

無輸血フォンタン手術の可能性

(平成11年12月2日受付)

(平成12年7月31日受理)

九州厚生年金病院心臓血管外科

(*現 飯塚病院心臓血管外科)

福村 文雄* 瀬瀬 顯 上野 安孝
坂本 真人 田ノ上 禎久 岩井 敏郎

key words : フォンタン手術, 無輸血手術

要 旨

フォンタン手術症例での無輸血開心術の可能性について、当科で行われた Total cavopulmonary connection の 34 例を対象に retrospective に検討した。年齢は 1.6 ~ 14 (中央値 5) 歳, 体重は 7.5 ~ 49.5 (中央値 14.2) kg で, このうち 21 例は周術期に同種血輸血を回避できた (無輸血完遂率 63%)。無輸血症例の周術期ヘマトクリットは術前 57 ± 6 (49 ~ 66)%, 体外循環中最低値 25 ± 5 (17 ~ 35)%, 体外循環離脱時 26 ± 5 (19 ~ 35)%, ICU 入室時 38 ± 6 (31 ~ 53)%, 翌朝 45 ± 4 (38 ~ 52)%, であった。周術期に同種血輸血を必要とした 13 例の輸血適応理由は術中術後出血 7 例 (54%), 体外循環中低ヘマトクリット 3 例 (23%), 術後 LOS 2 例 (15%), 術後 DIC 1 例 (7%) であった。体外循環離脱時のヘマトクリット値 25% を境に二群に分け, 術後の血行動態, カテコラミン使用量を時間経過とともに比較したが, 両群間に差は認めなかった。フォンタン手術においては, 無血体外循環にともなう貧血自体は術後の血行動態への影響は少なく, 十分に無輸血手術が可能であると考えられた。

はじめに

小児開心術における無輸血手術は, 同種血輸血の輸血後感染症, graft versus host disease (GVHD) の危険性などは元より, 将来的な潜在的ウイルス感染の危険性から, 最近では, より低体重児に, また複雑心奇形に対しても施行されるようになってきている。しかし, チアノーゼ性心疾患の場合, 術前からの多血症の存在により無輸血開心術に有利と思われる反面, フォンタン手術後の血行動態においては心拍出量が肺血流量に左右されるため, 術後低心拍出量を呈する場合が多く, 手術後の貧血は十分な酸素供給量が保てず循環不全に陥る可能性が懸念される。今回我々は, 当科における Total Cavo-pulmonary connection (TCPC) 症例における同種血輸血の状況と体外循環離脱時における貧血の周術期経過に及ぼす影響を検討した。

対象及び方法

1992 年から 1997 年に当科にて行われた TCPC 手術 36 例のうち手術死亡 2 例を除く 34 例を対象とした。年齢は 1.6 ~ 14 (中央値 5) 歳, 体重は 7.5 ~ 49.5 (中央値 14.2) kg, 男女比は 23 : 11 であった。疾患の内訳は TA 6 例, PAIVS 6 例 (c) TGA+P (M) A 9 例, straddling MV 4 例, SV 4 例, DORV+hypoLV 5 例 で, 8 例は両方向性グレン手術を既に施行されている staged Fontan 症例であった。TCPC 手術法は 11 例を EPTFE graft による extracardiac conduit 法, 23 例を lateral tunnel 法で行った。同時手術として房室弁形成を 4 例, 肺動脈形成を 11 例に施行した。

体外循環回路は Lactate Ringer 液, 7% NaHCO₃ 40 ~ 60 ml, Mannitol (2.5 ml/kg), 20% Albumin (50 ~ 100 ml), Heparin (3,000 U/L), Vitamin C (500 mg), antibiotics にて初期充填し, 落差脱血, 中等度 ~ 軽度低体温, 高灌流量による体外循環を行った。心停止を必用とした 24 例には, アルブミン加 crystalloid car-

表 1 同種血輸血使用状況

無輸血例	21/34 (61.8%)				
輸血例	13/34 (37.2%)				
使用製剤		使用時期		適応	
PC のみ	1	CPB 復温時	3	止血	7
PC + FFP	1	CPB 離脱後	5	術中低 Ht	3
CRC + FFP	3	ICU 入室後	5	心不全	2
CRC + PC	1			術後 DIC	1
CRC + FFP + PC	7				

