

## 新型コロナウイルス感染症と クリニカルエンジニアリング

### ICU における 感染拡大第 1 波対応から得られた教訓

#### ①人工呼吸器使用における 臨床工学技士の立場から

聖マリアンナ医科大学病院 クリニカルエンジニア部, 呼吸治療専門臨床工学技士

五十嵐 義浩 IGARASHI Yoshihiro



#### 概要

新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) は重症肺炎を引き起こすウイルスで、このウイルスによる感染症を COVID-19 (感染症法では新型コロナウイルス感染症) と呼ぶ。COVID-19 による肺炎では、酸素療法や人工呼吸管理を要する重症例となることもある。SARS-CoV-2 は感染力が強いので、医療従事者は、COVID-19 肺炎患者の治療を行いながら、他者への感染予防にも努めなければならない。本稿では、今回、さまざまなガイドラインを参考に対処して得た当院の経験から、人工呼吸器の管理におけるポイントを述べる。



#### Key Word

エアロゾル感染 フィルタ 加温加湿器 閉鎖式吸引システム/呼吸回路交換  
搬送 点検 呼吸管理 NPPV/HFNC 消毒

#### 1

#### はじめに

当院では、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の感染拡大下において、2020 年 2 月初旬より、クルーズ船ダイヤモンド・プリンセス号内で感染した患者の受け入れが始め

り、2 月 17 日に初めて、人工呼吸器を装着した重症患者を受け入れた。それから 8 月 28 日までに、人工呼吸器を装着して管理した患者は 38 名、体外式膜型人工肺 (ECMO) を装着して管理した患者は 7 名に上る。当初は、ガイドラインもエビデンスもないなか、感染対策を行いつつ治療に取り組んできた。

COVID-19 の治療に携わった臨床工学技士

として、本稿では、人工呼吸器の管理におけるポイントを述べる。

## 2

### COVID-19 の特徴

新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) は、飛沫、エアロゾル、接触経路を介して人から人へ感染する強い感染力をもっている<sup>1)</sup>。SARS-CoV-2 による肺炎では、酸素療法や人工呼吸管理を要する重症例となることもあり、医療従事者は、COVID-19 患者の治療を行いながら、他者への感染予防にも努めなければならない。

感染経路は、咳や人工呼吸器装着時に曝露する「飛沫感染」、皮膚や粘膜にウイルスが付着したものが接触することで曝露する「接触感染」、および「エアロゾル感染」である (エアロ

ゾル感染に明確な基準はない)。エアロゾル感染は、表 1 に示す手技<sup>2)</sup>により発生したウイルスを含む粒子 (0.02~40 $\mu$ m) (図 1) が空中で 1~3 時間浮遊し<sup>3)</sup>、それを吸い込むことで感染する。感染予防には、手袋、ガウン、マスク、ゴーグルなどが必要となる。特に、エアロゾル感染予防には N95 マスクなどが必要<sup>4)</sup>とされるが、当院では、N95 マスクより捕集機能が高い HEPA フィルタを搭載した HALO (ヘイロー) [(株) モレーンコーポレーション] マスクを使用している (図 2)。

## 3

### COVID-19 対応における 当院クリニカルエンジニアリング部の体制

当院クリニカルエンジニアリング部には 37 名の臨床工学技士が所属し、通常は 3 部門 (①手

表 1 エアロゾルが発生しやすい手技<sup>2)</sup>

- ・人工呼吸器を外す行為
- ・気管挿管、抜管
- ・陽圧換気 (NPPV/CPAP/在宅呼吸器)
- ・気管切開
- ・心肺蘇生
- ・用手換気
- ・痰吸引
- ・気管支鏡検査
- ・ネブライザ療法
- ・肺理学療法 (誘発採痰)

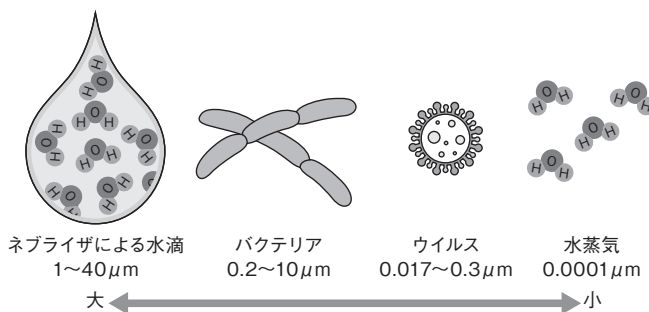


図 1 粒子の大きさ

**AARC:** American Association for Respiratory Care  
**ANZICS:** the Australian and New Zealand Intensive Care Society  
**ARDS:** acute respiratory distress syndrome  
**COVID-19:** coronavirus disease 2019  
**CPAP:** continuous positive airway pressure  
**CRRT:** continuous renal replacement therapy  
**CT:** computed tomography  
**ECMO:** extracorporeal membrane oxygenation  
**HDMI:** high-definition multimedia interface  
**HEPA:** high-efficiency particulate air  
**HFNC:** high-flow nasal cannula  
**HCU:** high care unit  
**HMEF:** heat and moisture exchanger filter  
**ICU:** intensive care unit

**ISO:** International Organization for Standardization  
**JSEPTIC:** Japanese Society of Education for Physicians and Trainees in Intensive Care  
**LAN:** local area network  
**MDI:** metered dose inhaler  
**MRI:** magnetic resonance imaging  
**NPPV:** noninvasive positive pressure ventilation  
**PCR:** polymerase chain reaction  
**PEEP:** positive end-expiratory pressure  
**PPE:** personal protect equipment  
**P-SILI:** patient self-inflicted lung injury  
**SARS-CoV-2:** severe acute respiratory syndrome coronavirus 2  
**VALI:** ventilator-associated lung injury  
**V-V:** veno venous



図2 HALOマスク装着時の様子

術室担当、②透析室担当、および③救命・虚血カテーテル・ICU・緊急カテーテル担当)に分かれて業務を行っている。今回のCOVID-19治療には、③を担当する9名が専属で対応した。2月初旬にクルーズ船での感染患者を受け入れ始めてから、日勤帯は2名がCOVID-19患者が収容されているレッドゾーンへ入室して対応し、夜間はオンコール1名、当直1名で対応した。この勤務体制を専属の9名で続けるため、病院近くの寮へ宿泊したり、場合によっては日勤に続いて当直になり、1日中レッドゾーンで業務を行ったという者もいた。

COVID-19治療におけるおもな業務は、人工呼吸器関連業務〔ラウンド、食道内圧測定による経肺圧モニタリング、呼吸機能評価、吸気努力の指標である閉塞圧測定( $P_{0.1}$ )〕、腹臥位への体位交換、患者搬送、持続的腎代替療法(CRRT)管理(回路交換)、ECMO管理〔体外循環用血液ガス分析装置CDI<sup>®</sup>システム500、(株)テルモ)のキャリブレーション、回路交換〕、ME機器点検である。なお、救急搬送されてきた場合で擬似症の患者については、上記以外の業務にも専属スタッフが対応した。

#### 4

### COVID-19治療専用病棟におけるゾーニング

ICUとHCUのあるフロアをCOVID-19治療に当たる専用病棟として15名の患者を受け入れられるようにし、人工呼吸器は最大12台、V-V ECMOは最大4台同時に稼動することがあった。陰圧室はなかったため、病棟全体を陰圧管理できるように陰圧装置を設置し、感染エリアをレッドゾーン、個人防護具(PPE)を装着するための前室をイエローゾーン、清潔エリアをグリーンゾーンとしてゾーニングを行った(図3)。病室内にはクラウドカメラシステムを配置して、グリーンゾーンのナースステーションで病室内部の様子を把握できるようにした。また、複数の患者の状況をひと目で把握できるように、ホワイトボードで情報共有を行った。さらに、廊下にME機器の待機場所を作り、レッドゾーン内での新規貸出し場所と返却場所を設置し、運用した。

#### 5

### COVID-19対応における人工呼吸器のフィルタ(吸気フィルタ、呼気フィルタ、人工鼻フィルタ)および回路の選択

人工呼吸器の消耗品は、ディスポーザブル製品を使用した。ここでは、フィルタと回路について述べる。

#### 5-1 呼気フィルタ、吸気フィルタ

COVID-19対策では、ウイルス除去率が高く、医療従事者への飛沫飛散防止の観点から、吸気フィルタ・呼気フィルタともにHEPAフィルタと同等の性能をもつ製品が望ましく<sup>5)</sup>、高性能疎水性フィルタを用いる<sup>6)</sup>とされている。

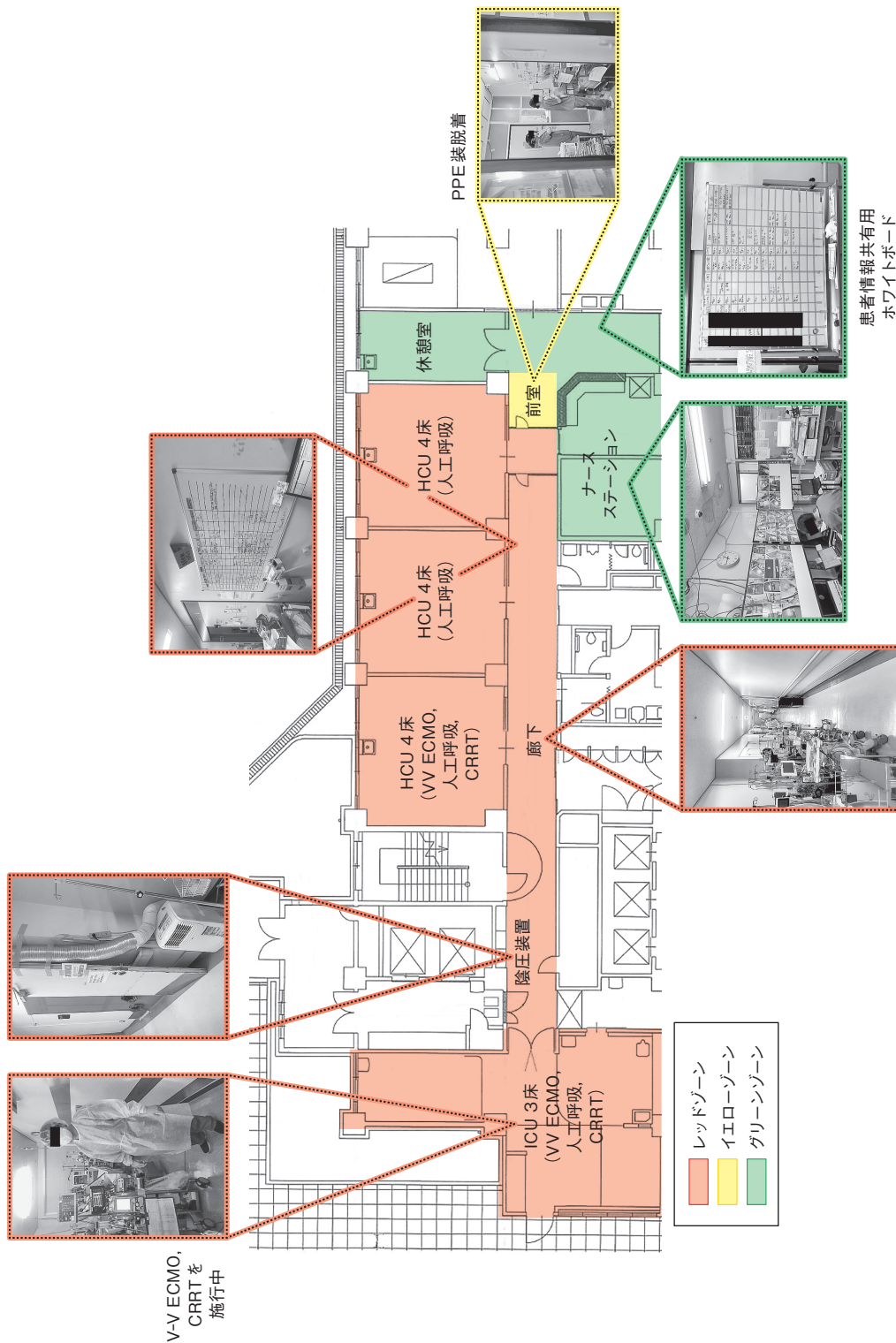


図3 COVID-19 治療専用病棟のゾーニング  
 ICUとHCUのあるフロアを専用病棟(重症症例15床)とし、人工呼吸器は最大12台、V-V ECMOは最大4台同時に稼働できるようにしていた。

表2 機械式フィルタ、静電式フィルタの特徴

	機械式	静電式
原理	フィルタの繊維で細かい網目格子を作り、物理的に捕集	フィルタの繊維に電荷をもたせ、静電気的特性を利用して吸着
構造	プリーツ状(表面積を確保するため)	パッド状
疎水性	高い	機械式と比較すると低い
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高い濾過効果を得やすい</li> <li>・流量抵抗を減らすため、容積が大きくなりやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小型軽量化しやすい</li> <li>・粒子の物理的な通過に対しては、性能を発揮し難い</li> </ul>

