

■ 原 著 ■

機械的心肺補助装着下の緊急的・準緊急的カテーテル治療

金 成海¹, 濱本 奈央², 石垣 瑞彦¹, 田邊 雄大¹, 小野 頼母², 佐藤 慶介¹, 芳本 潤¹, 満下 紀恵¹, 新居 正基¹, 田中 靖彦¹

Emergency or urgent catheter intervention under cardiopulmonary support

Sung-Hae Kim¹, Nao Hamamoto², Mizuhiko Ishigaki¹, Takehiro Tanabe¹, Tanomo Ono², Keisuke Sato¹, Jun Yoshimoto¹, Norie Mitsushita¹, Masaki Nii¹, and Yasuhiko Tanaka¹

doi: 10.20599/jpic.3.10

■ 要 約 ■ 背景：機械的呼吸循環補助（cardiopulmonary support; CPS）は、蘇生や周術期管理において重要な位置を占めており、離脱へ向けては積極的な治療介入を要することが多い。

目的および方法：2007年6月から2015年10月に当院で施行したCPS下のカテーテル治療（CI）の経験について診療録をもとに検討し報告する。

結果：期間中CPS装着は71例、CPS下で10例に心臓カテーテルを施行し、うち6例にのべ7回のCIを行った。CPS導入理由は開心術後人工心肺離脱不可2例、呼吸不全、循環不全、あるいは右室流出路からのハイブリッド治療のため、選択的にCPS導入した例が4例であった。CI前からCPS装着していた4例は手技成功後平均4.3日で全例離脱可能となった。選択的にCPS導入した2例は手技終了後速やかにCPSから離脱した。CI終了と同時にCPSを離脱した1例で出血が多く、翌日外科的な止血術を要し引き続き縦隔洞炎を発症したが、他に合併症は認めなかった。

結語：CPS下CIは、多彩でありながらも安全に施行可能であり、CPS離脱率すなわち救命率向上に有用であった。心機能低下例では選択的CPSを導入下のハイブリッド治療も考慮すべきである。

■ Abstract ■ Background: Cardiopulmonary support (CPS) plays an important role in cardiopulmonary resuscitation and peri-operative management. In addition, active therapeutic intervention is often necessary for weaning from the support system.

Purpose and Method: Retrospective study of the catheter interventions (CIs) experienced in our institute since June 2007 until October 2015 are included and assessed in this study.

Results: In the study period, CPS was installed in 71 cases, and of them, 10 cases underwent cardiac catheterization including 6 cases (7 sessions) of catheter-based therapeutic procedures. Failure to be weaned off the cardiopulmonary bypass after surgery, respiratory or circulatory failure, and preparation for hybrid approach by right ventricular outflow tract puncture were the reasons for installation of CPS. Four cases to which CPS was installed before CI were weaned from it mean 4.3 days after the CI. In two cases, CPS was prepared electively and weaned off immediately after the CI. A case of hybrid procedure was complicated by excessive bleeding after decannulation that required surgical hemostasis next day and subsequent mediastinitis. There were no other complications related to the procedures.

Conclusions: CIs under CPS in this study featured wide variety and safe performance, and contributed to successful weaning and survival. In the cases of poor circulatory status, it will be one of favorable options to prepare CPS before the hybrid procedure.

■ Key words ■ cardiopulmonary support, extracorporeal membrane oxygenation, catheter intervention, postoperative period, hybrid procedure

はじめに

体外式膜型人工肺（extra-corporeal membrane oxygenation;

ECMO）を主とする呼吸循環補助（cardiopulmonary support; CPS）は、蘇生や周術期管理において重要な位置を占めている。急性循環不全や呼吸障害に対する一時的な補助

¹ 静岡県立こども病院循環器科

² 静岡県立こども病院循環器集中治療科

¹ Department of Cardiology, Shizuoka Children's Hospital, Shizuoka, Japan

² Cardiac Intensive Care Unit, Shizuoka Children's Hospital, Shizuoka, Japan

Received March 26, 2018; Accepted April 23, 2018

として、自然回復までのつなぎとしての役割もあるが、特に先天性心疾患の術後の場合、多くの場合はCPSが導入されるべき病因がある¹⁾。生存退院のために、また後遺症なき生存のためにはできる限り早期にCPSからの離脱が必要となり、その離脱に向けて積極的な治療介入を要することも多い^{2,3)}。その介入には、外科的再手術のみならず、カテーテル治療 (catheter intervention; CI) も選択肢となり得る。

目的と方法

2007年6月から2015年10月に当院で施行したCPS下CIの適応と手法、およびその効果について診療録をもとに検討する。当院でCPS下にCIを施行する典型的な環境をFig. 1に示す。

