

## ●症例報告●

## 人工肺後圧 (P3) が VV-ECMO 管理の鍵となった重症呼吸不全の 1 例

佐藤裕一<sup>1)</sup>・清水敬樹<sup>1)</sup>・濱口 純<sup>1)</sup>・松吉健夫<sup>1)</sup>  
鈴木大聡<sup>1)</sup>・金子 仁<sup>1)</sup>・小山知秀<sup>1)</sup>・三宅康史<sup>2)</sup>

キーワード：VV-ECMO, 人工肺後圧 (P3), 総腸骨静脈

## 要 旨

The Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) は veno-venous extracorporeal membrane oxygenation (VV-ECMO) 管理において、脱血回路・人工肺前後の圧測定を推奨しており、その理由の 1 つに ECMO 流量低下の原因特定に有用であることが挙げられる。症例は 83 歳女性。インフルエンザ関連急性呼吸不全に対し VV-ECMO 導入となった。当センターでの VV-ECMO のコンフィギュレーションの第一選択としては、脱血カニューレを右内頸静脈経路でカニューレ先端は上大静脈に留置し基本的には 25Fr、38cm としている。また、送血カニューレは右大腿静脈経路で、カニューレ先端は下大静脈に 21Fr、23cm を留置している。しかし、本症例は総腸骨静脈の走行異常のために 17Fr、15cm という細く短い送血カニューレを挿入せざるを得なかった。経過中に送血不良による ECMO 流量低下が頻回に起きたが、とくに人工肺後圧 (P3) の推移に注意することで、ECMO 流量低下の原因の同定および対応することができた。血管走行異常を有する患者や、細い送血カニューレ挿入を行った場合は、ECMO 管理上とくに P3 のモニタリングが重要である。

## I. はじめに

CESAR trial<sup>1)</sup> や、2009 年の H1N1 インフルエンザのパンデミックの際の報告<sup>2)</sup> 以降、veno-venous extracorporeal membrane oxygenation (VV-ECMO) は従来治療に抵抗を示す重症低酸素血症に対して有効な補助治療である可能性が示唆されており、近年導入件数が増加している<sup>3)</sup>。

The Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) は VV-ECMO 管理において、脱血回路・人工肺前後の圧測定を推奨している<sup>4)</sup>。その理由の 1 つに ECMO 流量低下の原因特定に有用であることが挙げられる。

当センターでの VV-ECMO のコンフィギュレーション

の第一選択としては、脱血カニューレを右内頸静脈経路でカニューレ先端は上大静脈に留置し基本的には 25Fr、38cm としている。また、送血カニューレは右大腿静脈経路で、カニューレ先端は下大静脈に 21Fr、23cm を留置している。

今回、我々は総腸骨静脈の血管走行異常のために 17Fr、15cm という細く短い送血カニューレを挿入せざるを得なかった症例を経験した。人工肺後圧 (P3) が VV-ECMO 管理で重要となったため報告する。なお、患者本人より書面で論文の掲載に関する同意を得ている。

## II. 症 例

患者：83 歳、女性。身長 148cm、体重 52kg。

主訴：呼吸困難。

既往歴：2 型糖尿病、高血圧症。

現病歴：2019 年 12 月末より感冒症状を認めていたが、

1) 東京都立多摩総合医療センター 救命救急センター  
2) 帝京大学医学部附属病院 高度救命救急センター  
[受付日：2020 年 6 月 30 日 採択日：2020 年 10 月 22 日]

数日後に呼吸困難が増悪したため前医を受診した。インフルエンザ A 型陽性、画像検査からインフルエンザ関連急性呼吸促進症候群 (acute respiratory distress syndrome: ARDS) と診断された。入院日より挿管および人工呼吸管理を行っていたが、入院翌日も酸素化が不良であり、VV-ECMO 導入目的で当院に紹介となりプライマリートランスポートを行った。

**バイタルサイン**：Glasgow Coma Scale (GCS) E1VTM1、心拍数 83/分、血圧 112/47mmHg、体温 35.0℃、呼吸数 10/分、SpO<sub>2</sub> 95%。

胸部 X 線および胸部 CT では両肺に浸潤影を認めた (図 1)。P/F 比 78、Murray score 3.75 点から VV-ECMO 導入基準を満たした。83 歳と高齢であったが、RESP score 4 点、既往歴が 2 型糖尿病と高血圧症のみであり、入院前の日常生活動作 (activities of daily living: ADL) が良好であったことから、mobile ECMO (要請元の医療機関に ECMO チームで出向いてカニ