フィルタは機械式と静電式の2種類に大別される(表2)。前述のHEPAフィルタとは、定格風量で粒径が $0.3\mu\text{m}$ の粒子に対して99.97%以上の粒子捕集率を有しており、かつ初期圧力損失が245 Pa以下の性能をもつエアフィルタ<sup>7)</sup>である。ウイルス除去能の基準をクリアしているが、「HEPAフィルタ=ウイルスを除去できる」わけではないので注意が必要である。

SARS-CoV-2の大きさは $0.1\sim 0.2(0.125)\mu\text{m}$ といわれ<sup>8)</sup>、フィルタは、使用場所や環境に応じて選択する必要がある。当院では、吸気側には静電式、呼気側には、疎水性が高い機械式のなかでも長期間使用可能な人工呼吸器専用呼気フィルタを使用している。

## 5-2 人工鼻フィルタ(HMEF)

人工鼻フィルタ(HMEF)のメーカ推奨による使用期間は24~48時間で、定期的な交換が求められているが、回路を開放することで感染のリスクがあるため、医療従事者が曝露しないような交換方法(後述の「7. COVID-19対応における閉鎖式吸引システムと呼吸回路の交換」参照)を、適切なPPEを用いて行う必要がある。

AARCのガイドライン<sup>9)</sup>では、①気道分泌物が多量や気道出血のある患者、②リークがある状態、③分時換気量の多い(10 L/min)患

者へのHMEFの使用は禁忌とされており、④ARDSに対する肺保護戦略(後述の「10. COVID-19患者の呼吸管理」参照)では、死腔増加による二酸化炭素貯留と加湿不足による無気肺を引き起こすためHMEFの使用は推奨されないため、加温加湿器の使用を検討する(後述の「6. COVID-19対応における加温加湿器の選択」参照)。当院では、搬送時など短時間で使用する場合のみ、静電式のHMEFを選択している。

HMEFを選択するためには、加湿性能とフィルタ性能を理解しておく必要がある。加湿性能は、ISO 9360<sup>10)</sup>に基づき、moisture output(加湿性能。従来から使用されてきた表現で、数値が大きいほど性能が高い)と、moisture loss(水分損失。最新のISOで推奨されており、数値が低いほど損失が少なく、性能が高い)の2通りで記載されているため、どちらの性能で記載されているか確認が必要である。また、フィルタ性能は、ウイルス除去率や流量抵抗などの性能として記載されているが、ウイルス除去率は各社で試験方法が異なり表記方法も異なる。たとえば、

- ・99.99%は、10,000個のウイルス負荷で通過するウイルスが1個
- ・99.999%は、100,000個のウイルス負荷で通過するウイルスが1個
- ・>99.99%は、10,000個のウイルス負荷で通過するウイルスが1個未満

という意味であり、試験方法や結果を基に吟味する必要がある。さらに、流量抵抗は、流量増加とともに湿潤環境下でも増すことがあるので注意が必要である。

よって、HMEFは、カタログのスペックを踏まえ、用途や目的に応じて、性能や換気の影響を考慮して選択する必要がある。

### 5-3 呼吸回路<sup>5)</sup>

当院では、基本的に吸気と呼気の2本で構成される閉鎖回路を第一選択にしている。HMEFを使用している場合、メインストリーム型カプノメータ用コネクタは汚染を防ぐためにHMEFよりも人工呼吸器側に装着し、薬剤吸入には、ネブライザの飛沫飛散リスクを考慮して推奨されているMDI(定量噴霧式吸入剤)スパーサ<sup>11)</sup>を使用している。MDIは、吸入用スパーサをL型コネクタとHMEFの間に接続して使用し、吸入後は、HMEFは閉塞のリスクがあるため必ず交換する。また、口元には閉鎖式吸引を取り付ける。

当院では加温加湿器を使用しているため(後述)、口元に閉鎖式吸引とカプノメータ、吸気側に経肺圧測定用の圧コネクタやMDIスパーサをあらかじめ取り付けてセッティングすることで、後から回路を開放して接続する危険性を回避している。

## 6

### COVID-19 対応における 加温加湿器の選択

加温加湿器使用時は、①呼気側に呼気フィルタを使用する、②自動給水チャンバを選択する、③HMEFとは併用しない、ということ

考慮する<sup>5)</sup>。

当院では、加温加湿器による挿管チューブの閉塞防止や、COVID-19患者の無気肺による低換気を加温により排痰させて改善させるため、加温加湿器を使用している。加温により生じる結露付着防止対策としては、回路の水分排出可能なEvaqua<sup>TM</sup> 2呼吸回路[Fisher & Paykel Healthcare(株)]を使用するとともに、荷物などの梱包に用いられる気泡緩衝材を回路に巻いている。前述のように、呼気フィルタには使用可能期間が長い機械式を装着し、回路内の結露予防に、呼気フィルタ部を加温式にする検討も必要である(表3)。

## 7

### COVID-19 対応における 閉鎖式吸引システムと呼吸回路の交換




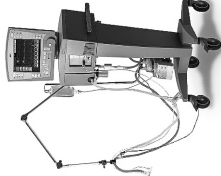


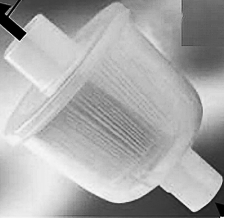
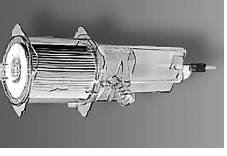
閉鎖式吸引システム交換時は、自発呼吸や咳嗽によるエアロゾルが発生する危険性があるため、鎮静薬や筋弛緩薬を投与する。また、呼吸回路を開放することもあるため、N95マスクの装着を含めた感染予防対策を行う<sup>5)</sup>。

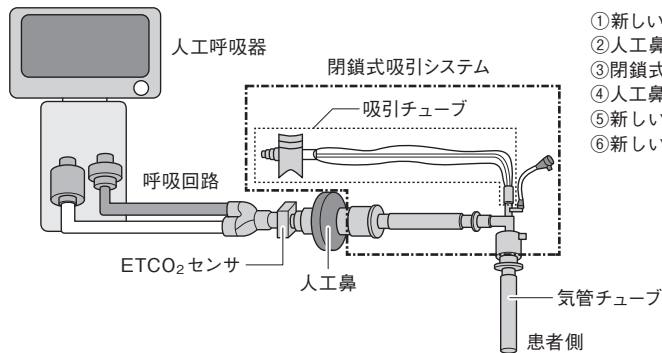
ここでは、人工鼻、加温加湿器それぞれの使用時における閉鎖式吸引システムと呼吸回路の交換方法を示す。ポイントは、交換中のエアロゾル・飛沫防止のため、換気を停止させることである。

なお、本稿で「閉鎖式吸引システム」は吸引チューブとコネクタなどが一体化したシステムのことで、システム全体の交換を示している。なかには、吸引チューブのみを交換可能な製品もある。

Evaqua<sup>TM</sup> 2呼吸回路における水分排出：呼吸回路や人工呼吸器内で結露して液体になる前に、水蒸気を呼気側回路の壁面を介して拡散させる。

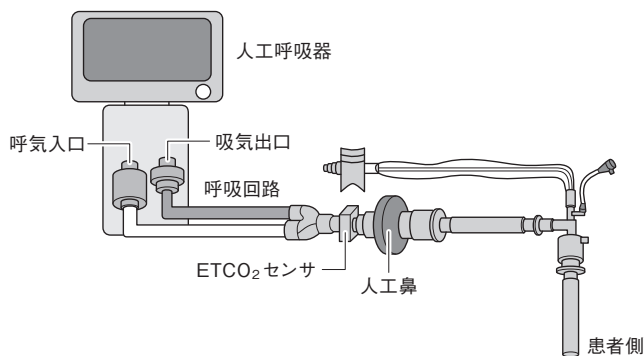
表3 各メーカーにおける呼吸フィルタの特徴 (各メーカーのカタログを参考に作成)

人工呼吸器				
機種名	Puritan Bennett™ 840/980 Medtronic (製造販売元: Covidien)	Dräger Evita® Infinity® V500/300	SERVO-U GETINGE	AVEA VENTILATION Vyair Medical
製造元	Medtronic (製造販売元: Covidien)	Dräger	GETINGE	Vyair Medical
呼吸フィルタ				
呼吸フィルタの名称	840用 980用 PB840/980 成人/小児用呼吸フィルタ	デイスボ呼吸フィルタ	サーボガード DuO	デイスボ呼吸フィルタ カートリッジ
呼吸フィルタ側の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機械式フィルタによりウイルスが機械内部に入りにくい構造</li> <li>・ウォータトラップあり</li> <li>・呼吸フィルタがあるため、呼吸弁の滅菌不要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加温システム</li> <li>・デイスボザパブル呼吸弁が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ウォータトラップあり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加温システム</li> <li>・リユース、デイスボザパブル</li> </ul>
推奨交換頻度	15日ごと	7日ごと	48時間ごと	24時間ごと
				回路交換ごと



- ①新しい人工鼻と新しい閉鎖式吸引システムを組み立てる
- ②人工鼻とETCO<sub>2</sub>センサ(呼吸回路)の間を外す
- ③閉鎖式吸引システムと気管チューブの接続を外す
- ④人工鼻+閉鎖式吸引システムを取り除く
- ⑤新しい閉鎖式吸引システムと気管チューブを接続する
- ⑥新しい人工鼻とETCO<sub>2</sub>センサ(呼吸回路)を接続する

図4 人工鼻と閉鎖式吸引システムの交換手順(文献5より一部改変転載)



- ①人工呼吸器の吸気出口から  
吸気側フィルタと呼吸回路を一緒に外す
- ②人工呼吸器の呼気入口から  
呼気側フィルタと呼吸回路を一緒に外す
- ③吸気側フィルタ/呼気側フィルタを取り除き、  
新しいフィルタに交換する
- ④呼気側フィルタを呼気入口に接続する
- ⑤吸気側フィルタを吸気出口に接続する

図5 呼吸回路の交換手順(文献5より一部改変転載)

## 7-1 人工鼻使用時の交換方法

(一社)日本呼吸療法医学会と(公社)日本臨床工学技士会によるガイドラインでは、人工鼻と閉鎖式吸引システムの交換方法を図4、呼吸回路の交換方法を図5のように示している<sup>5)</sup>。

## 7-2 加温加湿器使用時の交換方法

当院では加温加湿器を使用しており、回路解放時にウイルスに曝露する危険性があるため、ANZICS 2020 ガイドライン<sup>11)</sup>に準じて、施設の基準に従い、次に示す方法で交換している。

なお、交換方法の動画を(NPO)日本集中治療教育研究会(JSEPTIC)のホームページで配信しており<sup>12)</sup>、①~⑩は動画内の番号に対応し

ている。ここではQRコードを付記したので、ぜひ参照してほしい。



### ◆閉鎖式吸引システムの交換手順<sup>12)</sup>

閉鎖式吸引システムの交換は1週間を目安に判断しているが、目に見える汚染がない場合は呼吸回路の交換時に行っている。

#### 【準備物品】

- ・新しい閉鎖式吸引システム
- ・チューブクランプ鉗子(注意:滅菌はさみとチューブ鉗子を間違えない)
- ・ジャクソンリース回路およびフィルタ付き人工鼻
- ・人工呼吸器のバックアップ



## COVID-19 患者の搬送に使用する人工呼吸器

当院では、次に示す①～③のタイプの人工呼吸器を患者の搬送に使用している。

### ①空気の取り込み口に

#### エアインテークフィルタがあるタイプ

駆動源が酸素のみで、室内空気を吸い込み、エアインテークフィルタが HEPA フィルタなどのウイルス除去性能に優れている<sup>7)</sup>「汎用型人工呼吸器」を、ドクターカーでの搬送時に使用している。当院では、呼気フィルタ、吸気フィルタ、HMEF にウイルス除去能が優れたものを選択し、人工呼吸器は MONNAL T60 [アイ・エム・アイ(株)]を使用している。

### ②(防塵フィルタのみなど)

#### エアインテークフィルタがないタイプ

駆動源が酸素のみで、エアインテークフィルタがないタイプの人工呼吸器は、大気中のウイルスや細菌が機器内に入る可能性がある。当院では、吸気出口に吸気フィルタ、患者口元に HMEF を装着し、酸素濃度 100% で、パラパックプラス 310 [スミスメディカル・ジャパン(株)]を MRI 検査への搬送時に使用している。

### ③酸素と圧縮空気の両方を必要とするタイプ

人工呼吸器と患者の気管切開部や挿管部の装着を最小限に抑えるため、CT 検査室などへの移動や病棟移動などの短時間の搬送時には、酸素と圧縮空気の両方を必要とする「高規格型人工呼吸器」を使用している。当院では、病棟用の Puritan Bennett<sup>TM</sup> 840 [コヴィディエン・ジャパン(株)]を、搬送時には酸素ボンベを用いて、酸素濃度 100% で使用している(分時換気量やリーク、ベースフローにもよるが、酸素ボンベは 1 本で約 20~30 分程度使用可能と換算し、2 本以上用意している)(図 6)。

