研究論文

両大血管右室起始に対する手術術式の違いが体外循環法に及ぼす影響について —二心室修復と単心室修復の比較—

伊藤英史・高 寛・堂口琢磨
笠原真悟・新井禎彦・佐野俊二

要 旨

両大血管右室起始症に対する外科治療法の違いが体外循環法に及ぼす影響について考察した。当院で初回介入手術を行った両大血管右室起始と診断のついた39例を対象として、二心室修復群 (n=16) と単心室修復群 (n=23) を比較した。二心室修復群で体外循環時間、大動脈遮断時間、挿管時間が有意に長かった。二心室修復群は術後のヘマトクリット値、局所酸素飽和度、拡張期圧、総蛋白量、MUF 中の中心静脈圧変化率が有意に高かった。単心室修復群の術前後で中心静脈圧が有意に高かった。無輸血体外循環達成率は二心室修復群 44%、単心室修復群 78% であった。単心室修復群は無輸血体外循環達成率が高かったが、容量負荷による血行動態の管理を必要としたため MUF の除水効率および血液濃縮効果は低く、局所酸素飽和度も低い傾向にあった。両大血管右室起始に対する単心室修復術は二心室修復術に比べて容量依存型循環エネルギーによる血行動態管理、水分バランス制御による体外循環管理を必要とした。

索引用語： 体外循環、両大血管右室起始、先天性心疾患、エネルギー、心臓手術

Cardiopulmonary bypass for double outlet right ventricle : comparison of bi-ventricle repair and single-ventricle repair

Hideshi Itoh, Hiroshi Taka, Takuma Douguchi, Shingo Kasahara, Sadahiko Arai, Shunji Sano

Key words : cardiopulmonary bypass, double outlet right ventricle, congenital heart disease, energy, cardiac surgery

I. 緒 言

両大血管右室起始 (double outlet right ventricle : DORV) と診断された症例に対する治療方針には、基本病態が心室中隔欠損 (ventricular septal defect : VSD)、ファロー型、大血管転移型を示すものは二心室修復へ、そして一側房室弁閉鎖、一側心室低形成、房室弁両室挿入などの複合例ではフォンタン型手術の単心室修復が適応となる^{1,2)}。先天性心疾患の場合には、同一の疾患名が記されていても基本病態によって外科的治療方針が異なる場合がある。その外科的治療方針の違いによって体外循環法がどのように異なってくるのかについて考察された報告は未だない。

そこで今回我々は診断名に DORV と記載された症例に対して、二心室修復術と単心室修復術の外科的治療法の違いがどのように体外循環法に対して影響を及ぼしているのかについて検討した。

II. 方 法

2007 年 1 月から 2010 年 12 月までに当院で施行された先天性心疾患手術症例 943 例のうち、当院で初回介入手術を行った DORV 39 例を対象とした。対象を二心室修復群 (BVR 群 : n=16) と単心室修復群 (SVR 群 : n=23) に分類し体外循環法に及ぼす影響について比較検討した。二心室修復群については Tasussing-Bing 型に対する Jatene 手術は対象から除外し、rastteli 型の VSD 閉鎖術と右室流出路形成を行った症例を対象とした。また単心室修復群は姑息術後のフォンタン型単心室治療を行った症例を対象とした。

比較検討項目は両群間における体外循環時間、大動脈遮断時間、ヘマトクリット値、水分出納、無輸血体外循環達成率、MUF (modified ultra filtration) 除水量、血圧 (収縮期圧、拡張期圧、中心静脈圧、左房圧)、局所酸素

○岡山大学病院 心臓血管外科

伊藤英史 (Hideshi Itoh)

〒700-8558 岡山県岡山市北区鹿田町 2-5-1

Department of Cardiovascular Surgery, Okayama University Hospital

2-5-1, Shikata-cho, Kita-ku, Okayama, 700-8558, Japan

[原稿受領日 : 2012 年 4 月 18 日 採択日 : 2012 年 7 月 2 日]

