

下大静脈 - 肺動脈直接吻合によるextracardiac TCPC

打田 俊司¹⁾, 小出 昌秋¹⁾, 立石 実¹⁾, 渡邊 一正¹⁾
 水上 愛弓²⁾, 武田 紹²⁾

Key words :

下大静脈主肺動脈直接吻合, 自己組織,
 TCPC手術, 心外導管

聖隷浜松病院心臓血管外科¹⁾, 小児循環器科²⁾

Extracardiac Total Cavopulmonary Direct Anastomosis without Prosthetic Materials

Shunji Uchita,¹⁾ Masaaki Koide,¹⁾ Minori Tateishi,¹⁾ Kazumasa Watanabe,¹⁾
 Ayumi Mizukami,²⁾ and Sho Takeda²⁾

Departments of ¹⁾Cardiovascular Surgery
 and ²⁾Pediatric Cardiology, Seirei Hamamatsu General Hospital, Shizuoka, Japan

Background: Extracardiac total cavopulmonary connection has tended to become popular as a modified Fontan procedure. The modified Fontan procedure using the lateral tunnel procedure is related with supraventricular arrhythmia, and extracardiac TCPC using a prosthetic graft carries the risk of thrombus and infection. Taking these disadvantages into consideration, we report four successful extracardiac total cavopulmonary connections performed by means of direct anastomosis of the inferior vena cava and main pulmonary artery without prosthetic materials.

Methods: Two patients with a diagnosis of tricuspid atresia (Ic) had normally related great arteries, and the other two patients [tricuspid atresia (IIc) and single right ventricle with pulmonary stenosis] had transposed great arteries. The inferior vena cava was transected at its atrial opening together with an atrial wall cuff. The pulmonary flap and atrial wall cuff were directly sutured, and the autologous pericardial patch was applied to complete the route.

Results: Both postoperative angiogram and CT scan showed an unobstructed smooth venous route in all cases.

Conclusion: This approach without using a prosthetic material has several advantages over the conventional method, including avoidance of supraventricular arrhythmia, anti-coagulability, and infection resistance.

要 旨

背 景：Fontan型手術法として、最近はextracardiac total cavopulmonary connection(TCPC)が主流になっているが、人工血管を用いることで合併しうる感染や血栓形成、lateral tunnelによる上室性不整脈などは回避できないリスクである。これらを勘案し、われわれは主肺動脈と下大静脈の直接吻合により人工物を用いないextracardiac TCPCを行った。

方 法：正常大血管関係の三尖弁閉鎖(TA(Ic))2例と大血管転位のTA(IIc)、大動脈縮窄(拡大端々吻合、肺動脈絞扼術(PAB)後)1例、大血管転位、右室性単心室、肺動脈狭窄：1例を対象とした。下大静脈はその右房開口部で心房壁をカフ状に付けた状態で切離し、主肺動脈は肺動脈弁直上でバルサルバ洞に切り込み、フラップを形成し、それぞれ直接吻合した。補填が必要な場合には自己心膜を用い導管を完成した。

結 果：術後血管造影、CT検査にて全例に良好な血流が確認できた。

結 論：人工物を用いず自己組織の連続性を保つextracardiac TCPCは、スムーズな血流を得られ、術後不整脈、血栓形成、感染に対する優位性を持つ点で有用な術式である。

平成16年6月8日受付

別刷請求先：〒399-8288 長野県南安曇郡豊科町大字豊科3100

平成16年12月1日受理

長野県立こども病院心臓血管外科 打田 俊司

Table 1 Demographics

Case	Age	Diagnosis	GAs relation	Palliative procedure
1	11 mo.	DORV, SRV, PS	Transposition	lt. mod. B-T shunt
2	12 mo.	TA (IIc), CoA, PDA, PH	Transposition	EEA, PAB
3	12 y.o.	TA (Ic), VSD (III)	Normal	None
4	14 mo.	TA (Ic), PH	Normal	PAB