### 【交換手順】

- ・自発呼吸を出さないように、鎮静薬や筋弛緩薬を投与する(医師)。
- ・挿管チューブのカフに空気を入れる(カフ漏れによる飛沫防止のため)(看護師)。
- ①実施中の酸素化低下を防ぐため、実施前に 100% 純酸素を投与する(医師)。
- ②チューブクランプ鉗子でガーゼの上から挿管チューブをクランプする(呼吸からの飛沫防止、および作業中も PEEP を維持するため)(医師、看護師)。
- ③クランプ後、人工呼吸器の酸素と空気の配管を抜く(臨床工学技士)。
- ④人工呼吸器の換気が停止したことを確認する(臨床工学技士)。
- ⑤呼吸回路を外し、閉鎖式吸引システムを交換する(看護師)。
- ⑥閉鎖式吸引システム交換後、酸素と空気の配管を人工呼吸器に接続する(臨床工学技士)。
- ⑦換気が開始したことを確認する(臨床工学技士)。
- ⑧挿管チューブのクランプを解除する(医師、看護師)。
- ⑨人工呼吸器が正常に作動していることを確認する(全員)。
- ⑩患者の状態(バイタルサイン、胸の動き、カプノグラムの波形)を確認する(全員)。

### ◆呼吸回路の交換手順

呼吸回路の交換頻度は、機械本体ごとに 1 カ月を目安としている。

回路交換時は、患者横に新しい回路を組み立てた人工呼吸器(設定の確認、閉鎖式吸引システムの取り付けを事前に行う)を用意し、2 名で同時に「配管のつなぎ替え」と「挿管・気管切開部の着脱」のみを行うことで、数秒で可能である。

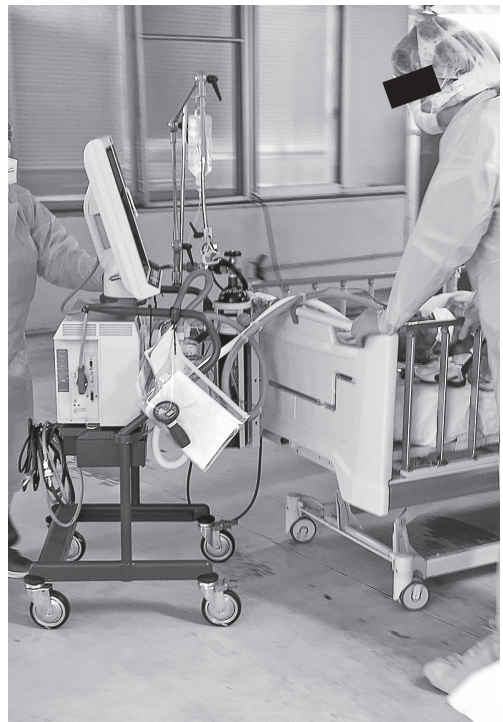


図6 搬送患者における病棟用人工呼吸器へのつなぎ替え

当院では、ドクターカーで搬送されてきた患者を院内へ移動する前に、病室で使用する人工呼吸器へ屋外でつなぎ替えている。このようにすることで、搬送後の移動先（CT検査室や病室）では配管の抜き差しを行うのみであり、人工呼吸器の装脱着を最小減に抑えることができる。

### 【患者搬送時の注意点】

①～③のどのタイプの人工呼吸器を使用する場合でも、次の点に注意している。

- ・搬送中に咳嗽反射が誘発されないよう、事前に鎮静薬や筋弛緩薬の投与を検討する。
- ・搬送するスタッフは、標準予防策に加えて接触予防策・飛沫予防策を行い、突発的な回路接続の外れに備え、N95マスクを使用する<sup>13)</sup>。
- ・酸素ボンベの残量を確認し、分時換気量から使用可能時間を計算する。
- ・COVID-19患者と、ほかの患者や医療者の接触を避けるため、警備員などと協力し、患者の搬送経路・連絡ルートをあらかじめ院内で取り決めておく（図7a）<sup>14)</sup>。
- ・CT室には、延長用の配管や、急変時に備え

て薬剤や除細動器を準備しておく。

- ・搬送経路を確保し、搬送先のドアノブや架台を養生する（図7b）。

## 9

### COVID-19対応における人工呼吸器の使用 midpoint 検

当院では、人工呼吸器の使用 midpoint 検は、患者の病室に入らずに行えるようにした。まず、部門システムのGAIA〔日本光電工業（株）〕と電子カルテはLAN接続されているため、ここからデータを抽出し、定期的に感染リスクの低いグリーンゾーンでチェックをしている。また、クラウドカメラシステムQBic CLOUD CC2L〔セーフィー（株）〕（図8a）を用いて、人工呼吸

a)



b)

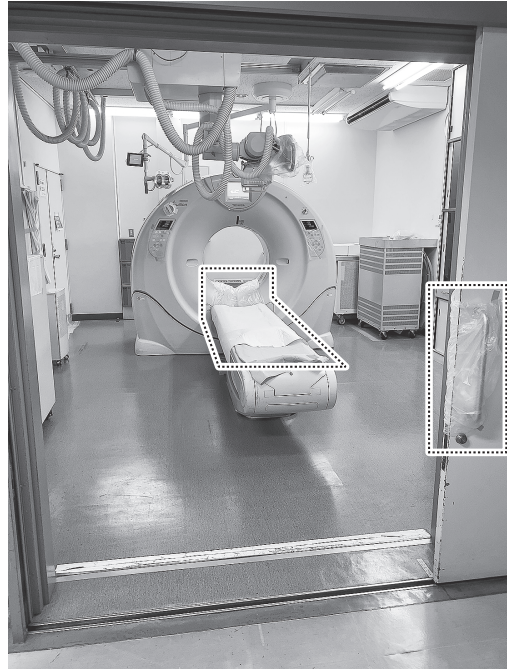


図7 患者搬送時の対応

警備員の協力を得て搬送経路を確保し (a), CT室のドアノブや架台は、ビニールやディスプレイのシートなどで養生している (b)。

a)



b)

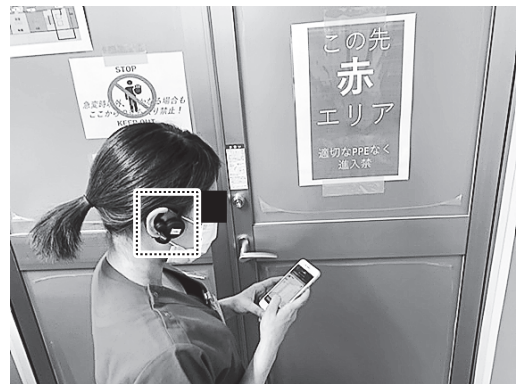
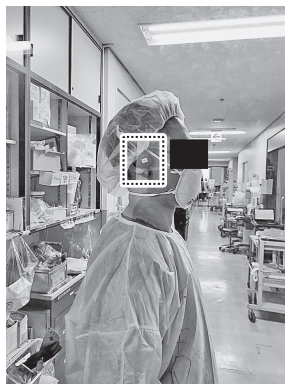


図8 クラウドカメラシステム(a: →)と遠隔通話システム(b: □)を使用したレッドゾーンとグリーンゾーンとのやり取り

器の画面や病室内の様子を遠隔モニタリングしている。さらに、遠隔通話システム BONX [(株) BONX] (図 8b) を使用することでハンズフリーで会話できるようにした。グリーンゾー

ンにいる臨床工学技士は遠隔モニタリングの画面で人工呼吸器や病室内を見ながら、レッドゾーンにいる臨床工学技士と会話を行っている (図 8b)。

このようなシステムがない場合は、次に示す方法も考えられる。

- ①Wi-Fi 機能付きカメラを利用し、液晶画面を外部に映し出す。
- ②iPhone<sup>®</sup> や iPad<sup>®</sup> の FaceTime<sup>®</sup> を利用し、外部と連携をとってチェックする。
- ③市販のワイヤレス HDMI エクステンダーにて HDMI 端子を使用して無線 (Wi-Fi) で画面を送信し、モニターやパソコンなどで視聴する (複数のパソコンで視聴可能)。

## 10

### COVID-19 患者の呼吸管理

#### 10-1 呼吸管理におけるポイント

COVID-19 患者の気道や肺は非常に弱くなっているため、人工呼吸器関連肺傷害 (VALI) を極力低減する必要がある。ポイントは、

- ①気道内圧の上昇や過大な一回換気量を避ける
- ②自発呼吸があっても、過大な換気とならないよう鎮静薬や筋弛緩薬を適切に選択することである。

また、人工呼吸器を装着している COVID-19 患者には、基本的に ICU における ARDS と同等の呼吸管理 (肺保護戦略) を行う。しかし、通常の重症 ARDS と同様の病態である Type H と、酸素化障害があるにもかかわらず、肺コンプライアンスが維持されており、正常な呼吸パターン (silent hypoxemia) を呈する状態の Type L の 2 つのパターンがあるといわれている<sup>15)</sup> ため、Type L なのか Type H なのかを判断し、病態に応じて対応する必要がある (表 4)<sup>15), 16)</sup>。

#### 10-2 人工呼吸管理における臨床工学技士の役割

ここでは、COVID-19 患者に対する人工呼吸管理 (肺保護戦略)<sup>15)~17)</sup> において、当院臨床

工学技士が行っている役割を示す。

##### 1) 一回換気量 (low tidal)

一回換気量はタイプ別に対応するが、基本は ARDS の患者に対する低一回換気量 (予測体重 1 kg 当たり 4~8 mL) の人工呼吸管理による肺保護戦略が推奨される。当院では、予測体重から 6, 8, 10 mL/kg ごとの一回換気量を換算した表を作成し (図 9a)、各患者の予測体重と、換算表から換算した一回換気量を人工呼吸器本体に提示している (図 9b)。

##### 2) 気道内圧の上昇 (high PEEP/shear stress)

COVID-19 患者の人工呼吸管理では、人工呼吸器の設定は病態の 2 つのタイプに応じて行う<sup>15), 16)</sup>。

基本的に、Type L、Type H では ARDS に準じた肺保護戦略、すなわち、次に示す人工呼吸管理が求められる。

- ① (経肺圧を併用した) 30 cmH<sub>2</sub>O を超えないプラトー圧管理
- ② プラトー圧と PEEP の差 (driving pressure:  $\Delta P$ ) を 14 cmH<sub>2</sub>O 以下にする換気圧制限
- ③ pH  $\geq$  7.25 であれば高二酸化炭素血症を容認する (permissive hypercapnia)

しかし、COVID-19 肺炎症例、特に Type L では、低酸素状態により強い自発呼吸が引き起こされるが、コンプライアンスは正常なため換気量が増加し、自発呼吸による肺水腫 (P-SILI) を生じ、VALI を引き起こす。よって、自発呼吸の増大がみられる場合は、過大な換気になったり肺に過度な圧がかからないよう鎮静薬、鎮痛薬、筋弛緩薬を適切に選択することが重要である。当院では、経肺圧 (図 10) や患者のコンプライアンス、 $P_{0.1}^{*1}$  を測定し、それらの結果を併用して呼吸状態を把握する指標としている。

##### 3) 腹臥位

気管挿管中の COVID-19 患者の低酸素血症の改善に腹臥位療法が有効であることが示唆さ

表4 Type L, Type H の分類〔Gattinoni ほか<sup>15)</sup>, 文献 16 より作成〕

	Type L	Type H
病態	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ low elastance : コンプライアンス正常, 含気正常</li> <li>・ low V/Q ratio : 低酸素 (低酸素性肺血管収縮は生じない)</li> <li>・ low lung weight : 肺水腫なし (ARDS ではない)</li> <li>・ low lung recruitability : 効果少ない, 無気肺少ない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ high elastance : コンプライアンス減少, 含気低下</li> <li>・ high right left shunt : 低酸素 (シャント血流増加)</li> <li>・ high lung weight : 肺水腫 (重症 ARDS)</li> <li>・ high lung recruitability : 含気のない肺組織はリクルート可能</li> </ul>
治療	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 通常の ARDS 呼吸管理では, 患者のコンプライアンスが正常なため P-SILI を生じ, VALI を引き起こす</li> <li>・ 低酸素血症は <math>F_iO_2</math> の上昇で対応し, 必要最低限の PEEP にして低めに (8~10 cmH<sub>2</sub>O) 設定</li> <li>・ リクルートメントは必要ない</li> <li>・ 挿管後は深鎮静にする</li> <li>・ 腹臥位換気は上記に反応しない場合に実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 重症 ARDS 管理                             <ol style="list-style-type: none"> <li>① low tidal</li> <li>② high PEEP/shear stress PEEP 高めに (10~14 cmH<sub>2</sub>O) 設定 プラトー圧 30 cmH<sub>2</sub>O 以下, <math>\Delta P</math> 14 cmH<sub>2</sub>O 以下</li> <li>③ 腹臥位</li> </ol> </li> </ul>
実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経肺圧測定 (VALI 予防)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンプライアンス, 気道抵抗測定</li> <li>・ P<sub>0.1</sub> 測定</li> </ul>

a)