CRC : 濃厚赤血球 , FFP : 新鮮凍結血漿 , PC : 血小板血漿

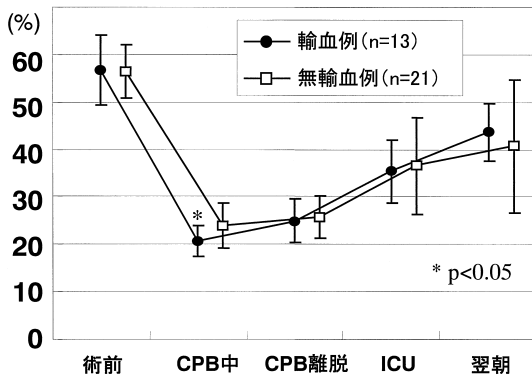


図 1 ヘマトクリットの推移

(無輸血率 63%) であった . 体重別にみると 7.5 ~ 10 kg : 80% (4/5) , 10 ~ 15 kg : 42% (5/12) , 15 ~ 20 kg : 88% (7/8) , 20 ~ 50 kg : 56% (5/9) であった . 同種血輸血を行った 13 例の内訳は , 3 例は体外循環時に使用 (体外循環中ヘマトクリット 15% 以下 1 例 , 術前高リスクで体外循環中のヘマトクリット 20% 以下となった初期の 1 例 , 大動脈遮断解除後からの高度 LOS 1 例) , 5 例は術中の止血困難に対し , 2 例は術後出血に対する再開胸止血術時に使用 , 2 例は術後 LOS に対する貧血改善・循環血液量維持のため , 1 例は術後 DIC 併発のため使用した (表 1) . また , いわゆるフォンタン手術の術前 risk factor について房室弁逆流 (2 度以上) を , 無輸血完遂例 4 例で認め , 高肺動脈圧 (平均肺動脈圧 15 mmHg) を , 無輸血完遂例 3 例 , 輸血例 2 例で認めた . 輸血の内容では濃厚血小板血漿 , 凍結血漿といった止血目的の使用と補充が 8 例 (62%) であり , 術後出血に対する輸血例は staged Fontan , 年長児例と再手術症例に多い傾向であった .

無輸血例 21 例の術前 , CPB 離脱時 , ICU 入室後および翌朝の Ht は , それぞれ 57 ± 6 (49 ~ 66) % , 26 ± 5 (19 ~ 35) % , 38 ± 6 (31 ~ 53) % , 45 ± 4 (38 ~ 52) % であった (図 1) . 輸血例の体外循環中のヘマトクリットは 20 ± 3 (15 ~ 24) % と無輸血例に比し有意 (p < 0.05) に低下していた .

体外循環離脱時 Ht の影響 : CPB 離脱時の Ht は , A 群 : 22 ± 2 B 群 : 29 ± 3% であった . 手術翌日までの血行動態として収縮期血圧 , 中心静脈圧 , カテコラミン使用量 , 動脈血酸素飽和度など期間を通して両群間に有意差を認めなかった (表 2) . また , Base Excess にも両群間に差を認めず , 貧血にともなう嫌気性代謝の進行はないと思われた . 術後 12 時間の時間尿量は , A 群 : 43 ± 22 , B 群 : 38 ± 22 ml/kg/hr , 挿管時間は , A 群 : 14 ± 10 B 群 : 14 ± 21 時間 , ドレーン留置期間

dioplegia (九次式 , 初回 10 ml/kg , 追加 5 ml/kg) , 局所冷却による心筋保護を用いた . 体外循環中の限外濾過は全例に施行し , 自己血回収装置 (Cell Saver) を使用し , 体外循環終了後 , 回路内残血および体外出血を洗浄・濃縮し , 全て返血した .

これらの症例に対し , 同種血輸血の有無とその適応 , 無輸血症例における Ht , 血小板数の周術期変化を検討した . また体外循環離脱時のヘマトクリット値 (Ht) で A 群 ; 25% 未満 17 例と B 群 ; 25% 以上 17 例とに分け , 術後の循環動態 , カテコラミン使用量 (Dopamine + Dobutamine) を時間経過とともに比較検討した .

結 果

同種血輸血 : 体外循環回路は , 全例無血充填で初期充填量は 1008 ± 292 ml , 体重別では , 7.5 ~ 10 kg : 771 ± 225 ml , 10 ~ 15 kg : 884 ± 216 ml , 15 ~ 20 kg : 1007 ± 223 ml , 20 ~ 50 kg : 1306 ± 247 ml であった . 体外循環時間は 176 ± 54 分 , 大動脈遮断時間 (24 例) は 62 ± 24 分で , 8 例は beating heart にて行った . 術中・術後を通じて全く輸血を必要としなかった症例は 21 例