GAs: great arteries, mo.: month, y.o.: years old, DORV: double outlet right ventricle, SRV: single right ventricle, PS: pulmonary stenosis, lt.: left, mod.: modified, B-T: Blalock-Taussig, TA: tricuspid atresia, CoA: coarctation of the aorta, PDA: patent ductus arteriosus, PH: pulmonary hypertension, EEA: extended end-to-end anastomosis, PAB: pulmonary artery banding, VSD: ventricular septal defect

Table 2 Preoperative cardiac catheterization data

Case	Qp/Qs (Qp : Qs)	Rp (Unit m ²)	PA index (rt./lt.)(mm)	Main PAP (mmHg)
1	1.2 (5.6/4.8)	0.9	530 (13.0/9.7)	14
2	0.6 (2.8/4.6)	1.8	307 (9.5/7.9)	-
3	1.0 (3.9/3.9)	1.3	248 (15.0/12.0)	-
4	0.9 (4.1/4.7)	2.0	320 (8.3/9.5)	15/6 (10)

Qp: pulmonary flow, Qs: systemic flow, Qp/Qs: pulmonary to systemic flow ratio, PA: pulmonary artery, PAP: pulmonary artery pressure, rt.: right, lt.: left

はじめに

Fontan型手術が必要な症例に対し、われわれは可能な症例では自己組織を用いたルート再建を心掛けています。今回、われわれはextracardiac total cavopulmonary connection (以下TCPC)が適応術式である症例で、自己心膜のみを補填材料とした下大静脈 (以下IVC) - 肺動脈 (以下PA) 直接吻合を4例に行い、良好な結果を得た。大血管が転位関係の2例では、IVCとPAの距離が短いので、1例ではほぼ端々吻合が可能であり、他の1例でも比較的容易にルートを作成し得た。正常大血管関係の2例では、肺動脈のバルサルバ洞を大きく切り込み、極力自己組織を利用し形成するといった工夫が必要であったが、無理なくルート再建が可能であった。術式の工夫と術後評価の結果を検討し、考察を加えて報告する。

対象と方法

対象は2002年5月～2004年1月にIVC-PA直接吻合によるextracardiac TCPCを行った4例。4例のうち1例は12歳、30kg、他の3例は手術時月齢 18.0 ± 4.6 カ月、体重 8.7 ± 0.7 kg。内訳は三尖弁閉鎖 (以下TA (Ic)) 2例、1例は肺動脈絞扼術 (以下PAB) 後、1例は小さな心室中隔欠損症 (以下VSD)、TA (IIc)、大動脈縮窄 (以下CoA (拡大端々吻合 (以下EEA)、PAB後) 1例、大血管転位、右室性

単心室 (以下SRV)、肺動脈狭窄 (以下PS): 1例であった。症例の概要 (Table 1, 2) と、フラップを用いたextracardiac TCPCを施行した症例の術式 (Fig. 1, 2) を示す。

IVC-PAルートは症例により異なった形成法で作成している。大血管が正常大血管関係のTA (Ic) の2例は、肺動脈バルサルバ洞壁を利用するため、交連部を避けて肺動脈弁輪ぎりぎりまで切り込み離断。前壁側をトリミングしフラップ状にすることにより延長を図り、フラップ状右房壁付きIVCと前壁を直接吻合し、後壁に自己心膜を補填しIVC-PAルートを完成した (Fig. 1)。大血管が転位関係で両側上大静脈を伴ったSRVの1例は、右房壁をフラップ状に付けた状態で切離し、右房フラップを縦方向に形成し、引き下ろした主肺動脈と直接吻合した。CoAを合併した大血管が転位関係のTA (IIc) は、まずEEAによる大動脈形成術とPABを行い二期的手術とした。extracardiac TCPCは、主肺動脈後壁をトリミングしフラップ状にすることにより延長を図り、右房壁をフラップ状に付けたIVCと後壁を直接吻合し、前壁に自己心膜を補填しIVC-PAルートを完成した (Fig. 2)。すべての症例で大動脈遮断解除後に上大静脈を肺動脈に端側吻合した。

