

COVID-19 呼吸不全に対して 3 本目のカニューレを用いた VV-V ECMO 管理

内藤 麻巳子^{1,a}, 星野 耕大¹, 鯉江 めぐみ¹, 大藏 裕子¹,
鳩本 広樹², 山崎 慎太郎², 石倉 宏恭¹

Role of triple cannulation venovenous extracorporeal membrane oxygenation in patients with coronavirus disease

Mamiko Naito¹, Kota Hoshino¹, Megumi Koie¹, Hiroko Ohkura¹,
Hiroki Hatomoto², Shintaro Yamasaki², Hiroyasu Ishikura¹

要旨 症例は 32 歳の男性。乾性咳嗽が出現したため前医を受診し、COVID-19 による肺炎が疑われ同日に入院となった。発症 3 日目に SARS-CoV-2 の PCR 検査が陽性となった。発症 8 日目に酸素化維持が困難となり、気管挿管下人工呼吸器管理を施行したが、その後も急激に呼吸状態が悪化し、同日に venovenous extracorporeal membrane oxygenation (VV ECMO) を導入した。しかし、ECMO 導入後も酸素化維持に難渋し、lung rest ができない状態であった。そのため、ECMOnet を介して当センターへ secondary ECMO transport を実施した。酸素化維持に難渋した原因として、脱血管の径が 18Fr と細く、ECMO の脱血量を確保できていないことが考えられた。脱血管の入れ替えは急変のリスクがあると判断し、VV ECMO から脱血管を追加して、VV-V ECMO へ変更したところ、十分な脱血量を確保でき、酸素化の改善を認め、lung rest も実施可能となった。その後、発症 14 日目に ECMO を離脱し、21 日目に前医へ転院となった。本症例を経験し、VV ECMO 施行時の脱血管の径の選択は重要であり、十分な脱血量が得られない場合は VV-V ECMO への変更は有用な選択肢であると思われた。

(日救急医学会誌. 2021; 32: 175-9)

キーワード：新型コロナウイルス，体外式膜型人工肺，ECMO 搬送

A 32-year-old man with dry cough was admitted to a hospital for suspected coronavirus disease-induced pneumonia. The SARS-CoV-2 PCR test showed positive results on day 3 after symptom onset. Mechanical ventilation and venovenous extracorporeal membrane oxygenation (VV ECMO) were initiated for respiratory function deterioration on day 8 after symptom onset. However, ECMO did not maintain adequate oxygenation, and ventilator settings did not allow lung rest. Therefore, secondary ECMO transport was performed, and the patient was transferred to our center via ECMOnet. The reduced oxygenation level was attributed to the use of a small drainage cannula with consequently reduced ECMO circulation. Replacement of the small drainage cannula was unsafe; therefore, an additional drainage cannula was inserted, and the ECMO configuration was switched to VV-V ECMO, which established sufficient ECMO circulation and improved his oxygenation levels, and ventilator settings were modified for lung rest. He was weaned off ECMO on day 14, and retransferred to the previous hospital on day 21 after symptom onset. Selection of a drainage cannula of optimal size is important in patients who receive VV ECMO support. Conversion of a VV ECMO to VV-V ECMO configuration is useful in cases of insufficient ECMO blood flow.

(JJAAM. 2021; 32: 175-9)

Keywords: COVID-19, ECMO, ECMO transport

Received on January 4, 2021 (JJAAM-2020-0089)

はじめに

Coronavirus disease 2019 (COVID-19) は新型コロナ

ウイルスの severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) を原因とする感染症である。COVID-19 は肺炎による呼吸不全が重症化して低酸素状態に陥

¹ 福岡大学病院救命救急センター

Department of Emergency & Critical Care Medicine, Fukuoka University Hospital

² 福岡大学病院臨床工学センター

Department of Clinical Engineering Center, Fukuoka University Hospital

^a 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 7-45-1

原稿受理日：2021 年 1 月 4 日 (JJAAM-2020-0089)

