Medtronic

Professional Quest™

Vol. 27

鎮静下気管支鏡検査中における呼気二酸化炭素濃度モニタリングの有用性

ー 実際の使用方法とトラブルシューティング ー

石綿 司 先生

ご略歴

2008年3月　群馬大学医学部卒業
2008年4月　日本赤十字社成田赤十字病院　初期研修
2010年4月　東京都立多摩総合医療センター　内科後期研修
2012年4月　国保直営君津中央病院　呼吸器内科医員
2013年4月　千葉大学医学部附属病院　呼吸器内科医員
2018年3月　千葉大学大学院医学薬学府博士課程　修了

認定医・専門医等

日本内科学会　認定内科医、総合内科専門医
日本呼吸器学会　呼吸器専門医
日本呼吸器内視鏡学会　気管支鏡専門医
医学博士

※ 本稿は2018年にご執筆いただきました。
肩書と略歴は2018年時点のものです。

はじめに

気管支鏡検査は、気道·肺野病変の精査のために欠かせない検査のひとつである。肺炎の起因菌検索、肺癌の診断、気道狭窄の評価、間質性肺炎の診断など、呼吸器科疾患の診断·評価のために非常に有益な情報が得られる。しかしながら、この気管支鏡検査は患者さんにとっては、苦痛の多い検査である。咽頭反射、咳嗽反射、呼吸困難感および異物感など、検査を受ける患者さんの苦痛は大きい。鎮静薬を十分に使用しない場合、二度とやりたくないと思われてしまうことがとても多い検査である。そのため、苦痛を伴う他の検査·処置と同様、気管支鏡検査においても鎮静薬を使用することが推奨されている[1)]。
しかし、その一方で鎮静薬使用により呼吸抑制を招くことが懸念される。気管支鏡検査は気道·肺内で操作·処置をする性質上、低酸素血症をきたしやすい状況にあり、ここに呼吸抑制が重なると重篤な低酸素血症を招く可能性がある。患者の苦痛を除去しつつ、かつ安全に鎮静薬が使用されなければならない。

鎮静薬の必要性と呼吸抑制のリスク

本邦においては、近年約半数の施設で気管支鏡検査時に経静脈的鎮静薬投与が行われていることが日本呼吸器内視鏡学会の調査（2016年）により明らかになっている[2]。2010年の調査[3]時点では20%未満であったことを考えると、気管支鏡検査における鎮静薬の必要性の認識が急速に広まっていることがわかる。実際に、気管支鏡検査を実施した患者を対象として当科で実施した苦痛度·満足度調査では、十分な鎮静を行って検査中の記憶が残っていない患者群ほど、検査の苦痛が少なく、再度検査を実施してもよいと答えている（図1）。特に原発性肺癌の場合、今は診断時の生検に加えて、治療後増悪時にも再生検を行うことが求められている。治療に直結する新しいバイオマーカーが活用されるようになると、腫瘍の再評価のために気管支鏡検査を複数回受ける必要がでてくる。従って、再検査を拒否されることは患者の予後に関わる重大な問題となりうる。初回の気管支鏡検査のときから苦痛を最小限にするように鎮静薬を適切に使用する必要がある。

しかし、十分な鎮静をかけることで直面するリスクは呼吸抑制、特に無呼吸である。無呼吸と一概に言っても、呼吸ドライブが減弱することによる無呼吸と、気道の閉塞に起因する無呼吸に大別される。睡眠時無呼吸症候群（Sleep Apnea Syndrome：SAS）を例にすると理解しやすいが、SASは中枢性無呼吸のCSASと閉塞性無呼吸のOSASに大きく分けられ、これと似た状態が鎮静下の気管支鏡検査中にも生じ得る。ACCP ステートメント[4]および BTS ガイドライン[1]で推奨されている鎮静薬の基本はベンゾジアゼピン系薬剤のミダゾラムだが、これは呼吸ドライブを減弱するとともに、頸部·咽頭周囲の筋緊張の緩和を導く。気管支鏡検査は通常、仰臥位で行われるため、頸部・咽頭周囲の筋緊張の緩和は舌根沈下をきたし、気道閉塞を招くことになる。気管支鏡スコープが声帯を通過していても気道が確保されていることにはならず、弛緩した舌は重力方向に落ち込み気道を閉塞してしまうことがある。