結 果

全症例、術後経過は順調で退院し、術後経過期間は5～25カ月、平均12.8カ月で、現在外来でフォローアッ

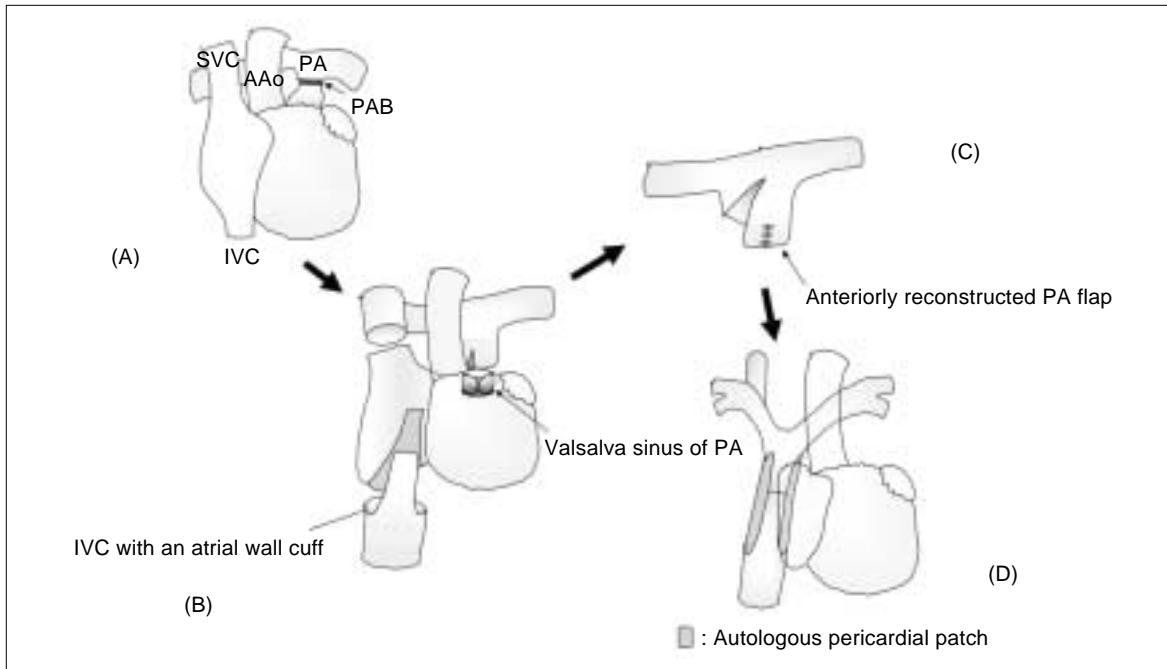


Fig. 1 Operative schema of modified IVC-PA direct anastomosis method. A case of normally related great arteries.
 A Normal relation of great arteries. PAB had been required as a previous palliative operation.
 B SVC, IVC, and PA trunk were transected just above the valve. IVC was transected together with a small atrial wall cuff.
 C To lengthen the pulmonary trunk, a pulmonary artery flap was reconstructed in this fashion.
 D Reconstructed PA was brought down posterolaterally with respect to the right atrium and was anastomosed with the IVC. An autologous pericardial patch was applied to achieve the route.
 SVC: superior vena cava, IVC: inferior vena cava, AAO: ascending aorta, PA: pulmonary artery, PAB: pulmonary artery banding