対 象

上記の期間中、CPS装着された症例は71例であった。そのうち、CPS下で10例に心臓カテーテルを施行。4例は

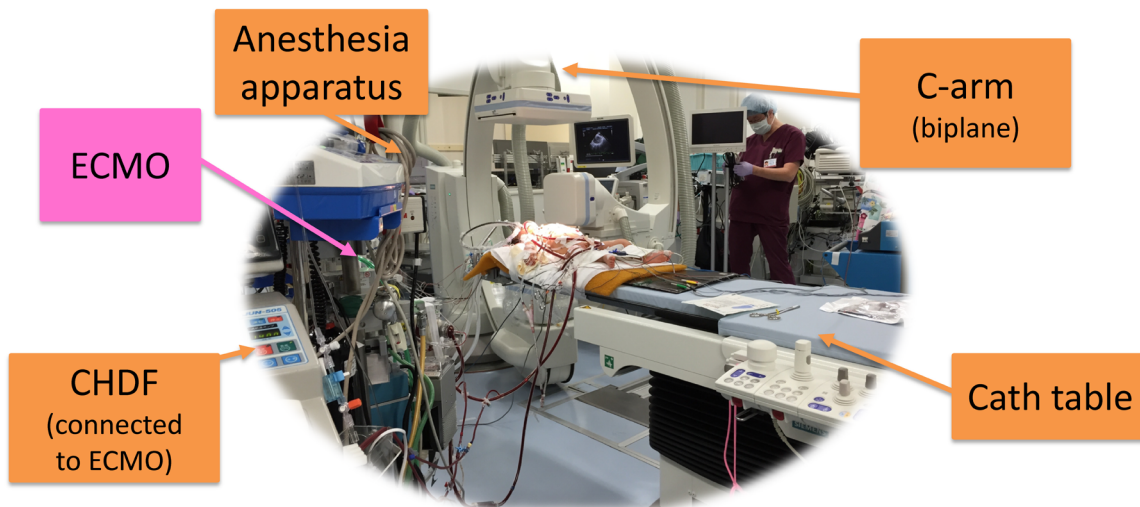


Fig. 1 Typical circumstance during catheter intervention under cardiopulmonary support in our institute
ECMO: extra-corporeal membrane oxygenation, CHDF: continuous hemodiafiltration.

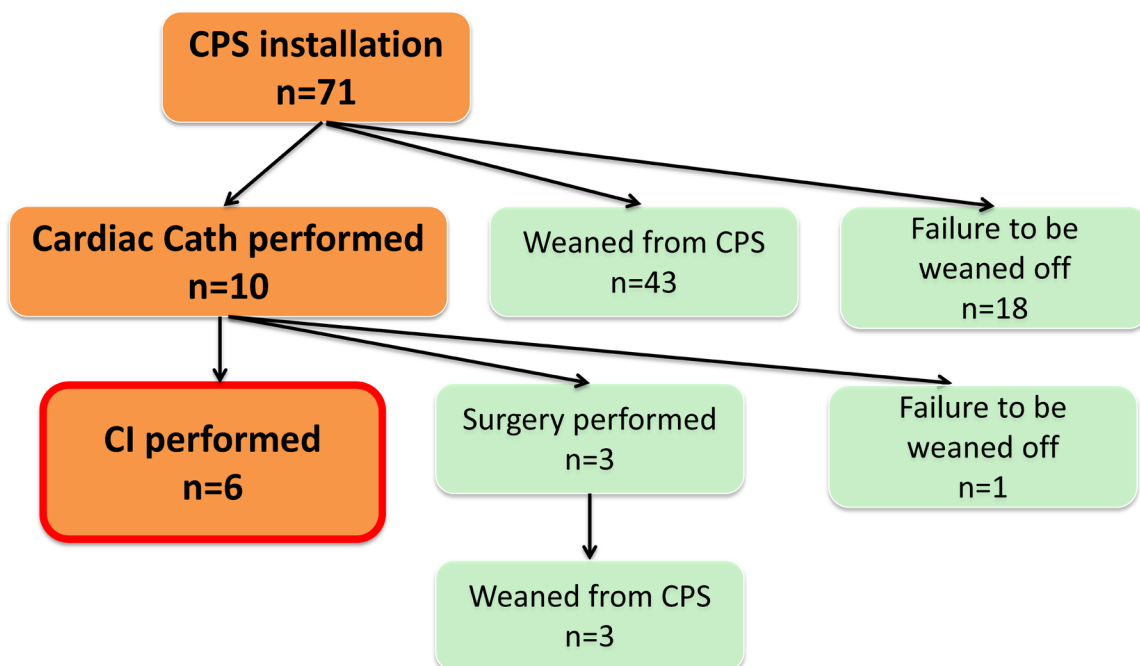


Fig. 2 Clinical course of overall 71 cases installed CPS during the study period
CPS: cardiopulmonary support, CI: catheter intervention.

診断目的で、そのうち3例に外科的再手術を行い、CPSからの離脱に成功している。その他の6例にのべ7回のCIを行い、今回の検討の対象とした (Fig. 2)。

結 果

6症例全体のまとめ (Fig. 3)

今回の検討の対象とした6例の患者背景 (年齢, 性別, 体重, 基礎心疾患), およびそれぞれのCPS導入理由と施行したCI手技を Table 1 に示す。施行時年齢は生後2か月~12歳3か月 (中央値2歳2か月), 男女比は4:2, 体重は3.3~36kg (中央値7.6±12.2kg) であった。基礎心疾患は, 心房頻拍, 単心室, 左心低形成症候群, 肺動脈閉鎖兼心室中隔欠損・主要体肺側副血行, Williams症候群に伴う多発性末梢性肺動脈狭窄, 両大血管右室起始であった。CPS導入理由は, 開心術後人工心肺離脱不可2例, 心外導管によるFontan型手術後鑄型気管支炎 (plastic bronchitis) による呼吸不全1例, 頻拍誘発性心筋症による循環不全1例, 末梢肺動脈の高度狭窄による後負荷不適合のため術前から右室機能低下が著しく, 主肺動脈からのハイブリッド治療のため選択的にCPS導入した例が2例であった。実施したCIの内訳は, 高周波カテーテルアブレーション1例, 体肺側副動脈コイル塞栓+左肺動脈ステント留置+

Fontan心外導管開窓作成 (Brockenbrough法による導管よび心房壁の穿通とそれに引き続くステント留置・拡大) 1例, 主要体肺側副動脈へのステント留置1例, 両側肺動脈へのステント留置2例, 末梢肺動脈バルーン拡張1例であった。