十分な鎮静を行って検査中の記憶が残っていない患者群ほど、検査の苦痛が少なく、再度検査を実施してもよいと答えている。

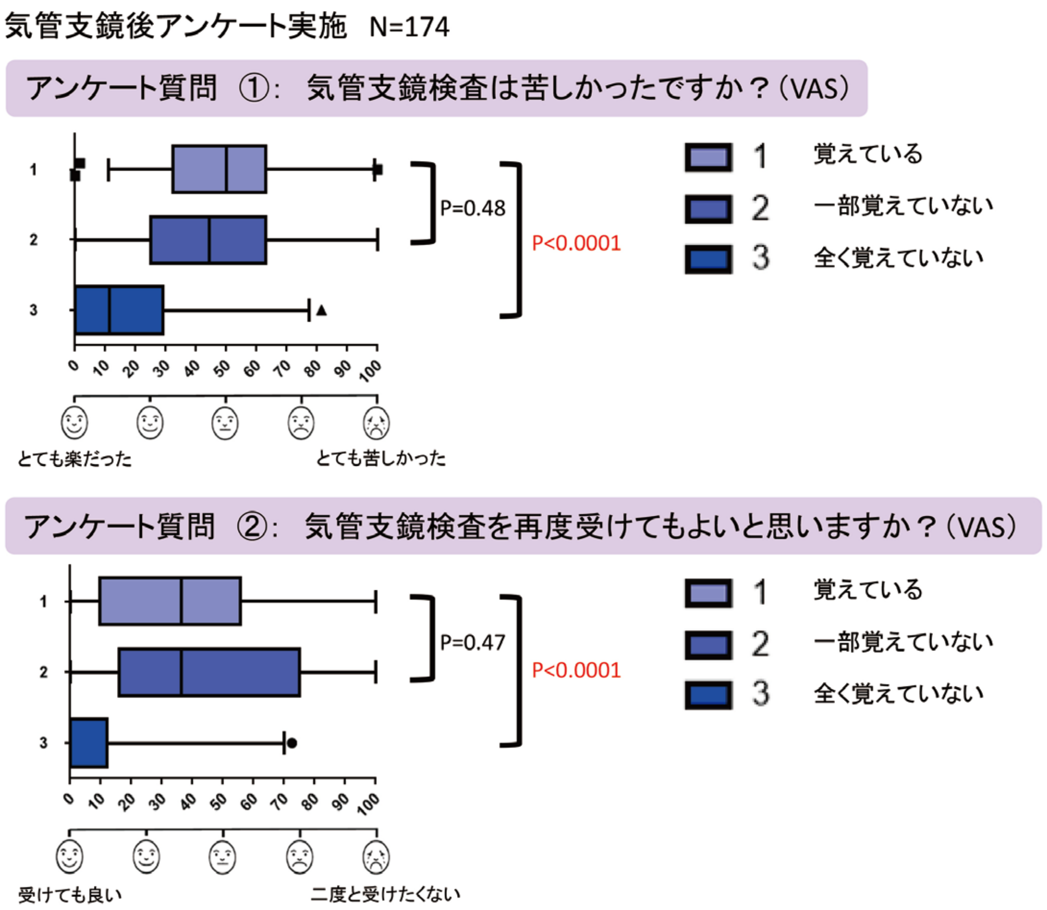

図1　気管支鏡アンケートによる苦痛度および再検査容認度と術中記憶との関係（当科実施）

無呼吸への対応

具体的に無呼吸への対応方法を把握しておく必要がある。まず、中枢性無呼吸を生じた場合はどう対応するのか。これは中枢からの呼吸ドライブが減弱しているので、覚醒を促さない限り解除は難しい。呼びかけによる音刺激、体を揺り動かす接触刺激などを与えることで覚醒を促す。稀ではあるが、これらの刺激によっても覚醒および呼吸再開が得られない深鎮静状態の場合には、フルマゼニル静注によるミダゾラムの拮抗を行う。拮抗薬が使用できるという点においてミダゾラムは使いやすい。一方、閉塞性無呼吸に対しては、ほとんどの症例では下顎挙上(jaw-thrust/chin-lift maneuver)を行うことで解除される。それでも頻回に閉塞する場合には、太めの経鼻エアウェイを挿入して対応する。