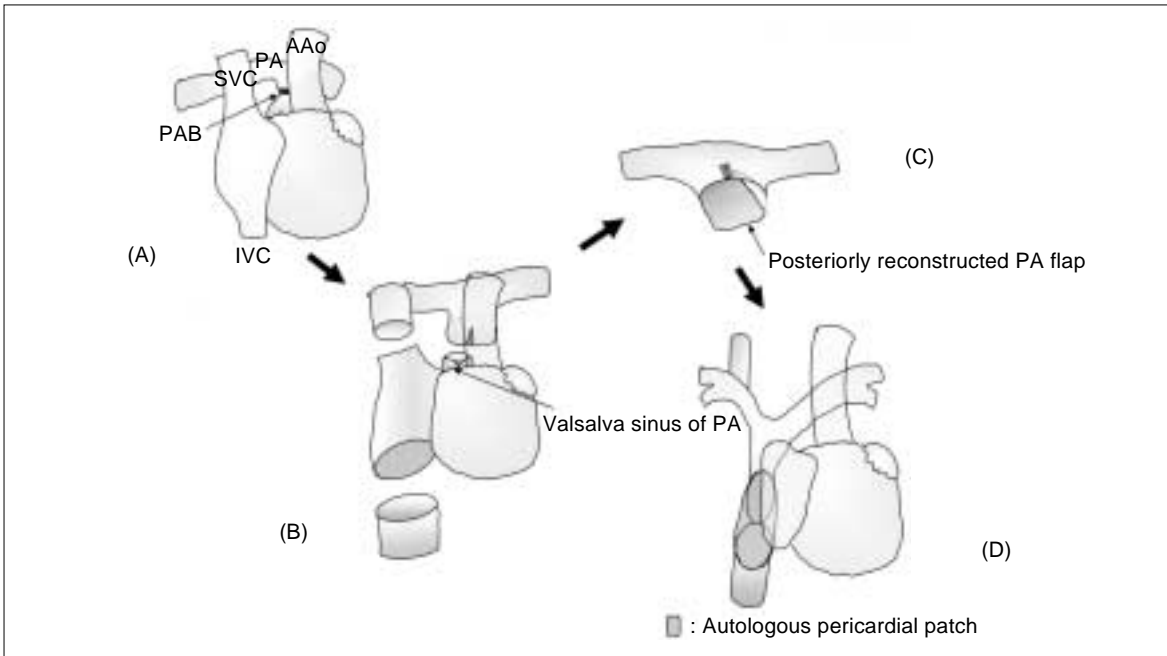


Fig. 2 Operative schema of modified IVC-PA direct anastomosis method. A case of transpositioned great arteries.
 A Transpositioned great arteries. PAB had been required as a previous palliative operation.
 B SVC, IVC, and PA trunk were transected just above the valve. IVC was transected with a small atrial skirt.
 C To lengthen the pulmonary trunk, a pulmonary artery flap was reconstructed in this fashion.
 D Reconstructed PA was brought down posterolaterally with respect to the right atrium and was anastomosed with the IVC. Autologous pericardial patch was applied to achieve the route.
 SVC: superior vena cava, IVC: inferior vena cava, AAO: ascending aorta, PA: pulmonary artery, PAB: pulmonary artery banding



Fig. 3 Postoperative angiograms in case 1 (A) and case 3 (B).
In both cases, images demonstrate the non-obstructive systemic venous pathway.
A Case 1 study. Bilateral bi-directional Glenn route and IVC to PA routes.
B Case 3 study. IVC flow mainly returns to the left pulmonary artery.

A

B

プしている．全例心電図上洞調律で不整脈は認められていない．術後評価は，大血管が転位関係 2 例と正常関係 2 例の全 4 例で造影CTを，症例 1 と症例 3 の 2 例でそれぞれ術後 20 カ月，1 カ月に心臓カテーテル検査を行った．いずれもIVC-PAルートに狭窄なく，形態的にもスムーズな血流が得られていた (Fig. 3)．

考 察

1971年に，三尖弁閉鎖に対しFontanら¹⁾により報告された術式は，その後，右心バイパス手術術式の基本となり，数々の変法の報告と臨床経過報告を基に発展してきた．中でも，1988年にde Levalら²⁾が発表したTCPC法は，乱流を起こさず，energy lossが少ない生理的な血流でスムーズな体静脈血流の左右肺静脈への還流が得られる利点があり，現在多くの施設で導入されている術式となった．

その方法として，心房内パッチによるreroutingやextracardiac TCPCが代表的であるが^{3,4)}，それぞれ，上室性不整脈，人工血管による心外導管に伴う血栓形成