手技時間は平均3.5時間 (1時間6分~7時間15分) であった (Fig. 4A)。選択的にCPS導入した2例は手技終了後, 心カテ室もしくは循環器集中治療室にて速やかにCPS離脱可能であり, CI前からCPS装着していた4例は手技成功後平均4.3日で全例離脱可能となった (Fig. 4B)。

後述する症例6において, CI終了と同時にCPSを離脱した1例で出血が多く, 翌日外科的な止血術を要し, その後縦隔洞炎を発症し洗浄および抗生剤投与により改善した。その他の症例においては手技に伴う合併症は認めなかった (Table 1)。

代表的な症例の経過

症例1では, 2011年4月に薬物抵抗性の心房頻拍により頻拍誘発性心筋症を呈しショック状態に陥り, 右大腿動脈からのカニューレーションによるCPSが導入されていた。アブレーションは初回, 右内頸静脈経路で三次元マッピングシステム (CARTO™ XP, Biosence Webster Inc) を併用し

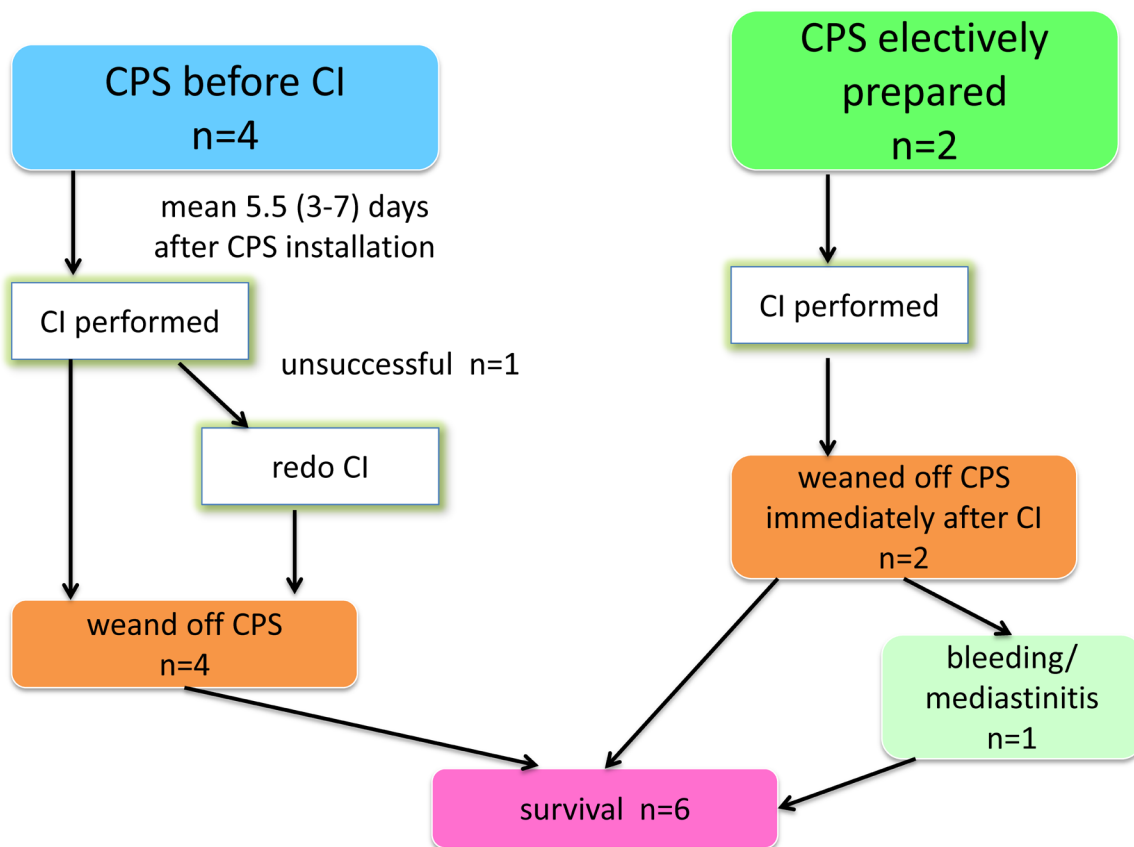


Fig. 3 Summary of 6 cases underwent CI under CPS
CPS: cardiopulmonary support, CI: catheter intervention.

Table 1 Demographic data and reasons for and procedures of CI.

	age	sex	BW (kg)	initial diagnosis	reasons for CPS installation	CI procedures
1	12y	F	36	AT	tachycardia induced cardiomyopathy	RFCA (× 2 sessions)
2	3y2m	M	9.7	SV	choking by plastic bronchitis E-CPR	coil (APCAs), stent (LPA), fenestration to TCPC conduit
3	1y3m	M	7.4	HLHS	failure to wean off CPB	stent (LPA, RPA)
4	2m	M	3.3	PA/VSD/ MAPCA	failure to wean off CPB	stent (MAPCA)
5	3y1m	M	7.7	Williams synd. multiple PPS	developed RHF, massive TR <i>prepare CPS before hybrid procedure</i>	UHP balloon × 3, stent × 1 (4 peripheral branches)
6	7m	F	4.6	DORV AS, CoA	recovery from CPR, developed RHF <i>prepare CPS before hybrid procedure</i>	stent (LPA, RPA)

APCAs: aortopulmonary collateral arteries, AS: aortic stenosis, AT: atrial tachycardia, BW; body weight, CI: catheter intervention, CoA: coarctation of aorta, CPB: cardiopulmonary bypass, CPS: cardiopulmonary support, DORV: double outlet right ventricle, ECMO: extracorporeal membrane oxygenation, E-CPR: ECMO-cardiopulmonary resuscitation, HLHS: hypoplastic left heart syndrome, LPA: left pulmonary artery, M, months, MAPCA: major aorto-pulmonary collateral artery, PA: pulmonary atresia, PPS: peripheral pulmonary artery stenosis, RHF: right heart failure, SV: single ventricle, TCPC: total cavo-pulmonary connection, TR: tricuspid regurgitation, UHP: ultra-high pressure, VSD: ventricular septal defect, Y, years

