

特集

ECMO は最後の切り札か？
— COVID-19禍での ECMO 治療の概要 —

伊藤 一仁

純真学園大学 保健医療学部 医療工学科

Is ECMO the last miracle item to save from the crisis?
— ECMO treatment in the COVID-19 crisis —

Kazuhito ITO

Department of Medical Engineering, Faculty of Health Sciences, JUNSHIN GAKUEN UNIVERSITY

【要旨】 COVID-19の世界的流行の中で、重篤な肺疾患に対し適用される ECMO 治療に、一般社会からも注目が集まっている。本稿では、臨床工学技士が臨床の現場で携わるであろう ECMO 治療の概要や COVID-19禍での ECMO 治療適用の現状について紹介する。

キーワード： ECMO (体外式膜型人工肺)、COVID-19、臨床工学技士、呼吸不全、重症患者

はじめに

“2021年1月8日15:00配信の朝日新聞デジタルによると、8日の東京都内での新型コロナウイルスの新規の感染者数は2,392人であり、「人工呼吸器か体外式膜型人工肺（ECMO）を使用」という東京都基準の重症者数が前日より8人増えて、129人になったことが報じられた。”

新型コロナウイルス COVID-19の世界的な感染拡大の様相が、連日トップニュースとして報道されている。その中において、「ECMO」という用語を耳にすることも多いだろう。この用語はこの感染症での重症化の話題と共に語られる。新型コロナウイルス感染症の重症患者では、重度の肺炎による呼吸不全を起こすことが多く、そのため人工呼吸器で肺に強制的に高濃度の酸素を送って呼吸を補助してやらなければならない。ところが、さらに肺炎が悪化すると肺胞が著しく損傷し、人工呼吸器を使っても酸素が十分に取り入れられない状況に陥る。このような状況になれば、体外で肺機能を人工的に代替させてやり、酸素化した血液を体内に送り込むことによって、患者自身の肺を一時的に休ませる必要が生ずる。これを担う装置が ECMO である^{1,4)} (図1)。

この ECMO の日本語名称について、単に「人工肺」と呼ぶメディア（朝日新聞など）もあれば、「人工心肺装置」と呼ぶメディア（NHK など）もある。専門家の中には「人工肺と人工心肺は別物」と指摘する者もいる。冒頭の記事では、東京都は ECMO を「体外式膜型人工肺」と称していた。いったい ECMO とは何なのか。なぜ新型コロナウイルス重症患者の“最後の切り札”と言われるのか。さらに ECMO と本学とはどのような繋がりがあるのか。本年度、本学に着任したばかりの工学系の筆者であるが、このコロナ禍の数か月間で学んだ ECMO 治療の概要についてまとめてみようと思う。説明の稚拙な部分をご容赦願いたい。

