

8. V-A ECMO 導入直後に人工肺入口側圧上昇し

回路交換を行った急性心筋梗塞の1例

加古川中央市民病院 臨床工学室 弓削 聡 岡 佳伴 三木 悠資
青田 恭朋 尹 成哲

【要旨】

静脈脱血-動脈送血の体外式膜型人工肺 (veno- arterial extracorporeal membrane oxygenation : V-A ECMO) 導入直後に人工肺入口側圧力 (入口圧) が上昇し、回路交換に至った急性心筋梗塞 (acute myocardial infarction : AMI) の症例を経験した。症例は60歳代男性。緊急カテーテル検査準備中に心肺停止 (cardiopulmonary arrest : CPA) となり、V-A ECMOを導入した。開始7分後から灌流量の低下を認め、入口圧が400mmHg以上、人工肺出口側圧力との圧較差が350mmHg以上と異常圧力勾配を認めた。人工肺の異常と判断し、回路交換を行った。経皮的冠動脈形成術 (percutaneous coronary intervention : PCI) を施行後、大動脈バルーンパンピング (intra-aortic balloon pumping : IABP) を導入し、ICUへ入室した。第7病日にV-A ECMOを離脱し、第61病日に転院先にて独歩退院となった。人工肺の電子顕微鏡解析では中空糸の一部に血小板様の血液凝固物はあったが、入口圧上昇の原因となる所見は認められなかった。入口圧の異常上昇は原因不明であることが多く、未然に防ぐことは困難である。回路内圧測定を確実に行うことで早期異常の発見、安全な管理に繋がると考える。

【はじめに】

2007年の日本体外循環医学会「人工心肺における安全装置設置基準」¹⁾の勧告以降、開心術中の人工心肺 (cardiopulmonary bypass : CPB) の人工肺入口側圧力 (入口圧) 測定は必須となっている。その理由として、CPB回路の人工肺を含むそれ以降の危険な圧力上昇の把握が可能となり、人工肺出口側圧力 (出口圧) も同時測定することで人工肺での異常圧力勾配を把握できるためである。これまで入口圧の異常上昇により人工肺交換を行ったとされる報告が多数されており、人工肺交換の判断基準は各施設で異なっていたことから、日本心臓血管外科学会 人工肺内圧上昇ワーキンググループより人工肺交換基準の提案²⁾がされた。

近年では心原性ショックや致死性不整脈、心肺停止

(cardiopulmonary arrest : CPA) など急性循環不全症例や急性呼吸窮迫症候群による急性呼吸不全症例に対して有益な手段である体外式膜型人工肺 (extracorporeal membrane oxygenation : ECMO) においても、脱血圧 (P1)、入口圧 (P2)、出口圧 (P3) の圧力測定を推奨されており、その有用性が報告されている³⁾。

今回、静脈脱血-動脈送血のECMO (veno-arterial ECMO : V-A ECMO) 導入直後に入口圧が上昇し、回路交換に至った急性心筋梗塞 (acute myocardial infarction : AMI) の1例を報告する。

【症例】

60歳代男性、身長172cm、体重72kg。労作時に倦怠感があり、胸部不快感が増悪し、AMIが疑われ当院へ搬送となった。当院到着時のバイタルサインは意識清明、心拍数88回/分、血圧110/83mmHg、SpO₂100% (酸素マスク5L/min)であった。

【使用機材および回路充填組成液】

駆動装置はメラ遠心血液ポンプシステム HCS-CFP、遠心ポンプはHCF-MP23H、人工肺はメラ NHP エクセラ HPO-23WH-C、血液回路はヘパリンコーティング回路を使用している (いずれも泉工医科工業社)。回路内圧は接液式圧力トランスデューサであるメラ圧力トランスデューサ HPT-3/8 (泉工医科工業社) を回路に組み込んでP1、P2、P3の3カ所で測定している (図1)。当院では同時モニタリングは2点としており、必要に応じて専用ケーブルを付け替えて測定を行っている。