身長	男性				女性				
	予測体重	6ml/kg	8ml/kg	10ml/kg	身長	予測体重	6ml/kg	8ml/kg	10ml/kg
140	38.7	232	310	387	140	34.2	205	274	342
142	40.5	243	324	405	142	36.0	216	288	360
144	42.4	254	339	424	144	37.9	227	303	379
146	44.2	265	353	442	146	39.7	238	317	397
148	46.0	276	368	460	148	41.5	249	332	415
150	47.8	287	383	478	150	43.3	260	347	433
152	49.6	298	397	496	152	45.1	271	361	451
154	51.5	309	412	515	154	47.0	282	376	470
156	53.3	320	426	533	156	48.8	293	390	488
158	55.1	331	441	551	158	50.6	304	405	506
160	56.9	341	455	569	160	52.4	314	419	524
162	58.7	352	470	587	162	54.2	325	434	542
164	60.6	363	484	606	164	56.1	336	448	561
166	62.4	374	499	624	166	57.9	347	463	579
168	64.2	385	514	642	168	59.7	358	478	597
170	66.0	396	528	660	170	61.5	369	492	615
172	67.8	407	543	678	172	63.3	380	507	633
174	69.7	418	557	697	174	65.2	391	521	652
176	71.5	429	572	715	176	67.0	402	536	670
178	73.3	440	586	733	178	68.8	413	550	688
180	75.1	451	601	751	180	70.6	424	565	706
182	76.9	462	615	769	182	72.4	435	579	724
184	78.8	473	630	788	184	74.3	446	594	743
186	80.6	483	645	806	186	76.1	456	609	761
188	82.4	494	659	824	188	77.9	467	623	779
190	84.2	505	674	842	190	79.7	478	638	797

b)

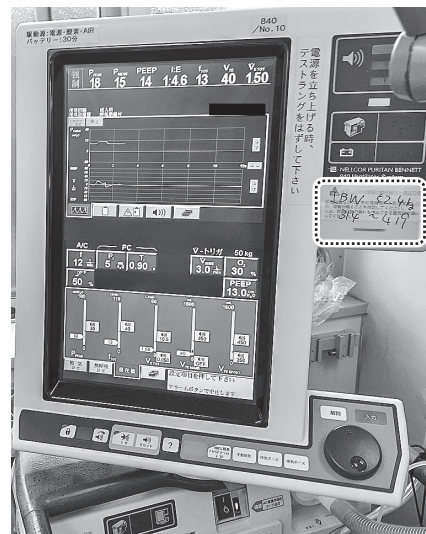
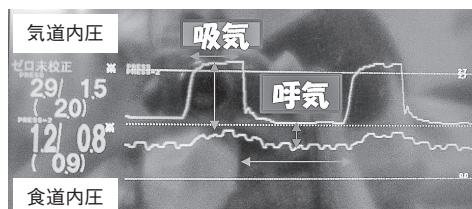


図9 一回換気量の換算表 (a), 各患者の人工呼吸器本体へ提示している予測体重目安と一回換気量 (b : .....)

れている<sup>16)</sup>。当院でも, 日中に医師, 理学療法士, 看護師とともに臨床工学技士は腹臥位やシムス位などへの体位変換を行い, チューブの類やモニタリングの補助, 施行後の経肺圧測定も

行っている。体位変換の有無は患者の情報共有用のホワイトボードで共有していた (図 11)。

a) 自発呼吸がないとき



b) 自発呼吸があるとき

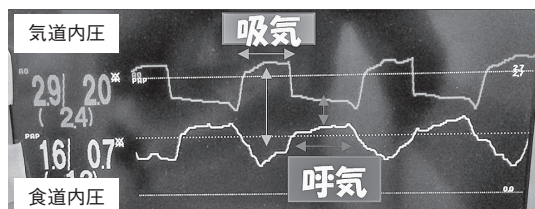


図 10 経肺圧の測定

肺は気道内圧で膨らむのではなく、肺の内側と外側の圧差で膨らみ、この内側と外側の圧差のことを経肺圧という。経肺圧は以下の式で求められ、胸腔内圧の代用として食道内圧を測定している。

経肺圧 = 気道内圧 (プラトー圧) - 胸腔内圧 (≒ 食道内圧)

吸気時の経肺圧, 呼気時の経肺圧, その差のΔ経肺圧を測定し, 肺の過伸展をモニタリングしている。

a)



b)



図 11 腹臥位施行時の様子 (a) と患者情報の共有 (b)

11

**COVID-19 対応における  
非侵襲的陽圧換気療法 (NPPV),  
高流量鼻カニューラ酸素療法 (HFNC)**

当院では、COVID-19 患者には NPPV, HFNC とともに「原則使用しない」としている。各ガイドラインで使用の是非が問われているが、NPPV を開始して 1~2 時間経過しても症状の改善がない場合には気管挿管を考慮するこ

とが推奨されていることから<sup>18)</sup>、原則、呼吸状態が悪化した症例では、挿管管理としている。

PCR 検査が 1 回目陰性でも 2 回目以降に陽性になる可能性があるため<sup>19)</sup>、〔ランプ法陰性 (Film Array 陰性), CT 評価後〕に NPPV を使用する場合は原則個室管理としている。擬似症や陰性確認した患者で個室を使用できない場合も、院内感染を防止するため、ビニールカーテンで仕切り陰圧にして排気できる部屋を作製し、対応した (図 12)。マスク交換時は、前述

a)



b)



図 12 個室で NPPV を使用できない場合の対応

ビニールカーテンで仕切り (a), 換気扇とダクトを利用して (b) 空気の流れを内部に引き込む部屋を用意した。

のように配管を抜いた後にマスクを外すなど飛沫感染予防を行っている。

また、当院では一般病棟で在宅用人工呼吸器を使用する場合があります。呼気リークポートからエアロゾルが発生する危険があるため、通常時でもフェイスガード(アイガード)を必ず使用し、使用ごとにベッド柵などの環境の消毒を行い、飛沫防止にビニールなどで周りを養生することも徹底している。

HFNC(鼻カスラ)を使用する場合はサージカルマスクを使用している<sup>20)</sup>。陰圧室がない場合は個室を利用し、エアロゾルや飛沫による感染リスクを軽減することが大切である。

## 12

### COVID-19 における 気管切開患者への対応

当院では、気管切開患者には、吸引チューブと人工鼻〔ポータックス・サーモベント T2, スミスメディカル・ジャパン(株)]を使用し、管理している(図 13)。しかし、この人工鼻は

加湿性能のみでフィルタ機能がない。よって、エアロゾルの発生を最小限にするため、この人工鼻全体にサージカルマスクを被せ、レッドゾーン(陰圧室)でフル PPE で管理している。また移動時は、気管切開部に装着可能な気管カニューレ用の加湿ができ、ウイルス除去できるような人工鼻がないため、HMEF を取り付け、加湿とフィルタ機能を維持し、酸素投与ができる自作したシステムで管理を行っている(図 14)。

(一社)日本集中治療医学会、(一社)日本クリティカルケア看護学会による「ICU における COVID-19 患者に対する看護 Q & A Ver.2.0」<sup>21)</sup>でも記載があるが、一般的にはカフ圧の至適範囲は 20~30 cmH<sub>2</sub>O<sup>22)</sup>で、COVID-19 に関する呼吸管理のエキスパートコンセンサス<sup>23)</sup>では、リークの危険性を下げるとのことで 25~30 cmH<sub>2</sub>O に維持する必要があるとされているが、COVID-19 患者に対する適切なカフ圧は明らかになっていない。カフ圧は経時的に低下し<sup>24)</sup>、頸部の屈曲や伸展、体位変換などでも変化する<sup>25)</sup>ため、頻回な調整がリークの防止



図 13 気管切開患者への人工鼻 (.....) 使用  
フィルタ機能がない人工鼻の場合は、サージ  
カルマスクを被せて使用している。

につながると考えられるが、頻回にカフ圧を測定すること自体が曝露のリスクを上昇させるため、カフ圧が変化しやすい体位変換と併せて調整する必要がある。また、カフの漏れを防ぐために、自動カフ圧計を使用することが望ましい。当院でも、カフ圧は通常より高く維持し、移動や体位変換、人工呼吸器点検時にカフ圧チェックを行い、患者移動時には図 14 のシステムを利用し、曝露予防に注意を払っている。

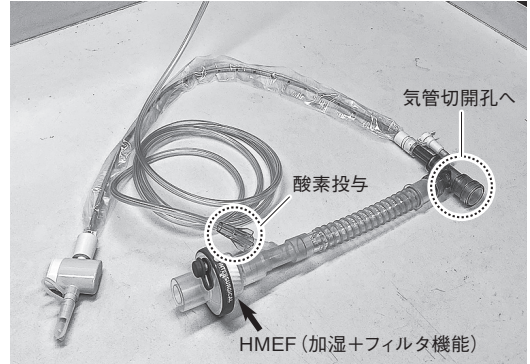


図 14 HMEF を使用した気管切開用自作デバイス  
(搬送時に使用)



図 15 ハロフォガー〔(株)ティ・アシスト〕

### 13

#### COVID-19 対応における 機器の消毒・保守管理

COVID-19 に対しては 70% アルコールや 0.1% 次亜塩素酸ナトリウム、0.5% 過酸化水素水が推奨されている<sup>26), 27)</sup> ため、ME 機器の清拭に有効とされる。また、実験データであり、環境にもよるが、室温 22℃、相対湿度 65% の環境下において SARS-CoV-2 の生存が確認できなくなるまでの期間は、紙やティッシュペー

パーで 3 時間、木材や布で 2 日、紙幣やガラスで 4 日、プラスチックやステンレス鋼、マスクで 4~7 日という報告<sup>28)</sup> や、3 日間という報告<sup>29)</sup> もある。

以上を踏まえ、当院では、上記の消毒薬を用いて ME 機器の清拭を行っている。また、機器の台数と運用の実際を踏まえ、余裕がある場合は待機期間 (3 日) を設けている。さらに、清拭では拭けない細かい部分については、ハロフォガー〔(株)ティ・アシスト〕(図 15) を使用



して、ハロミスト(過酸化水素水5%)で部屋の消毒とともに機械の洗浄を行っている。

ME 機器に関する感染予防としては、基本的には表面上の汚染を避けることと、消毒を行うことが重要であるが、前述のように清拭では拭けない部分もあるため、機器外装をビニールで覆う、タッチパネルの画面には専用のシートを貼付するなど、機器に直接触れないようにする

工夫も必要である。さらに、医療機器を扱う場合は必要な物だけもち込み、記録用紙のような紙はもち込まず、操作に際してはPPEを装着して使用前には手指消毒を行うなど、感染防御対策を行うことも重要である。

■著者連絡先メールアドレス

igarashi-yoshihiro@marianna-u.ac.jp

## 用語解説

### \*1 $P_{0.1}$

気道閉塞時に気道内圧と胸腔内圧の変化値が一致することを利用して、人工呼吸中の吸気努力の大きさを簡単に類推できる指標である。吸気開始から0.1秒間気道を閉塞し、その間にPEEPレベルから低下した気道内圧の変化を測定することで得られる。気道抵抗や肺コンプライアンスに依存せず、呼吸中枢の呼吸ドライブと相関する<sup>30)</sup>。正常値は1~4 cmH<sub>2</sub>O<sup>31), 32)</sup>で、文献により異なるが、 $P_{0.1}$ が2.33 cmH<sub>2</sub>O以上、または0.5 cmH<sub>2</sub>O以下であるときウィーニングに失敗しやすいという報告<sup>33)</sup>がある。 $P_{0.1}$ は4呼吸以上の平均を測定すると精度が高まる<sup>34)</sup>ことから、当院でも4呼吸を目処に測定している。

