

<原 著>

## 術前自己血貯血下に小児開心術を行った症例の検討

(平成13年1月30日受付)

(平成13年8月22日受理)

島根医科大学第一外科<sup>1)</sup>, 同 小児科<sup>2)</sup>

山内 正信<sup>1)</sup> 羽根田紀幸<sup>2)</sup> 花田 智樹<sup>1)</sup> 内山 温<sup>2)</sup> 田坂 勝<sup>2)</sup>

**key words**: 術前自己血貯血, 戻し輸血, 小児開心術, エリスロポエチン

### 要 旨

術前自己血貯血下に小児開心術を行った症例について検討した。対象疾患は心房中隔欠損 (ASD) 38例, 心室中隔欠損 (VSD) 22例, 不全型心内膜床欠損 2例, ファロー四徴症 (TOF) 2例, 肺動脈弁狭窄 (PS) 1例, ASD/VSD/PS 1例, 大動脈弁閉鎖不全 1例, 肺動脈弁位人工弁機能不全 1例の68例で, 年齢は11カ月齢から19歳で平均6歳, 体重は7.5 kg から69 kg で平均23 kg, 男性35例, 女性33例であった。術前貯血量は110～1200 ml で, 体重当たり平均25 ml/kg であった。採血回数は1～12回で, 平均2.5回, 貯血開始から手術までの期間は2～273日で, 平均34日であった。68例中65例で同種血輸血を回避できた (回避率96%)。同種血輸血を行った3例はTOF, ASD/VSD/PS, 肺動脈弁位人工弁機能不全の各1例であった。術前自己血貯血により体外循環中の予想外の貧血や低蛋白血症に対処でき, 安全に手術が行えた。今後も状態の安定した待機手術症例に対しては, 術前自己血貯血下に開心術を行いたいと考えている。

### はじめに

輸血による様々な副作用のため, 小児開心術においても可能な限り同種血輸血を回避する事は重要な問題となっている。その対策として様々な手段がなされている<sup>1)</sup>, 現在小児心臓外科の分野では主に人工心肺回路の低充填量化が進められており, 最近では約130 ml のプライミング量で乳児の開心術を行っている施設もある<sup>2)</sup>。しかしながら年間に多くの新生児・乳児心臓手術を手掛けている施設は別にして, この様な極端な低プライミングの人工心肺回路でも安全に運転できる施設は限られていると思われる。当科では以前より, 小児科との協力により積極的に術前貯血を行って小児開心術を進めてきたが<sup>3,4)</sup>, 今回これまでの症例を retrospective に検討する事により適正貯血量, エリスロポエチンの必要性につき調査した。

### 対象と方法

対象は平成5年7月から術前自己血貯血を行い開心術を行った連続68例である。疾患は心房中隔欠損 (ASD) 38例, 心室中隔欠損 (VSD) 22例, 不全型心内膜床欠損 (ECD) 2例, ファロー四徴症 (TOF) 2例, 肺動脈弁狭窄 (PS) 1例, ASD/VSD/PS 1例, 大動脈弁閉鎖不全 (AR) 1例, 肺動脈弁位人工弁機能不全 (SJM 弁) 1例であった。このうち再手術が5例であった。年齢は11カ月齢から19歳で平均6歳, 体重は7.5 kg から69 kg で平均23 kg, 男性35例, 女性33例であった (表1)。同時期に術前貯血を行わずに開心術を行った症例は24例であった (乳児14例, 緊急6例)。また今回の検討には加えていないが, 術前貯血下に Bidirectional Glenn 手術 (人工心肺非使用) を行った症例が2例あった。採血方法は1回当たり約10 ml/kg を目標に行い, 20 ml/kg 以上の貯血が必要な場合には戻し輸血を行うことでさらに多くの貯血を行った (図1)。再手術例や出血が多い事が予想される場合, また体外循環が長くなると予想される場合を除いて, 目標

表 1 患者背景

対象：平成5年7月より術前自己血貯血を行い開心術を施行した連続68例  
 疾患：ASD 38例，VSD 22例，不全型ECD 2例，TOF 2例，PS 1例，ASD/VSD/PS 1例，AR 1例，肺動脈弁位人工弁機能不全 1例  
 (再手術例5例)  
 性別：男35例，女33例  
 年齢：11カ月齢から19歳(平均6歳)  
 体重：7.5 Kg から 69 Kg(平均23Kg)