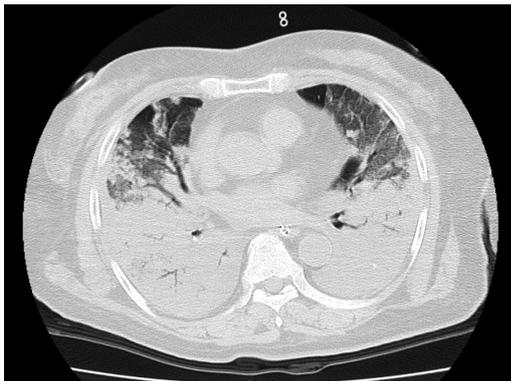


図 1 Chest CT

レーションを行い、ECMO を確立して搬送先医療機関に搬送するプライマリートランスポート) での VV-ECMO 導入の方針とした。当センターは上大静脈脱血、下大静脈送血を第一選択としている。患者の体格とエコーで測定した血管径を考慮し、右内頸静脈に脱血カニューレとして 23Fr、38cm を留置した。右大腿静脈に送血カニューレとして 21Fr、23cm を挿入予定であったが、カニューレーション時に抵抗があった。CT を再度確認したところ総腸骨静脈の蛇行が強く (図 2)、挿入が困難であった。対側からも挿入を試みたが、同様にカニューレーションは困難であった。送血カニューレとして 21Fr、23cm を留置する予定であったが、17 Fr、15cm に変更して右大腿静脈に留置した。ECMO 装置はキャピオックス EBS エマセブ® (テルモ社、日本) を使用した。

搬送直前に、送血カニューレが血管壁に当たったことによると思われる ECMO 流量低下を認めたが、送血カニューレのわずかな位置調整で流量は安定した。プライマリートランスポートの経験豊富なスタッフにより構成された ECMO チームにより注意深く、安全に搬送し得た。

VV-ECMO 導入後から人工呼吸器を lung rest 設定 [従圧式強制換気: FiO<sub>2</sub> 0.4、PEEP 15cmH<sub>2</sub>O、PIP (peak inspiratory pressure) 20cmH<sub>2</sub>O、f 10/分] とし、VV-ECMO 管理を開始した。

当センター入院第 2 病日に人工肺前後の圧モニタリングを開始するため、ECMO 装置は ROTAFLOW® (MAQUET、ドイツ) に変更した。図 3 は VV-ECMO

