCPを導入し良好な結果を得ている³⁾。酸素供給、コロイド浸透圧の維持、血液中の種々の基質によってより生理的な組成であることが利点としてあげられる⁴⁾。

表1 Blood cardioplegiaの組成と性状

| | | |
|-------------------|-----------|--------|
| 温度 | 10-15 | ℃ |
| pH | 7.6±0.1 | |
| PaO ₂ | 196±53 | mmHg |
| PaCO ₂ | 14±5 | mmHg |
| BE | -7±2 | |
| Na | 107.1±3.7 | mEq/l |
| K | 20.1±2.9 | mEq/l |
| Ca | 0.28±0.11 | mmol/l |
| Mg ²⁺ | 2.9±0.3 | mg/dl |
| Osm | 345±6 | mOsm/l |
| Htc | 21.1±1.9 | % |

BCPは、人工心肺開始後Roe's液と灌流液を1:2で混合して作成し、ローラーポンプで大動脈基部から注入している。乳幼児では注入時の僅かな外力によっても大動脈弁にゆがみが生じ、人工的な大動脈弁閉鎖不全となり心停止液が左室に流れ込んでしまうことがある。あらかじめ大動脈基部圧をモニターしておくこと、このような人工的ARが生じた場合にも即座に対処でき、確実な心停止液注入が可能となる⁵⁾。基部圧は約30-40 mmHgに維持することを目安としている。投与量は初回は体表面積当たり300 mlで、以後20分間隔で150 mlの追加投与を行っている。

5 体外循環中の経過及び離脱

体外循環中は平均灌流圧を40-60 mmHgに維持するようにしている。TOFにおいては29例に各種血管拡張薬を必要とした。投与量は、ニトログリセリン(NTG):20例3.1±2.2 μg/kg/min、プロスタグランジンE₁(PGE₁):9例0.08±0.08 μg/kg/minであった。NTG、PGE₁はいずれもクロルプロマジンなどに比べて短時間作用性で調節性に富み、体外循環中において使用しやすい。NTGは比較的静脈拡張作用が強いが、3-5 μg/kg/minでは抵抗血管も拡張すると言われている⁶⁾⁷⁾。しかし、臨床ではNTG単独では灌流圧の上昇抑制が困難であることが多く、最近ではより抵抗血管拡張作用の強いPGE₁を使用する頻度が増し

てきている。

体外循環中の尿量は $4.7 \pm 3.0 \text{ ml/kg/hr}$ であり、これは NTG, PGE_1 の投与間に特に差は認められなかった。

なお体外循環時間、大動脈遮断時間はそれぞれ 178 ± 37 分、 79 ± 22 分であった。大動脈遮断解除後、22例 (61%) においては除細動なしに自然に心拍が出現している。自己心拍出現後、約30分間の empty beating time をおいて、かつ直腸温 35°C に達した時点で離脱を試みている。

周知のごとく体外循環中より、カテコラミンを投与すると心筋のエネルギー消費を増加させ、虚血障害を増悪させるので好ましくない⁸⁾。また心機能の評価には、心筋障害による心拍出量の低下のみならず生体の酸素需要にも要因があると考えられる⁹⁾。こういった点から原則としてカテコラミンの予防的投与は行わず、離脱時に右房圧、左房圧が各々約 10 mmHg を越えても血圧が 70 mmHg を維持できないか、尿量の確保が困難である時点から投与開始している。TOFにおいて術中にカテコラミンを要した症例は7例 (19%) であり、いずれもドパミン $5 \mu\text{g/kg/min}$ の投与であった。徐脈に対しては体外ペーシングを第一選択としている。

離脱後も血管拡張薬が引き続き必要であった症例が13例 (36%) に認められた。(NTG: 7例 $2.2 \pm 0.7 \mu\text{g/kg/min}$, PGE_1 : 6例 $0.05 \pm 0.04 \mu\text{g/kg/min}$)