表 2 結果

68例中65例で同種血輸血を回避できた。(回避率96%)  
 貯血量：110 1,200 ml(平均452 ml)  
 7.1 98 ml/Kg(平均25 ml/Kg)  
 貯血回数：1 13回(平均2.5回)  
 貯血期間：2 273日(平均34日)  
 人工心肺時間：31 366分(平均91分)  
 心停止時間：9 194分(平均41分)  
 術中・術後出血量：4 31 ml/Kg(平均11 ml/Kg)

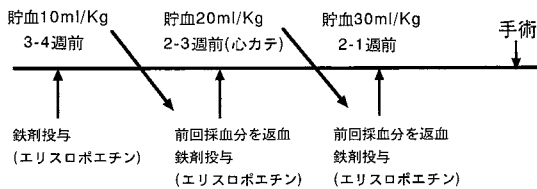


図 1 貯血の方法

貯血量は初期では30~40 ml/kg 最近では10~30 ml/kgで切りの良い量とした。貯血血液は、コネクター付きのテルモの採血バックを用いてCPD全血を液状保存した。保存期間は3週間とされているので、すべて期間内に使用した。具体的には、1回目の採血からおよそ2週間後に前回採血した血液を戻し輸血しながら、前回採血量に今回の採血量をプラスした量を採血するいわゆるスイッチバック方式で貯血量を増量していった。戻し輸血下に貯血を行った症例は43例(63%)であった。採血前の目安としてHg 11 g/dl以上あることを基準とした。全例で採血後、鉄剤を投与したが、エリスロポエチンは32例(47%)で投与した。エリスロポエチンの投与は本シリーズの初期症例とより多くの貯血が必要と考えられた症例に行ったが、明確な基準は設けなかった。エリスロポエチンの投与量及び投与方法は、初期の頃は200単位/kg/回を週2回静注(又は皮下注)をしていたが、200単位/kg/回の週2回投与と400単位/kg/回の週1回投与で差がないという成人のデータから、簡便性を考慮して最終的には400単位/kg/回を週1回皮下注する方法に変更した。外来での採血と返血は、正中肘静脈から22G以上の太さの留置針で採血と返血を行うことを原則としたが、困難な場合は、橈骨動脈から採血し末梢静脈から返血するか、大腿静脈に心カテ用シースを留置して1ルートで行う方法を用いた。聞き分けがなく協力が得られない患児

には、通常の小児の外来検査(心電図・心エコー図・脳波など)で用いる鎮静剤(抱水クロラール又はトリクロホスナトリウムシロップ)を投与して採血を行った。結果的には動脈採血は2例2回、大腿静脈採血は7例14回行った。また心臓カテーテル検査に合わせて採血したものは42例(62%)であった。術直前のHg値が低い症例には体外循環のプライミング中へ自己血を入れた。さらに、体外循環中のHg値が5 g/dl以下になる場合には自己血を輸血した。手術中の出血及び人工心肺残留血は自己血回収装置にて回収後、洗浄・分離し、返血した。また全例で手術終了前後に自己血を全て輸血し、廃棄した症例はなかった。

結 果

68例中65例で同種血輸血を回避できた(回避率96%)。同種血輸血を行った3例はTOF, ASD/VSD/PS, 肺動脈弁位人工弁機能不全の各1例で、いずれも長時間の人工心肺が原因であった。貯血量は110~1,200 mlで、平均452 ml、体重当たり25 ml/kgであった。採血回数は1~12回で、平均2.5回、貯血開始から手術までの期間は2~273日で、平均34日であった。貯血期間が最長で273日と長い症例もあったが、戻し輸血は全て有効保存期間である3週間以内に行ったので、副作用は一例もなかった。人工心肺時間は31~366分で平均91分、心停止時間は9~194分で、平均41分であった。

手術中の体重当たりの出血量は平均3.9 ml/kg、術翌日までの総出血量は平均10.8 ml/kgであった(表2)。術前・術中・術後の平均のヘマトクリット値(Ht)の推移は採血前38.8%、術直前34.6%、人工心肺中18.2%(最低Ht 12%)、術直後34.2%、術翌日36.5%であった。

使用した人工肺別の平均プライミング量は気泡型肺1,147 ml(4例)、テルモキャピオックスSX-10 988 ml(59例)、クラレメノックスAL 2000 580 ml(5例)で、