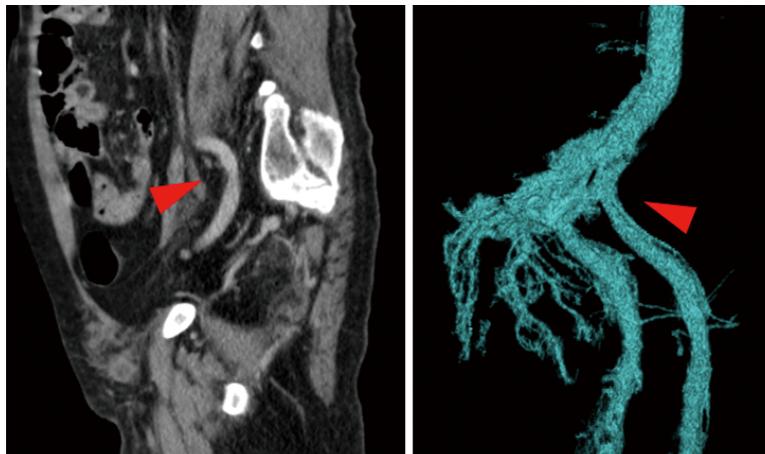


図 2 造影 CT (左)、3D-CT (右)  
総腸骨静脈に強い蛇行を認めた。

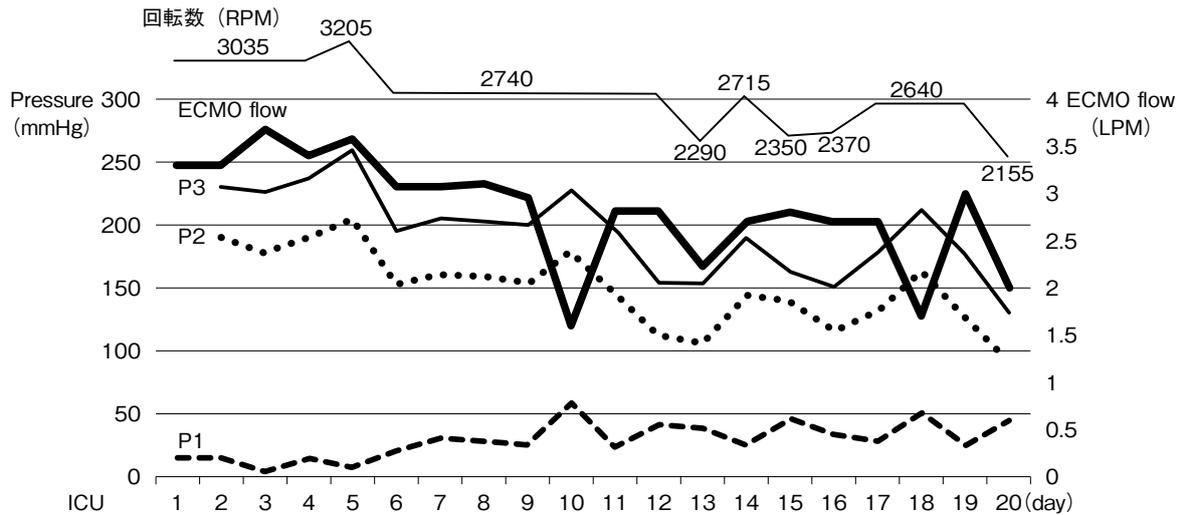


図3 VV-ECMO 管理中の ECMO 流量と回路内圧変化

P1：脱血圧、P2：人工肺前圧、P3：人工肺後圧または送血圧  
 day1：VV-ECMO 導入。day2：ECMO 回路交換、P1～P3 の回路内圧モニタリング開始。  
 day10 and 18：突然の ECMO 流量低下と P1～P3 上昇。day20：VV-ECMO 離脱。

管理中の入院経過、ECMO 流量・人工肺回路内圧（P1：脱血圧、P2：人工肺前圧、P3：人工肺後圧または送血圧）である。第 10 病日に X 線撮影時に股関節を屈曲したことで突然の ECMO 流量低下を認めた。ECMO 流量の低下を認めたことから直ちにドクターコールがかかり、駆け付けた医師達により、サーキットチェック、患者チェック、回路内圧確認が施行された。その際に P1、P2、P3 が上昇していたことから、送血カニューレが血管壁に先当たりしたことによる送血不良を原因と考え、送血カニューレを 1cm 引き抜いて固定し、ECMO 流量は安定した。第 18 病日にも体動時に ECMO 流量低下が起き、同様に P1、P2、P3 の上昇を認めたことから送血不良が原因であり、送血カニューレの位置調整を行うことで ECMO 流量は安定した。本症例は当センターで VV-ECMO 患者管理の際に日常的に観察している P3 値よりも高値で推移し、さらに体動などで一過性の ECMO 流量低下が頻回に起きた。日々の推移よりも P1 から P3 値が上昇していたことから送血不良が原因と考えられた。体位および回路内圧変化、とくに P3 値の推移に注意を払いながら VV-ECMO 管理を行った。第 20 病日に VV-ECMO を離脱し、その後も人工呼吸管理を継続した。人工呼吸管理の継続および呼吸リハビリテーションの必要があり、第 28 病日に前医に転院した。

### Ⅲ. 考 察

ELSO は VV-ECMO 管理において、脱血回路（P1）・人工肺前後の圧測定（P2、P3）を推奨しており<sup>4)</sup>、脱血回路・人工肺前後の圧のモニタリングは流量低下時の原因特定に有用である。本症例は総腸骨静脈の走行異常を認めたため、送血カニューレとして、17Fr と通常より細いカニューレ挿入を余儀なくされた。そのため、通常よりも高い P3 値の推移が予想された。さらに、総腸骨静脈の蛇行が強いために、カニューレの送血孔が血管壁に当たることで、送血孔の狭小・閉塞する可能性があり、通常よりも送血不良が起こることが予想された。実際にリハビリテーションなどの体動や体位交換時に一過性の ECMO 流量低下が頻回に起き、回路内圧が P1 から P3 まで上昇したことから送血不良が原因と考えられた。

ECMO 管理の基本としては、ECMO 流量が低下した場合には P1、P2、P3 の値を直ちに確認して流量低下の原因検索を行う<sup>5~7)</sup>。近年、本邦では重症低酸素血症への VV-ECMO 導入件数が増加しているものの、いまだ P1 から P3 の回路内圧測定を行っている施設が少ない現状にある。頻度の高い回路関連合併症は人工肺異常（17.5%）、回路内血栓（人工肺内：12.5%、人工肺以外の回路内：17.8%）、カニューレトラブル（8.4%）である<sup>8)</sup>。VV-ECMO 管理において送血不良が問

題となることは頻度として少なく、本症例のように総腸骨静脈の走行異常で細い送血カニューレを挿入してVV-ECMO管理を行ったとする報告や送血不良が原因でECMO管理に難渋した過去の報告は認めなかった。本症例は回路内圧の推移、とくにP3の値に注意して観察していたことで、ECMO流量低下の原因が送血不良であることを全スタッフが共通認識し、迅速に対応することができた。回路内圧測定とその理解はVV-ECMO管理を完遂するうえで必須と考えられる。また、回路内圧はECMO流量やカニューレ径などで値が変化するため、正常値や変化量のカットオフ値は存在しないことから、日々の値の推移を追うことが重要である。

