新型コロナウイルス陽性患者 (COVID-19) における 外科的気管切開術の周術期対応について

道 塚 智 彦¹⁾ 熊 井 琢 美²⁾ 佐 古 澄 子³⁾
高 原 幹¹⁾ 片 田 彰 博¹⁾ 林 達 哉²⁾
藤 田 智⁴⁾ 原 潤 保 明¹⁾

要旨：新型コロナウイルス陽性患者 (COVID-19) に対する気管切開術を 2 症例経験した。症例 1 は 80 代男性。長期間の気管挿管管理が必要となり，N95 マスクを使用した Full PPE にて気管切開を施行した。症例 2 は 60 代男性。1 例目の気管切開では視野の確保が困難であった点を踏まえて，電動ファン付き呼吸用防護具 (PAPR: powered air-purifying respirator) 下で外科的気管切開を行った。PAPR を用いることで，Full PPE で外科的気管切開を行う上での視野確保における問題点を解決できており，安全な感染制御下での外科的気管切開に有用と考えられた。

キーワード：COVID-19, 外科的気管切開術, PAPR (powered air-purifying respirator), PPE (personal protective equipment)

Summary Perioperative response to surgical tracheostomy in new coronavirus-positive patients (COVID-19): Tomohiko Michizuka¹⁾, Takumi Kumai²⁾, Sumiko Sako³⁾, Miki Takahara¹⁾, Akihiro Katada¹⁾, Tatsuya Hayashi²⁾, Satoshi Fujita⁴⁾ and Yasuaki Harabuchi¹⁾. ¹⁾ Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Asahikawa Medical University, ²⁾ Department of Innovative Head & Neck Cancer Research and Treatment (IHNCRT), Asahikawa Medical University, ³⁾ Department of Anesthesiology and Intensive Care, Asahikawa Medical University, ⁴⁾ Department of Emergency Medicine, Asahikawa Medical University

We experienced two cases of tracheostomy for a new coronavirus positive patient (COVID-19). Case 1 was a man in his 80s. Long-term tracheal intubation management was required, so a tracheostomy was performed with full PPE using an N95 mask. Case 2 was a man in his 60s. Given that it was difficult to secure a visual field in the first tracheostomy, a surgical tracheostomy was performed under a powered air-purifying respirator (PAPR). By using the PAPR, we were able to solve the problem of securing the visual field when performing surgical tracheostomy with full PPE, and it was considered to be useful for surgical tracheostomy under safe infection control.

Key words: COVID-19, surgical airway management, PAPR (powered air-purifying respirator), PPE (personal protective equipment)

[Received Feb. 12, 2021, Accepted Sep. 21, 2021]

¹⁾ 旭川医科大学耳鼻咽喉科・頭頸部外科学講座

²⁾ 旭川医科大学頭頸部癌先端の診断・治療学講座

³⁾ 旭川医科大学麻酔科蘇生科学講座

⁴⁾ 旭川医科大学救急医学講座

[令和 3 年 2 月 12 日受付, 令和 3 年 9 月 21 日受理]

はじめに

新型コロナウイルス（COVID-19）の感染経路は飛沫感染と接触感染¹⁾であり、エアロゾルや飛沫が発生する処置に対する感染防御には十分な注意が必要である。エアロゾル感染は汚染された微細な粒子が空气中を滞留し、それを通じた感染経路を指す。また、飛沫感染は汚染された比較的大きな粒子が飛散することで生じる感染経路である。特に気管切開術は大量のエアロゾルや飛沫が発生する可能性が高い処置のひとつである²⁾。そのため、2020年6月に日本耳鼻咽喉科学会より気管切開の対応ガイドが公開されている³⁾が、ガイドラインに基づいた気管切開症例の報告は少ない。

今回われわれは気管切開の対応ガイドに基づき気管切開術を施行した新型コロナウイルス感染症例を2症例経験した。実際に手術を施行した上で感染防御や麻酔、処置にあたっての問題点の抽出を行い、改善点を見出し、工夫を行ったのでここに報告する。

症 例

症例 1

患者：80代男性。

主訴：発熱，倦怠感。

既往：COPD，脂質異常症。

現病歴：繁華街にて会食5日後から38.8度の発熱と倦怠感，咳嗽，呼吸苦が出現し，近医を受診した。PCR検査にて新型コロナウイルス陽性となり加療を開始されたが，呼吸状態の悪化を認めたため当院転院となった。集中治療室内の陰圧室で気管挿管のうえ人工呼吸器管理にて呼吸状態の軽快を認めたが人工呼吸器からの離脱は難しく，3週間ほどの長期挿管となったため気管切開目的に当科紹介となった。