最低プライミング量はクラレメノックス AL 2000 の 485 ml であった。

エリスロポエチン投与群 (32 例) と非投与群 (36 例) で比較するとエリスロポエチン投与群で有意に年齢が若く ( $p < 0.01$ ), 体重が小さかった ( $p < 0.05$ ) が, 貯血量, 体重当たりの貯血量, 採血回数, 貯血期間, 採血前 Ht, 術直前 Ht, 術中最低 Ht, 術後 Ht, 出血量に関して有意差は見られなかった (表 3)。また 10 kg 以下 (11 例), 10 ~ 15 kg (17 例), 15 ~ 20 kg (16 例), 20 kg 以上 (24 例) の 4 群に分け検討したところ, 貯血量 (10 kg 以下 vs 20 kg 以上, 10 ~ 15 kg vs 20 kg 以上, 15 ~ 20 kg vs 20 kg 以上), 体重当たりの貯血量 (10 kg 以下 vs 20 kg 以上, 10 kg 以下 vs 15 ~ 20 kg, 10 ~ 15 kg vs 20 kg 以上, 15 ~ 20 kg vs 20 kg 以上), 貯血期間 (10 kg 以下 vs 20 kg 以上, 10 ~ 15 kg vs 20 kg 以上) で有

意差が認められた (表 4 図 2 図 3, ANOVA  $p < 0.01$ )。

TOF の 1 例で原因不明の横紋筋融解症から術後脳障害を併発し, 現在入院治療中であるが, 他の症例は全例軽快退院した。

考 察

小児開心術において同種血輸血を回避する方法として 1 術前自己血貯血 2 人工心肺回路の低充填量化, 3 術中出血の返血, 術後出血の低減, 4 人工心肺時間 (手術時間) の短縮などがある<sup>1)</sup>。最近の小児心臓外科分野での傾向として, 主に人工心肺回路の低充填量化に力が注がれており, その進歩には目をみはるものがある<sup>2)3)8)</sup>。人工心肺回路の低充填量化による同種血輸血の回避は, 術前貯血などの煩わしい準備が不要な点や新生児例, 緊急例にも対応できるメリットがある。さらに人工心肺回路の低プライミング化による無輸血充填により血液中のサイトカイン誘導の抑制や肺障害の軽減等の効果も推測されている<sup>2)3)8)</sup>。しかし, 一方では手術中の人工心肺による血液希釈の安全限界については未だ不明な点が多いので, 様々なモニターにより術中管理されているのが現状である<sup>1)5)-7)</sup>。

術前自己血貯血に代わる方法として, 手術室での術直前貯血 (希釈式自己血貯血) がある<sup>1)5)8)</sup>。この方法は麻酔導入後, 動脈又は静脈ルートから採血を行うもので, 乳・幼児での採血の煩わしさ (ルート確保の問題や安静などの協力が得られない点, 等) が解消される。しかし, 採血量に応じて術中の血液希釈が増強されて過度の貧血, 低蛋白血症となり, 低体重児においては同種血輸血回避の達成が困難になってくる場合があ

表 3 エリスロポエチン投与群と非投与群の比較

	エポあり	エポなし	p 値
年齢 (歳)	4.6 ± 0.6	7.9 ± 0.9	p < 0.01
体重 (Kg)	18 ± 2.1	28 ± 3.0	p < 0.05
貯血量 (ml)	433 ± 41	469 ± 31	N.S.
貯血量 / 体重 (ml/Kg)	27 ± 2.8	22 ± 2.3	N.S.
貯血回数	2.8 ± 0.4	2.2 ± 0.2	N.S.
貯血期間 (日)	38 ± 8.3	31 ± 3.4	N.S.
貯血前 Ht (%)	38 ± 0.6	39 ± 0.6	N.S.
術前 Ht (%)	34 ± 0.8	35 ± 0.7	N.S.
術中最低 Ht (%)	17 ± 0.6	19 ± 0.7	N.S.
術後 Ht (%)	33 ± 0.9	37 ± 1.0	N.S.
出血量 / 体重 (ml/Kg)	11 ± 0.8	11 ± 1.1	N.S.