表 1 患児基礎データの比較

	BVR 群	SVR 群	P value
月齢(ヶ月)	29.8±26.0	55.9±38.9	P<0.05
身長(cm)	79.6±20.3	97.8±17.0	P<0.05
体重(kg)	9.5±5.0	14.6±5.5	P<0.05
BSA(m ²)	0.45±0.2	0.62±0.2	P<0.05

BVR: 二心室修復、SVR: 単心室修復、BSA: 体表面積

図 1 ヘマトクリット値の推移

BVR: 二心室修復、SVR: 単心室修復、*: P<0.05

表 2 体外循環基礎データの比較

	BVR 群	SVR 群	P value
体外循環時間(min)	131±39.6	99±27.8	P<0.05
大動脈遮断時間(min)	81±34.3	58±27.0	P<0.05
冷却温度(℃)	29.0±3.0	31.3±2.5	P<0.05
無輸血体外循環達成率(%)	44	78	P<0.05

BVR: 二心室修復、SVR: 単心室修復

図 2 体外循環中の水分出納の比較

BVR: 二心室修復、SVR: 単心室修復

飽和度 (rSO₂)、集中治療室 (ICU) 滞在時間とした。

体外循環は両群ともに膜型人工肺 (RX-05、テルモ、東京)、静脈貯血層 (Baby-RX、テルモ、同)、動脈フィルター (CX-AF02、テルモ、同)、ローラポンプ送血 (HAS、泉工医科工業、東京) を使用して行った。回路チューブにはポリ 2 メトキシエチルアクリレート (PMEA) コーティングされた 6 mm - 8 mm チューブを使用した。回路充填液は酢酸リンゲル液、マンニトール (4 mL/kg)、炭酸水素ナトリウム (20mL)、リボフラビンリン酸エステルナトリウム 1 g を使用した。体外循環回路の充填量は 330mL であった。抗凝固剤としてヘパリンナトリウムを 4 mg/kg 投与して体外循環を確立した。体外循環中は塩酸フェニレフリン (0.05 ~ 0.25mg/kg) および塩酸クロプロロマジン (0.5 ~ 1.0mg/kg) を使用して適正な末梢血管抵抗を制御し、灌流圧を 35 ~ 45mmHg に維持した。血液ガスの制御は a スタット法を用い、ベースエクセスが -3.0mmol/L 以下になる場合には炭酸水素ナトリウムで補正した。ヘモグロビン濃度が 8.0g/dL 以下になる場合には輸血を行った。また、ポリエーテルスルホン膜の血液濾過器 (アクアストリーム AS-04; JMS、東京) を用いて体外循環中には DUF (dilutional ultra filtration) を、そして体外循環終了後には 10 分間の MUF を施行した。

麻酔は大量フェンタニール法 (50 ~ 150μg/kg)、ミダゾラム (0.2 ~ 0.4mg/kg)、臭化パンクロニウム (0.1mg/kg) を使用した。体外循環離脱時にはドパミン塩酸塩 (5μg/kg/min)、ドブタミン塩酸塩 (5μg/kg/min)、ニ

トログリセリン (1μg/kg/min) を全例に使用した。一部の症例で陽性変力作動薬の使用や血管拡張剤の増量が体外循環離脱時に必要であった。また復温過程にはクロルプロマジン塩酸塩 (1.0mg/kg) を使用した。抗凝固剤の拮抗剤としてプロタミン硫酸塩 (3 mg/kg) を用いた。

統計学的解析にはスチューデント T 検定を用いて P<0.05 を有意とした。データは平均値±標準偏差で示した。

Ⅲ. 結 果

患児基礎データの比較では BVR 群において有意に月齢、身長、体重、体表面積 (BSA) が小さかった (表 1)。

体外循環基礎データの比較では BVR 群において有意に体外循環時間と大動脈遮断時間が長かった (表 2)。体外循環中の冷却温度は BVR 群が有意に低かった (表 2)。また、無輸血体外循環達成率は SVR 群が有意に高かった (表 2)。