回路充填液組成は重炭酸リンゲル液 (ビカーボン) 600mL、ヘパリン5,000単位である。

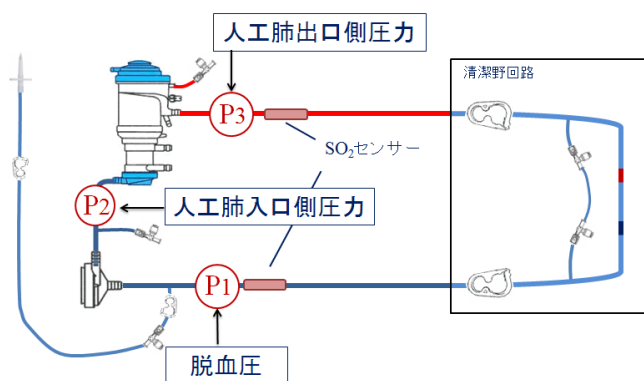


図 1：当院の ECMO 回路

【臨床経過】

緊急カテーテル検査準備中に救急外来にて CPA と なり心肺蘇生法 (cardiopulmonary resuscitation : CPR) を開始し、血管造影室へ移動となった。入室後、心室細動 (ventricular fibrillation : VF) へ移行したため、除細動を行うも VF は持続し、左総大腿動脈から H LS カニューレ 17Fr (GETINGE 社)、左総大腿静脈から H LS カニューレ 21Fr (GETINGE 社) を挿入し、V-A ECMO を導入した。V-A ECMO の灌流量は 2.5L/min で開始し、回路内圧測定は V-A ECMO の早期確立を優先したため導入から約 4 分後より P1、P3 でのモニタリングを開始した。ヘパリン 5,000 単位の追加投与を行い、その後の活性化全血凝固時間 (activated clotting time : ACT) は 246 秒であった。開始から約 7 分後より灌流量が徐々に低下し 1L/min 以下となったため、遠心ポンプの回転数を上げるも改善しなかった。P1 での過陰圧はなく、脱血回路のチャタリングもなかったため脱血不良ではないと判断した。灌流量低下の要因は人工肺もしくは送血カニューレ側にあると考え、回路内圧測定を P1 から P2 へ変更した。P2 が約 450mmHg、P3 が約 50mmHg、P2・P3 の圧較差 (ΔP) は約 400mmHg と異常圧力勾配となっていた。VF が遷延しており、灌流量改善の見込みが不明であり、補助循環の必要性を鑑みて術者と協議の上、CPR を再開し ECMO 回路の交換を行った。回路交換時の循環停止時間は約 2 分であり、交換後の灌流量は約 3L/min と安定していた (図 2)。その後、経皮的冠動脈形成術 (percutaneous coronary intervention : PCI) を施行し、治療後に遷延していた VF に対して除細動を施行し、心拍再開となった。また、右総大腿動脈から大動脈バルーンパンピング (intra-aortic balloon pumping : IABP) を導入し、ICU へ入室した。

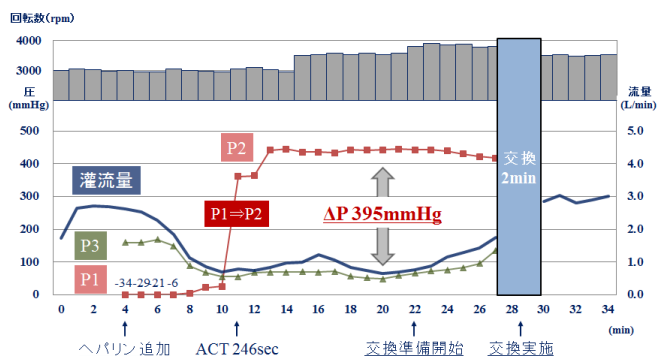


図 2：V-A ECMO 導入期の灌流量と回路内圧変化

【結果】

第 7 病日に V-A ECMO を離脱、第 10 病日に IABP を離脱、第 11 病日に人工呼吸器を離脱、第 17 病日に一般病棟へ転棟、第 32 病日に他院へ転院となり、第 61 病日に転院先にて独歩退院となった。

P2 の異常上昇の原因検索として、ECMO 回路を製造元に提出し電子顕微鏡による調査を行った。熱交換器や酸素加部に構造的異常ならびに血液凝固物は確認されず、中空糸の一部に血小板様の血液凝固物はあったが、流路を閉塞するような所見は認められなかったという報告であった (図 3~6)。