当院入院後から継続的にPCR検査（5回）を行っており，気管切開前の検査も陽性だった。術前に酸素化を行った上での無呼吸テストで数分間の酸素化維持を確認した。気管切開前日に耳鼻咽喉科医2名と麻酔科医1名，看護師2名，技師1名でシミュレーションを行ったうえで，集中治療室内の陰圧室で気管切開を行った。

手術人員の個人防護具（personal protective equipment：PPE）

術者は二重の滅菌ガウン，二重の滅菌手袋，二重の帽子，N95マスクの上からサージカルマスク，曇り止めを塗布したゴーグルとフェイスシールドを装着した。器械出し看護師は，二重の手袋，二重の滅

菌ガウン，帽子，N95マスクの上からサージカルマスク，ゴーグルを装着した（図1）。麻酔科医，外回り看護師，技師は二重の手袋，滅菌ガウン，不浸透性ガウン，N95マスクの上からサージカルマスク，帽子，ゴーグルを装着した。

麻酔，呼吸管理

手術開始15分前から咳嗽反射抑制のために，末梢留置型中心静脈カテーテルから筋弛緩薬（ロクロニウム臭化物）および，術前から使用していた持続鎮静（フェンタニルクエン酸塩およびミダゾラム）を投与した。ジャクソンリリースと人工鼻，気管切開後に用いる新しい人工呼吸器回路，チューブクランプ，清潔な気管延長チューブを陰圧室内に準備した。陰圧室内の汚染機材を少なくするため，酸素ブレンダーおよび緊急挿管用物品（ディスポ喉頭鏡，気管チューブ，スタイレット，マスク換気用マスク）は部屋の外に準備した。

術野セッティング

消毒を行った後，丸穴付き覆布で気管前面以外を覆った。その覆布上に必要物品を置き，さらにその上から胸部大動脈ステントグラフト治療（thoracic endovascular aortic repair：TEVAR）用の透明なビニール部分の面積が大きい覆布で被覆した。透明部分で術野を覆い，透明覆布の中に手を入れて閉鎖システム下で手術を行った。透明覆布と術野の間に

図1 症例1で用いたFull-PPE装備
滅菌ガウン，滅菌手袋（テープで密閉した），二重の帽子，N95マスクの上からサージカルマスク，ゴーグルとフェイスシールドを装着した上で，さらに滅菌ガウンおよび滅菌手袋を装着した。

空間を作るため、Wake Forest type のスプラッシュガードを患者頭側に配置し、スプラッシュガードに透明覆布を粘着テープで固定した。頭側で透明覆布の長さが足りないため、足側の透明部分を切って頭側にテープで接着した。透明覆布の中に持続吸引を置き、内部の空気を吸引した (図 2)。

気管切開

耳鼻咽喉科医と麻酔科医、看護師、臨床工学技師が full PPE で入室し、肩枕を入れて体位を取った。術野をセッティングし、FiO₂ 40% で強制換気を行いながら気管切開を開始した。気管を露出して止血後に電気メスを術野から除き、人工呼吸器からジャクソンリース (FiO₂ 100%) に切り替えて脱窒素化を行った。脱窒素化中に人工呼吸器回路を新しい回路に交換し、ジャクソンリースの弁を解放して気道内圧を 0 とした上で気管開窓を行った。無呼吸のままカフ付気管切開チューブを挿入し、カフを膨らませてから呼吸状態を確認して手術終了とした。手術時間は 20 分であったが、ゴーグル内および閉鎖システム内の曇りによって術野や胸郭の視野が不良であり、留置後の呼吸状態の確認などに時間がかかり、麻酔時間に約 1 時間を要した (図 3)。

気管切開後

気管切開施行後は、汚染区域の脱衣場所で外側のガウンと手袋、帽子、サージカルマスクを外して、陰圧室から出て、入り口に設定されている準汚染区域で内側のガウンと手袋、帽子、N95 マスク、ゴーグルとフェイスシールドを脱いだ。

気管切開後のカニユーレ管理に関しては、術後 5 日目に新型コロナウイルス PCR 検査で 2 回陰性が確認され、一度カニユーレの交換を行った。その

図 2 症例 1 で用いた閉鎖システム

通常の気管切開に準じて丸穴付き覆布で気管前面以外を覆った後、TEVAR 用覆布を被覆して閉鎖システムでの手術スペースを確保した。透明覆布の中に持続吸引を置き、ウイルスの拡散リスクを低減した。