ヘマトクリット値の推移では体外循環後 (BVR: 30.0±5.6%, SVR: 26.4±4.3%; P<0.05) および MUF 後 (BVR: 42.8±9.5%, SVR: 35.4±7.2%; P<0.05) において BVR 群の方が有意に高値を示した (図 1)。また MUF 前後におけるヘマトクリット値の変化率において、BVR 群で有意な上昇を示した (BVR: 1.44±0.14, SVR: 1.34±0.15; P<0.05)。

体外循環中の水分出納では BVR 群がマイナスバランスで SVR 群がプラスバランスであったが有意な差は認めなかった (BVR: -85.4±332.2mL, SVR: 35.4±422.5mL; P=0.35) (図 2)。

図3 単位体表面積あたりの MUF 除水量の比較
BVR：二心室修復、SVR：単心室修復、*：P<0.05

図4 MUF 前後における中心静脈圧の変化率の比較
BVR：二心室修復、SVR：単心室修復、*：P<0.05

図5 局所酸素飽和度 (rSO₂) の比較
BVR：二心室修復、SVR：単心室修復、*：P<0.05

単位体表面積あたりの MUF 除水量の比較 (MUF 除水量 / 体表面積) では BVR 群で有意に多かった (BVR: $1,328.8 \pm 244.9 \text{ mL/m}^2$, SVR: $1,122.2 \pm 318.6 \text{ mL/m}^2$; $P < 0.05$) (図3)。また MUF 前後における中心静脈圧の変化率は BVR 群で有意に低下した (BVR: 0.82 ± 0.25 , SVR: 1.05 ± 0.22 ; $P < 0.05$) (図4)。

局所酸素飽和度 (rSO₂) の比較では体外循環後 (BVR: $67 \pm 9.6\%$, SVR: $56 \pm 7.7\%$; $P < 0.05$) および MUF 後 (BVR: $72 \pm 10.3\%$, SVR: $59 \pm 9.9\%$; $P < 0.05$) において BVR 群の方が有意に高値を示した (図5)。

挿管時間 (BVR: 27.7 ± 10.2 時間, SVR: 18.6 ± 9.4 時間; $P < 0.05$)、ICU 滞在時間 (BVR: 171.8 ± 44.6 時間, SVR: 124.6 ± 31.4 時間; $P < 0.05$) とともに BVR 群の方が有意に長かった。

Ⅳ. 考 察

DORV は解剖学的右室から大動脈・肺動脈の両方の大血管が起始する先天性疾患と定義される²⁴⁾。解剖学的な特徴は大動脈および肺動脈ともに右室から起始し、左室からの流出路は VSD のみである。本症は VSD と大血管の相互の空間的位置関係によって少なくとも

16 通りに病型分類される²⁵⁾。

DORV に対する治療法は病型によって左右され、根治的に二心室治療を行えるものと姑息術を経て最終的にフォンタン型の単心室治療となるものに分けられる⁶⁾。同様に DORV と診断された症例であっても治療法の違いによりその術式は異なる¹⁾。

本研究の結果、DORV に対して二心室修復術を行った場合はフォンタン型単心室修復術を行った場合と比較して患児の月齢、身長、体重、体表面積が小さな時期に体外循環を用いた手術が行われていた。

また、二心室修復術では体外循環中の冷却温度が低く、大動脈遮断時間および体外循環時間も長かったために無輸血体外循環達成率の低下を招いたと考えられる。

両修復形態の違いによる無輸血体外循環達成率の違いは体外循環中の輸血量の差異が原因と考えられるが、それ以外にも二心室修復と単心室修復という最終的な循環形態の差異が影響するものもある。実際に単心室修復の場合には体外循環中の水分出納管理がプラスバランスの傾向で、また体外循環終了後の MUF において単心室修復の場合には MUF の効率が両心室修復と比較して悪い傾向にあった。このことは単心室形態と両心室形態がもつ循環エネルギー動態が影響していることを意味すると考えられる。