血液検査では、当院到着時の血小板数は 313×10^3 個/ μL であり、特に異常は認められなかったが、ICU 入室時の血小板数は 163×10^3 個/ μL 、4 時間後 107×10^3 個/ μL 、8 時間後 97×10^3 個/ μL と減少していた。その後徐々に上昇し、第 7 病日には血小板数は 208×10^3 個/ μL となっていた。



図 3：人工肺肉眼所見

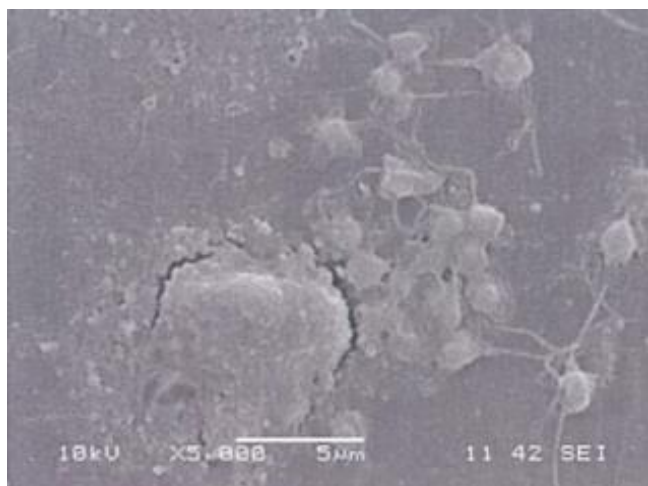


図4：外層外表面中空糸

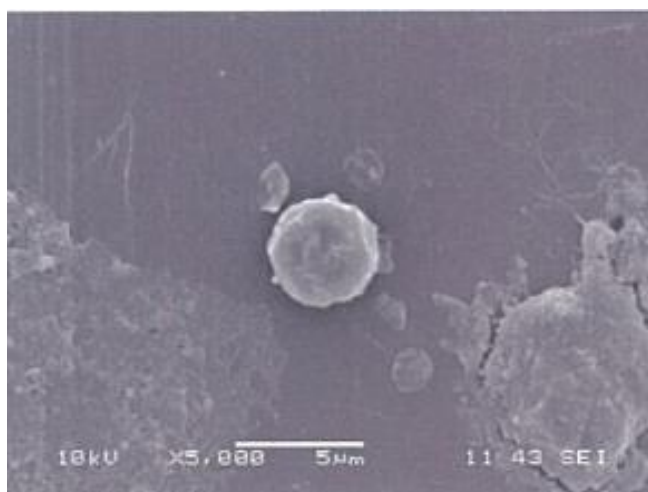


図5：外層内表面中空糸

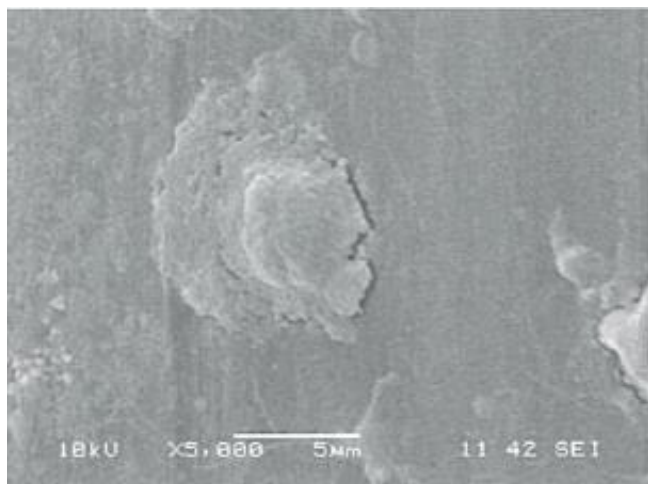


図6：内層中空糸

【考察】

CPBにおけるP2の異常上昇の報告では、発生リスクが1.1～1.3%とされている^{4,5)}。その原因として、凝血や血栓、血小板の異常凝集、いが状赤血球に起因する血液凝固塊などが報告されている⁶⁻¹⁰⁾。しかし、未知の因子を含めて単一要素ではないということもあり、