## ■文献

- 1) Li Q, Guan X, Wu P, et al : Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia, N Engl J Med 382(13): 1199-1207, 2020 PMID: 31995857
- 2) Judson SD, Munster VJ : Nosocomial Transmission of Emerging Viruses via Aerosol-Generating Medical Procedures, Viruses 11(10): 940, 2019 PMID: 31614743
- 3) van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al : Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1, N Engl J Med 382(16): 1564-1567, 2020 PMID: 32182409
- 4) Alhazzani W, Møller MH, Arabi YM, et al : Surviving Sepsis Campaign: guidelines on the management of critically ill adults with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19), Intensive Care Med 46(5): 854-887, 2020 PMID: 32222812
- 5) 一般社団法人日本呼吸療法医学会, 公益社団法人日本臨床工学技士会 : 新型コロナウイルス肺炎患者に使用する人工呼吸器等の取り扱いについて - 医療機器を介した感染を防止する観点から - Ver.2.2, 2020年4月19日 <https://www.jsicm.org/news/upload/COVID-19-ventilator-V2.2.pdf> (2020年8月24日現在)
- 6) 公益社団法人日本麻酔科学会 : 新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) (疑い, 診断済み) 患者の麻酔管理, 気管挿管について, 2020年3月3日付 [https://anesth.or.jp/img/upload/ckeditor/files/2004\\_07\\_01.pdf](https://anesth.or.jp/img/upload/ckeditor/files/2004_07_01.pdf) (2020年8月24日現在)
- 7) JIS Z 8122 : 2000 コンタミネーションコントロール用語
- 8) Fehr AR, Perlman S : Coronaviruses: an overview of their replication and pathogenesis, Methods Mol Biol 1282: 1-23, 2015 PMID: 25720466
- 9) American Association for Respiratory Care, Restrepo RD, Walsh BK : Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation: 2012, Respir Care 57(5): 782-788, 2012 PMID: 22546299
- 10) ISO 9360-1: 2000 Anaesthetic and respiratory equipment -- Heat and moisture exchangers (HMEs) for humidifying respired gases in humans -- Part 1: HMEs for use with minimum tidal volumes of 250 ml
- 11) ANZICS : COVID-19 Guidelines VERSION 2, 15 APRIL 2020 [https://www.anzics.com.au/wp-content/uploads/2020/04/ANZI\\_3367\\_Guidelines\\_V2.pdf](https://www.anzics.com.au/wp-content/uploads/2020/04/ANZI_3367_Guidelines_V2.pdf) (2020年8月24日現在)
- 12) JSEPTIC & CCPAT COVID-19 共同情報提供サイト, COVID-19 患者の人工呼吸器閉鎖式吸引チューブの交換方法
- 13) 国立感染症研究所 : 2019-nCoV (新型コロナウイルス) 感染を疑う患者の検体採取・輸送マニュアル (2020年4月16日更新版) [https://www.mhlw.go.jp/content/2019-nCoV\\_200416.pdf](https://www.mhlw.go.jp/content/2019-nCoV_200416.pdf) (2020年8月24日現在)
- 14) Liew MF, Siow WT, Yau YW, et al : Safe patient transport for COVID-19, Crit Care 24(1): 94, 2020 PMID: 32183864

- 15) Gattinoni L, Chiumello D, Caironi P, et al : COVID-19 pneumonia: different respiratory treatments for different phenotypes?, *Intensive Care Med* 46(6): 1099-1102, 2020 PMID: 32291463
- 16) 日本 COVID-19 対策 ECMOnet : COVID-19 重症患者に対する人工呼吸管理に関する注意点(第2報), 2020年4月18日  
[https://www.jsicm.org/news/upload/COVID&MVstrategy\\_ECMOnet\\_v2.pdf](https://www.jsicm.org/news/upload/COVID&MVstrategy_ECMOnet_v2.pdf) (2020年8月24日現在)
- 17) 診療の手引き検討委員会・作成班: 新型コロナウイルス感染症 COVID-19 診療の手引き 第2版, p21, 2020年5月18日  
<https://www.mhlw.go.jp/content/000631552.pdf> (2020年8月24日現在)
- 18) National Health Commission & State Administration of Traditional Chinese Medicine : Diagnosis and Treatment Protocol for Novel Coronavirus Pneumonia (Trial Version 7), March 3, 2020  
[http://www.kankyokansen.org/uploads/uploads/files/jsipc/protocol\\_V7.pdf](http://www.kankyokansen.org/uploads/uploads/files/jsipc/protocol_V7.pdf) (2020年8月24日現在)
- 19) Marando M, Tamburello A, Gianella P : False-Negative Nasopharyngeal Swab RT-PCR Assays in Typical COVID-19: Role of Ultra-low-dose Chest CT and Bronchoscopy in Diagnosis, *Eur J Case Rep Intern Med* 7(7): 001680, 2020 PMID: 32670990
- 20) Cook TM, El-Boghdady K, McGuire B, et al : Consensus guidelines for managing the airway in patients with COVID-19: Guidelines from the Difficult Airway Society, the Association of Anaesthetists the Intensive Care Society, the Faculty of Intensive Care Medicine and the Royal College of Anaesthetists, *Anaesthesia* 75(6): 785-799, 2020 PMID: 32221970
- 21) 一般社団法人日本集中治療医学会 COVID-19 対策看護チーム Q & A 作成班, 一般社団法人日本クリティカルケア看護学会 COVID-19 対策プロジェクト臨床実践班 Q & A 作成チーム: ICUにおける COVID-19 患者に対する看護 Q & A Ver.2.0, 2020年5月26日  
[https://www.jsicm.org/news/upload/COVID-19\\_nursing\\_Q&A\\_v2.pdf](https://www.jsicm.org/news/upload/COVID-19_nursing_Q&A_v2.pdf) (2020年8月24日現在)
- 22) Lorente L, Blot S, Rello J : Evidence on measures for the prevention of ventilator-associated pneumonia, *Eur Respir J* 30(6): 1193-1207, 2007 PMID: 18055704
- 23) Respiratory Care Committee of Chinese Thoracic Society : Expert consensus on preventing nosocomial transmission during respiratory care for critically ill patients infected by 2019 novel coronavirus pneumonia, 43(4): 288-296, 2020 PMID: 32294813
- 24) Sole ML, Su X, Talbert S, et al : Evaluation of an intervention to maintain endotracheal tube cuff pressure within therapeutic range, *Am J Crit Care* 20(2): 109-117, 2011 PMID: 21362715
- 25) Lizy C, Swinnen W, Labeau S, et al : Cuff pressure of endotracheal tubes after changes in body position in critically ill patients treated with mechanical ventilation, *Am J Crit Care* 23(1): e1-e8, 2014 PMID: 24382623
- 26) Kampf G, Todt D, Pfaender S, et al : Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents, *J Hosp Infect* 104(3), 246-251, 2020 PMID: 32035997
- 27) 感染症・結核学術部会 : COVID-19 に関する一般的な質問に対する現時点での文献的考察 v1.1 (2020/3/11)  
<https://www.jrs.or.jp/uploads/uploads/files/information/20200312kansenshou-1.pdf> (2020年9月2日現在)
- 28) Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, et al : Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions, *Lancet Microbe*. 2020 May 1(1): e10 [Online ahead of print.] PMID: 32835322
- 29) 国立感染症研究所感染症疫学センター : 積極的疫学調査実施要領における濃厚接触者の定義変更等に関する Q & A (2020年4月22日)  
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus/2019-ncov/2484-idsc/9582-2019-ncov-02-qa.html> (2020年8月31日現在)
- 30) Whitelaw WA, Derenne JP : Airway occlusion pressure, *J Appl Physiol* (1985), 74(4): 1475-1483, 1993 PMID: 8514660
- 31) Tobin MJ : Principles and Practice of Mechanical Ventilation, 2nd Edition, McGraw-Hill Professional, 2006
- 32) Sassoon CS, Te TT, Mahutte CK, et al : Airway occlusion pressure. An important indicator for successful weaning in the patients with chronic obstructive pulmonary disease, *Am Rev Respir Dis*, 135(1): 107-113, 1987 PMID: 3800139
- 33) Magalhães PAF, Camillo CA, Langer D, et al : Weaning failure and respiratory muscle function: What has been done and what can be improved?, *Respir Med* 134: 54-61, 2018 PMID: 29413508
- 34) Kera T, Aihara A, Inomata T : Reliability of airway occlusion pressure as an index of respiratory motor output, *Respir Care* 58(5): 845-849, 2013

# 新型コロナウイルス感染症と クリニカルエンジニアリング

## ICU における 感染拡大第 1 波対応から得られた教訓

### ② 体外式膜型人工肺 (ECMO) 使用における臨床工学技士の立場から

自治医科大学附属さいたま医療センター 臨床工学部

百瀬 直樹 *MOMOSE, Naoki*



#### 概要

重篤化した新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 治療の最後の砦となる ECMO において、感染制御や病態の特異性からさまざまな教訓を得た。特にチーム医療の重要性を改めて感じた。COVID-19 の治療には ECMO 以外に人工呼吸器、血液浄化装置なども必要であり、これら进行操作・管理する臨床工学技士に求められるものは大きい。



#### ↑ Key Word

体外式膜型人工肺 補助循環 感染制御 PCPS

## 1

### はじめに

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) では重度の肺炎に陥ることがあり、生体肺の機能を代行する体外式膜型人工肺 (ECMO) が必要になる症例もある。これまであまり注目されることがなかった ECMO であるが、その準備、操作、管理は臨床工学技士が担ってきた。

今回の COVID-19 治療において従来の ECMO とは異なる多くの問題に直面したので、

本稿では ECMO の基本を解説しつつ、臨床工学技士の立場から COVID-19 患者の治療で得た教訓を報告する。

A: artery

ARDS: acute respiratory distress syndrome

COVID-19: coronavirus disease 2019

CRRT: continuous renal replacement therapy

CT: computed tomography

ECMO: extracorporeal membrane oxygenation

ICU: intensive care unit

PCPS: percutaneous cardiopulmonary support

PCR: polymerase chain reaction

PHS: personal handyphone system

V: venous

V-A: veno arterial

V-AV: veno arterial venous

V-V: veno venous

a) 大腿動脈に送血するV-A ECMO

b) 静脈に送血するV-V ECMO

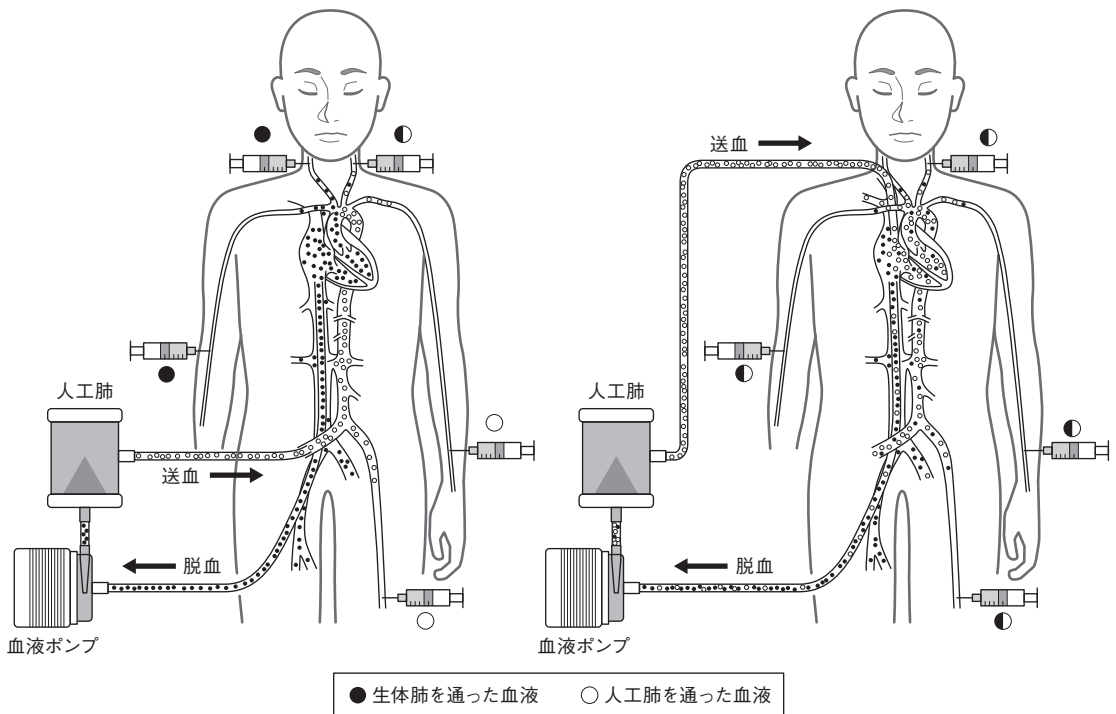


図1 V-A ECMO (PCPS) と V-V ECMO

2

ECMOの種類

ECMOには、心原性ショックなどの蘇生や治療に用いるわが国では経皮的心肺補助(PCPS)と呼ばれるV-A ECMOと、肺炎や敗血症による急性呼吸窮迫症候群(ARDS)などの呼吸不全の治療に用いるV-V ECMOがある。

V-A ECMOでは、鼠径部の静脈(V)に挿入した脱血カニューレから静脈血を体外に導き、人工肺で酸素加して鼠径部の動脈(A)に挿入した送血カニューレから体内へ動脈血を送る。これにより、心臓による循環と肺によるガス交換がECMOによって代行される。このV-A ECMOは心臓と肺機能を代行できるので万能に思えるが、生体の肺機能だけが悪い症例では

生体の心臓から肺での酸素加が不十分な静脈血が拍出されるため、冠動脈や脳に静脈血が送られることがある(図1a)。また、動脈への送血は塞栓症などのリスクがある。

そこで、呼吸の補助のみ必要な場合は、静脈(V)から静脈血をECMOに導き、人工肺で酸素加した後、動脈血を静脈(V)に送るV-V ECMOとすることで、この動脈血が生体の心臓により全身に送られることになる。ただし、一部の静脈血は心臓から全身に送られるだけでなく、ECMOで酸素加した動脈血の一部が再びECMOに取り込まれるなど、効率に限界がある(図1b)。また、循環が不安定な症例では、ECMOから動脈血を静脈(V)と動脈(A)に同時に送るV-AV ECMOとすることもある。



図2 当センターのECMO システム

3

当センターのECMO

当センターでは1991年よりV-A ECMO (PCPS)の導入が始まり、現在までに650例のECMOを行ってきたが、このうち呼吸補助を目的に行ったECMOは44例と、多くはない。

