

ICU／CCUの 人工呼吸器の考え方, 使い方

大野博司

兵庫医科大学社会医学データサイエンス部門

京都医療センター救命救急科 非常勤

医誠会国際総合病院集中治療科 非常勤

龍ヶ崎済生会病院救急科 非常勤

株式会社 Vitaars 非常勤

はじめに

2018年に『人工呼吸管理ポケットガイド』を簡条書き形式で市中病院における人工呼吸器の実践的なシンプルガイドとして執筆しました。あれから7年の月日の中で、本書は「こうすれば最新のエビデンスに基づいた素晴らしい治療・呼吸ケアができる」ことを目標にして人工呼吸管理全般についての内容にするつもりで、執筆の機会をいただいております。おきながら広範囲にわたる内容であり遅々として筆が進みませんでした。

世の中にたくさんの呼吸ケア、人工呼吸器について素晴らしい本があります。しかし日々クリティカルケアの現場で人工呼吸管理を行うにあたり筆者が最も重視することとして、

- ① 患者ごとの時間経過での病態—いわゆるフェーズ(原因疾患が改善しているのか増悪しているのか)が呼吸ケアデバイス選択および人工呼吸器管理(自発呼吸の有無、モード選択など)を左右すること、
- ② 呼吸以外の全身管理—とくに超急性期・蘇生のフェーズでは循環管理と組織の酸素化こそ優先されるべきであり、組織の酸素化に不利となる呼吸ケア、人工呼吸器管理はむしろ有害となる可能性があること、

の2点があり、集中治療の臨床の視点から内容をまとめようと考えました。

そして2015年以降Hamilton Medical社(国内取り扱い日本光電)の人工呼吸器(Hamilton C1/C2/G5機種)に搭載のASVモードとの出会いにより日常的に行っている呼吸ケア、人工呼吸器管理が大きく様変わりしました。さらに2017年より重症急性呼吸促進症候群ARDSへの腹臥位療法の実践も大きなブレイクスルーとなりました(腹臥位療法の有効性はGuérinらが2013年に報告)。同時に呼吸ケアデバイスとして、① 酸素療法、② 高流量鼻カニューラ、③ 非侵襲的人工呼吸器、④ 挿管・人工呼吸器の4つが年々進歩しています。

2020年以来、新型コロナウイルス感染症COVID-19のパンデミックを経て国内では日本ECMOnetの啓蒙活動とともにVV-ECMOが普及し、一方で医療資源逼迫から欧米では覚醒下腹臥位療法やヘルメットNIVをはじめとする非侵襲的呼吸サポートが深化しました。

本書は実際の臨床現場で、解剖や呼吸生理の知識を踏まえ、呼吸ケアに用いられる4つのデバイスの原理を理解した上で、実際のクリティカルケアでの呼吸をどのような視点に注意するとよいのか、循環や組織の酸素化および病態の時間経過に応じて適切なタイミングで、可能な限り思考プロセスを重視して呼吸ケアのデバイスの選択・処方ができ、処方した設定が適切・効果的かどうか患者をアセスメントできることを目指しています。そして最後に従来のモードと比較し、多忙な市中病院ICUで重宝

するASV/INTELLiVENT ASVモードを理解して使いこなせるよう臨床現場での実践が伝われば幸いです。

はじめてクリティカルケアの現場で呼吸ケアに関わるレジデント、ICUナースの初心者にとっては導入として、そして日々関わっているベテラン医師、ナース、呼吸理学療法士のみなさんには確認として本書が役に立てばと思います。

筆者自身の日々の臨床現場でのプラクティスと、前任の洛和会音羽病院および現在非常勤としての京都医療センター、医誠会国際総合病院集中治療室をはじめ様々な病院のクリティカルケアでの重症患者ケアに24時間365日支え続ける多くの医師、ナース、コメディカルとのベッドサイドでのディスカッションを通じた人工呼吸器管理の実践が本書の根幹となっています。

臨床医としての25年間とクリティカルケアの現場に飛び込んだ約20年間の中で実践してきたこと、そして執筆中に考えたことを本文および一部脱線するもののコラムに書き綴ってみました。このささやかな本が今まで以上に日々のクリティカルケアでの診療に役に立ち、ひいては目の前の患者さんの予後になんらかのよい変化が起こることを祈って。