実臨床においては、上記のように無呼吸を中枢性か閉塞性かを短時間で正しく診断することは困難な場面があるが、下顎挙上を行って解除されなければ、刺激を与えて覚醒を促すことが多い。ここで、当科で調べた鎮静下気管支鏡検査中の無呼吸の頻度をお示しする(表1)。この研究[5]では、ミダゾラムによる鎮静が行われた気管支鏡検査121例を対象として、呼気二酸化炭素濃度モニタリングを用いた。その波形を気流とみなし、10秒以上の気流停止を無呼吸と定義した。結果として、約半数の59症例に無呼吸イベントが観察され、さらに30秒以上の長い無呼吸が約20%の症例でみられた。興味深かったのは、実際の無呼吸の開始からSpO_2低下(4%以上)までの時間が約30秒もあったということである(図2)。すなわちこれはパルスオキシメータでSpO_2の推移だけモニタリングしていたのでは、無呼吸の発見が大きく遅れることを示唆している。酸素投与下ではさらに呼吸抑制の認識が遅れることが知られており[6) 7)]、酸素投与下で行われることの多い気管支鏡検査では当然さらなる注意を要する。以上から、実臨床において鎮静下気管支鏡検査中の無呼吸発生頻度は高いことがわかる。無呼吸を早期に発見し早期に適切な対応がとれることで、深刻な低酸素血症を防ぐことが期待される。

無呼吸の開始からSpO_2低下(4%以上)までの時間の中央値は約30秒であった。パルスオキシメータによるSpO_2の推移だけをモニタリングしていると無呼吸の発見が大きく遅れることを示唆している。

呼気二酸化炭素濃度モニタリングを用いた気管支鏡検査中の無呼吸の検出　N=121

無呼吸を来した患者数 (%)	59 人 (48.8%)
上記のうち, 1回の検査中に生じた無呼吸の回数 median (range)	2 回 (1-8)
無呼吸のべ回数	131 回
SpO_2値が4%以上低下した無呼吸総数 (%)	55 回 (42%)
SpO_2最大低下幅	19 %

＊10秒以上の気流停止を無呼吸と定義した.

表1

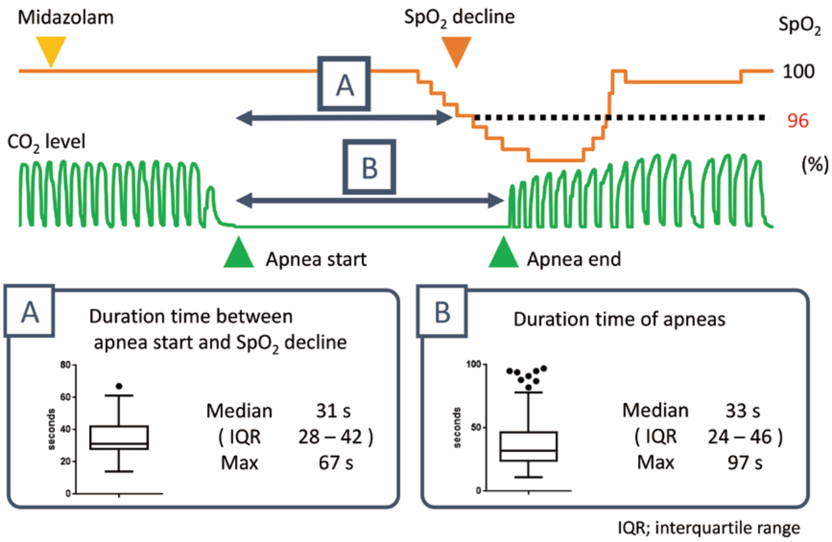

図2　呼気二酸化炭素濃度モニタリングを用いた気管支鏡検査における無呼吸の検出、パルスオキシメータとの無呼吸認知のタイミングの差異(当科後方視研究)