左心室あるいは右心室の機能的単心室のみで肺循環と体循環を賄う単心室形態における循環動態は左心室と右心室の両方を有する両心室形態の場合に比べて、少なくとも単純に 1.5 倍あるいは 2.0 倍の仕事量を機能的単心室のみによって補う必要がある^{7,8)}。そのため、十分な全身循環を確保するための循環エネルギーは必然的に容量に依存したものとなる。更に単心室修復における術後の拡張期圧の上昇もそのことを示唆する⁸⁾。

容量依存型のエネルギー循環によるフォンタン型の単心室循環では左心室あるいは右心室短絡による大静脈圧と肺動脈圧が等圧となり、容量依存によって血液

が体循環へとシフトし体液貯留を引き起こす^{7,9)}。その結果、僅かな圧変動によって体液貯水量が変動する。逆に言えば、少量の体液変動が大きな圧変動を生じさせる結果となる。

これらの要因が単心室修復における体外循環終了時の MUF 効率の低下あるいは体外循環中の血液濃縮効果の低下を招来し、また体外循環中の水分出納をプラスバランスへと傾倒させたと考えられる。

本研究は小児体外循環においては同様の診断名のついた症例であっても両心室形態あるいは単心室形態の違いのような最終的な修復形態の違いが体外循環における循環動態管理に影響を及ぼすことを証明している。したがって、固有の血行動態をもつ先天性心疾患に対する小児体外循環では個々の手術術式の違いが生み出す術後の修復形態の差異を考慮した体外循環法の確立が望まれる。

V. 結 論

DORV に対する単心室修復術では二心室修復術に比べて容量依存型循環エネルギーによる血行動態管理、水分バランス制御による CPB 管理を必要とした。

●参考文献

- 1) Brown JW, Ruzmetov M, Turrentine MW, et al. : Surgical results in patients with double outlet right ventricle : a 20-year experience. *Ann Thorac Surg*, 72 : 1630-1635, 2001.
- 2) Gedikbasi A, Oztarhan K, Ceylan Y, et al. : Diagnosis and prognosis in double outlet right ventricle. *Am J Perinatol*, 25 : 427-434, 2008.
- 3) 中沢 誠 編 : 先天性心疾患. 第1版, 東京, メジカルレビュー社. 2005. p260-268.
- 4) Artrip JH, Sauer H, Lacour-Gayet F, et al. : Biventricular repair in double outlet right ventricle : surgical results based on the STS-EACTS international nomenclature classification. *Eur J Cardiothorac Surg*, 29 : 545-550, 2006.
- 5) Kim N, Friedberg MK, Silverman NH : Diagnosis and prognosis fetus with double outlet right ventricle. *Prenat Diagn*, 26 : 740-745, 2006.
- 6) Goldberg SP, McCanta AC, Lacour-Gayet FG, et al. : Implications of incising the ventricular septum in double outlet right ventricle and in the Ross-Konno operation. *Eur J Cardiothorac Surg*, 35 : 589-593, 2009.
- 7) Setyapranata S, Brizard CP, d'Udenkem Y, et al. : Should we always plan a Fontan completion after Kawashima procedure? *Eur J Cardiothorac Surg*, 40 : 1011-1115, 2011.
- 8) Hiramatsu T, Imai Y, Nakazawa M, et al. : Time course of endothelin-1 and adrenomedullin after the Fontan procedure. *Ann Thorac Surg*, 68 : 169-172, 1999.
- 9) Konstantinov IE, Puga FJ, Alexi-Meskishvili VV : Thrombosis of intracardiac or extracardiac conduits after modified Fontan operation in patients with azygos continuation of the inferior vena cava. *Ann Thorac Surg*, 72 : 1641-1644, 2001.

[本論文のデータの一部は第 47 回日本小児循環器学会総会・学術集会において発表した]