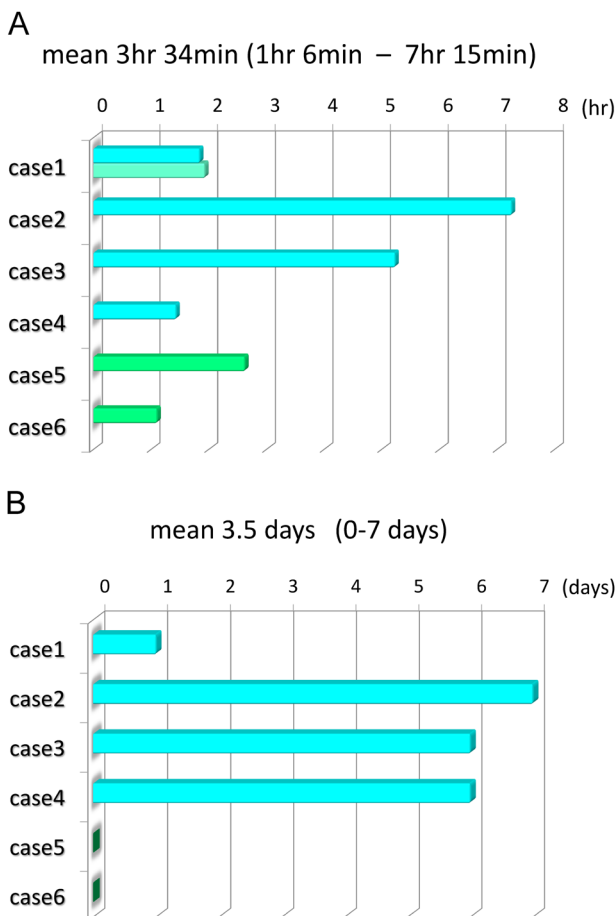


Fig. 4 A procedure time, B duration between CI and weaning off CPS
CI: catheter intervention, CPS: cardiopulmonary support.

て右心耳に存在する起源を標的として焼灼を開始した。しかし、複数箇所起源を有する多巣性心房頻拍であることが判明し、心内電位で同定された起源にそれぞれ焼灼を試みるも発作の停止には至らなかった。そのため、3日後に再度、房室結節アブレーションおよびペースメーカー植込みを行いCPS離脱に成功した (Fig. 5)。

症例2は、単心室に対して1歳4か月時に18mm人工血管による心外導管型Fontan型手術を施行後の男児。体肺側副血管残存により中心静脈圧高値、反復性喘鳴を呈しており、3歳2か月時に鋳型気管支炎 (plastic bronchitis) を発症 (Fig. 6A)。入院加療中に窒息に陥り、右総頸動脈・内径静脈カニューレによるCPS導入を併用して蘇生が行われた。Fontan循環の破綻が急変の主因と考えられ、CPS導入6日後にCIに踏み切った。問題となる病変をできる限り克服することを目標として、以下の3種類の治療を連続して施行した (Fig. 6B):

- ①体肺側副動脈に対するコイル塞栓 (着脱式・非着脱式マイクロコイル計50個使用)
 - ②左肺動脈狭窄に対するステント留置 (Palma3 308を9mmの血管拡張用バルーンにて留置拡大)
 - ③心外導管開窓作成 (Brockenbrough法による導管よび心房壁の穿通とそれに引き続くステント留置・拡大)
- 3種類の治療完遂のため手技時間は7時間15分に及んだが、末梢酸素飽和度、心拍数、血圧といったバイタルサインの変動はほとんどなく、安定した状態が保たれた (Fig. 6C)。

症例5および6では、CIのために選択的にCPSが導入さ

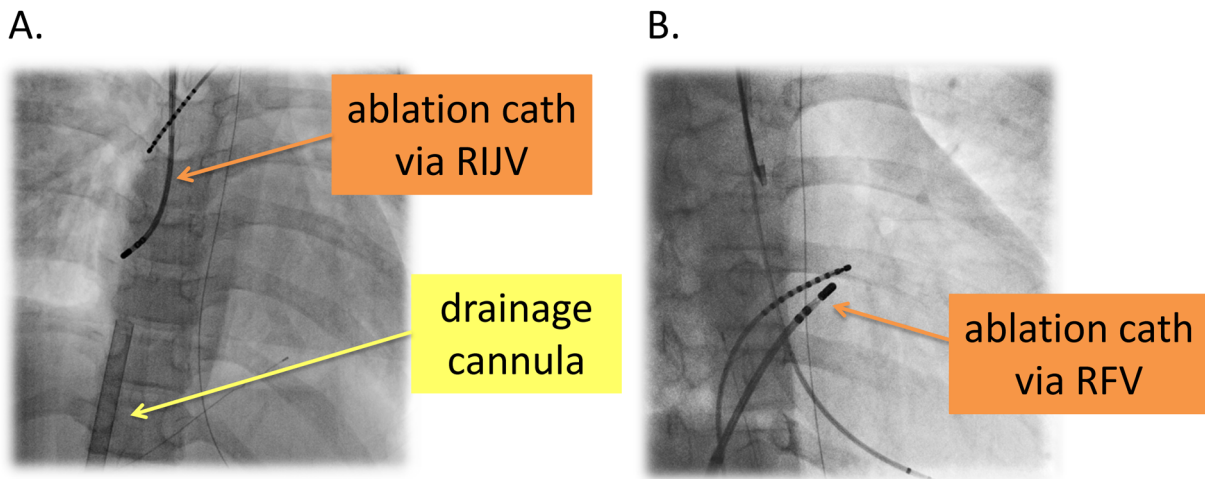


Fig. 5 Case 1: RFCA under CPS

A 12 year-old girl was transferred to the cardiac intensive care unit suffering from severe heart failure due to atrial tachycardia that induced cardiomyopathy and was installed CPS by V-A ECMO (femoral vein and common carotid artery access).