回路内圧測定に関して、機種によっては回路内圧モニタリングするために分枝が必要になるもの（イントロデューサー型）もあり、分枝から回路内血栓ができて遠心ポンプを閉塞させたとの報告がある<sup>9)</sup>。本症例で使用したROTAFLOW<sup>®</sup>は回路内圧測定のセンサーが外付けであり、イントロデューサー型に比べて血栓ができにくいメリットがある。イントロデューサー型を使用した場合はとくに日々のサーキットチェックで分枝の血栓の有無を確認する必要がある。

総腸骨静脈の走行異常について腸骨静脈の走行異常の割合は不明だが、腸骨静脈の変異は31%と高頻度に見られるとの報告がある<sup>10)</sup>。エコーでは走行異常の同定は困難であり、カニューレ挿入前に可能であればCTでの走行異常や変異の有無を確認すべきと考える。今回は、骨盤部CTの鼠径部の刺入部の確認は行ったが、カニューレが進んでいく部分の確認を怠ったことは反省点である。

ELSOのガイドラインによると通常、送血圧は400mmHgを超えてはならないとされる（ただし、venoarterial ECMO〈VA-ECMO〉も含む<sup>4)</sup>。それを超える場合は、赤血球の溶血、遠心ポンプの回転での熱産生、接続コネクタの破損などの危険がある。本症例は経過中に送血圧が400mmHgを超えることは一度もなかったが、ポンプを含めたECMO回路の負荷に留意して管理した。

## VI. 結 語

血管走行異常を有する患者や、細い送血カニューレ挿入を行った場合は、とくにP3のモニタリングが重

要である。本症例は、P3高値に伴うECMO流量低下と、ポンプにも負荷がかかることを懸念しつつ管理し得た。また、VV-ECMO管理において、P1、P2、P3という回路内圧モニタリングは重要であり、その真摯な観察によりP3高値での流量低下を早期に察知し得た。このような基本に忠実な回路内圧モニタリングは欠かせない。

本稿の全ての著者には規定されたCOIはない。

## 参 考 文 献

- 1) Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, et al : Efficacy and economic assessment of conventional ventilator support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR) : a multicentre randomized controlled trial. *Lancet*. 2009 ; 374 : 1351-63.
- 2) Noah MA, Peek GJ, Finney SJ, et al : Referral to an extracorporeal membrane oxygenation center and mortality among patients with severe 2009 influenza A (H1N1). *JAMA* . 2011 ; 306 : 1659-68.
- 3) Thiagaraja RR, Barbaro RP, Rycus PT, et al : Extracorporeal life support organization registry international report 2016. *ASAIO J*. 2017 ; 63 : 60-7.
- 4) Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) Guidelines for Adult Respiratory Failure. 2017. <https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/989d4d4d14cusersshyerddocumentselsoguidelinesforadultrespiratoryfailure1.3.pdf> (2020年6月28日)
- 5) Allen S, Holena D, McCunn M, et al : A review of the fundamental principles and evidence base in the use of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in critically ill adult patients. *J Intensive Care Med*. 2011 ; 26 : 13-26.
- 6) Stefano Isgrò, Monitoring the ECMO Patients : The Extracorporeal Circuit. *ECMO-Extracorporeal Life Support in Adults*. Sangalli, Fabio, Patroniti, Nicolò, Pesenti, Antonio (Eds.). Italia, Springer-Verlag Mailand, 2014, pp401-411.
- 7) 青景聡之, 竹田晋浩 : respiratory ECMO. VV ECMO 導入から離脱までの管理方法. *INTENSIVIST Vol.5 No.2* 2013 (特集 : ECMO). 讚井將満, 内野滋彦, 林 淑朗ほか編. 東京, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2013, pp343-352.
- 8) Brodie D, Bacchetta M : Extracorporeal membrane oxygenation for ARDS in adults. *N Engl J Med*. 2011 ; 365 : 1905-14.
- 9) 紺野幸哉, 後藤 武, 山本圭吾ほか : ECMO 施行中回路内血栓が剥離し遠心ポンプ流入部を完全閉塞させ循環停止した一症例. *体外循環技術*. 2018 ; 45 : 42-45.
- 10) 松岡勇二郎, 岡野員人, 福留 潤ほか : CTを用いた腸骨静脈の正常変異の検討. *臨床解剖研究会記録*. 2007 ; 7 : 40-1.