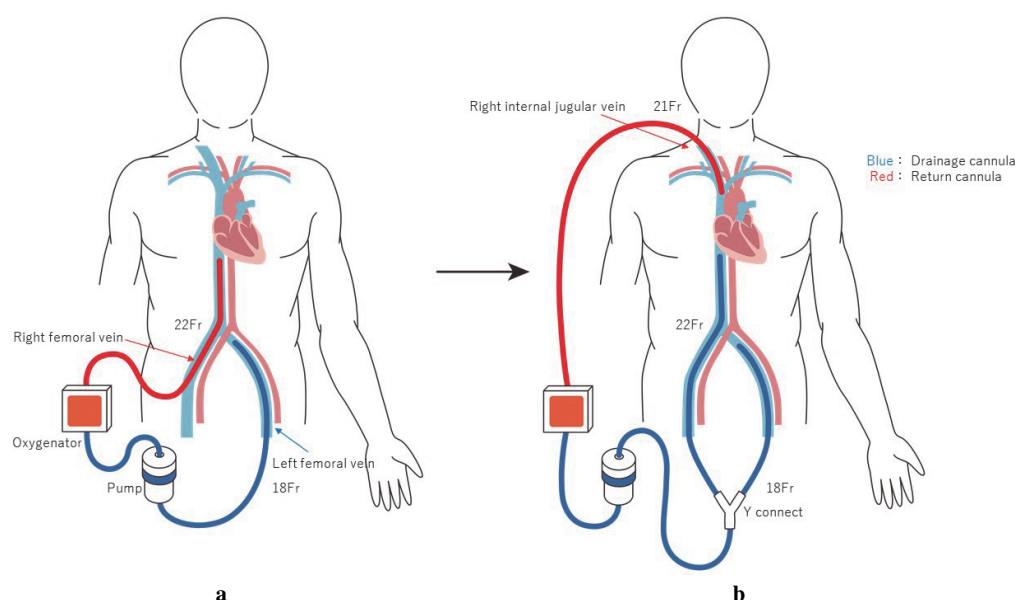


Fig. 1. ECMO configuration.

Left figure shows ECMO configuration in the previous hospital. The drainage cannula (18Fr) was placed into left common iliac vein via left femoral vein. The return cannula (22Fr) was placed into inferior vena cava via right femoral vein.

Right figure shows ECMO configuration in our center. The previous drainage and return cannulas were connected using Y-connect as drainage cannulas. The return cannula was inserted into right jugular vein.

り、人工呼吸器管理のみによる酸素化改善が困難となる場合もあり、その際は extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) による酸素化維持が必要となる。しかし、ECMO 管理は専門的な技術や知識を要するため、ECMO を導入・管理する施設は限られる現状にある。

今回、他院で重症 COVID-19 患者に対して venovenous (VV) ECMO が導入されたが、その管理に難渋したため、ECMO 管理下に当センターへ転院後、VV-V ECMO 管理を実施して経過良好であった症例を経験したので報告する。

なお、本論文は症例報告であるため、倫理委員会の承諾は必要ない。また、本症例は個人情報保護法に基づいて匿名化し、症例報告に関して本人より同意を得ている。

症 例

症 例：32 歳の男性。身長 177cm，体重 95kg

既 往：高血圧，糖尿病

内服薬：なし

生活歴：喫煙 20 本×20 年，飲酒なし

最近の旅行歴：なし

日常生活動作：問題なし

現病歴：2020 年 4 月，乾性咳嗽が出現したため近医を受診し，COVID-19 疑いによる肺炎と診断され，同日に入院加療が開始された。入院 3 日目に鼻咽頭ぬぐい液の polymerase chain reaction (PCR) 検査で SARS-CoV-2 が検出され，COVID-19 による肺炎と診断された。発症 4 日目に感染症指定病院に転院となり，ファビピラビル 1,800mg/day，ヒドロキシクロロキン 400mg/day，セフトリアキソン 2g/day，メチルプレドニゾロン 1mg/kg/day の持続点滴静注が開始された。酸素 3L/min で呼吸状態は安定していたが，発症 8 日目に呼吸状態の急激な悪化を認め，気管挿管下人工呼吸器管理が開始された。同日の PaO₂ / FiO₂ ratio (P/F) は 70 であったため，酸素化改善目的に VV ECMO が導入された。その際のカニューレシオンは 18Fr 脱血管を左大腿静脈から挿入して左総腸骨静脈から脱血し，22Fr 送血管を右大腿静脈から挿入して下大静脈に返血した (Fig. 1a)。ECMO 装置は