表2 術後血行動態

	group	CPB 離脱	ICU	6時間後	12時間後	24時間後
中心静脈圧 (mmHg)	A	13.4±1.4	11.7±1.9	10.9±2.4	10.8±2.3	11.9±2.7
	B	12.7±2.1	10.6±2.5	10.6±2.5	10.6±2.4	12.3±2.5
動脈圧 (mmHg)	A	68±9	77±14	93±10	98±13	100±16
	B	65±12	80±13	98±15	101±15	105±15
カテコラミン量 (µg/kg/min)	A	10.1±4.3	10.4±4.0	8.7±3.1	6.9±2.2	5.0±3.5
	B	10.9±4.5	11.0±5.1	9.6±5.7	7.9±4.6	5.5±4.2
動脈血酸素飽和度(%)	A	98.2±4.1	98.6±2.0	97.7±3.2	97.8±2.6	97.4±2.9
	B	99.2±2.5	98.8±1.9	98.3±1.6	96.6±4.0	97.3±3.2
Base excess	A	-2.8±1.9	-2.7±1.7	1.0±2.6	2.7±3.1	3.2±3.2
	B	-2.7±1.6	-3.3±1.9	-0.5±3.2	2.5±2.6	3.5±2.5

は、A群：4.2±3.6 B群：6.7±9.3日と差は認めなかった。

考 察

同種血輸血を回避することは、血液資源の節減のみならず、特に小児にとって将来的、潜在的なウイルス感染の懸念を含めて極めて重要であり、社会的ニーズでもある。小児開心術における無輸血手術は、多くの施設に普及され、その適応はより低体重児、複雑心奇形へと拡大しており¹⁾、最近では5kg以下の症例に対しても無輸血開心術が報告されている。またファロー四徴症を主体とするチアノーゼ性心疾患に対して、高橋ら²⁾、坂本ら³⁾は無輸血開心術が十分に可能であることを報告しているが、特異な術後血行動態となるフォンタン手術についての報告は少ない。

体外循環中のhemodilutionの安全限界は明確ではないが、前田ら⁴⁾は混合静脈血酸素飽和度などからヘモグロビン5g/dlを安全限界としており、CPB中の最低ヘマトクリットに関しては15%とする報告が多い。当院でも10kg前後症例の体外循環回路初期充填量の変遷は1993までは約1,000ml、1997年までは約550ml、そして現在は250mlと体外循環回路および人工肺の改良により初期の約1/4まで初期充填量が削減され、さらに自己血回収装置の使用により、無輸血開心術症例の割合も増加し、現在では5~6kg前後の症例に対しても可能となっている。今回の対象であるフォンタン手術の適応となるチアノーゼ性心疾患では、多くの場合に術前多血症の状態であり、hemodilutionに関しては体外循環中のヘマトクリットがクリティカルなレベルには低下しないと思われる。今回の検討でも体外循環中の最低ヘマトクリットは最も低い症例でも15%であった。

しかし、フォンタン手術後の血行動態では、肺循環の良否が心拍出量に直接影響するため、通常の開心術に比べ、容易にLOSに陥ると考えられる。このためフォンタン手術後の貧血は全身への酸素供給不足となり易く、通常、高いヘマトクリットを保つように管理されてきた。一方、一般にisolemicな貧血は血液粘性の低下とともに全身の血管抵抗低下を低下させ心拍出量を増加させるといわれ、肺血管に対しても、主に血液中のNO増加によって肺血管拡張に働き⁵⁾、むしろFontan循環には有利とも考えられる。今回の検討でも体外循環離脱時のヘマトクリットにて術後の血行動態やカテコラミン必要量に差を認めず、術後短期間の20~25%といった低ヘマトクリット状態は十分認容できると思われる。また近年いくつかの施設で導入されているmodified ultrafiltrationを用いることでより迅速に術後の貧血状態を改善することも可能と考えられる。

チアノーゼ性心疾患では以前より多血症にともなう凝固能異常や血小板機能異常のため出血傾向を示す可能性が指摘されており⁶⁾、また物理的にもフォンタン術後は高い静脈圧となることやStaged Fontanといった高度の癒着剥離を要する再手術も多いことから術中術後の出血は、通常の開心術に比べ多くなる傾向にあると思われる。小児体外循環では、成人に比較して血液希釈率が大きく、特にチアノーゼ性心疾患では高いヘマトクリットのため、血漿成分の希釈率が大きく、体外循環後の血液凝固因子や血小板数の絶対的な低下が懸念される。Chanら⁷⁾は小児体外循環においては高度の血液希釈と消費によって凝固因子濃度は約半分に低下し、特にFactor V、Factor VIIは、一般的な容認濃度25%以下に低下すると報告している。また、