後、全身状態が改善し、術後 2 週間で転院となった。本症例への対応に伴う院内感染は認められていない。

症例 2

患者：60 代男性。

主訴：発熱、呼吸不全。

既往：顕微鏡的多発血管炎。

現病歴：X-14 日、顕微鏡的多発血管炎に対する治療目的に前医入院し、ステロイドパルス療法 (mPSL 500mg/日) を開始した。X-13 日に前医にて大規模な COVID-19 クラスタが発生し、X-10 日に新型コロナウイルス PCR 陽性の診断となった。自覚症状や発熱等を認めなかったため PSL 60mg/日の内服を継続していたが、X-5 日より発熱と呼吸苦を認め、X 日に呼吸状態が悪化したため、前医にて気管挿管となり加療目的で当院転院となった。X+22 日、長期挿管となったため気管切開目的に当科紹介となった。

当院入院後から継続的に PCR 検査 (3 回) を行っており、気管切開前の検査も陽性だった。事前に無呼吸テストを行い、気管切開施行当日に使用予定の陰圧手術室にて入念なシミュレーションを行った。手術室への入室人員は計 5 名 (耳鼻咽喉科医 2 名、麻酔科医 1 名、看護師 2 名) であり、集中治療室から手術室への移動人員として 5 名 (救急科医 1 名、麻酔科医 1 名、看護師 3 名) を要した。陰圧室への入室人員はスムーズな移動や気管切開中の迅速な対応を行うため、full PPE にて手術室前で待機していた。

図 3 TEVAR 用覆布を用いた実際の術野

丸穴付き覆布の上に TEVAR 用覆布を被覆した直後から、患者体表からの蒸気および光源の反射で視野の確保が困難であった。

症例1からの変更点

症例1でゴーグル内および閉鎖システム内の湿気により視野確保が困難だったため、執刀医のfull PPEをN95マスク、サージカルマスク、ゴーグル、フェイスシールドから電動ファン付き呼吸用防護具（powered air-purifying respirator：PAPR 興研株式会社 サカキ式 BL-711H）へと変更し（図4）、TEVAR用の覆布を用いた閉鎖システムは使用せずに丸穴付き覆布で術野を確保した。また、集中治療室では、手術中の緊急対応が不十分となる可能性もあり、手術室で行うことに変更した。PAPRの使用に際しては、病院内で未承認新規医療機器使用の申請を行い、申請不要の判断となった。気管切開時に出る可能性のある飛沫やエアロゾルを飛散させることを防ぎ、ウイルスの拡散を防ぐために、覆布の丸穴尾側に持続吸引チューブを固定した。また、耳鼻咽喉科医1名が患者と同時に入室して体位を確保し、執刀直前にもう1名の耳鼻咽喉科医が入室して手術を行うことで長時間のPPE装着による曇りのリスクを軽減した。その他、麻酔科医2名、看護師2名で気管切開を行った。

手術時間は15分であり、手術前準備や留置後の呼吸状態確認等を含めて麻酔時間は約40分を要した。PAPRの使用により、マスク内の曇りを認めず視野確保は良好だった。

術後5日目にN95を用いたFull-PPEにてカニューレ交換を行い、術後9日目にPCRで2回陰性が確認され、術後10日目にカニューレ交換を行った。その後、全身状態が改善したため、術後4週で気管孔閉鎖を行い、術後2か月で当院を退院した。本症

図4 使用したPAPR

興研株式会社 サカキ式 BL-711H（許可を得て転載
興研株式会社ホームページより引用 <https://www.koken-ltd.co.jp/product/pdf/papr.pdf>）

例への対応に伴う院内感染は認められていない。

考 察

今回われわれは、外科的気管切開を施行したCOVID-19の症例を2例経験した。本症例に関して、日本耳鼻咽喉科学会：気管切開の対応ガイドでは“PCR検査陽性で呼吸不全・人工呼吸器管理中、長期挿管中”に該当する³⁾。2症例とも気管挿管から20日以上経過していたがPCRは陰性化せず、気管切開を施行した。気管切開施行については関係部署と十分に協議して適応を判断して施行しており、術前の多職種間における入念なシミュレーションがスムーズな周術期管理につながった。術後は2症例ともに呼吸状態が改善して退院に向けたリハビリテーションが順調に進んでおり、腹臥位変更時の抜管リスクの低減に加えて早期退院を目指す観点からも気管切開が有用であったと考える。

