

< Editorial Review >

先天性心疾患における無輸血開心術；より重症例への適応

大阪大学大学院医学系研究科 E1 臓器制御医学専攻機能制御外科学 松田 暉

近年、輸血用血液供給の不足、または輸血によりもたらされる感染症の問題がクローズアップされる一方、患者の宗教的理由から^{1,2}輸血が不可能である症例も存在し、無輸血手術に対する関心が高い。心臓外科領域においても体外循環回路および人工肺の改良により、成人はもとより先天性心疾患の手術においても無輸血開心術が盛んになってきており³⁾、ASD、VSDなどの複雑心奇形以外の症例においては無血充填、無輸血手術が当たり前になってきている。無輸血手術には前述した感染症防止のみならず、輸血による術後の免疫能の低下を防止⁴⁾あるいは不規則抗体の産生を防ぐなど利点が多い。しかしながら重症例で安全に行うためには問題も多い。

小児開心術においてこれら無輸血手術を複雑心奇形にまで拡大するためにさまざまな試みが行われているが、安全に無輸血開心術を遂行するためにはいくつかの問題を解決しなくてはならない。その重要な要件とは 1: 人工心肺回路の低容量化、および低容量でも安全に流量が確保できる回路。2: 貧血の安全限界のモニター。3: 血液濾過ならびに自己血回収装置などの血液再利用システム。4: 手術時間(または人工心肺時間)の短縮などである。

1: 人工心肺回路の低容量化

低容量人工心肺回路を開発することは心臓外科医、臨床工学士それに回路、人工肺メーカーの3者が協力しなければなし得ないが、回路を低容量にする原則は小さい口径のチューブで短い距離で各コンポーネントを連結し、低容量の人工肺を用いることである。このためには各施設で手術室内の人工心肺と手術台の配置、モニターの位置、術者の好みなどを考慮に入れた工夫が必要なので机上で設計するだけでは不十分であり、かつ回路の長さを切り詰めるには人工心肺装置、人工肺と回路の位置関係が非常に重要であるので実際の手術室でのシミュレーションを繰り返すことが肝要である。当科における小児用人工心肺回路は接続部の短縮、小口径チューブの使用および吸引脱血システム⁵⁾を用いることにより体重20kgまでの開心術であれば550mlの充填量で10kgまでならば330mlの充填量で人工心肺を運転することが可能である。

2: 貧血の安全限界

限外濾過や自己血回収装置の普及により人工心肺が終了すればかなりの程度血液の濃縮や自己血輸血が可能であるが、最低ヘモグロビンを記録するのは人工心肺中である。教室のChanらは体外循環中のHbが4g/dl以上でかつ体外循環時間120分以下を安全に無輸血手術が行える基準としている。また実験的データからKawataらは⁶⁾家兔の希釈体外循環モデルを用い体外循環中の脳代謝をモニターし、低温時にはHb3.0g/dl以上、復温時には4.0g/dl以上が安全限界でありそれ以下では脳組織pHはアシドーシスに傾き酸素摂取率が高値である事を示している。臨床的には近赤外線をもちいた酸化/還元型ヘモグロビン測定、チトクロームaa3のredox stateの測定、混合静脈血酸素飽和度測定などの非侵襲的モニターの使用により、さらに安全性が向上すると考えられる。

3: 限外濾過, 自己血回収

小児開心術において近年注目されているもののひとつに限外濾過があるが、人工心肺終了後の限外濾過はModified Ultrafiltration(MUF)と呼ばれ、血液濃縮効果のみならず浮腫の軽減による心収縮力の改善、炎症性サイトカインの除去作用などの面から効果的とされている⁷⁾。この効果のメカニズムに関してはまだまだ議論の余地があり、結論はでていないが⁸⁾、臨床的には血行動態改善をもたらすことは多くの施設で証明されており、特にFontan型手術後の血行動態にいい影響を及ぼすと考えられている⁹⁾今後ますます普及するものと思われる、無輸血開心術を遂行するためにも重要な補助手段と考えられる。

4: 手術時間

近年 Staged Fontan 手術が多く行われるようになり Fontan 型手術の成績は向上した。しかしこのため Fon-

tan 型手術は再開胸症例であることが多く、これは無輸血手術を遂行するには不利な条件といえる。反面 second stage の時点で Fontan の準備をしておく Hemi Fontan の手術などは Fontan 手術の人工心肺時間を短縮させることにより¹⁰⁾Fontan 手術後の合併症を軽減させる方法として有効である。さらに心外導管を使用する Fontan においては人工心肺を用いずに手術することも可能になってきており¹¹⁾⁻¹³⁾無輸血、あるいは輸血量の軽減に貢献すると考えられる。