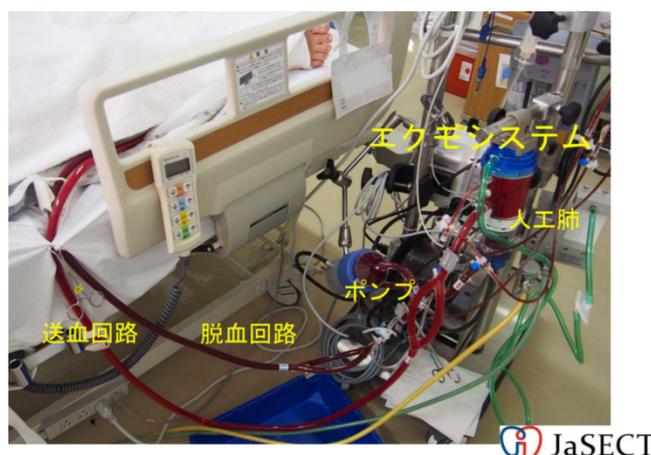


図1 ICU（集中治療室）でのECMO治療例
日本体外循環技術医学会⁴⁾「一般向けECMO資料」より引用

ECMO とは何か？

ECMO という名は、extracorporeal membrane oxygenation という機器の名称から来ている。東京都の称する「体外式膜型人工肺」は相応な訳であろう。この名称からは「人工心肺」ではなく、「人工肺」と呼ぶのが正しいように思える。しかし、実際はそれほど単純ではないようだ。幾つかの文献によれば、ECMOは「体外式血液ポンプと人工肺を組み合わせた生命維持装置、或いはその治療法」と定義できる^{1,3)}。太い静脈にカニューレと呼ばれる管を挿入し、体外に取り出した静脈血を遠心ポンプで回路内へ巡らせ、人工肺で酸素と二酸化炭素の交換を行い、同じくカニューレを挿入した別の部位の血管へ酸素化した血液を送り込む。送脱血法によって分類すると、静脈から取り出した（脱血した）血液を酸素化した後、再び“静脈”に戻す（送血する）手法をVV (veno-venous) ECMO といい、呼吸の補助のみを目的としている。これは“呼吸ECMO”と呼ばれる手法で、心臓の働き（循環動態）は維持され、呼吸不全のみ伴う患者においては、基本的にこのVV-ECMOが選択される。成人呼吸不全のVV-ECMOでは、血管へのカニューレ挿入は通常、右内経静脈と大腿静脈が選択される^{1,4)}（図2）。どちらを送血側または脱血側にするかは、医療機関や施術者の考え方によって異なる。

一方、静脈から脱血し、酸素化した血液を静脈ではなく、“動脈”に送血する手法をVA (veno-arterial) ECMO といい、この場合、呼吸の補助に加えて循環補助（心臓の働きの補助）も行うことができる^{1,4)}（図3）。心臓の機能が悪化している場合や、肺疾患によって右心不全を起こしている場合に、この手法が選択される。それ故、VA-ECMOはPCPS (Percutaneous cardio pulmonary support：経皮的な心肺補助) という人工心肺装置と同義であり、実際こちらの名称を使う医療機関も多い。そして、先のVV-ECMOの方を通称ECMOとするようだ。ただ、呼吸不全に対するVV-ECMOの施術中に循環不全を合併してVA-ECMOに移行したり、逆に当初は循環不全に対しVA-ECMOを導入したものの、循環動態の改善が見られれば、残った呼吸不全に対してVV-ECMOに移行したりすることもある。結局、人工肺でも人工心肺でも、血液の酸素化を行う機能の部分では大きな違いはないようである。

人工肺の仕組みは？

ECMOには、身体全体への血液循環を維持するために、十分な量の静脈血を酸素化する能力と、適正に二酸化炭素除去を行う能力を長時間安定的に保つことが求められる。また、血液成分に対する物理的な影響が少ないことも必要である^{2,3)}。この酸素と二酸化炭素との間のガス交換に関して、人工肺が開発された当初は、血液に直接酸素ガスを吹き込んで泡の表面でガス交換を行う気泡型という手法が用いられた。しかし、当時の手法では、血液の損傷が大きく、また血液中から気泡を取り除く“除泡”の