手術準備・装備（感染予防対策）について

日本耳鼻咽喉科学会：気管切開の対応ガイドでは、新型コロナウイルスPCR検査陽性で呼吸不全や人工呼吸器管理中、長期挿管中に該当する症例に気管切開を行う場合は、full PPEの装着を順守した上で気管切開を手技に熟達した医師チームによって行う³⁾とされている。COVID-19患者に対する気管切開の適切な時期に関してのエビデンスはないが、SARS-CoV-2の排出は発症2～3日前から始まり、発症後は徐々に低下し、7～8日以内に急速低下するとされている^{4,5)}。ただし、これは軽症者における報告であり、日本耳鼻咽喉科学会：気管切開の対応ガイドでは、挿管期間が少なくとも10日を超えてから施行することが推奨されている³⁾。

Full PPE装備に関しては、鼻腔・口腔保護としてのFFP2（N95）マスクあるいはPAPRの使用と眼球保護としてのフェイスシールド±ゴーグルの着用、身体保護としての不浸透性長袖ガウン使用、皮膚露出の少ない手術用帽子の装着が推奨されている³⁾。症例1では、曇り止めを使用していたにも関わらずゴーグルが著明に曇り、視野の確保が極めて困難であった。また、海外報告でエアロゾル暴露予防に閉鎖システムが有効である⁶⁾とされていた。また、サージカルスモークには生存するウイルスが含まれることが指摘されている^{7,8)}。そのため、TEVAR用の覆布（透明なビニール部分）を被覆して閉鎖システムを構築したが、ビニールの透過性が悪く无影灯の光が反射してしまい、患者からの不感蒸泄で曇りが生じてしまった（図3）ため、さらに視野の確保が困難となった。そのため、症例2では

図 5 症例 2 で用いた Full-PPE 装備 PAPR を装着することにより、曇りがなく、良好な視野が確保された。

改善策として TEVAR 用覆布を使用せずに開放式としたが、創部の近くに持続吸引を配置してエアロゾル暴露予防に努めた。また、N95 マスクとサージカルマスク、ゴーグルに代わり PAPR を使用した (図 5)。PAPR の使用フィルターは PL3 ($0.15\mu\text{m}$ 以上で 99.97% 以上 N100 相当) に相当する N95 より安全性の高い規格であり、また顔面をすべて覆うように密着して使用できるため感染対策としてより厳格なものである。さらに、常時フィルターを通した空気がマスク内に流入するため、湿気で曇ることがなく視野確保の観点から有効であった。術中のコミュニケーションはマスク内に備わったマイクにより良好だった。医療機器としての PAPR はなく、今後はスムーズに使用できる PAPR が必要であると考え。

結 語

COVID-19 患者に対して気管切開術を行った 2 例を経験した。海外での対応を参考とした気管切開を行い、視野確保の問題点および PAPR の有用性が明らかとなった。今後も感染症下での気管切開が増える可能性があり、医療機器として使用できる PAPR が必要となる。

本論文の投稿にあたり、開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 厚生労働省：新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 診療の手引き・第 1 版。 Available online at: <https://www.mhlw.go.jp/content/000609467.pdf>. Accessed Feb 4, 2021.
- 2) 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) Available online at: http://www.kankyokansen.org/uploads/uploads/files/jsipc/COVID-19_taioguide2.pdf. Accessed Feb 4, 2021.
- 3) 日本耳鼻咽喉科学会：気管切開の対応ガイド 第 2 版 (2020/6/18) Available online at: http://www.jibika.or.jp/members/information/info_corona_0617_06.pdf. Accessed Feb 4, 2021.
- 4) He X, Lau E, Wu P, et al: Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nat Med* 26 : 672-675, 2020.
- 5) Wölfel R, Corman V, Guggemos G, et al: Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature* 581 : 465-469, 2020.
- 6) Alves Filho W, Sampaio T, Studart da Fonseca M, et al: Barrier device prototype for open tracheotomy during COVID-19 pandemic. *Auris Nasus Larynx* 47 : 692-696, 2020.
- 7) Garden JM, Kerry O'Banion M, Shelnitz L, et al: Papillomavirus in the vapor of carbon dioxide laser-treated verrucae. *JAMA* 259 : 1199-1202, 1988.
- 8) Ferenczy A, Bergeron C, Richart R M, et al: Human papillomavirus DNA in CO2 laser-generated plume of smoke and its consequences to the surgeon. *Obstet Gynecol* 75 : 114-118, 1990.