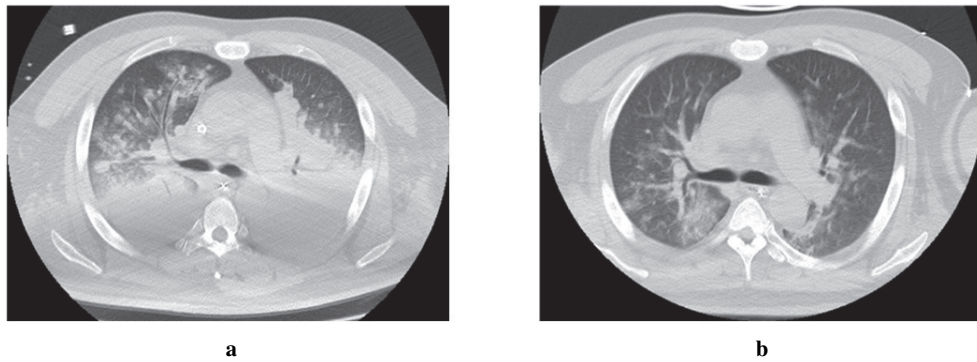


Fig. 2. Chest computed tomography (CT) scan.

- a: On admission, chest CT image revealed ground-glass opacity (GGO) in the right upper lobe and consolidation with air bronchogram sign in the bilateral posterior lung regions.
 b: On the 7th day after admission, it revealed only localized GGO in right posterior lung regions.

TERUMO 社の CAPIOX® カスタムパック、EBS 心肺キット LX タイプが使用された。しかし、ECMO 導入後も酸素化維持に難渋し、人工呼吸器の FiO_2 を 1.0 から下げることができなかつた。入院 10 日目 (ECMO 導入 3 日目) に、前医の担当医より日本 COVID-19 対策 ECMOnet (ECMOnet) の電話相談窓口につながり、調整の後に当センターへの転院が決定した。同日に当センター医師がドクターカーで前医に出向き、患者に ECMO を装着したまま当センターに転院となった。

当院入院時現症：意識はプロポフォールとデクスメトミジンによる鎮静とロクロニウムによる筋弛緩下で深鎮静の状態であり、体温 $35.7^{\circ}C$ 、ドパミン $3\mu g/kg/min$ 投与下で血圧 $112/71mmHg$ 、脈拍 $76/min$ 、呼吸数 $20/min$ 、 SpO_2 81% (FiO_2 1.0)、人工呼吸器設定は、assist control (A/C) モード、圧規定 (pressure control: PC) $15cmH_2O$ 、呼気終末陽圧 (positive end-expiratory pressure: PEEP) $18cmH_2O$ 、呼吸数 $20/min$ とした。入院時の胸部 CT 所見は右上葉に COVID-19 に特徴的な ground glass opacity (GGO) を認めるとともに、両肺野背側優位の気管支透亮像を伴う浸潤影を認めた (Fig. 2a)。

経過：搬入時、酸素化を維持するために ECMO の回転数を上げ ECMO の脱血量を保とうとするも、 $2.0L/min$ 以上の確保は困難であった。そのため、人工呼吸器設定を FiO_2 1.0 から下げることができず、

lung rest ができない状況であった。その原因として、前医で挿入された ECMO の脱血管の径が細く、十分な脱血量を確保できないことが考えられた。このため、脱血管の入れ替えを検討したが、ECMO 中断時間が長くなった場合に患者が急変するリスクが憂慮された。そこで、透視下で右内頸静脈に 21Fr 送血管を新たに挿入し、前医で送血管として右大腿静脈に挿入されていた 22Fr 送血管を脱血管に変更して、左大腿静脈の 18Fr 脱血管と Y 字コネクタを用いて連結して、脱血管を 2 本にすることで脱血量を確保する方法を選択し、VV-V ECMO に変更した (Fig. 1b)。ECMO の脱血量はそれまで $1.9L/min$ であったが、脱血管を 2 本にしたことで、脱血量 $5.1L/min$ を確保できるようになり、人工呼吸器設定を A/C モード (PC $10cmH_2O$ 、PEEP $12cmH_2O$) とし、 FiO_2 0.25 で PaO_2 $70mmHg$ と十分な酸素化を得ることが可能となり、lung rest も実施可能となった。

