九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

The Effect of Leakage on Inhaled Oxygen Concentration in Combined Ventilator and Oxygen Therapy During Exacerbations of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Comparative Study Using the State-of-the-Art VOCSN, Hamilton-C1, and VELA.

井福, 武志

https://hdl.handle.net/2324/7363710

出版情報：Kyushu University, 2024, 博士（学術），課程博士
バージョン：
権利関係：Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (2)

KYUSHU UNIVERSITY

（様式３）

氏　　名　：井福　武志

論 文 名　：The Effect of Leakage on Inhaled Oxygen Concentration in Combined Ventilator and Oxygen Therapy During Exacerbations of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Comparative Study Using the State-of-the-Art VOCSN, Hamilton-C1, and VELA.
（慢性閉塞性肺疾患の増悪期における人工呼吸器と酸素療法の併用における吸入酸素濃度へのリークの影響：最新のVOCSN、Hamilton-C1、VELAを用いた比較研究）

区　　分　：甲

論　文　内　容　の　要　旨

[序論] 本邦における慢性閉塞性肺疾患（COPD：Chronic Obstructive Pulmonary Disease）の患者数は約530万人、世界には２億５千万人以上が罹患している。近年、医療機関から在宅医療へのシフトが進み、肺における酸素化能が低下したために在宅酸素療法（HOT：home oxygen therapy）を行なっている患者の約45%がCOPDである。症状が進行すると呼吸する筋力自体も弱くなり、酸素不足と二酸化炭素の貯留が進行する。そのため重症な患者においては、HOTだけでなく在宅人工呼吸器（HMV: home mechanical ventilation）の併用療法が行われているが、医療機関内の酸素療法とは異なり、まだまだ課題は多い。特に、HMVにおける非侵襲的陽圧換気療法（NPPV：noninvasive positive pressure ventilation）は有用性を示しているが、マスクからのリークやHMVの性能により肺胞に供給される吸入酸素濃度（FiO2：Fraction of Inspired Oxygen）が低下してしまうことがある。2020年にはコロナ禍を背景に、酸素濃縮器を搭載した世界初の人工呼吸器「VOCSN」(Ventec Life Systems.Inc USA）が登場した。この機種は人工呼吸器、酸素濃縮器、排痰補助装置、吸引器及びネブライザなど5つの機能を備え、1台で呼吸ケアシステムを補うことができるが、マスクからのリークがFiO2に与える影響については未だ十分検討されていない。

本研究では、このVOCSNと先行研究で使用したHamilton-C1(HAMILTON MEDICAL AG SWISS)およびVELA（Vyaire Medical USA）を用いて、在宅COPD患者を想定した模擬モデル肺を使用し、各機種において、模擬マスクからのリーク量がFiO_2に与える影響を比較調査した。

[方法] COPD患者を模擬したモデルとして、TTLモデル肺（Michigan Instruments USA）を使用し、左右の肺の間にリフトバーを取り付け、左肺に強制換気をさせることで、右肺に吸気努力を感知させ自発呼吸を作り出した。NPPVを模擬するため酸素供給口とリーク口を備えたアダプターを作成し、人工呼吸器の吸気側回路とYピースの間に取り付け、これを通してモデル肺に酸素を供給しリークを発生させた。NPPVでは5 L/minから10 L/minの空気漏れが発生することが実際の臨床現場で報告されており、リーク量を0、5、10L/minに設定し、フローアナライザーPF-300（IMT Analytics, Switzer-land)を用いて常時測定した。また、人工呼吸器は、3つの異なるモデル①VOCSN、②Hamilton-C1、③VELAを用いた。VOCSNには2つの専用回路（VOCSN-AとVOCSN-P）があり、測定は両回路とも同じ条件で行った。各HMV装置の設定は、先行研究に基づき呼吸数12回/分、吸気時間

1.2 秒、一回換気量 500ml、陽性呼気終末圧（PEEP）5cmH_2O、Leak Compensation ON とし、統計誤差を最小にするため、5 分間の測定を 10 回行った。

[統計手法]データの正規分布を評価するために Shapiro-Wilk 検定を行った。2 群間の比較は Student の t-test（ウェルチ法）を、群間および全変数の多重比較は Holm 法により行った。統計解析は R 統計ソフト（バージョン 3.5.0、The R Foundation for Statistical Computing、ウィーン、オーストリア）を用いて実施した。群間の差は $p<0.05$ を統計的に有意とした。

[結果] 各人工呼吸器のリーク量別解析では、リーク量 0、5、10L/min の全てにおいて Hamilton-C1 が、52.4％、46.7％、45.5％と他の機種に比し高い FiO_2 値を示したが、統計的に有意差は認めなかった。人工呼吸器別の比較では、Hamilton-C1 46.7％、VELA 42.3％は、VOCSN-A 33.8％、VOCSN-P 33.2％と比較し、有意に高い FiO_2 値を示した（P＜0.05）。しかし、Hamilton-C1 と VELA 間、また、VOCSN-A と VOCSN-P 間に有意差は認めなかった。

[結論] 本研究では、これまでの先行研究を参考に HOT と NPPV を併用した場合に、マスクからのリークが FiO2 値に及ぼす影響を評価した。在宅医療では酸素濃縮器や液体酸素システムが一般的に使用されているが、HMV のリーク補正が HOT で供給された O2 を希釈し、FiO_2 低下を招くことが示唆されている。本研究の結果、Hamilton-C1 はリークを 2 L/min に制御し、高い FiO_2 を維持できることが判明した。一方、VELA は過剰なリーク補正により FiO_2 が低下する傾向が認められた。VOCSN モデルはコンパクトで多機能であるが、FiO2 の維持には課題が残る。今後は人体や動物モデルを用いた研究を進め、在宅酸素療法における人工呼吸器の性能向上を目指す必要がある。