A. The first RFCA attempt was provided using right jugular vein approach (avoiding the venous ECMO cannula) aiming the focus inside the right atrial appendage. However, this resulted in technical failure because it revealed to be multiple chaotic origins. B. The second attempt was performed by femoral vein approach, aiming to ablate the atrioventricular node for ventricular rate control. Subsequently permanent pacemaker was implanted.

CPS: cardiopulmonary support, ECMO: extra-corporeal membrane oxygenation, RFCA: radiofrequency catheter ablation, RIJV: right internal jugular vein, RFV: right femoral vein.

れた。いずれも両側末梢肺動脈の高度狭窄があり、重度の右室不全と三尖弁逆流があり、右心系を經由するカテーテル操作によって循環動態が悪化することが予想されていた。症例6では、基礎疾患が大動脈弁下心中隔欠損、大動脈弁狭窄、大動脈縮窄を伴う両大血管右室起始症で、日齢2、体重1883gにて両側肺動脈絞扼術を経て、生後5か月時に12mm Contegra 導管を用いた Norwood+Rastelli 術が施行されていた。術直後より Contegra 導管吻合部遠位の両側肺動脈分岐部狭窄が認められ、退院後、術後44日目に上気道炎罹患を契機にショック状態に陥り、心肺蘇生の上再入院となった。翌日、開胸下に右心耳脱血、上行大動脈送血による CPS を導入、Contegra 導管に6F 3cmのショートシースを留置、両側の肺動脈分岐部に Express Vascular SD ステントをそれぞれ6mmに拡大留置した (Fig. 7)。CI 手技終了後、ハイブリッド心カテ室内にて CPS から離脱し開胸下に循環器集中治療室に帰室。翌日縦隔内止血術を要し、その後縦隔洞炎を発症し洗浄および抗生剤投与により改善し退院となった。

考 察

小児領域の CPS は、血液の酸素化とともに循環補助を提供する ECMO のほか、心室機能への直接的補助を提供する補助人工心臓 (ventricular assist device; VAD) と大動脈バルーンポンピング (intraaortic balloon pumping; IABP) に分類される⁴⁾。小児例では IABP が適用される機会は少なく、当院へ体外設置式補助人工心臓システムが導入さ

れた時期が2016年以降であったことなどから、今回の研究の対象となった6例に導入された CPS はすべて ECMO であった。

ECMO の適応には、新生児期の重篤な呼吸器疾患の代表である遷延性肺高血圧症、横隔膜ヘルニアのほかに、心疾患領域では、(1)院内心停止に対する蘇生の一環としての導入 (ECMO cardiopulmonary resuscitation; E-CPR)、(2)低心拍出状態、(3)最大限の血管作動薬および人工呼吸管理においても遷延する低酸素状態、(4)人工心肺装置からの離脱不可、などが挙げられる⁵⁾。小児領域で院外心停止を含めた E-CPR に関しては1980年代から^{6,7)}、心臓外科手術後の ECMO 管理については1990年代から多数の報告がなされている^{8,9)}。いずれも、ECMO の導入により明らかに救命には至っているものの、その離脱率、生存退院率は必ずしも高いとはいえない。年代や条件によって異なり、それぞれ概ね40~60%、25~40%と報告されている。

Fig. 2 に示すように、今回の検討における当該期間中71例の ECMO 装着全装着例では、重度心筋症や劇症型心筋炎など、先天性心疾患に対する心臓外科術後例以外の循環不全も対象としている。そのうち、43例が集中治療の継続あるいは再手術により離脱可能となった。他の10例に対して CI あるいは病態診断目的で ECMO 装着下に心カテが施行された。CI を6例に施行、診断カテーテルに引き続き心臓外科再手術を3例に施行、いずれも離脱可能となった。症例数が少ない観察研究であるため CI の貢献度を科学的に評価することはできない。しかし、心臓外科手術後