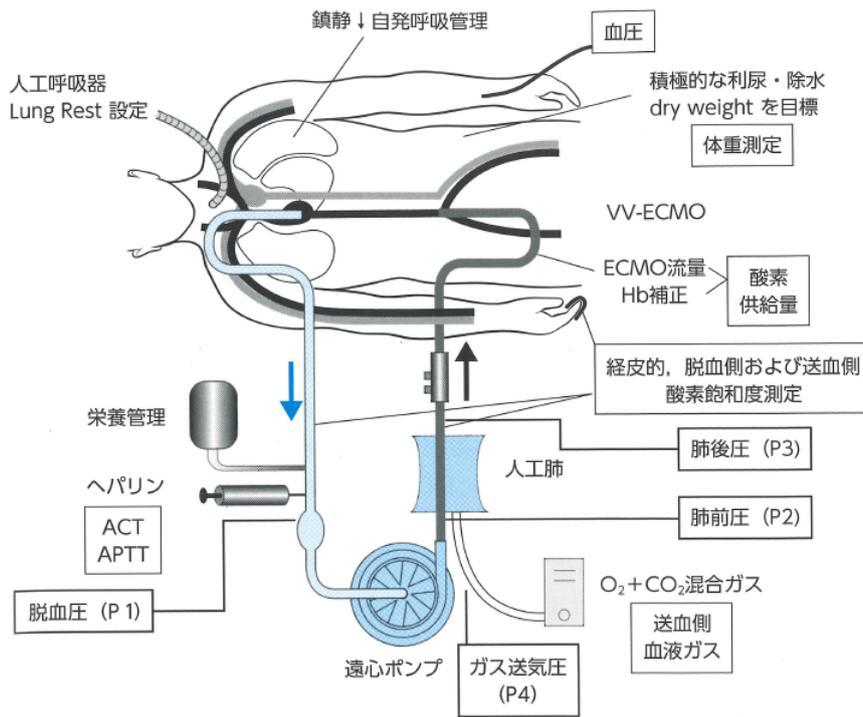


図2 VV (veno-venous) ECMO の概要図
「呼吸 ECMO マニュアル」¹⁾ からの引用

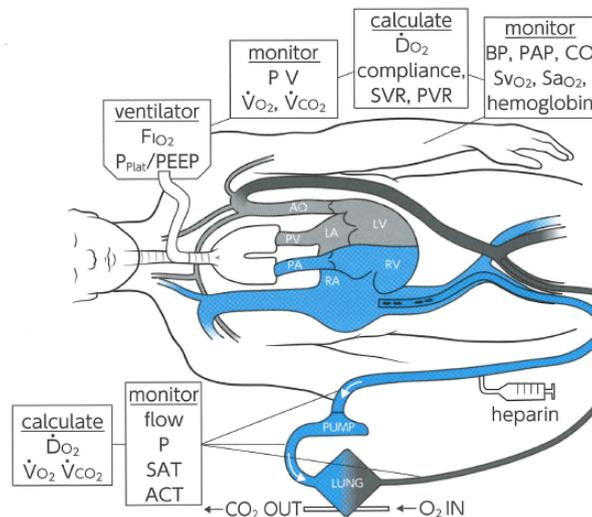
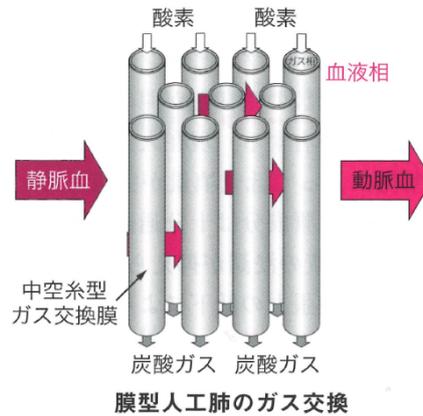


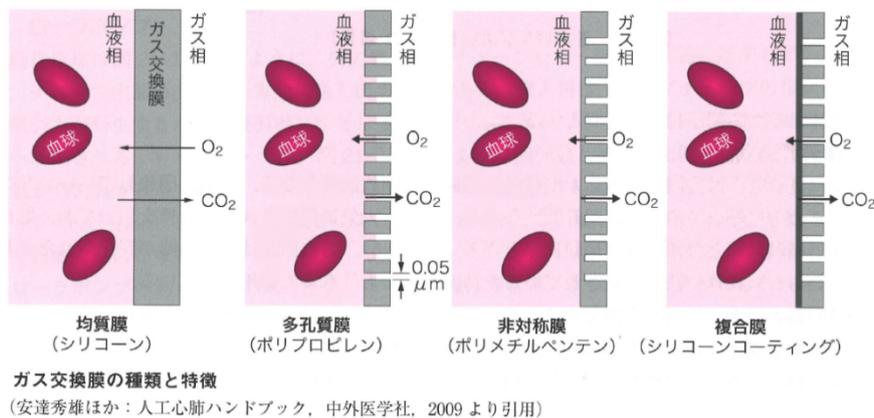
図3 VA (veno-arterial) ECMO の概要図
「呼吸 ECMO マニュアル」¹⁾ からの引用