や感染などの問題^{5,6)}があり，術式自体と人工血管使用に伴う合併症をいかに回避すべきかは，いまだ議論の余地がある．これらの諸問題より，当施設においては可能な症例では本論文で呈示したようなIVC-PA端々吻合，もしくは部分的に連続性を持たせ，残りを自己心膜で補填する術式を採用している．従来の人工血管を用いたextracardiac TCPCに対し，吻合血管に連続性を持たせ自己組織のみを用いることでルートの成長が期待でき，自己組織を使用することで導管内のpeel formationの回避，抗血栓性，抗感染性が得られ，長期にわたる抗凝固療法も回避しうる優位性がある．Fontanルートをスムーズにするために，体外循環確立前に，可及的に肺動脈を末梢まで，少なくとも上葉分枝を越えて剥離し，十分にmobilizeする．体外循環確立後に交連部を避けながらバルサルバ洞まで切り込み，主肺動脈を可及的に長い状態で切離する．systemic ventricleの遺残弁になるので，血栓形成防止のため肺動脈弁は縫合閉鎖し，切断肺動脈中枢端を縫合閉鎖する．大血管関係が転位している場合は，引き下ろした肺動脈と引き上げた

下大静脈の距離が正常大血管関係より短くなるが^{7, 8)}、その距離を吻合前に十分確認し、症例により、主肺動脈の前面か後面にフラップを作るように肺動脈近位端を形成する。IVC中枢側の後壁は右房壁を心房中隔直下ぎりぎり、前壁は右房壁をフラップ状にして切離することによって、長めの有茎自己組織を得ることができ、直接吻合が可能となる。可能な症例は直接端々吻合、その他はルートの前壁もしくは後壁をPAフラップとIVCフラップの自己組織同士で再建し、残りを自己心膜で補填・形成し、ルートを完成する。このような留意・工夫により、大血管関係によることなく余裕を持った体静脈ルートを完成することができる。既存のIVC-PA端々吻合を用いたextracardiac TCPCの報告では、大血管関係により適応に限られるとするCarottiら⁷⁾やvan Sonら⁸⁾の報告、大血管関係に関係なく可能とするYamagishiら⁹⁾の報告があるが、いずれにしてもこの術式を採用した背景には、自己組織のみ用いることによる合併症回避の優位性を考察に挙げている。報告された術式はすべて端々吻合であり、本論文でも示したような、長めに主肺動脈を離断する、IVCには右房カフをつけるといった方法はとられていた。しかしながら、直接端々吻合はすべてのTCPC適応症例に応用可能な術式ではない。しかし、本論文で示した工夫を行うことで、大血管関係に関係なく、IVCとPAの距離が直接吻合ぎりぎり、もしくは少し足りない症例に対しても応用し得る術式となり、より多くの症例に応用できると考え、本報告を行うに至った。もちろん、理想的には、完全な直接端々吻合であるが、術後、IVC-PAルートに引きつれを生じるようでは本法を行う意味がなくなる。両側肺動脈は上葉分枝を越え十分に剥離し、主肺動脈を必要に応じフラップ状に形成し、IVCに右房壁を付けて切除することにより、引きつれを起こさず無理なくルートを作成できた。これらの結果、術後造影CT検査でIVC-PAルートに狭窄を認めず、心臓カテーテル検査においても有意な圧較差なく、血管造影においても血流がスムーズであることが確認できた。

ここで述べた直接吻合「可能な症例」には、両側肺動脈を剥離することにより十分にmobilizeできることが最適な条件の一つと考えられる。本論文における症例では、Blalock-Taussigシャント(以下B-Tシャント)や両方向性Glenn手術(以下BDG)などの先行手術は行われていない。しかしながら、近年、TCPC手術に至るまでにBDGが一般的に行われていることが多い。「可能な症例」とするためには、B-Tシャントなら剥離により十分にmobilize可能と考えられるが、BDG、特に両側BDGなら、肺動脈可動制限を来すことになるため、一度Glenn