ECMOは心臓カテーテル検査室や手術室で導入して患者を治療室や手術室、検査室やICUへ搬送したり、場合によっては救急車あるいは航空機で他施設へ搬送することもある。さらにICUで長期の治療を伴うので、当センターでは、導入当初からなるべく小型でシンプルなECMOシステムになるよう工夫してきた

(図2)．血液回路の枝も、気泡の流入や出血、枝回路での凝血を防ぐため、可能な限り減らしている。ECMO装置としては、キャピオックス®遠心ポンプコントローラーSP-200 (NEO) [テルモ(株)]3台に加え、SP-101を1台予備として運用している。

当センターでは、所属する臨床工学技士20名全員がECMO回路のセットアップができるように訓練を実施している。特に当直者と宅直者は毎月実施している。

## COVID-19 対応における ECMO の教訓と対応

当センターでは2020年4月より、COVID-19 感染拡大に伴い、重症例の患者の受け入れが始まり、人工呼吸器では維持できない状態に陥ったCOVID-19患者に対して、V-V ECMO（以下、COVID ECMO）を次々と導入していった。前述の4台のECMO装置では足りなくなり、装置をレンタルして計5台で治療を行った時期もあった。また、血液ガスの悪化に加えて血圧の維持ができない症例に対しては、V-AV ECMO も導入した。

### 4-1 感染対策に伴うICUへの入室制限

従来 of ECMO (PCPS) では、臨床工学技士がECMO回路のセットアップから装置の操作や日常点検、離脱操作までを行ってきた。しかし、COVID-19治療のためにICUは隔離され、そこへの出入りは制限された。さらにN95マスクや医療用ガウンなどの不足が深刻になり、これらの使用を抑えるため、入室制限が強化された。これにより、臨床工学技士のECMOへの介入は最小限に留められることになった。

### 4-2 COVID ECMO の導入

従来はX線透視下を原則とし、心臓カテテル検査室にてECMOを導入し、臨床工学技士は2名で担当していたが、COVID ECMOは、隔離されたICUでエコーによる透視下で導入され、臨床工学技士は1名で対応した。しかし、連絡用のPHSももち込めなかったため、導入を担当する臨床工学技士には、多くの経験と高い判断力をもつ者のみをあてた。ECMO装置は隔離されたICUの外で組み立て、充填し、セットアップした後、ICU内の病室に入

れるようにした。

### 4-3 COVID ECMO 管理と移動

ICUへの入室制限により、ECMO管理の多くを看護師に委ねることになった。そこで、流量低下時や動脈血酸素分圧低下時の対応フローチャートやウエットラングと血漿リークの判別法、回路内の凝血のチェックで注意すべき箇所（図3）などを写真やイラストでわかりやすく表現し、各病室内に掲示した。また、人工肺から血漿がリークした場合には、環境を汚染しないよう中に高分子吸水ポリマーを入れたビニール袋で受けて血漿を固めるなどの工夫を行った。できるだけ看護師の要望を聞き入れ、装置の向きや人工肺の高さの調整なども行った。

臨床工学技士は、1日1回、あるいは同時に使用している持続的腎代替治療装置（CRRT）の回路交換などで病室に入るときに、すべてのECMOの状況確認を行い、病室内で医師・看護師との打ち合わせを実施するようにした。

COVID ECMO 施行中は、移動を極力避けたが、CTの撮影などで移動する場合は医師2名、看護師1名、臨床工学技士1名のチームで行った。コンパクトなECMOシステムが功を奏したが、人工呼吸器も同時に移動するためリスクは高いと感じた。

### 4-4 COVID ECMO の回路交換と離脱

ECMOの回路交換は、病室外で回路を充填して回路のみ病室にもち込み、ICU担当の医師2名と臨床工学技士1名で行った。離脱は、吹送ガスチューブを外しても血液ガスが維持できることを確認してから、ICU担当の医師2名と臨床工学技士1名で行った。

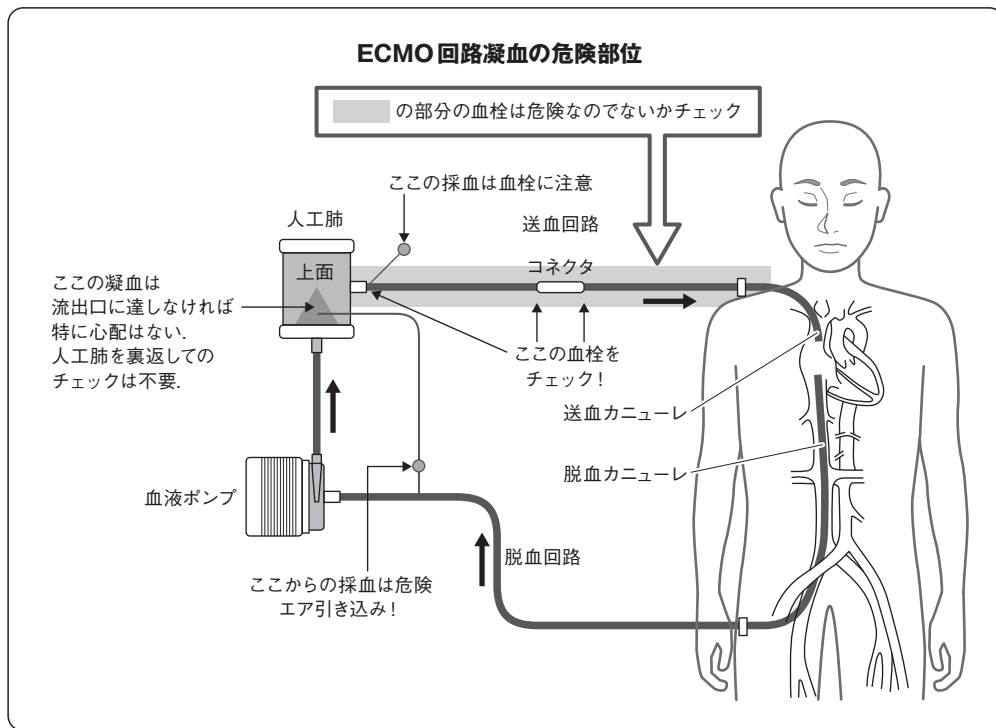


図3 看護師向けに作成した ECMO 回路内の凝血チェック時の注意書き

#### 4-5 情報共有

先に述べたように、ICU への入室が制限されたため、回路や装置を見ながらの ECMO についてのカンファレンスはできなくなった。また、同時に複数の症例を管理するので、回路レイアウトやカニューレの種類などをそれぞれ図示して臨床工学部内に掲示し、ECMO の状態を臨床工学技士全員が確実に共有できるよう工夫した(図4)。

#### 4-6 COVID ECMO の特異性

COVID-19 患者では血液凝固の制御が難しく、ECMO 回路内の凝血が起りやすいため回路内圧の測定を必要としたが、回路に内蔵する圧力センサが入手できなかった。そこで人工肺のサンプリングポートと充填ポートをシャン

トし、この間に圧力センサを入れ、送血圧および脱血圧を切り替え式で測定した。一方で出血傾向もみられ、ECMO 管理だけでなく、この疾患の治療の難しさを強く感じた。さらに、PCR 検査で感染が陰性化した後も肺機能の回復は遅く、月単位の長い ECMO 管理となる症例もあった。

V-V ECMO では、脱血への動脈血の再循環が起こるため、脱血回路での酸素飽和度測定は混合静脈血酸素飽和度 ( $SvO_2$ ) としてのモニタとはならない。しかし、重症化した肺障害の症例では ECMO への依存度が高いため、脱血回路で酸素飽和度を連続モニタし、再循環量(シャント率)が下がるように体位やカニューレの位置、ボリュームや送血流量を調整した。

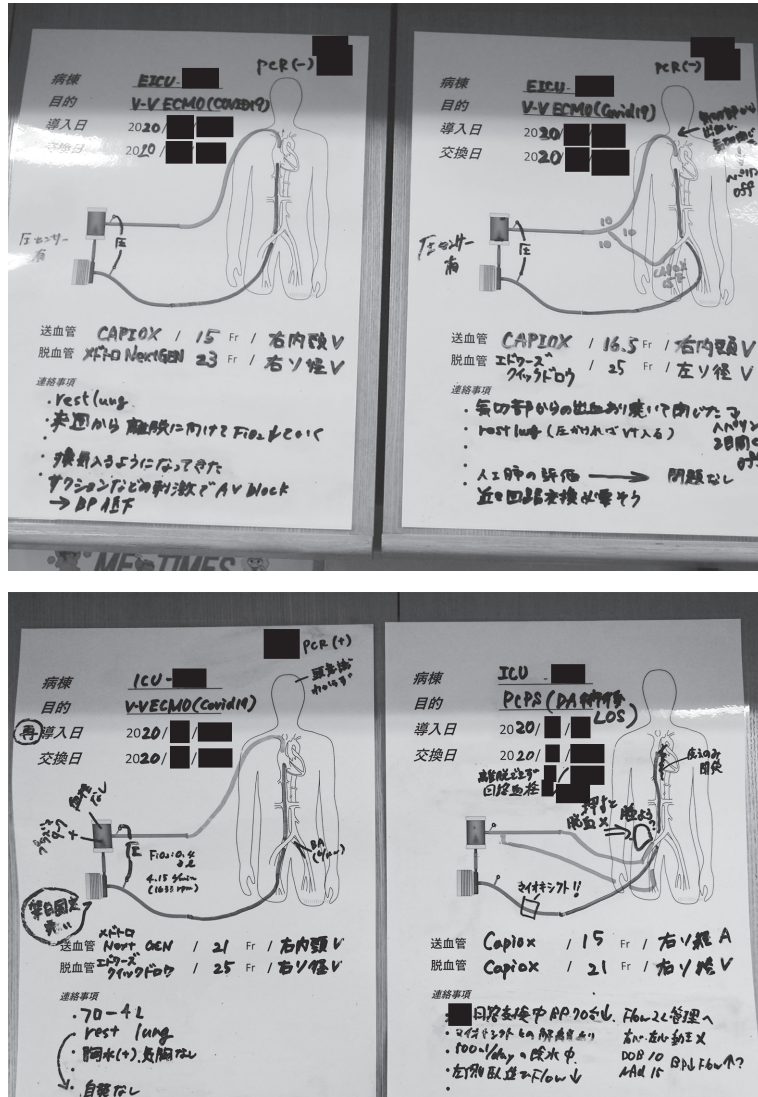


図4 ECMO の情報共有

5

COVID-19 と臨床工学技士

重症の COVID-19 患者の治療には、人工呼吸器のみならず ECMO、そして CRRT が必要であるが、当センターのように入室制限が行われる場合もあるため、これらすべてを操作・管理できる臨床工学技士が求められる。海外で

は、これら治療機器を扱うにはそれぞれ別の医療資格が必要であるが、幸いわが国の臨床工学技士はすべての生命維持管理装置を扱う資格がある。そして、当センターの多くの臨床工学技士はこれらすべてを扱う技術があったので、今回の COVID-19 治療においても専任の臨床工学技士は置かずに、従来のローテーションと当直体制でほぼ対応することができた。

しかし、本来、臨床工学技士が担う ECMO



管理の多くを、感染制御のため看護師に委ねざるを得なくなり、看護師の負担を増やしてしまった。そこで、頻回に情報を共有するよう努め、そのつど看護師を労うことで、むしろ看護師との強い絆ができたと考えている。今回、COVID-19 治療を経験したことで、臨床工学部内のみならず、多職種間における真の信頼関係の重要性を強く感じた。

#### 謝辞

本稿は筆者が代表して執筆したが、この場を借りて、当センターで果敢に COVID-19 治療に挑んだ草浦理恵副技師長をはじめとする臨床工学部スタッフ、看護師、医師、そして多くの関係者に敬意を表します。

■著者連絡先メールアドレス  
naokimomose@jichi.ac.jp

# Clinical Engineering

●月刊誌・毎月25日発行 ●B5判  
●定価：本体 1,900円(税別)

2019年9月号 (Vol.30 No.9) ・好評発売中

特集

## 医療安全元年から20年を経て 人工心肺トラブルシューティング

[編集責任] 許 俊鋭 (東京都健康長寿医療センターセンター長)

- 人工心肺トラブルの成因におけるヒューマンエラーとシステムエラー …… 許 俊鋭
- 体外循環における空気誤送のメカニズムと対応策 …… 百瀬直樹
- 人工肺の目詰まりによる内圧上昇の対応策 …… 岩城秀平ほか
- 体外循環の災害対策 …… 鈴木一郎
- 心筋保護に関連したトラブルと合併症 —reprise— …… 吉田 譲
- 補助循環に関連したトラブルと合併症 —IABP, PCPS, IMPELLA, VAD— …… 柏 公一ほか
- 人工心肺トラブルシューティングにおけるシミュレーション実践と教育の重要性 …… 富澤康子
- 人工心肺における安全装置設置に関する勧告 —第6版, 2018—を中心に …… 堤 善充