呼気二酸化炭素濃度モニタリングの実際の使用方法

呼気二酸化炭素濃度モニタリングは直接呼気を検出するため、換気が行われているかをリアルタイムに評価するのに適している。パルスオキシメータによるSpO_2の評価は、酸素化のモニタリングとして非常に重要な指標であるが、その一方で上記のように換気を直接モニタリングすることはできない。従ってパルスオキシメータのみによるモニタリングでは、換気の不良および停止からSpO_2低下に反映され認識されるまでに時間がかかり、その対応が遅れるという課題点がある。ここからは当科でどのように呼気二酸化炭素濃度モニタリングを気管支鏡検査中に使用しているかをご紹介する。
我々が気管支鏡検査においてルーチンでモニタリングするのは、心電図波形、非観血的血圧測定、パルスオキシメータ、そして呼気二酸化炭素濃度モニタリングである。心電図電極を貼ることで胸郭インピーダンスから簡易呼吸数をモニターに表示することも可能であるが、閉塞性無呼吸の場合、吸気努力が残ることから胸郭の動きが認識され偽陽性を呈することがあるため、呼吸数の把握には胸郭インピーダンス法は用いず、呼気二酸化炭素濃度モニタリングを用いている。我々はCapnostream™ 20Pを測定本体とし（図3A）、呼気回収デバイスはマイクロストリーム™ガーディアンを使用している（図3B）。マイクロストリーム™ガーディアンはマウスピース部分が含まれており、しかも呼気を鼻·口両方から回収されるように設計されている（図3C）。開口障害が高度でない限りほとんどの患者に装着可能である。

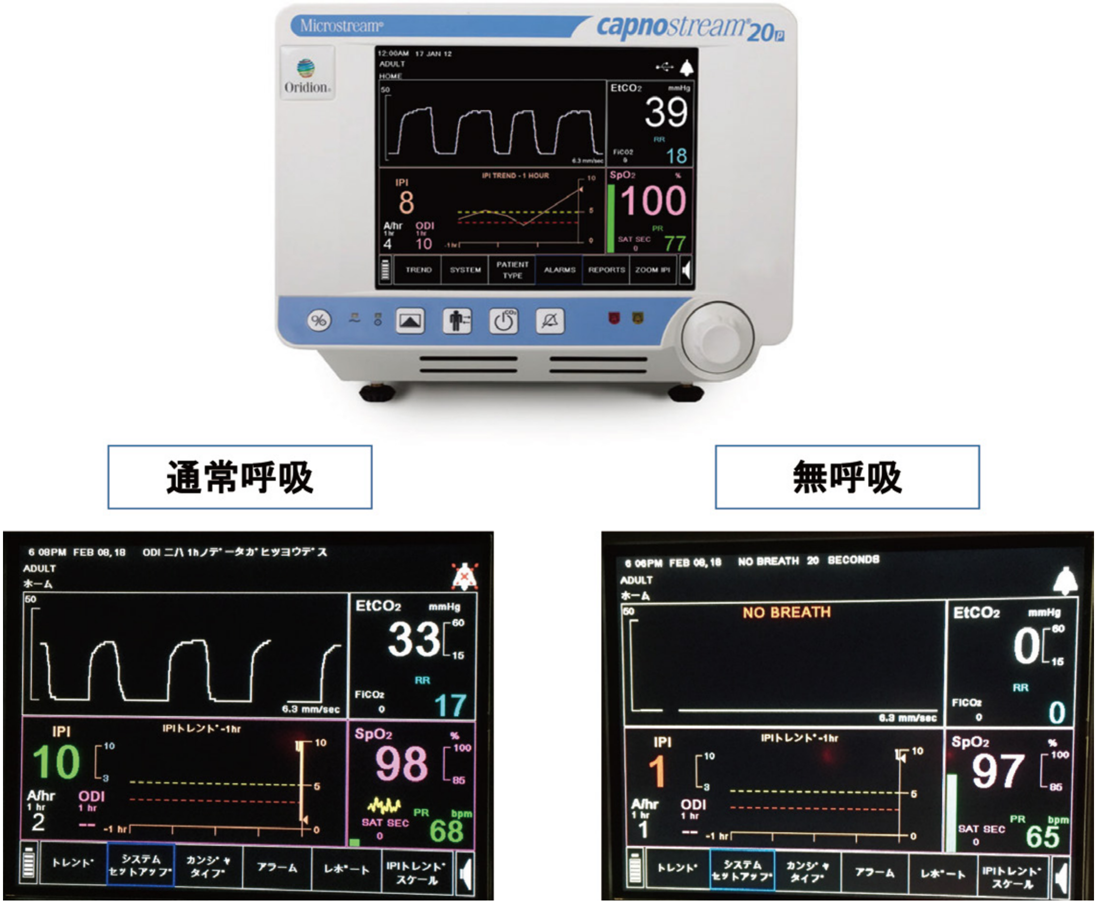

図3 A　測定本体：Capnostream™ 20P（販売終了品）
呼気二酸化炭素濃度のトレンドを波形として認識できる
気流の停止はフラットラインとして表示される