制御も難しかったため、生体の肺と同じく“膜”を介してガス交換を行う膜型人工肺が開発された。これが ECMO の M, membrane (膜) の名称を表している。現在、膜自体をストロー状にした中空糸型の人工膜が広く使用されており、中空糸の内側に酸素ガスを流し、その外側を血液が通ることによってガス分子の透析が行われる³⁾ (図4)。実用化されているガス交換膜は、均質膜、多孔質膜、非対称膜、複合膜があり、ガス分子の移動はガス分圧の圧力勾配によって行われる³⁾ (図5)。因みに、現在では気泡型も改良が進み、膜型との性能の差は無くなってきているらしい。



膜型人工肺のガス交換
(安達秀雄ほか：人工心肺ハンドブック，中外医学社，2009より引用)

図4 膜型人工肺のガス交換の様子
「MEの基礎知識と安全管理第7版」³⁾からの引用



ガス交換膜の種類と特徴
(安達秀雄ほか：人工心肺ハンドブック，中外医学社，2009より引用)

図5 ガス交換膜の種類と特徴
「MEの基礎知識と安全管理第7版」³⁾からの引用

ECMOは“最後の切り札”か？

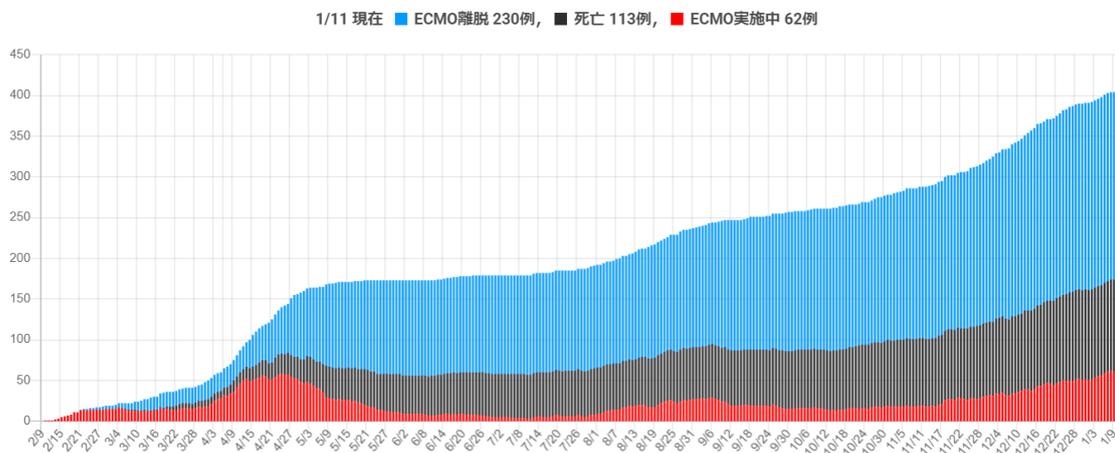
ECMOは心肺補助により十分な酸素供給を行って患者の状態を安定させ、生体の回復を待つ治療である。即ち、あくまでも患者自身の自己治癒力によって肺の回復が成されるのを待つための治療法であり、ECMOを施行したからといって必ずしも容態が良くなる保障はない。ECMOは、患者自身の自己回復を補助する手段に過ぎないのである。その意味では、“最後の切り札”と形容されるような起死回生のアイテムではない。

自己回復を補助する手段という意味では、呼吸を補助する人工呼吸器と似ている。が、カニューレ挿入でも分かるように、ECMOの人体への侵襲性は人工呼吸器よりもはるかに大きい。侵襲性が大きければ、身体への物理的および精神的負担や感染症へのリスクも増大する。実際、ECMOの使用に際し、感染症や血栓症、腎不全などの様々な合併症が併発され易いことが報告されている¹⁻⁴⁾。また、人工肺や循環回路内で血液を固まり難くするための抗凝固薬（ヘパリンなど）が使用されるが、これは体内へも循環するため脳出血のリスクも高める。それ故、呼吸不全の患者に対するECMO治療の適用には、かなり慎重な検討を要する。原則として、その適用は従来的人工呼吸治療によっても良好な反応がなく、高い死亡率が想定される場合に限定される。しかも、患者に残された自己治癒力によって肺の回復が見