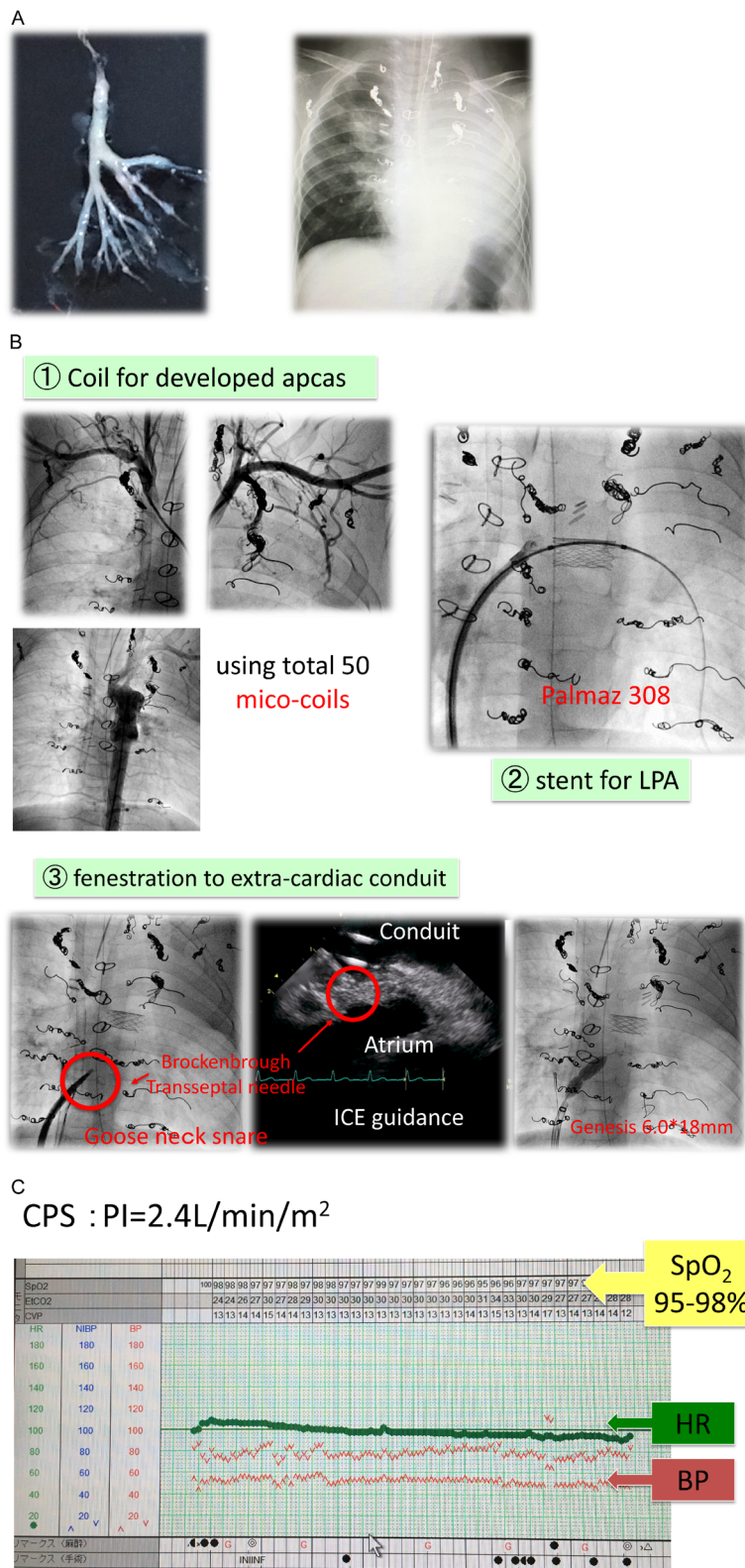


Fig. 6 Case 2: a 3 year-old boy with single ventricle post-status extra-cardiac TCPC
 A. E-CPR was provided due to in-hospital choking by plastic bronchitis. B. CI under CPS, the procedure time lasted 7 hours and 15 minutes. C. Anesthesia chart of the case. Stable vital signs are maintained throughout the long procedure.
 APCAs, aortopulmonary collateral arteries, BP: blood pressure, CI: catheter intervention, CPS: cardiopulmonary support, ECMO: extracorporeal membrane oxygenation, E-CPR: ECMO-cardiopulmonary resuscitation, HR: heart rate, ICE; intracardiac echocardiography, LPA, left pulmonary artery, SpO2; transcutaneous oxygen saturation, PI: pulsatility index, TCPC: total cavo-pulmonary connection.