2025年2月

大野博司



ICU/CCUの呼吸ケア、人工呼吸管理を成功させる12のヒント

ヒント 1

- ICU/CCUの呼吸ケア・人工呼吸器管理では手指衛生と飛沫感染予防を必ず行い、必要に応じて接触感染予防策をする

- クリティカルケアでの呼吸ケア、人工呼吸器管理では、① デバイスを用いること、② 患者の口腔内・気道周囲からの分泌物の飛沫・接触による感染リスクが高い状況のため、患者および医療スタッフを守り、病院内感染伝播の予防には“手指衛生”および“飛沫感染予防策”が重要になります。
- 処置前後および患者周囲環境入退室時では常に手指衛生を行うことが最も大切であり、また多剤耐性菌を含む敗血症・敗血症性ショックの頻度も多いため必要に応じて接触感染予防策を行います。

ヒント 2

- とくに循環不全を伴う呼吸不全に対して、循環管理と組織の酸素化を優先させる

- 重症肺炎による敗血症性ショック、そして心臓外科開心術直後の人工呼吸器管理といった“循環不全を伴う呼吸不全”の呼吸ケアでは、呼吸パラメータ改善を優先させる(PaO_2 , PaCO_2 正常など)ために1回換気量, PEEP, 呼吸数を調整すると平均気道内圧が上昇し前負荷を下げするため、かえって循環が破綻する可能性があります。
- 呼吸・循環不全合併では、まずは人工呼吸器を“無難な”設定(F_1O_2 1.0, PEEP 5~10)で開始し、循環不全の改善を優先させます(しかし、右心不全の合併には注意が必要です)。
- つまり前負荷, 心収縮能・心拍数, 後負荷を適正化するとともに平均動脈圧MAPを維持し、組織の酸素化(酸素運搬量 $\dot{\text{D}}\text{O}_2 \uparrow$, 酸素消費量 $\dot{\text{V}}\text{O}_2 \downarrow$)を意識すべきです。
- その後、呼吸ケアデバイス・人工呼吸器設定を調整します。つまり循環管理を優先した上で呼吸管理の順番で介入することが大切です。



人工呼吸超入門： 人工呼吸器回路の仕組み、 どのように理解するか

- クリティカルケアでの人工呼吸器管理を成功させるためには、人工呼吸器回路の全体像を十分に把握する必要があります(図0-1)。

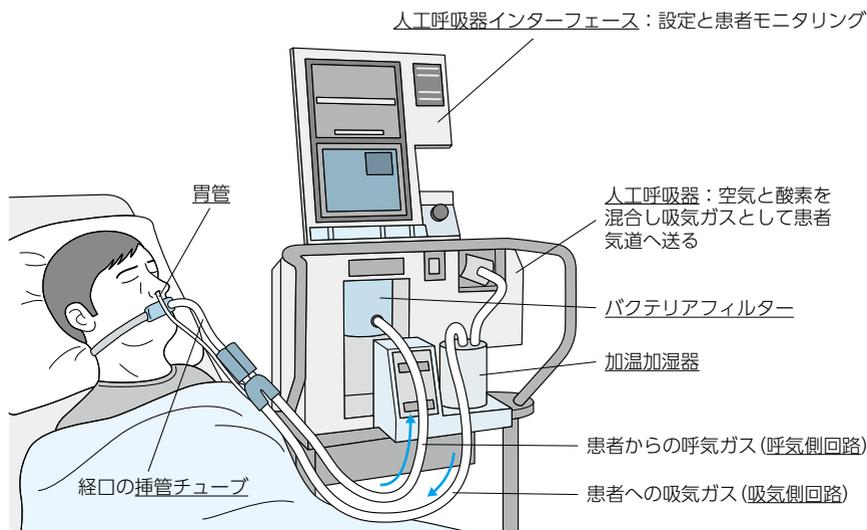


図0-1 実際の挿管・人工呼吸器管理

- 現在様々な種類の人工呼吸器が使用されており、外観は大きく異なります(図0-15参照)。しかし、人工呼吸器の仕組みは共通しています。
- 呼吸の主な役割は、酸素を大気から取り込み末梢組織に運搬し、二酸化炭素を末梢組織から肺を通して排出することです。
- 実際の呼吸生理をみていくと、

- ① 肺胞換気：大気と肺胞間での換気(O_2 取り込みと CO_2 排出)。
- ② ガス交換・拡散：肺胞と毛細血管でのガス交換(O_2 取り込みと CO_2 排出)。