込めることが必須である。もしそれが見込めないのに ECMO を適用すれば、患者に無為な負担を与えるだけでなく、貴重な医療資源を浪費させることになる。施術者および医療機関は、この治療法の特異性を十分理解した上で治療展開していくことが、ECMO 適用の成功の鍵となる。

図6のグラフは、日本 COVID-19対策 ECMOnet が、横断的 ICU 情報探索システム (CRoss Icu Searchable Information System, 略称 CRISIS) を用いて集計し公開している国内の ECMO 治療の成績累計である⁵⁾。2021年1月11日現在、人工呼吸が必要な重症患者10人のうち1人の割合で ECMO 治療が適用されており、当治療による肺炎からの離脱者は230例あることが示されている。一方、そのほぼ半数の113例が死亡者となっている。また図7のグラフは、ECMO 治療適用の年齢分布を表している。50歳から80歳までの範囲で ECMO 適用数の大半を占めていることが分かる⁵⁾。但し、50歳代および60歳代に比べて、70歳代および80歳以上での適用数は減少傾向にある。一方、厚生労働省が発表している年齢階級別死亡数によれば、70歳代および80歳以上の死亡者数は1月6日時点で839人および2,141人と、他の年代に比べて遥かに多い。即ち、これらの年代での重篤な患者の数に比べて、実際の ECMO 治療の適用機

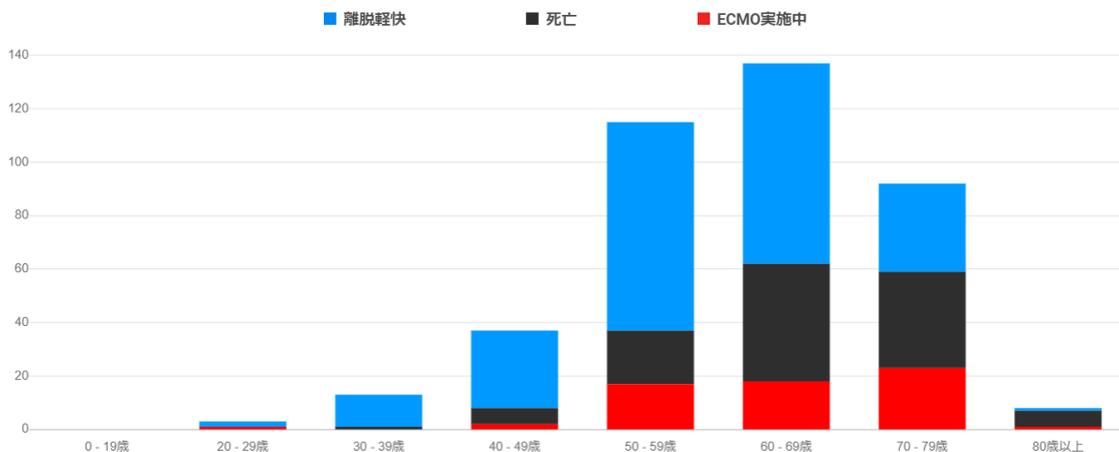
国内のCOVID-19におけるECMO治療の成績累計



2021/01/11 更新

図6 国内の COVID-19における ECMO 治療の成績累計
日本 COVID-19対策 ECMOnet (<https://crisis.ecmonet.jp/>)⁵⁾ からの引用

国内のCOVID-19におけるECMO治療の年齢分布と転帰



2021/01/11 更新

図7 国内の COVID-19における ECMO 治療の年齢分布と転帰
日本 COVID-19対策 ECMOnet (<https://crisis.ecmonet.jp/>)⁵⁾ からの引用