表 4 体重別の比較

	10 Kg 以下 (N = 11)	10 15 Kg (N = 17)	15 20 Kg (N = 16)	20 Kg 以上 (N = 24)
年齢 (歳)	1.3 ± 0.2	2.9 ± 0.3	5.4 ± 0.2	12 ± 0.8
体重 (Kg)	8.8 ± 0.3	13 ± 0.3	18 ± 0.4	41 ± 3.1
貯血量 (ml)	330 ± 38 *	404 ± 65 #	422 ± 26 ##	563 ± 42
貯血量 / 体重 (ml/Kg)	37 ± 3.7 *, **	31 ± 5.2 #	24 ± 1.6 ##	15 ± 1.1
貯血回数	3.1 ± 0.3	2.8 ± 0.7	2.4 ± 0.2	2.0 ± 0.1
貯血期間 (日)	51 ± 6.0 *	44 ± 16 #	31 ± 3.3	21 ± 2.0
貯血前 Ht (%)	39 ± 1.1	39 ± 1.1	38 ± 0.8	39 ± 0.6
術前 Ht (%)	35 ± 1.5	32 ± 1.3	34 ± 0.7	37 ± 0.8
術中最低 Ht (%)	16 ± 0.8	16 ± 0.4	18 ± 0.8	21 ± 0.8
術後 Ht (%)	36 ± 1.6	35 ± 1.5	39 ± 1.1	36 ± 1.0
出血量 / 体重 (ml/Kg)	14 ± 1.4	12 ± 1.3	11 ± 1.6	9.5 ± 1.0

\* p < 0.01 10 Kg 以下 VS 20 Kg 以上, \*\* p < 0.01 10 Kg 以下 VS 15 20 Kg

# p < 0.01 10 15 Kg VS 20 Kg 以上, ## p < 0.01 15 20 Kg VS 20 Kg 以上

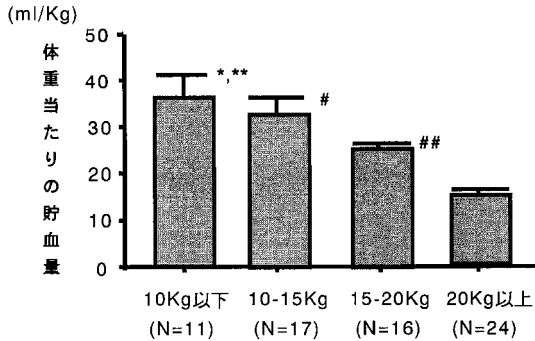


図2 体重別の貯血量

\*P<0.01 10 kg 以下 vs 20 kg 以上, \*\*P<0.01 10 kg 以下 vs 15~20 kg, #P<0.01 10~15 kg vs 20 kg 以上, ##P<0.01 15~20 kg vs 20 kg 以上

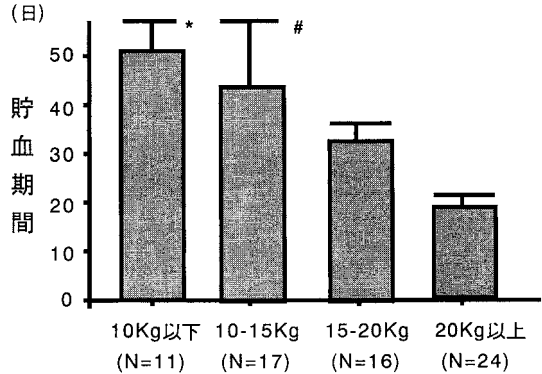


図3 体重別の貯血期間

\*P<0.01 10 kg 以下 vs 20 kg 以上, #P<0.01 10~15 kg vs 20 kg 以上

る<sup>5)</sup>。

我々の行っている術前自己血貯血は、成人例での方法とほぼ同様の方法である<sup>9)</sup>。多数の施設からの報告では、小児開心術での自己血貯血は前述した煩わしさから実用的でないあまり行われていない<sup>1)5)7)8)</sup>。しかし、我々が行っている様に小児においても採血を大腿静脈や橈骨動脈から行ったり、場合によっては鎮静剤を投与して採血を行えば成人例と同様に貯血が可能であった。また心臓カテーテル検査時に採血を行う事で容易に目標の貯血ができた<sup>10)</sup>。現在のところ貯血量の目安としては、出血量から換算して10 kg以下の症例では、30 ml/kg、10~20 kgの症例では、20 ml/kg、20 kg以上の症例では10 ml/kgとしている。ただ我々の施設の人工心肺の最低プライミング量は485 mlと多目なので、この点に関してもう少し改善されれば目標貯血量を十分減らす事ができると考えている。

小児における貯血時のエリスロポエチン使用の是非に関しては結論がでていない。小児の場合、成人に比し採血後のエリスロポエチンが高値になるとの報告もあり<sup>11)</sup>、エリスロポエチン投与・非投与により貧血の回復に差が見られなかった我々の臨床結果と一致した。今後も採血期間を長くする事で可能な限りエリスロポエチンの使用を抑えたいと考えている。