Fontan 手術における無輸血と Controversy

解剖学的根治術を得られない単心室などの患者では機能的根治術としての Fontan 型手術が行われるが、biventricular repair と比べて心拍出量は低値であり、混合静脈血酸素飽和度は非常に低値である。また肝静脈の酸素飽和度はさらに極端に低い値となっており、これらは Fontan 術後に肝機能低下を来す場合の原因となっている可能性がある¹⁴⁾。つまりこれら Fontan 型手術術後の患者では低ヘモグロビンの安全マージンは通常よりもかなり低いと考えなくてはならない。Fontan 型手術の成績の向上に伴い Fontan 型手術の適応は拡大され、より重症な症例に対する Fontan 型手術が行われるようになってきている。我々の施設では Fenestration を必要とする重症例に対してはヘモグロビン 12 g/dl、またはヘマトクリット 35% 以上で管理している。しかしながら Fontan 症例の重症化が進んでおり、近接期には問題がなくても長期遠隔記に failed Fontan となる症例が出現する可能性がある。諸外国では小児心臓移植のレシピエントとして failed Fontan は頻度の高いものであり¹⁵⁾、輸血歴無しで経過できれば PRA 上昇を予防することができ、仮に移植の candidate となっても安全に心臓移植が受けられる可能性がある。

最後に

Fontan をはじめとする重症先天性心疾患の患児たちは後天性心疾患の症例に比べ生涯にわたる長期間のフォローアップが必要であり、将来的に起こりうる輸血の合併症予防のためには小児心臓外科医は常に無輸血手術を目指すべきである。しかしながら技術の進歩につれ修復術の対象となる複雑心奇形の範囲は広がりより重症なものが対象となってきており、心臓外科医が技術の向上により無輸血開心術の対象症例の範囲を広げることとの競争はまだまだ続くであろう。

文 献

- 1) Ott DA, Cooley DA : Cardiovascular surgery in Jehovah's Witnesses. Report of 542 operations without blood transfusion. JAMA 1977 Sep 19 ; 238 (12) : 1256 8
- 2) Gombotz H, Rigler B, Matzer C, Metzler H, Winkler G, Tscheliessnigg KH : 10 years' experience with heart surgery in Jehovah's witnesses. Anaesthesist 1989 Aug ; 38 (8) : 385 90
- 3) 松木 修, 松田 暉ほか : 体重 20 kg 未満の小児における無輸血開心術の検討 . 日本胸部外科学会雑誌 1992 ; 40 : 235 41
- 4) Blajchman MA : Transfusion-associated immunomodulation and universal white cell reduction : are we putting the cart before the horse? Transfusion 1999 Jul ; 39 (7) : 665 70
- 5) Taketani S, Sawa Y, Masai T, Ichikawa H, Kagasaki K, Yamaguchi T, Ohtake S, Matsuda H : A novel technique for cardiopulmonary bypass using vacuum system for venous drainage with pressure relief valve : an experimental study. Artif Organs 1998 Apr ; 22 (4) : 337 41
- 6) Kawata H et al : Limits of hemodilution in total bloodless hypothermic cardiopulmonary bypass. Circulation. 1993 Oct ; 90 (4) : 1-48
- 7) Naik SK, Knight A, Elliott M : A prospective randomized study of a modified technique of ultrafiltration during pediatric open-heart surgery. Circulation 1991 Nov ; 84 (5 Suppl) : III 422 31
- 8) Pearl JM, Manning PB, McNamara JL, Saucier MM, Thomas DW : Effect of modified ultrafiltration on plasma thromboxane B2, leukotriene B4, and endothelin-1 in infants undergoing cardiopulmonary bypass Ann Thorac Surg 1999 Oct ; 68 (4) : 1369 75
- 9) Koutlas TC, Gaynor JW, Nicolson SC, Steven JM, Wernovsky G, Spray TL : Modified ultrafiltration reduces postoperative morbidity after cavopulmonary connection. Ann Thorac Surg 1997 Jul ; 64 (1) : 37 42
- 10) Douglas WI, Goldberg CS, Mosca RS, Law IH, Bove EL : Hemi-Fontan procedure for hypoplastic left heart syndrome : outcome and suitability for Fontan. Ann Thorac Surg 1999 Oct ; 68 (4) : 1361 7
- 11) Burke RP, Jacobs JP, Ashraf MH, Aldousany A, Chang AC : Extracardiac Fontan operation without cardiopulmon-

- ary bypass. Ann Thorac Surg 1997 Apr ; 63 (4): 1175 7
- 12) McElhinney DB, Petrossian E, Reddy VM, Hanley FL : Extracardiac conduit Fontan procedure without cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg 1998 Nov ; 66 (5): 1826 8
- 13) Tam VK, Miller BE, Murphy K : Modified Fontan without use of cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg. 1999 Nov ; 68 (5): 1698 703
- 14) Takano H, Matsuda H, Kadoba K, Kawata H, Sawa Y, Shimazaki Y, Taenaka N : Monitoring of hepatic venous oxygen saturation for predicting acute liver dysfunction after Fontan operations. J Thorac Cardiovasc Surg. 1994 Oct ; 108 (4): 700 8
- 15) Fullerton DA, Campbell DN, Jones SD, et al : Heart transplantation in children and young adults : early and intermediate-term results. Ann Thorac Surg 1995 Apr ; 59 (4): 804 11
-