会はかなり少ないことが判る。この要因として先述したように、患者自身の自己治癒力が残存するか否か等の条件が ECMO 適用の可否を決定しているように推察される。

ECMO と本学との繋がり

ひとたび重症患者に ECMO 治療を適用すれば、24時間態勢でのモニタリングが必要となる⁷⁾。患者の容態の監視は勿論のこと、装置のトラブルなどにも対応しなければならないからである。挿入したカニューレが体から外れたり、ECMO 回路内やカニューレ内部で血液が凝固して詰まったりするトラブルもあり得る。それにより血液循環が滞れば、それは患者の死に繋がる。そのため ECMO 治療には、この治療法に精通した医師、看護師、そして医療機器のスペシャリストである臨床工学技士が1つのチームとなって臨まなければならない。ECMO 治療1件につき、1日に医師3名、看護師4名、臨床工学技士2名くらいの人為的資源が必要だと試算されている^{4,8)}。治療期間は数週間以上に及ぶこともある^{4,5)}。その中で、臨床工学技士は、患者の呼吸や循環、代謝を総合的に判断し、医師へ適切に報告を行い、また医師からの要求の通りに装置を操作および管理・保守しなければならない。

現代の医療は高度な医療機器なくしては有り得ない。ECMO もまたそのような医療機器の一つである。それら医療機器に対し医学と工学の両面から専門的に携わるのが臨床工学技士である。本学の医療工学科はそのような人材を育てる教育機関であり、人工呼吸器や ECMO の知識や技術に関する学習も行われる。ここに ECMO と本学との深い繋がりを見ることができる。

おわりに

今回の新型コロナウイルス COVID-19に関する特集号に際し、本学医療工学科とも関連の深い ECMO 治療についてまとめてみた。より詳しい情報を知りたい方々には、末尾に参考文献を上げておくので、ご参照頂きたい。

厚生労働省によると、国内の新型コロナウイルスの感染者数は1月10日時点で6,081人であり、そのうち重症患者数は852人（前日から25人増）となった¹⁰⁾。1月7日には政府より2回目の緊急事態宣言も発令されている。“第3波”とも称されるこのところの急激な感染拡大により、国内の医療資源の逼迫が懸念されているからだ。このような状況の中で、多くの臨床工学技士が日夜、人工呼吸器や ECMO を操作し、多くの患者の命を救ってきた。しかし、今後も感染拡大が続くことを考慮するならば、さらに多くの臨床工学技士が全国の臨床現場で必要とされるだろう。特に、ECMO 治療の知識や技術に精通した人材を増やして行くことは喫緊の課題である。それは本学の社会的使命でもある。

参考文献

- 1) 氏家良人監修，“呼吸 ECMO マニュアル”，克誠堂出版
- 2) 海老根東雄監修，“臨床工学ハンドブック改訂版（上）”，ベクトルコア出版
- 3) 日本生体医工学会 ME 技術教育委員会監修，“ME の基礎知識と安全管理第7版”，南江堂出版
- 4) 日本体外循環技術医学会，“新型コロナウイルス感染症（COVID-19）関連情報”，<https://jasect.org/2173>
- 5) 日本 COVID-19対策 ECMOnet：代表 竹田晋浩，<https://crisis.ecmonet.jp/>
- 6) 藤田医科大学 麻酔・侵襲制御医学講座，https://fujita-accm.jp/outline/medical_guide/ecmo
- 7) 日本体外循環技術医学会，“エクモ（ECMO）とは”，https://jasect.org/wp/wp-content/uploads/2020/04/ECMO_wakariyasui.pdf
- 8) メディアスホールディングス株式会社，<https://www.medius.co.jp/asourcnavi/ecmo/>
- 9) 公益社団法人日本臨床工学技士会 <https://www.ja-ces.or.jp/for-students/clinical-engineer/>
- 10) 厚生労働省「新型コロナウイルス感染症について」，https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000164708_00001.html