装着後、気管支鏡を経口挿入する前に、呼気二酸化炭素濃度の波形が正しく得られていることを確認してから鎮静薬を投与する。呼気二酸化炭素濃度は、そのトレンドを重視し、ディスプレイに表示された波形の消失が一定時間あるかどうかに注目する。波形の山の数が減ってくる、もしくは波形の形が崩れてくると低換気を意味し、完全に波形が消失しフラットラインになった状態が無呼吸を意味する。鎮静による低換気時に呼気二酸化炭素濃度値が上がる場合と下がる場合があるため、呼気二酸化炭素濃度の絶対値を指標に低換気を検出することは難しいと考えている。
検査中に実際に低呼吸を認識した場合には、声をだしてその場にいる術者·助手·看護師とその情報を共有する。これによって不適当な鎮静薬の追加を防ぐことができる。無呼吸を認めたとき、まずは明らかな閉塞性無呼吸をきたしていないかを確認し、必要に応じて下顎挙上を実施する。該当しない場合には、吸入酸素流量を上げ呼吸再開を待つことが多いが、無呼吸が長いと判断された場合（通常20秒以内）には、名前を呼びながら体を揺り動かして覚醒を促すこともある。当科で呼気二酸化炭素濃度モニタリングを導入して以降、スタッフの間でも無呼吸を早期に認識できるという安心感が生まれ、鎮静薬を積極的に使用できるようになった。呼吸抑制が生じた際には上記のような対応を迅速に行うことで安全に検査が施行できている。呼気二酸化炭素濃度モニタリングを用いて、実際にどれだけの低酸素イベントが回避できているのかについては現在、当科で前向き試験を行っている最中である。当科では検査後、マイクロストリーム™ ガーディアンのマウスピースを外し、鼻カヌラのみをそのまま残して酸素投与を継続し、観察室や病棟に戻る流れをとっている。マイクロストリーム™ ガーディアンは従来気管支鏡検査で用いていた酸素投与用の鼻カヌラとマウスピースの役目を備えているので、同デバイスを内視鏡センターに導入する際も煩雑さや使用の抵抗感はなく、病棟の看護師からの理解を得るのも容易であった。