6 術後経過

軽症例も含め全症例で手術室での抜管は行っていない。軽症例では、ドレーンからの出血が少量であることを確かめた上で術後3-5時間で抜管を試みている。ICUでは、軽症例以外は塩酸モルフィン $20-30 \mu\text{g/kg/hr}$ の特続静注にて鎮静をはかっている。TOFでは抜管までに約2日間要している。26症例にカテコラミンが投与されたがいずれもドパミンで投与量は $5-10 \mu\text{g/kg/min}$ 、投与日数は 3.7 ± 1.7 日間であった。ICU平均滞在日数は 5.7 ± 2.4 日間であった。

TOF術後合併症として、体外循環中の cold injury と思われる左横隔神経麻痺が1例に認められたが、抜管に支障はなく現在も外科的処置を必要とせず保存的に経過観察中である。また手術後

一時的に体外ペーシングを用いた症例は28%に認められたが、完全房室ブロック等で恒久的なペーシングを装着するに至った症例は、1973年以降の症例106例中6例 (5.7%) に留まっている。この4年間のTOFの死亡率は0%であった。

考 察

以上当施設での開心術の麻酔について紹介したが最も重要なポイントとして心筋保護の発達が上げられる。過去の心筋保護法と比較すると、体外循環時間や大動脈遮断時間がむしろ延びているにもかかわらず、自然自己心拍発現率、心拍出量、カテコラミン量は改善している傾向にある²⁾。手術手技上、多少時間が延長しようとも、心筋保護さえ確実であれば、体外循環からの離脱に多くのカテコラミンを必要としないと思われる。

今後の我々の問題として、いかに心機能を定量的に評価するかがあげられる。現在は血圧、頻拍、CVP, LAP, 尿量などにより経験的に心機能を推量している状態である。色素希釈法や、経気管的ドブラ法による心拍出量測定を試みているが、キャリブレーションの簡便さ、安全性、測定値の確実性において満足できるものではない。心機能、心内修復の評価のため経食道心エコー図 (法) の導入が待たれる。

また小児を対象とするにあたり、将来的な quality of life (QOL) を考慮すると、全身的な管理、特に適切な脳神経系モニターの活用と脳保護の実践が望まれる。

一県立病院では小人数でかつ限られた設備の中で、日々進歩の激しい小児開心術の複雑な要求に対応した麻酔管理は容易ではないが、常に小児科医や外科医と密接な連携の上で対処していく必要がある。

ま と め

小児開心術に際し、軽症例を除き大量フェンターニル麻酔を選択している。術中モニターは心電図、パルスオキシメータ、カプノメータ、各種体温と圧ラインとして動脈圧、中心静脈圧、左房圧、大動脈基部圧を使用している。チアノーゼ疾患では人工心肺中は高度低体温とし、また確実な心筋保護に留意している。

文 献

- 1) 岸義彦：モニタリング，奥村福一郎編：心臓・血管麻酔ハンドブック．南江堂，東京，75頁，1992
- 2) Yamaguchi M, Imai M, Ohashi H, et al : Enhanced myocardial protection by systemic deep hypothermia in children undergoing total correction of tetralogy of Fallot. *Ann Thorac Surg* **41** : 639-646, 1986
- 3) 橘秀夫，山口真弘，細川裕平ほか：乳幼児開心術における心筋保護法．*胸部外科* **40** : 632-637, 1987
- 4) Follette D M, et al : Advantages of blood cardioplegia over continuous coronary perfusion or intermittent ischemia. *Thorac Cardiovasc surg* **76** : 604, 1978
- 5) 五嶋良吉，堀川由夫ほか：小児開心術症例における血液心停止液を用いた心筋保護法の問題点．*臨床胸部外科* **7** : 349-352, 1987
- 6) Benson L N, bohn D, et al : Nitroglycerin therapy in children with low cardiac index after heart surgery. *cardiovascular Medicine* 207-212, 1979
- 7) Hill N S, Antman E M M, et al : Intravenous nitroglycerin, a review of pharmacology, indications, therapeutic effects complications. *Chest* **79** : 69, 1981
- 8) boudoulas H, Rittgers S E, Lewis R P, et al : Changes in diastolic time with various pharmacologic agents. *circulation* **60** : 164, 1979
- 9) 五嶋良吉：小児開心術後の血行動態．*麻酔* **37** : 1060-1069, 1988