人工呼吸器管理に必要な呼吸器の解剖・生理

Section

1

呼吸器系の解剖

① 呼吸器系の全体像

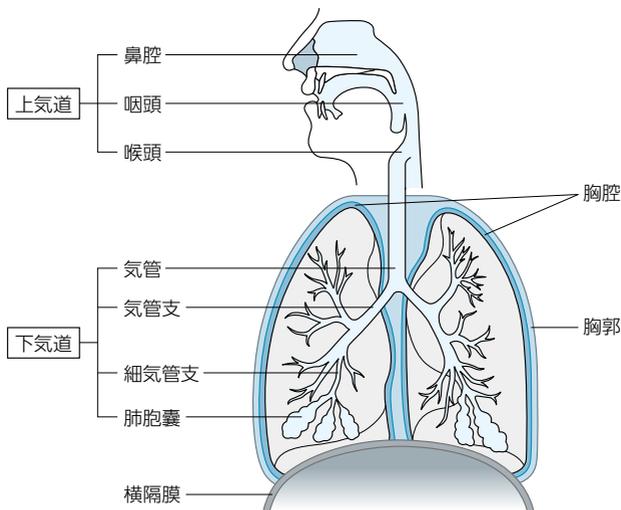


図3-1 呼吸器系の全体像

□ 人工呼吸器管理では肺・呼吸器系を単純に

- ① ガス通過と加温加湿に重要な上気道(鼻腔・口腔, 咽頭, 喉頭)
- ② ガス通過と換気・ガス交換に重要な下気道(気管, 気管支・肺胞)と胸郭・横隔膜

に分けて考えるとわかりやすくなります(図3-1)。

□ また下気道と胸郭・横隔膜については、

- 加温加湿されたガスの換気伝導路である気管、気管支→気道・粘性抵抗成分に関係
- ガス交換を行う肺胞→換気・弾性成分に関係
- 自発呼吸で換気に関わる胸郭・横隔膜→換気・弾性成分に関係

の3つのパーツに分けて考えます。

② 気道の生理的な機能

- 体内へのガス通過の入口としての役割と気道の重要な生理的な機能として、① 加温加湿、② 気道浄化(粉塵・微生物などの異物除去)の2つがあります。
- 加温加湿、気道浄化機能の75%が上気道で、残りの25%が下気道で行われます。
- これらの生理的機能が失われると、とくに下気道の気管支および肺胞での気道感染や、気管・肺など下気道の粘膜傷害を起こします。

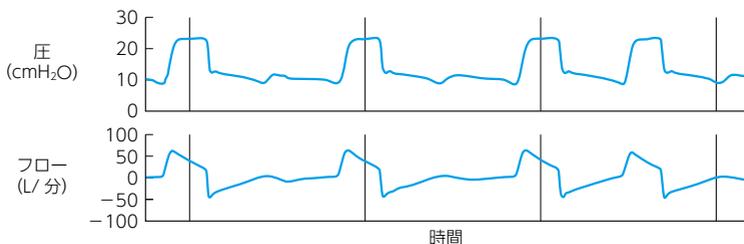
上気道の加温加湿作用

- 上気道は、大気との温度差に合わせ鼻腔、口腔内粘膜下の毛細血管の血流量を調整することで加温します。冷気を吸い込むと血流量が増加し加温され、暖気を吸い込むと血流量が低下し下気道への吸気温を調整します。
- 吸気時に鼻腔、口腔粘膜を通過した大気は、咽頭・喉頭で十分な加温加湿が行われます。上気道での水分蒸発量は200~300mL/日といわれています。
- 呼気時には肺胞・気管支からの加温加湿された呼気[37℃相対湿度100%(44mgH₂O/L)]が下気道より低温の上気道を通過する際に、結露・凝結水となり鼻腔、口腔粘膜が加湿されます。
- とくに37℃相対湿度100%(44mgH₂O/L)を等温等湿度境界(isothermic saturation boundary: ISB)といい、正常の鼻呼吸時には気管分岐部での温度、湿度がこのISBとなります(図3-2)。

ケース

Case 1

- 55歳男性。肺気腫/COPDの既往あり，呼吸不全でER受診。COPD急性増悪AECOPDの診断でステロイド点滴静注，気管支拡張薬吸入，抗菌薬投与および非侵襲的人工呼吸器NIV開始するもCO₂ナルコーシス進行し，挿管・人工呼吸器IMV管理となり速やかに自発呼吸が出現したため圧支持換気PSVモードとした。
- PSV-酸素濃度F_iO₂ 0.4，圧支持PS 16cmH₂O，PEEP 5cmH₂O，フローリガー 2L/分，Rise 0.2秒，呼気トリガー感度ETS 25%で次のような波形を示しウィーニングが進まない。



Case 2

- 45歳女性。溺水による急性呼吸促迫症候群ARDSで挿管・人工呼吸器管理中。
- 深鎮静に筋弛緩薬を適宜使用した肺保護換気LPVで低1回換気，高PEEPで10日間管理し，F_iO₂ 0.4，PEEP 10。
- 胸部X線では改善傾向だが両肺野浸潤影残存あり，人工呼吸器離脱に向け浅鎮静とし圧補助調節換気PACV→PSVモードへと変更したが低酸素血症進行し，再度浅鎮静でのPACVモードに戻すも呼吸努力が強く次のような波形を示した。