吻合を解除しなければならないことを考慮する必要がある。また、解除したとしても可動制限は改善せず断念し、再吻合を余儀なくされ、肺動脈狭窄発症や体外循環時間延長など、demeritが増えるだけになる可能性もある。術式の可否決定にはBDGを介さないhigh flow strategyで経過観察する、もしくは先行手術としてB-TシャントやBDGを必要とせず経過観察できる疾患に適応を限定する必要があると考える。もちろん、一般的なFontan型手術の適応条件を十分にクリアすることが前提となることは言うまでもない。

遠隔については、Marcellettiら¹⁰⁾が206人のextracardiac TCPCを施行した患者の報告を行っている。基本的には体重15kg以上の患者にstretch polytetrafluoroethylene導管(直径18mm以上22mm以下に限定)をできるだけ短く用いることを条件としている。術後6カ月で20人の患者に対しMRIで導管内径変化測定を行い、 $17.8 \pm 7.6\%$ の減少を示したが、5年以上でもその状態が維持されていたと報告されている。抗凝固療法には術後6カ月まではwarfarinを用い、以後はaspirinに切り替え、最近7年間では導管内血栓症を認めていないと報告されている。確かに、人工血管を用いたTCPCも、管理を十分に行うことで、このような良い経過を保つことができるかもしれない。しかし、少ないながらも206例中4例はIVC-PA端々吻合を行っており、術後急性期にも2年間のフォローアップの間にも、抗凝固療法なしで血栓症や不整脈の問題もなく良好な導管状態を保っているとも述べられており、人工物を使わない優位性が少しずつ報告され始めてきている。

しかし、抗凝固療法の必要性に関してはFontan circulation特有の凝固機能亢進が報告されている¹¹⁾。その機序などについてはいまだ議論の及ぶところではあるが、十分に考慮しながらこれらの症例をフォローアップする必要があると考えている。今後の症例においては術前を含め、詳細な凝固系データの変化を測定・検討していく必要があると考えている。

結 語

今回われわれは、右心バイパスが必要な患児に術後不整脈、血栓形成による合併症や、生涯にわたる抗凝固療法、内膜異常増生による導管狭窄や感染が少しでも回避できる術式を、という考えのもとにIVC-PA端々吻合によるextracardiac TCPCを行った症例を報告した。われわれが示したような術式の工夫で、人工物を用いない自己組織のみで完成することができ、適応拡大できることを期待する。

【参考文献】

- 1 Fontan F, Baudet E: Surgical repair of tricuspid atresia. *Thorax* 1971; 26: 240–248
- 2 De Leval MR, Kilner P, Gewillig M, et al: Total cavopulmonary connection: A logical alternative to atriopulmonary connection for complex Fontan operations. Experimental studies and early clinical experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988; 96: 682–695
- 3 Kreutzer J, Keane JF, Lock JE, et al: Conversion of modified Fontan procedure to lateral atrial tunnel cavopulmonary anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 111: 1169–1176
- 4 Marcelletti C, Corno A, Giannico S, et al: Inferior vena cavopulmonary artery extracardiac conduit. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990; 100: 228–232
- 5 Jonas RA: Intracardiac thrombus after the Fontan procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 110: 1502–1503
- 6 Di Carlo DC, Carotti A, Amodeo A: Total cavopulmonary direct anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 113: 808–809
- 7 Carotti A, Iorio FS, Amodeo A, et al: Total cavopulmonary direct anastomosis: A logical approach in selected patients. *Ann Thorac Surg* 1993; 56: 963–964
- 8 Van Son JA, Reddy M, Hanley FL: Extracardiac modification of the Fontan operation without use of prosthetic material. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 110: 1766–1768
- 9 Yamagishi M, Nakamura Y, Kanazawa T, et al: Extracardiac direct total cavopulmonary connection. *Ann Thorac Surg* 1997; 64: 1817–1819
- 10 Marcelletti CF, Iorio FS, Abella RF: Late results of extracardiac Fontan repair. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 1999; 2: 131–142
- 11 Odegard KC, McGowan FX Jr, Zurkowski D, et al: Procoagulant and anticoagulant factor abnormalities following the Fontan procedure: Increased factor VIII may predispose to thrombosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125: 1260–1267