COVID-19 に対する治療は前医から投与されていたファビピラビル $1,800mg/day$ 、ヒドロキシクロロキン $400mg/day$ 、CTRX $2g \times 2/day$ を継続した。また、lung rest を継続しつつ、ECMO 下で腹臥位療法を実施した。発症 13 日目 (ECMO 導入 6 日目、当センター転院 4 日目) に鎮静を中止し、覚醒とともに呼吸様式が落ち着いていることを確認したうえで人工呼吸器設定を pressure support ventilation (PSV) に変更し、端座位保持まで activities of daily living (ADL)

を拡大した。発症 14 日目 (ECMO 導入 7 日目, 当センター転院 5 日目) に ECMO の sweep gas を切った動脈血ガス分析で P/F 190 と良好であったため, 同日に ECMO から離脱した。ECMO 管理中に ECMO に起因した合併症は見られなかった。その後, 人工呼吸器管理下で呼吸リハビリを継続し, 発症 17 日目 (当センター転院 8 日目) に P/F 353 と酸素化は安定していたため, 人工呼吸器から離脱した。発症 16 日目 (当センター転院 7 日目) の胸部 CT 検査では入院時に認めた GGO や浸潤影は改善していた (Fig. 2b)。発症 18 日目と発症 20 日目に SARS-CoV-2 の PCR 検査で陰性を確認後, 発症 21 日目に後遺症なく, 独歩で前医へ転院となった。

考 察

本症例は重症 COVID-19 呼吸不全に対して前医で VV ECMO を導入するも, 酸素化維持に難渋し, 当センターに転院となった。当センター転院後, 酸素化維持に難渋した原因は脱血管の径が細く十分な脱血量を確保できなかったことと判断し, 脱血管を 2 本にする VV-V ECMO に変更した。VV-ECMO 変更後は安定した脱血量を確保でき, 酸素化の改善が達成できた。この経験から, VV ECMO では脱血量を保てない場合に, VV-V ECMO へ変更することは有用な選択肢の一つであると思われた。

2009 年の新型インフルエンザ (H1N1) パンデミックの際に, 英国 ECMO 患者の生存率は 76.3%²⁾であったのに対して, 本邦における ECMO 患者の生存率は 35.7%と半分以下の生存率であった³⁾。本邦の生存率が低かった原因として Takeda ら³⁾は脱血管が細過ぎたことや ECMO 患者が集約化されていなかったことなどの問題点を指摘した。脱血管の径は ECMO 管理において重要な因子^{3,4)}であり, Ohshimo らが ECMO プロジェクトのデータベースを用いて 2009 年と 2016 年のインフルエンザに対する ECMO の成績を比較した報告⁴⁾では, 本邦で ECMO 実施時に用いる脱血管の径は 2009 年と比較して 2016 年で有意に太くなっていたと報告し, 60 日生存率を評価

した Kaplan-Meier 曲線においても 2009 年と比較して 2016 年は生存率が有意に改善していた。以上の結果から, ECMO 管理の際に脱血管の径を太くし, 脱血量を増やすことは, 生存率を改善する要因になる可能性があると思われた。

Edward らによる症例報告⁵⁾では, 新生児の症例ではあるものの本症例と同様に脱血量が確保できない症例に対して脱血管を追加することで十分な脱血量の確保に成功して, 生存退院したと報告している。VV-V ECMO は脱血回路が増え, Y 字コネクタで接続する必要があるために回路が煩雑になり, Y 字コネクタ部の血栓, カニューレ刺入部が増えることによる出血トラブルや事故抜去のリスクが増えるなどのデメリットがあり, どの施設にも推奨できるものではない。本症例では, 左大腿静脈の 18Fr 脱血管を抜去して, 右大腿静脈脱血および右内頸静脈送血によるシンプルな VV ECMO にして, 脱血が不良な場合はサイズアップを検討する選択肢も良かったと思われる。しかしながら, ECMO 管理中に脱血管を抜去することはリスクが高いと考えた。さらに本症例は体格が大きいため高流量の脱血量を確保する必要があり, 前述の VV ECMO では脱血管のサイズアップが必要になる可能性が高く, その際に脱血管の入れ替えは侵襲が大きいのみならず, ECMO 中断時間が長くなることが懸念された。つまり, 本症例での VV-V ECMO の選択は最も侵襲が少ないうえで安定した脱血量が確保できる configuration になると我々は考えた。そのため, 脱血カニューレの選択によって脱血不良を起こした際には, 施設の力量を考慮したうえで VV-V ECMO は一つの選択肢として良いと考える。