原因究明は困難であるとされている¹¹⁾。本症例でも製造元の解析結果からP2の異常上昇の原因となる所見は認められず、临床上、発生原因および発生後の経過予測は非常に困難であると推測される。

日本心臓血管外科学会 人工肺内圧上昇ワーキンググループにより提案された人工肺交換基準では、①P2が単独で400mmHg以上であること、かつ②P2とP3の圧較差が通常の2倍以上であると示されている²⁾。本症例ではP2が約450mmHg、 ΔP が395mmHgであり、V-A ECMOの灌流量は1L/min以下であったことから、人工肺に異常を来したと判断した。VFの持続およびECMOの目標灌流量が得られなかったという状況から回路交換は適切であったと考える。

また、本症例でのECMO導入前後での血小板数の減少は、Jongらの報告においても、CPB中に血小板数と機能が30～50%低下するとされている¹²⁾。ICU入室後の血液検査にて血小板数が半減しているが、ECMO導入とECMO回路の交換により血小板が消費されたため、血小板数の減少は自然経過であると考えられる。

本症例では、V-A ECMO開始時の回路内圧測定がP1とP3であったため、P2の異常上昇の発見に時間を要した。そのため、本症例以降、ECMO開始時からP1、P2、P3の3カ所を常時モニタリングする運用に変更した。これにより、確実な回路内圧測定を行い、早期異常の発見や安全なECMO管理に繋げたい。

【結論】

V-A ECMO導入直後に入口圧が上昇し、回路交換に至ったAMIの症例を経験した。交換した人工肺の電子顕微鏡解析では、流路を閉塞するような所見は認められなかった。ECMOにおける回路内圧測定は、安全な管理に重要である。

【倫理的配慮】

本研究は、1例に関する症例報告であり、個人を特定されることのないよう個人情報を加工した。

【文献】

- 1) 日本体外循環技術医学会：人工心肺における安全装置設置基準（第6版）
- 2) 日本心臓血管外科学会人工肺内圧上昇ワーキンググループ：人工心肺を用いた心臓血管外科手術中の人工肺内圧上昇に関する報告書. 2016.
- 3) Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) Guidelines for Adult Respiratory Failure. 2017.

- 4) Myers GJ, Weighell PR, Maxwell SL, et al. : A multicenter investigation into the occurrence of high-pressure excursions. *J Extra Corpor Technol*, 35 (2);127-132, 2003.
- 5) Charrière JM, Pélissière J, Longrois D, et al. : Survey:retrospective survey of monitoring/safety devices and incidents of cardiopulmonary bypass for cardiac surgery in France. *J Extra Corpor Technol*, 39 (3);142-157, 2007.
- 6) 東田直樹, 西垣孝行, 亀井政孝, ほか : 静脈リザーバ内に大量の血栓を認めた 1 例. *体外循環技術*, 38 (2);187-190, 2011.
- 7) 古垣達也, 平松祐司, 榊原 謙, ほか : 人工肺流入部圧力上昇のため人工心肺運転中に人工肺または前回路交換を余儀なくされた 3 症例の検討. *体外循環技術*, 39 (1);65-69, 2012.
- 8) 鈴木克尚, 神谷典夫, 北本憲永, ほか : MUF 施行によるトラブルー体外循環下における赤血球の凝集ー. *体外循環技術*, 28 (4);22-25, 2001.
- 9) 井上 将, 丸尾 拓, 桑名克之 : 体外循環開始直後に人工肺入口側圧が上昇する現象について. *体外循環技術*, 36 (1);18-20, 2009.
- 10) 曾山奉教, 吉田秀人, 高橋幸博, ほか : 体外循環管理時のアルカレミア環境下での「いが状赤血球」形成に関する研究. *体外循環技術*, 41 (2);139-143, 2014.
- 11) Fisher AR, Baker M, Whitehorne M, et al. : Normal and abnormal trans-oxygenator pressure gradients during cardiopulmonary bypass. *Perfusion*. 18 (1):25-30, 2003.
- 12) Jong, J. C. F. , Duis, H. J. , Wildevuur, C. R. H. : Hematologic aspects of cardiotomy suction in cardiac operations. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* , 79:227-236, 1980.

【Keyword】

V-A ECMO、回路内圧測定、人工肺入口側圧力上昇