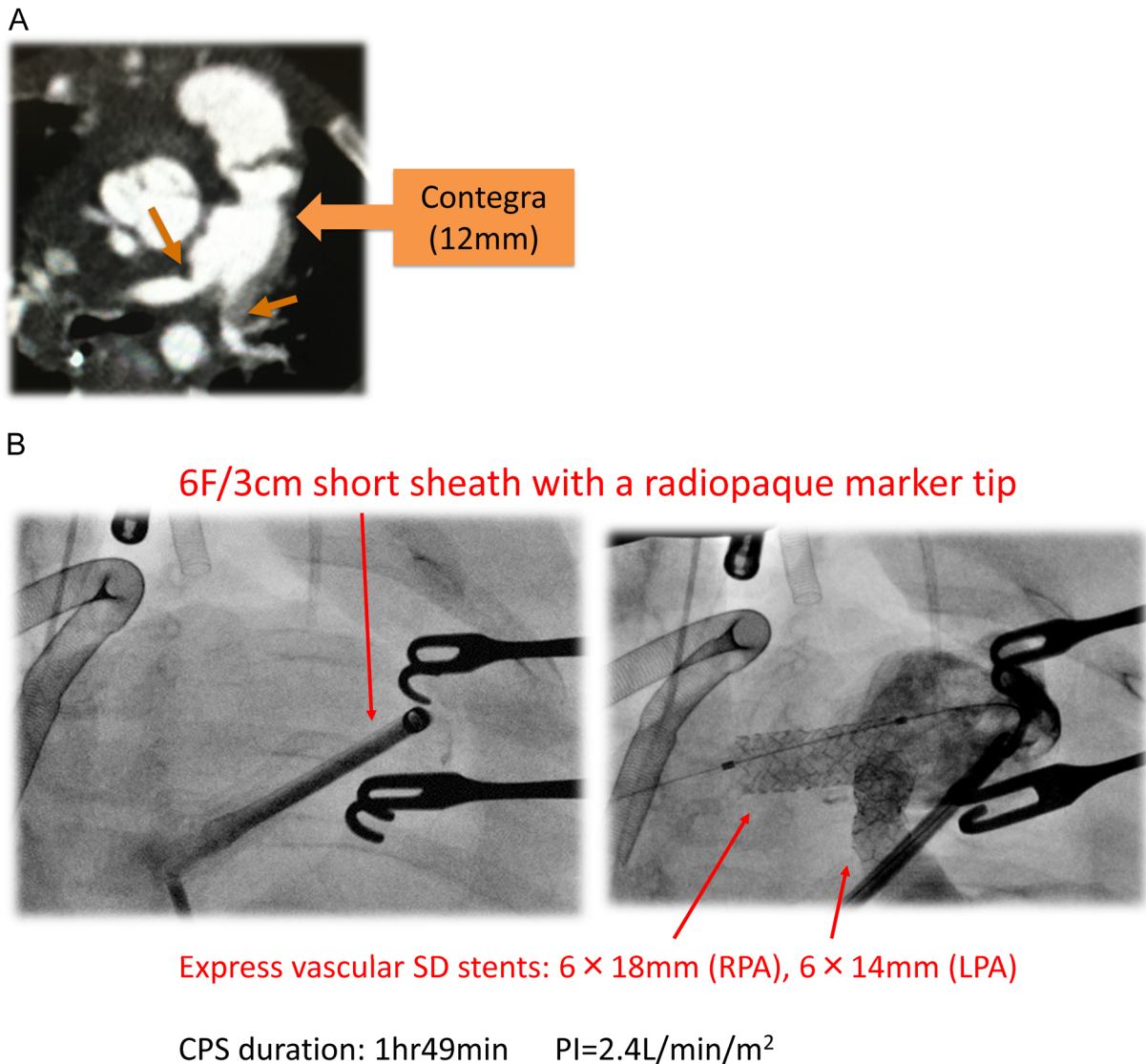


Fig. 7 Case 6: a 7 month-old girl with double outlet right ventricle, aortic stenosis, coarctation of aorta, post-status Norwood-Rastelli definitive repair using Contegra conduit in the right ventricular outflow tract position. This is the typical case of elective CPS preparation before hybrid procedure

A. post-operative CT scan showing significant bilateral pulmonary artery branch stenosis (smaller arrows) just distal to the Contegra conduit anastomosis site. After discharged to home, she fell into cardiogenic shock due to exacerbated right ventricular failure, received CPR, and transferred again to our institute. B. V-A ECMO was installed via sternotomy, a 6F short sheath (3 cm in length, a radiopaque marker at the tip) was inserted into the Contegra conduit. Two stents were implanted in the bifurcation one after another.

ECMO: extra-corporeal membrane oxygenation, CPR: cardiopulmonary resuscitation, CPS: cardiopulmonary support, LPA: left pulmonary artery, PI: pulsatility index, RPA: right pulmonary artery.

4ないし6週間といった早期のCI,あるいはCPS装着下のCIの安全性や有効性を示唆する報告は多く,またCPS装着となった症例には早期に再介入を行った方がよいことを示す報告も多い^{2,3,5,10,11}). 今回の検討で,ショック状態あるいは心臓外科手術後人工心肺離脱不可の理由でECMOを導入された4例においては,ECMO導入からCI施行までの期間は3~7日(平均5.5日)と, multi-disciplinary teamにおいて決断までに一定の検討・協議期間を要した. しかし,全例離脱には成功し,CIから離脱までの期間は1~

6日(平均4.3日)と長期化しなかった. また,CI中の循環動態の安定化を目的として選択的にECMOを導入した2例においては,CI手技終了後同日内に離脱可能となった. 総合的には,CPS下においても,カテーテルアブレーションも含めたあらゆるCIは,積極的かつ早期に適用すべき選択肢になると考えられる.