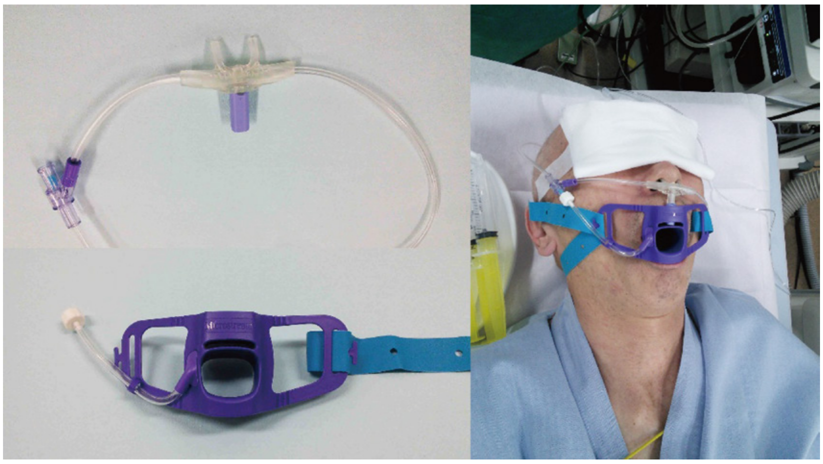

図３Ｂ　サンプリング部分：マイクロストリーム™ ガーディアン　実際の装着図

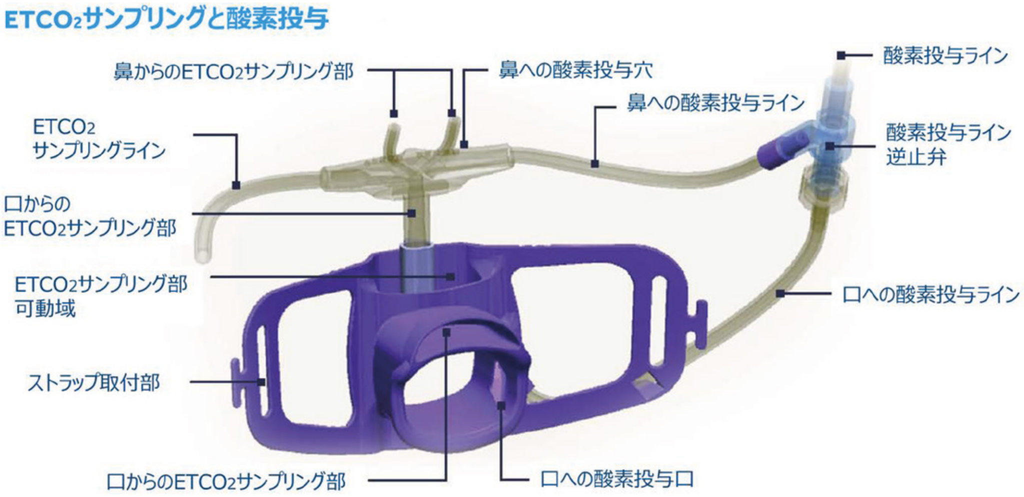

図３Ｃ　マイクロストリーム™ ガーディアンの構造
呼気を鼻·口両方から回収する

トラブルシューティング

最後に、呼気二酸化炭素濃度モニタリングにあたってのトラブルシューティングを示しておく。気管支鏡検査開始直後は咳嗽が多く生じ、この際ディスプレイ上の波形が乱れる。気管支鏡検査では気道に存在する喀痰などの分泌物を吸引しながら観察を行っていく必要があるが、持続的に吸引を行うと呼気二酸化炭素濃度波形が消失することが多い。呼気をスコープから吸引してしまうことでサンプルラインからの呼気二酸化炭素回収が阻害され、正しく測定されなくなるためである。ディスプレイ上の波形が消失した場合には、これが真の無呼吸を示しているかどうかの判断を行う必要がある。判断に迷う場合には基本に立ち返り、患者の胸郭の動きの観察や明らかな上気道の閉塞の有無を確認する。また稀ではあるが、無呼吸ではないのに波形が検出されなくなるイベントも経験する。その際は、マイクロストリーム™ ガーディアンの接続部をすべて外し（図4）、再接続すると解決することがほとんどである。
以上、使用にあたっては留意いただきたい。