学研メディカル秀潤社

〒141-8414 東京都品川区西五反田2-11-8 TEL: 03-6431-1234(営業部) FAX: 03-6431-1790  
URL: <https://gakken-mesh.jp/>

# 新型コロナウイルス感染症と クリニカルエンジニアリング

## 透析領域における 感染拡大第1波対応から得られた教訓 ② 看護師の立場から

特定医療法人財団松園会東葛クリニック病院 看護部

谷口 弘美 TANIGUCHI, Hiromi



### 概要

当院では、約 1090 名の維持透析患者へ血液透析治療を提供している。今回、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 患者への看護と透析治療を経験した。透析患者は易感染性の集団であることから、本稿では、今回の経験を踏まえ、感染予防対策と感染発生時の感染拡大予防対策について、看護師の立場で考察する。



### Key Word

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 透析治療 感染対策

## 1

### はじめに

透析室は、一般的に3密(密閉・密集・密接)すべてを併せもつ環境である。さらに透析室以外の空間(更衣室や待合室などの共用スペース)でも、感染症に曝露する機会がある。

透析患者には、週3回の通院治療をせざるを得ず、ステイホームができないという背景があるため、通院の過程で人と接する場面があり、接触感染のリスクが高い。また透析患者は高齢化が進み、長期透析患者も増加していることや基礎疾患をもつことから、易感染性の集団

である。したがって、透析患者が新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) に感染すると重症化しやすいといわれている。

2020年8月7日時点で透析患者におけるCOVID-19患者は160人であり、そのうち23人が死亡し、致死率は14.4%である<sup>1)</sup>。これは厚生労働省の資料<sup>2)</sup>による8月5日時点での一般人口の致死率2.5%と比べると5.7倍高い。また、透析患者の年代別致死率は、70歳代が25.6%と最も高く、次いで80歳以上が24.1%であり、高齢者で高くなっている<sup>1)</sup>。

COVID-19: coronavirus disease 2019  
PCR: polymerase chain reaction

当院は、千葉県東葛北部医療圏に入院施設のある本院と7つの透析関連施設をもち、約1090名の維持透析患者へ血液透析治療を提供している。今回、2020年3月末から4月にかけて、COVID-19患者の看護と透析治療を経験した。本稿では、透析室の日常的な感染対策から、予防対策と感染発生時の感染拡大予防対策について、看護師の立場で考察する。

## 2

### COVID-19 感染対策における組織体制

当院は透析を提供する医療施設としての特性上、医療を継続しなければならない使命がある。よって、COVID-19まん延期の入院受け入れ体制などを構築し、病院としてその方針を周知した。

また、新型コロナウイルス感染対策本部を立ち上げ、関連情報の職員への周知、発熱がある場合や体調不良時に報告するための窓口の明確化、定期的なコロナ対策会議の開催などを行った。このように、指揮命令と実働部隊の役割分担を行い、また、実践したことを定期的に評価することが重要であった。さらに、関連透析施設との連携会議、透析部門合同会議や看護部の会議で周知を行うとともに、実践の現状や新たな対策の進捗についての報告も、月1回定期的に実施している。

## 3

### COVID-19 感染対策における透析患者への対応

#### 3-1 外来通院患者への対応

##### 1) 感染予防としての自己管理指導

冬季に流行するインフルエンザへの対応として、通年、透析開始の前に検温を実施してい

る。COVID-19流行に伴い、それに加えて、手指消毒の徹底やマスク着用を習慣化させるための周知活動を実施した。また、健康観察として透析日の朝の検温の実施、3密環境の回避行動、流行地域への訪問自粛などの協力依頼を、ポスター掲示などにより周知した。さらに、透析日の朝の検温で37.5℃以上の発熱がある場合や体調が悪い場合には、通院前に連絡してもらうことを徹底した。

##### 2) 疑いのある患者への対応

###### —時間隔離と空間隔離—

発熱がある場合や体調不良時には、決められた時間までに連絡をしてもらい、施設内にウイルスをもち込まないようにした。また、ほかの患者と接しないように時間をずらして来院してもらい(時間隔離)、個室で透析を行った(空間隔離)。個室がない施設では、透析ベッドの間にスクリーンを設置したり(図1)、隣のベッドを空席にして飛沫感染対策を行った。さらに、更衣室の使用を禁止して、ほかの患者と接触する場面を減らした。

##### 3) 他院からの転入患者への対応

今回、他院から受け入れた症例で、転入14日目から発熱し、COVID-19と診断された経験から、4月7日の緊急事態宣言以降、他院から当院の関連透析施設へ転入する症例に対しては、転入当日から14日間(透析6回)の健康観察期間を設け、前述の時間隔離と空間隔離を開始した。また、この14日間は送迎車や公共交通機関を使用しないで通院するように協力を依頼した。観察期間は、5月25日の緊急事態宣言解除後、6月12日に一部改正された「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律における新型コロナウイルス感染症患者の退院及び就業制限の取扱いについて」<sup>3)</sup>を基に、10日とした。

この転入症例への対応については、該当症例が万一、無症状の新型コロナウイルスの感染者であった場合でも、時間隔離と空間隔離はされ



図1 透析ベッドの間にスクリーンを設置

個室がない施設では、飛沫感染対策として透析ベッドの間にスクリーンを設置した。

ており施設内での感染拡大を防ぐことが可能であることから、現在も続けている。

### 3-2 入院患者への対応

#### 1) 自己管理指導

入院中の患者が透析治療や検査などで病室を出るときは、マスクを着用することを習慣化するように指導を行った。面会は4月から禁止していたが、7月に制限を緩和した。緩和に際しては感染対策として、面会は完全予約制とし、面会者には体温測定と手指消毒、マスク着用をしてもらい、面会時間は15分以内、1家族1人とした。これら対応については、入院患者へ説明して協力を依頼した。

#### 2) 疑いのある患者への対応

発熱などの症状がある患者は個室使用とし、個室が満床の場合は4人部屋を1人で使用することとした。透析も病室内で行うこととし、病室外や屋外への移動は、患者に説明したうえで、検査など必要不可欠な場合のみとする行動制限を設けた。また、接触感染のリスクを減らす目的で、病状に合わせて、また事前に患者に十分に説明したうえで、検温は患者自身で行って看護師へ報告してもらうようにした。食事も

前室に配膳し、患者自身で病室へ運ぶなどの対応を行った。

入院手続時や病室に入るときは、ほかの患者と接しない時間帯とし、また、病室への経路では専用エレベーターとした。密閉空間では、ウイルスは3時間感染性があるといわれるため、使用したエレベーターはその後2時間使用禁止として、中の消毒を行った後、使用可とした。

患者家族に対しては、濃厚接触者である可能性があるため、不安の払拭に努めた。

#### 3) 病室内の環境整備

COVID-19の疑いのある患者の病室への入室は、受け持ちの看護師と透析を実施する臨床工学技士のみとした。また、環境整備には感染専用の用具を使用し、使用した物品は病室で感染性廃棄ボックスへ廃棄するようにした。

## 4

### 透析室スタッフの感染対策

#### 4-1 健康管理状況の把握

出勤前に自宅で体温測定と体調管理を行い、出勤した際に体温を出勤名簿に記載するように

した。病院内や関連透析施設内では、サージカルマスクの着用、手洗い、手指消毒を徹底している。また、休憩中もソーシャルディスタンスを保ち、食事以外ではマスクを着用して会話するなど、飛沫感染対策を徹底することが重要である。

前述のように発熱がある場合や体調不良時に報告する窓口を設け、午前 11 時までメールで報告する体制とした。この体制により、法人全体でスタッフの健康管理状況を把握することができた。

#### 4-2 濃厚接触者にならないための対応

透析室で多人数に血液透析を 4 時間実施する場合、透析開始から終了までに患者に接触する時間は、1 人平均 30 分であった。しかし、COVID-19 患者へは個室へ隔離して透析を行うこと、また専従のスタッフがすべての過程を対応するようにしたため、接触回数を最小限にしても、透析開始から終了まで平均 68 分の接触時間を要した。

COVID-19 は無症状においても発症の 2 日前から他者に感染させる可能性があり、1 m 以内かつ接触時間 15 分以上の場合に濃厚接触者になる。したがって、透析室で感染対策を講じない場合、医療スタッフは濃厚接触者の定義に常に該当する。透析環境で濃厚接触者にならないためには、1 m 以内で接する透析開始と返血場面で、適切な防護具、すわなち、手袋、サージカルマスク、ゴーグルまたはフェイスシールド、エプロンまたはガウンを着用する必要がある。

#### 4-3 日常的な感染対策の重要性

今回、当院の透析患者で、手術目的のため他院を受診し行われた術前検査において PCR 陽性と診断された、無症状病原体保有者を経験し

た。感染可能期間は検体採取日の 2 日前からで、健康観察を実施していても早期に発見することは不可能であるため、通常は医療スタッフへの感染が懸念される。

しかし、透析治療の現場では、血液媒介感染防止対策として、透析治療終了ごとに患者が接触する体重計の手すりやベッド、ベッド柵、リモコン、血圧計のカフなど、ノンクリティカルに当たる物品や環境の清拭・消毒を日常的に行っている。また、血液の飛散が考えられる透析機器の清拭・消毒も、透析終了ごとに実施している。したがって、透析治療では、日常的な接触感染対策を確実に実践することが最も重要と考える。

## 5

### 感染発生時の対応

COVID-19 が発生した場合、行政との窓口は新型コロナウイルス感染対策本部とし、感染管理者が行政と対応するようにした。

院内システム内に COVID-19 専用のページを作成し、患者発生時の一連の流れ・手順を職員がいつでも確認したり情報収集できるように環境を整えた。専用ページは、「最新の当院のマニュアル類」「コロナ関連の知識を得たい職員への読み物ページ」「症例報告ページ」「報告用紙」のページの 4 本柱とした。また、COVID-19 発生時には保健所が必要とする情報をすぐに提出できるように、書き方の見本と、データ入力用紙を共有できるように準備した。実際、COVID-19 発生時には、感染管理者が行政と連絡をとっている間に、現場で「報告用紙のページ」へアクセスし、書き方の見本を見ながら接触者リストを作成することができた。

## 全スタッフへの確実な情報提供

COVID-19 発生時には、発生状況や検査の実施状況、調査状況などを適切なタイミングで全スタッフへ公表する必要がある。よって、発生に備えて、事前に、どのタイミングで公表するかを決めておくとともに、配信する例文などを準備しておくといふ。また、COVID-19 への対応は長期化の様相を示しており、スタッフの相談窓口などを設置して案内を行うなど、メンタルケアも並行して行う必要がある。

## おわりに

透析患者の COVID-19 感染症例を経験した。感染予防を継続的に実施するためには、患者への繰り返しの指導とともに協力依頼を行うこと、また状況に合わせてホームページへ情報を掲載したり、患者へのお知らせを更新することが必須である。透析医療に従事する職員や透析通院などを担う介護サービス、入居している施設などと緊密な連携をとることで、感染拡大や新たな発生の早期探知が可能となる。

■著者連絡先メールアドレス

tokatsucl-kango@mbe.nifty.com

### ■文献

- 1) 日本透析医会・日本透析医学会・日本腎臓学会 新型コロナ感染対策合同委員会：透析患者における累積の新型コロナウイルス感染者数(2020年8月7日午前8時時点), 2020年8月7日  
[http://www.touseki-ikai.or.jp/hmt/03\\_info/doc/corona\\_virus\\_infected\\_number\\_20200807.pdf](http://www.touseki-ikai.or.jp/hmt/03_info/doc/corona_virus_infected_number_20200807.pdf) (2020年8月13日現在)
- 2) 厚生労働省：新型コロナウイルス感染症の国内発生動向(令和2年8月5日18時時点)  
<https://www.mhlw.go.jp/content/10906000/000657357.pdf> (2020年8月13日現在)
- 3) 厚生労働省：感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律における新型コロナウイルス感染症患者の退院及び就業制限の取扱いについて(一部改正)(健感発0612第1号), 令和2年6月12日  
<https://www.mhlw.go.jp/content/000639691.pdf> (2020年8月13日現在)

## 新型コロナウイルス感染症と クリニカルエンジニアリング

### 透析領域における 感染拡大第1波対応から得られた教訓 ③ 臨床工学技士の立場から

東京医科歯科大学医学部附属病院 ME センター

大久保 淳 OHKUBO, Atshushi



#### 概要

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 患者に対して透析室で透析を施行する場合、院内感染の防止を考慮した対策が必須である。透析室における対策としては、ゾーニング、个人防护具 (PPE) 装着、患者の搬送における対応、施行中の患者管理、退室後の清掃などがあげられる。これらの対策を徹底することが、患者のみならず医療従事者も含めた安全な治療につながる。



#### Key Word

COVID-19 感染対策 ゾーニング PPE

#### 1

##### はじめに

当院 ME センターには 34 名の臨床工学技士が所属し、そのうち、10 名が血液浄化療法部での業務を担当している。今回、当院では 2 名の新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 患者と 5 名の感染疑いのある患者を受け入れ、血液浄化療法部内の陰圧個室で血液透析治療を行ったので、その経験を報告する。