結 語

CPS下CIは,多彩でありながらも安全に施行可能であ

り、CPS離脱率すなわち救命率向上に有用であった。心機能低下例では循環動態破綻前に選択的にCPSを導入し、ハイブリッド治療を行うことも積極的に考慮すべきである。

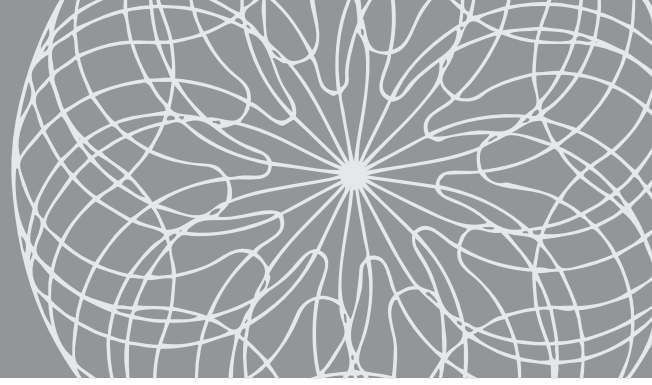
利益相反

日本小児循環器学会の定める利益相反に関する開示項目はありません。

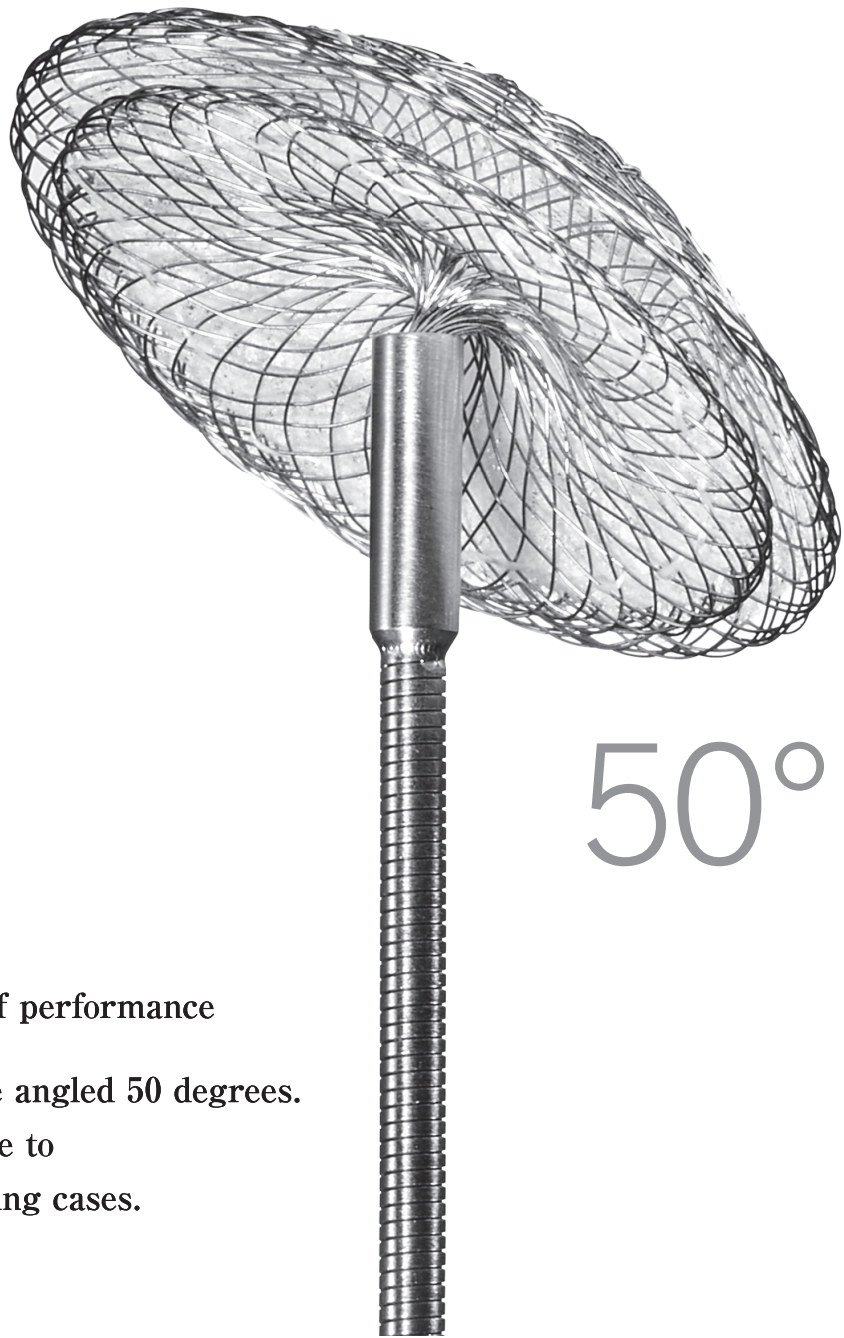
本内容は第27回日本Pediatric Intervention Cardiology学術集会にて2016年1月29日に発表した。

引用文献

- 1) Agarwal HS, Wolfram KB, Saville BR, et al: Postoperative complications and association with outcomes in pediatric cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014; 148: 609–616
- 2) Zahn EM, Dobrolet NC, Nykanen DG, et al: Interventional catheterization performed in the early postoperative period after congenital heart surgery in children. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1264–1269
- 3) Asoh K, Hickey E, Dorostkar PC, et al: Outcomes of emergent cardiac catheterization following pediatric cardiac surgery. *Catheter Cardiovasc Interv* 2009; 73: 933–940
- 4) Di Nardo M, MacLaren G, Marano M, et al: ECLS in Pediatric Cardiac Patients. *Front Pediatr* 2016; 4: 109
- 5) Kato A, Lo Rito M, Lee KJ, et al: Impacts of early cardiac catheterization for children with congenital heart disease supported by extracorporeal membrane oxygenation. *Catheter Cardiovasc Interv* 2017; 89: 898–905
- 6) Meliones JN, Custer JR, Snedecor S, et al: Extracorporeal life support for cardiac assist in pediatric patients: Review of ELSO Registry data. *Circulation* 1991; 84 Suppl III: 168–172
- 7) Brunner A, Dubois N, Rimensberger PC, et al: Identifying prognostic criteria for survival after resuscitation assisted by extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care Res Pract* 2016; 2016: 9521091
- 8) Chatzis AC, Giannopoulos NM, Tsoutsinos AJ, et al: Extracorporeal membrane oxygenation circulatory support after cardiac surgery. *Transplant Proc* 2004; 36: 1763–1765
- 9) Atik FA, Castro RS, Succi FM, et al: Use of centrifugal pump and extracorporeal membrane oxygenation as cardiopulmonary support in pediatric cardiovascular surgery. *Arq Bras Cardiol* 2008; 90: 216–220
- 10) Burke CR, Chan T, Rubio AE, et al: Early cardiac catheterization leads to shortened pediatric extracorporeal membrane oxygenation run duration. *J Interv Cardiol* 2017; 30: 170–176
- 11) Agarwal HS, Hardison DC, Saville BR, et al: Residual lesions in postoperative pediatric cardiac surgery patients receiving extracorporeal membrane oxygenation support. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014; 147: 434–441



Figulla® Flex II ASD Occluder



Improving quality of performance

The occluder can be angled 50 degrees.
This has been enable to
treat more challenging cases.

販売名：Figulla Flex II ASD閉鎖セット 一般的名称：人工心膜用補綴材 医療機器承認番号：22800BZX00005000

製造販売業者

日本ライフライン株式会社

〒140-0002 東京都品川区東品川二丁目2番20号 天王洲郵船ビル TVI事業部 TEL.03-6711-5232
<http://www.jll.co.jp>

 Japan Lifeline