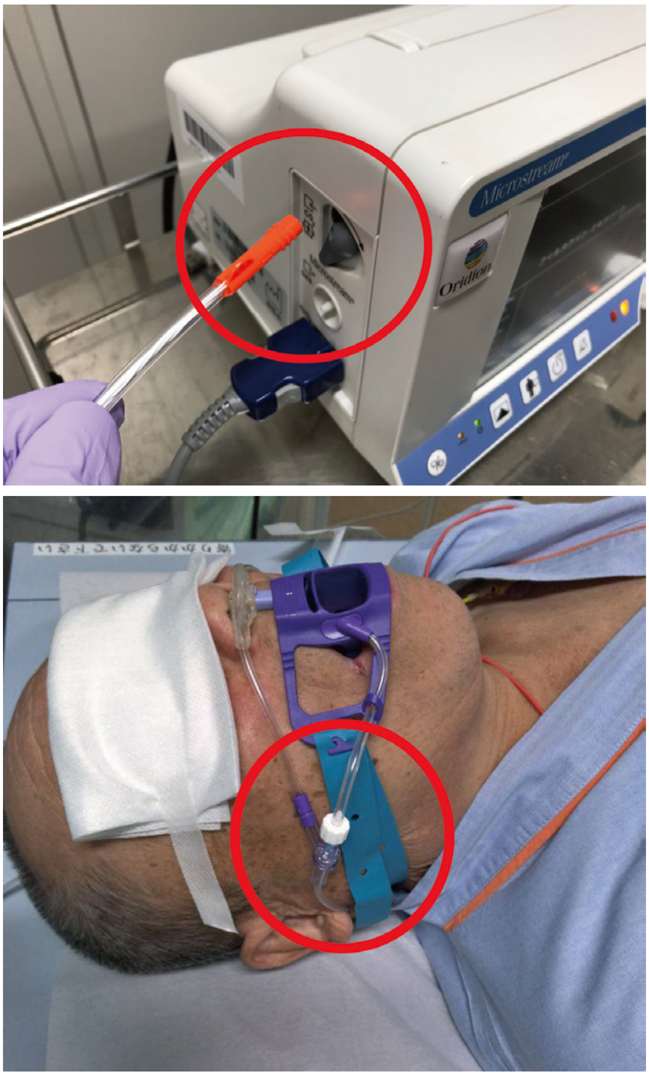

図4　トラブルシューティング
無呼吸ではないのに波形が検出されなくなった場合の対処法：
マイクロストリーム™ ガーディアンの接続部（赤丸）を一度すべて外し
再接続する

最後に

良質な鎮静が得られ、かつ呼吸抑制を生じさせないレベルで鎮静薬を調整できるのが理想ではあるが、個人差も多く現時点ではなかなか難しい。鎮静下気管支鏡検査中にいつでも呼吸抑制が生じうるという認識のもと鎮静薬を使用していく必要があり、その早期発見のためのツールとして呼気二酸化炭素濃度モニタリングは有用であると感じている。

参考文献

1) British Thoracic Society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults: accredited by NICE. Thorax. 2013;68 Suppl 1:i1-i44.
2) 手引き書ー呼吸器内視鏡診療を安全に行うためにー，第4版．日本呼吸器内視鏡学会．
http://www.jsre.org/medical/1712_tebiki.pdf
3) Asano F, Aoe M, Ohsaki Y, et al. Bronchoscopic practice in Japan: A survey by the Japan Society for Respiratory Endoscopy in 2010. Respirology. 2013;18:284-290.
4) Wahidi MM, Jain P, Jantz M, et al. American College of Chest Physicians consensus statement on the use of topical anesthesia, analgesia, and sedation during flexible bronchoscopy in adult patients. Chest. 2011;140:1342-1350
5) Ishiwata T, Tsushima K, Fujie M, et al. End-tidal capnographic monitoring to detect apnea episodes during flexible bronchoscopy under sedation. BMC Pulm Med. 2017;17(1):7.
6) Fu ES, Downs JB, Schweiger JW, et al. Supplemental oxygen impairs detection of hypoventilation by pulse oximetry. Chest. 2004;126(5):1552-8.
7) Keidan I, Gravenstein D, Berkenstadt H, et al. Supplemental oxygen compromises the use of pulse oximetry for detection of apnea and hypoventilation during sedation in simulated pediatric patients. Pediatrics. 2008;122(2):293-8.

原文記載のカプノストリーム™ 20Pは販売終了となっております。類似機器にカプノストリーム™ 35がございます。

（販売終了品）
販売名：カプノストリーム シリーズ
医療機器認証番号：220ADBZI00025000
選任製造販売元：コヴィディエンジャパン株式会社

（類似機器）
販売名：カプノストリーム35
医療機器認証番号：228AABZX00035Z00
製造販売元：コヴィディエンジャパン株式会社

原文記載のスマートカプノライン ガーディアンは販売終了いたしました。後継品にマイクロストリーム ガーディアンがございます。

（販売終了品）
販売名：スマートカプノライン ガーディアン
医療機器認証番号：225AABZX00052000
製造販売元：コヴィディエンジャパン株式会社

（後継品）
販売名：マイクロストリーム ガーディアン
医療機器認証番号：301ACBZX00014000
製造販売元：コヴィディエンジャパン株式会社

使用目的又は効果、警告・禁忌を含む使用上の注意等の情報につきましては製品の電子添文をご参照ください。

© 2018, 2022 Medtronic. Medtronic及びMedtronicロゴマークは、Medtronicの商標です。
TMを付記した商標は、Medtronic companyの商標です。

Medtronic

お問い合わせ先
コヴィディエンジャパン株式会社

Tel：0120-998-971
medtronic.co.jp

mt-prqu(27)2208
RMS_2022_1184-A