まとめ

体外循環中の血液希釈の安全限界については未だ不明な点が多いので、あらかじめ貯血しておく事は予想外の貧血や低蛋白血症に対処でき、安全に手術が行える。今後も状態の安定した待機手術症例に対しては、

術前自己血貯血下に開心術を行いたいと考えている。

文 献

- 1) 松田 暉：乳幼児における無輸血開心術 動脈圧ラインからの術中貯血の有用性 討論1. 胸部外科 1999; 52: 441-443
- 2) 小出昌秋, 国井佳文, 森木直哉, 鮎澤慶一, 北本憲永, 神谷典男：超低充填量小児人工心肺システムの開発. 日本胸部外科学会雑誌 2000; 48: 288
- 3) 山内正信, 花田智樹, 羽根田紀幸：術前貯血による小児開心術における無他家血輸血手術. 日小循環誌 1997; 13: 384
- 4) 山内正信, 佐々木哲也, 野坂誠士, 花田智樹：出血量から見た小児開心術における術前貯血量の適正化. 日胸外会誌 1998; 46: 180
- 5) 前田正信：乳・幼児体外循環の工夫 無輸血開心術と体外循環初期充填液に対する血液濾過 日本胸部外科学会関西地方会第27回学術セミナーテキスト 2000; 35-42
- 6) 高橋幸宏, 菊池利夫：乳幼児における無輸血開心術 動脈圧ラインからの術中貯血の有用性 討論2. 胸部外科 1999; 52: 443-444
- 7) 磯松幸尚, 今井康晴, 瀬尾和宏, 寺田正次, 青木満, 新岡俊治：近赤外分光法による小児無輸血体外循環中の脳酸素代謝. 胸部外科 2000; 53: 847-851
- 8) 栗栖和宏, 米永國宏, 宮本和幸, 古庄伸行, 西村紀久夫：乳幼児における無輸血開心術 動脈圧ラインからの術中貯血の有用性 胸部外科 1999; 52: 438-441
- 9) Munetaka Masuda, Yoshito Kawachi, Shouiti Inaba, Kouji Matsuzaki, Fumio Fukumura, Shigeki Morita, Ryuji Tominaga and Hisataka Yasui:

Preoperative autologous blood donations in pediatric cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 1995 ; 60 : 1694

10) Kazuaki Fukuhara, Arata Murakami, Tetsuyuki Ueda, Yoshinori Doki, Shinichi Tsubata, Fukiko Ichida and Takuro Misaki : Scheduled autologous blood donation at the time of cardiac catheteriza-

tion in infants and children. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997 ; 114 : 504 505

11) 岩瀬仁一, 前田正信, 安田 公, 佐井 昇, 竹村春起, 高橋虎男 : 小児無輸血開心術後の内因性エリスロポエチン(EPO)の変動 . *日胸外会誌* 1995 ; 43 : 1383

#### Preoperative autologous blood donations in pediatric surgery

Masanobu Yamauchi <sup>1)</sup>, Noriyuki Haneda <sup>2)</sup>, Tomoki Hanada <sup>1)</sup>,  
Atushi Uchiyama <sup>2)</sup> and Masaru Tasaka <sup>2)</sup>

First Department of Surgery <sup>1)</sup> and Department of Pediatrics <sup>2)</sup>, Shimane Medical University

We studied 68 consecutive cases of pediatric open heart surgery using preoperative autologous blood donations. The patients included 38 cases of atrial septal defects ( ASD ), 22 ventricular septal defects ( VSD ) 2 endocardial cushion defects ( incomplete type ), 2 tetralogy of Fallot, 1 pulmonary stenosis ( PS ) 1 ASD/VSD/PS, 1 aortic regurgitation and 1 prosthetic valve failure case ( pulmonary position ) The age ranged from 11 months to 19 years old ( average, 6 years ), and the body weight ranged from 7.5 kg to 69 kg ( average body weight, 23 kg ) Thirty five patients were male, and 33 patients were female. The predonated blood volume ranged from 110 ml to 1200 ml( average volume, 25 ml/kg ) and the predonated period ranged from 2 to 273 days ( average, 34 days ) Sixty five out of 68 patients ( 96% ) did not require homologous blood transfusion. Three patients ( 1 tetralogy of Fallot, 1 ASD/VSD/PS and 1 prosthetic valve failure ) received homologous blood because of anemia caused by the long extracorporeal circulation time. We believe that preoperative autologous blood donations are a safe and useful method in pediatric cardiac surgery, since unpredicted anemia and hypoproteinemia during cardiopulmonary bypass can be avoided.

---