#### 2

##### 血液浄化療法部における 患者の受け入れ準備

まずはじめに、院内感染を予防すべく、血液浄化療法部内のゾーニングを行った。当部は、陰圧個室を 2 室所有し、ほかの患者と動線を完全に分けることができるため、COVID-19 患者の治療に使用することとした。この陰圧個室 (以下、治療室) をレッドゾーン、患者と直

COVID-19: coronavirus disease 2019  
PPE: personal protective equipment

接接触しないが、物品や環境を介した接触の可能性のある治療室前の廊下をイエローゾーン、それ以外の区域をグリーンゾーンとした<sup>1), 2)</sup>(図1)。また同時に、当院の個人防護具(PPE)着脱手順を参考に、手袋を3枚重ねるなどの対応を追加した独自の着脱マニュアルを作成した。特に、PPEの脱衣手順は重要であり、必ず、2名で手順書を確認しながら脱衣するようにした。さらに目からの感染を防ぐため<sup>3)</sup>、帽子やフェイスガードを外す際は目を閉じて行うようにした。なお、感染防止の観点から、臨床工学技士は在籍10名中4名、看護師は在籍6名中3名を、COVID-19対応専属とした。

### 3

#### COVID-19患者の搬送

病棟からのCOVID-19患者搬送には、ファン付き陰圧車いすCIW-1500N、および陰圧ストレッチャーCIB-2000Sを使用した〔いずれも(株)日本医化器械製作所〕(図2)。これらの車いす内やストレッチャー内に患者が収容されている間は、医療者・患者ともサージカルマスクのみで搬送可能とした。なお、患者は酸素マスクやカヌラを装着している場合が多いが、酸素マスクやカヌラの上から必ずサージカルマスク着用とした<sup>4)</sup>。

### 4

#### COVID-19患者の透析治療

透析施行中は、臨床工学技士1名と看護師1名の2名体制で対応した。血液浄化療法部へ患者を受け入れてから退出するまでは5時間程度要するため、臨床工学技士、看護師ともに2.5時間で交代した。なお、COVID-19患者へ治療を行う日は、ほかの患者への治療は行わな

いようにした。

COVID-19患者と医療スタッフの接触を可能な限り少なくするために、治療室内での対応は、透析開始時と終了時、警報発生時のみとし、それ以外は治療室前の廊下で待機とした。透析施行中、患者の表情や動作の観察には監視カメラを使用し、心電図、酸素飽和度、血圧はセントラルモニタCNS-6201とベッドサイドモニタBSM-6301〔いずれも日本光電工業(株)〕を連携して測定した。血圧測定は15分ごととしたが、必要時にはセントラルモニタを使用して血圧測定を適宜行った。なお、監視カメラの画像と生体情報モニタはグリーンゾーンの画面と連動しているため、容易に確認可能であった(図3)。

個人用多用途透析装置DBG-03と透析通信システムFuture Net Web<sup>+</sup>®(以下、FNW)〔いずれも日機装(株)〕を連携し、FNWで循環血液量の変化率( $\Delta BV$ )や圧力を監視した。また、DECTワイヤレスインターホン〔朝日電器(株)〕を各部屋へ設置し、一般透析室のスタッフが治療室内や待機場所にいるスタッフと連絡を取れるようにした(図3)。

2名同時に透析を施行する場合は、一番上の手袋を治療室内で外し、下にはめている手袋の上からアルコール消毒を行って廊下(イエローゾーン)へ移動し、その後、新しい手袋を装着してから一方の治療室へ移動して、もう1名の対応を行った。

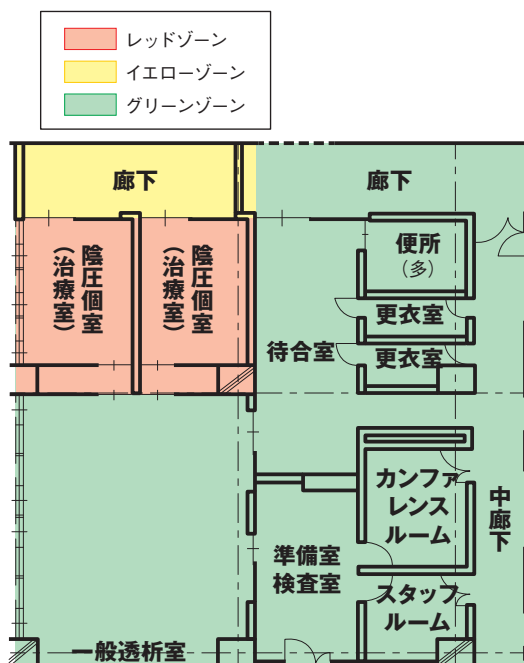
### 5

#### 患者退出後の清掃

患者が退室した後は、UV-C紫外線照射システムUVDI-360〔(株)モレーンコーポレーション〕(図4)を、治療室内で2カ所、治療室前の廊下で1カ所に配置して、各5分間紫外線照射を行った。その後、治療室内の陰圧換気



a) 血液浄化療法部内全体



b) 陰圧個室中心 (一部拡大)

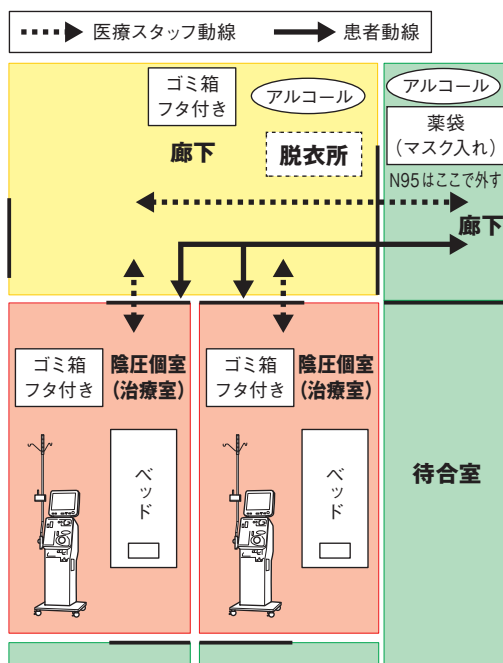


図1 血液浄化療法部内のゾーニング



車椅子型アイソレータ (陰圧タイプ)  
CIW-1500N



陰圧キャリングベッド  
CIB-2000S

図2 COVID-19 患者搬送に使用した車いすとストレッチャー  
〔提供：(株)日本医化器械製作所〕

風量を測定したところ、30分で99.9%換気可能であったが、1時間(陰圧)換気を行った<sup>5)</sup>。その後、PPEを装着したスタッフ5~6名で、除菌用のアルコールタオルなどで治療室内の透

析装置、ベッド、モニタ、手すり、壁などを清拭した。最後に治療室内をUVDI-360で1回照射し終了とした。

なお、翌日はCOVID-19以外の患者の使用

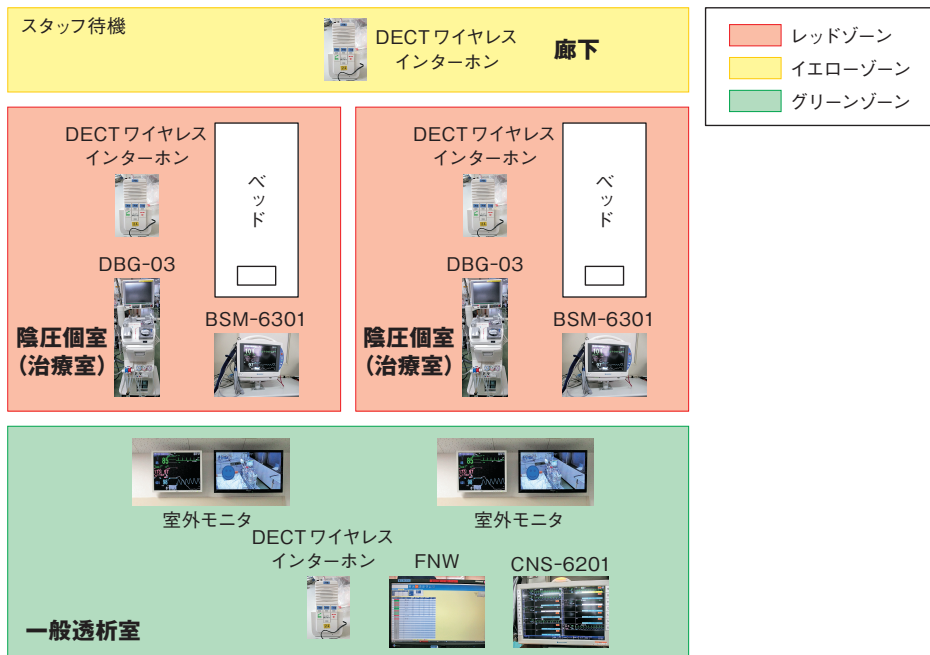


図3 透析施行中の患者監視

BSM-6301：ベッドサイドモニタ〔日本光電工業(株)〕，DBG-03：個人用透析装置〔日機装(株)〕，CNS-6201：セントラルモニタ〔日本光電工業(株)〕，DECTワイヤレスインターホン〔朝日電器(株)〕，FNW：Future Net Web<sup>+</sup>〔日機装(株)〕。



UV-C紫外線照射システム  
UVDI-360

図4 患者退出後に使用した紫外線照射システム  
〔提供：(株)モレーンコーポレーション〕

も可能とした。

## 6

### おわりに

今回、当院では2名のCOVID-19陽性患者と5名の疑い患者の治療を行った。本稿でその際に行った対応について述べたが、現在まで院内感染は防いでいる。

感染防止の観点から、医療従事者の患者との接触を必要最小限にすることが重要と考える。そのためには、患者の安全面を考慮すると、透析監視システムやベッドサイドモニタとセントラルモニタとの連携、ワイヤレスインターホンなどは必要不可欠である。また、ゾーニングやPPE装着の徹底、ハード面の充実が、患者の

みならず医療従事者にとっても安全な治療を可能にするといえよう。

■著者連絡先メールアドレス  
atu-ookubo.nori@tmd.ac.jp

■文献

- 1) 佐原利幸, 渡嘉敷智賀子, 栗田善彦: 感染防止行動をとることが難しい患者への対応—精神科閉鎖病棟での新型インフルエンザアウトブレイクを経験して—, 環境感染誌 26(1): 35-40, 2011
- 2) 小林彩花, 山本千恵, 原 祐ほか: 当院での COVID-19 院内感染発生時の感染対策について, 2020 年 5 月 12 日公開 [http://www.kansensho.or.jp/uploads/files/topics/2019ncov/covid19\\_casereport\\_200513\\_2.pdf](http://www.kansensho.or.jp/uploads/files/topics/2019ncov/covid19_casereport_200513_2.pdf) (2020 年 8 月 11 日現在)
- 3) 一般社団法人日本環境感染学会: 医療機関における新型コロナウイルス感染症への対応ガイド 第 2 版改訂版 (ver.2.1), 2020 年 3 月 10 日 [http://www.kankyokansen.org/uploads/uploads/files/jsipc/COVID-19\\_taioguide2.1.pdf](http://www.kankyokansen.org/uploads/uploads/files/jsipc/COVID-19_taioguide2.1.pdf) (2020 年 8 月 11 日現在)
- 4) 足立拓也, 氏家無限, 大曲貴夫ほか: 新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 診療の手引き 第 2 版, 2020 年 5 月 18 日 <https://www.mhlw.go.jp/content/000631552.pdf> (2020 年 8 月 11 日現在)
- 5) 秋澤忠男, 秋葉 隆, 菊地 勘: 新型コロナウイルス感染症に対する透析施設での対応について (第 4 報改訂版)—まん延期における透析施設での具体的な感染対策—, 令和 2 年 4 月 3 日 [http://www.touseki-ikai.or.jp/htm/03\\_info/doc/20200402\\_corona\\_virus\\_15.pdf](http://www.touseki-ikai.or.jp/htm/03_info/doc/20200402_corona_virus_15.pdf) (2020 年 8 月 11 日現在)

# Clinical Engineering

●月刊誌・毎月25日発行 ●B5判  
●定価: 本体 1,900円(税別)

2020年4月号 (Vol.31 No.4) ・好評発売中

特集

## 透析排水の諸問題とその対策

【編集責任】峰島三千男 (東京女子医科大学 臨床工学科)

- 透析排水による下水道施設の損傷事故 ..... 高橋明宏
- 2019 年版 透析排水基準 ..... 峰島三千男
- 適正な排水管理 ..... 内野順司
- 適正な洗浄・消毒剤の選択と使用 ..... 星野武俊 ほか

【特集関連記事】

- 関連法規 一下水道法, 水質汚濁防止法— ..... 阿瀬智暢

【連載】

第 41 回 第 2 種 ME 技術実力検定試験全問解説 第 4 回(最終回)

午後の部 問題 31 ~ 60 ..... 試験問題研究会

学研メディカル秀潤社

〒141-8414 東京都品川区西五反田2-11-8 TEL: 03-6431-1234(営業部) FAX: 03-6431-1790  
URL: <https://gakken-mesh.jp/>