血小板機能に関して Ware ら⁸⁾はチアノーゼ心疾患群での体外循環後のADPに対する凝集能低下を認め、術前のヘマトクリットと逆相関することを報告している。今回の検討においては、術中術後の止血機能に関する検討は行っていないが、体外循環後の出血傾向に起因すると思われるに術後出血に難渋する例が見られ、これが同種血輸血に至る一つの危険因子となっていた。

加熱処理アルブミン製剤の使用については未だ controversy ではある。我々の検討では周術期の血清蛋白値と術後の血行動態やドレーン留置期間に差を認めていないが、極端な低蛋白血症は避けるように体外循環中も適宜アルブミン製剤を加えている。その必要性に関しては今後の検討を要する。

結 語

34例のフォンタン手術において63%に無輸血手術が可能であった。フォンタン手術においても多くの場合、無血体外循環にともなう貧血自体は術後の血行動態への影響は少なく、体外循環離脱時ヘマトクリットが20%程度であっても、無輸血手術が可能であると考えられた。しかし、術中・術後の出血傾向を呈する例も少なくなく、止血機能改善については更なる研究が必要であると思われた。

本論文の主旨は第34回日本小児循環器学会総会(1998年7月,東京)にて発表した。

文 献

1) van Son JAM, Hovaguimian H, Rao IM, He GW, Meiling GA, King DH, Starr A: Strategies for repair of congenital heart defects in infants without the use of blood. *Ann Thorac Surg* 1995; 59:

384 388

- 2) 前田正信, 小山富生, 村瀬允也, 寺西克仁, 桜井一, 西沢孝夫: 乳幼児無輸血開心術の適応と限界 低容量体外循環回路の臨床応用, *日胸外会誌* 1994; 42: 1 7
- 3) 高橋幸宏, 龍野勝彦, 菊池利夫, 鈴木裕子, 笠原勝彦, 古沢武彦, 岡田良晴: Fallot 四徴症に対する同種血非使用開心術 Hydroxyethyl Starch は, 蛋白製剤の使用削減に有効である. *日胸外会誌* 1997; 45: 694 699
- 4) 坂本貴彦, 永瀬裕三, 渡辺 寛, 芝入正雄, 宇津見和郎, 中野秀幸, 香西 襄: チアノーゼ性心疾患に対する無輸血開心術の検討. *日胸外会誌* 1998; 46: 138 144
- 5) Deem S, Hedges RG, McKinney S, Polissar NL, Alberts MK, Swenson ER: Mechanisms of improvement in pulmonary gas exchange during isovolemic hemodilution. *J Appl Physiol* 1999; 87(1): 132 141
- 6) Ekert H, Sheers M: Preoperative and postoperative platelet function in cyanotic congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1974; 67(2): 184 190
- 7) Ware JA, Reaves WH, Horak JK, Solis RT: Defective platelet aggregation in patients undergoing surgical repair of cyanotic congenital heart disease. *Ann Thorac Surg* 1983; 36: 289 294
- 8) Chan AKC, Leaker M, Burrows FA, Williams WG, Gruenwald CE, Whyte L, Adams M, Brooker LA, Adams H, Mitchell L, Andrew M: Coagulation and fibrinolytic profile of paediatric patients undergoing cardiopulmonary bypass. *Thrombo Haemost* 1997; 77(2): 270 277

Fontan operation without homologous blood transfusion

Fumio Fukumura, Akira Sese, Yasutaka Ueno, Masato Sakamoto,
Yoshihisa Tanoue and Toshiro Iwai

Department of Cardiovascular Surgery, Kyushu Kosei-Nenkin Hospital, Fukuoka, Japan

We evaluated 34 children who underwent total cavopulmonary connection at Kyushu Kosei-Nenkin Hospital. The age was 1.6 ~ 14 (median 5) years old, and the body weight were 7.5 ~ 49.5 (median 14.2) kg. Operation without homologous blood transfusion was performed in 21 cases (63%), and their hematocrit was 57 ± 6 (49 ~ 66) % preoperatively, 26 ± 5 (19 ~ 35) % just after cardiopulmonary bypass, 38 ± 6 (31 ~ 53) % at ICU and 45 ± 4 (38 ~ 52) % next morning. The indication for transfusion of the other 13 cases were bleeding tendency during or after operation in 7 (54%), extreme hemodilution during cardiopulmonary bypass in 3 (23%), postoperative low output syndrome in 2 (15%) and DIC in 1 (7%). There were no significant difference in hemodynamic parameters and dosage of catecholamine after surgery between high Ht group (> 25% after CPB) and low Ht group (< 25% after CPB). We conclude that Fontan operation can be performed safely without homologous blood transfusion although haemostatic disorder after cardiopulmonary bypass should be evaluated further.