ECMO の発展に伴って, VV ECMO や venoarterial (VA) ECMO 管理は一般的になりつつある。しかし, 時に ECMO 患者は循環や呼吸状態の急激な変化に伴って ECMO の回路構成を考え直さなければならない。また, 3 本以上のカテーテルを使用するなどの応用的な ECMO 管理は ECMO に習熟した施設で実施すべきである^{6,7)}。VV-V ECMO 管理を必要とし

た過去の報告では、今回の症例のように ECMO 脱血量が不十分であるため酸素化を維持できない場合や、ECMO 脱血量を保つため回転数を上げることで過剰な溶血を起こす場合が挙げられていた⁷⁾。ただし、VV を VV-V に変更する手技や VV-V 変更後の管理はどの施設でも行えるものではない。1 施設の ECMO 経験症例数の増加は患者生存率向上に寄与するとの報告があり⁸⁾、重症呼吸不全の患者を集約化することは ECMO 患者の救命率向上にとって重要である⁹⁾。今回のように、ECMO 管理に難渋した際には経験症例数の多い ECMO センターに集約化することで患者救命につながると思われる。

結 語

今回、COVID-19 に対して ECMO 搬送ならびに VV-V ECMO で経過良好であった症例を経験した。脱血管の選択は非常に重要であり、脱血不良の場合には脱血管の太さを変える選択肢だけではなく、脱血管 2 本による VV-V ECMO への変更も選択肢の一つである。

本論文に関して、利益相反はない。

謝 辞

日本 COVID-19 対策 ECMOnet, 福岡県新型コロナウイルス感染症調整本部, 前医で本症例の管理を行った方々に感謝いたします。また, 診療にご協力頂いた当院幹部, 感染制御部, 当センター看護師, Fig. 1 のイラスト作成を手伝っていただいた当センター秘書の友永裕梨佳氏にお礼を申し上げます。

文 献

- 1) Ramanathan K, Antognini D, Combes A, et al: Planning and provision of ECMO services for severe ARDS during the COVID-19 pandemic and other outbreaks of emerging infectious diseases. *Lancet Respir Med.* 2020; 8: 518-26.
- 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) Takeda S, Kotani T, Nakagawa S, et al: Extracorporeal membrane oxygenation for 2009 influenza A (H₁N₁) severe respiratory failure in Japan. *J Anesth.* 2012; 26: 650-7.
- 4) Ohshimo S, Shime N, Nakagawa S, et al: Comparison of extracorporeal membrane oxygenation outcome for influenza-associated acute respiratory failure in Japan between 2009 and 2016. *J Intensive Care.* 2018; 6: 38.
- 5) Ford EG, Atkinson JB: Augmented venous access in the problematic ECMO patient: a case report. *J Pediatr Surg.* 1992; 27: 527-8.
- 6) Sorokin V, MacLaren G, Vidanapathirana PC, et al: Choosing the appropriate configuration and cannulation strategies for extracorporeal membrane oxygenation: the potential dynamic process of organ support and importance of hybrid modes. *Eur J Heart Fail.* 2017; 19 (Suppl 2): 75-83.
- 7) Brasseur A, Scolletta S, Lorusso R, et al: Hybrid extracorporeal membrane oxygenation. *J Thorac Dis.* 2018; 10 (Suppl 5): S707-15.
- 8) Barbaro RP, Odetola FO, Kidwell KM, et al: Association of hospital-level volume of extracorporeal membrane oxygenation cases and mortality. Analysis of the extracorporeal life support organization registry. *Am J Respir Crit Care Med.* 2015; 191: 894-901.
- 9) Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, et al: Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet.* 2009; 9698: 1351-63.