

●短 報●

High Flow Nasal Cannula 治療における鼻カニュラ先端径が治療に及ぼす影響
—TTL モデル肺・CAD・3D プリンタを使用した実験—

瀧本達矩¹⁾・高村清広¹⁾・上村秀彦¹⁾・石守哲也¹⁾
高橋一久¹⁾・内田貴之²⁾・原山信也²⁾・蒲地正幸²⁾

キーワード : high flow nasal cannula, nasal high flow system

I. はじめに

High flow nasal cannula (HFNC) は専用鼻カニュラ・ブレンダ・加温加湿器・回路を用いて鼻腔から高流量の混合ガスを投与できるため、軽度の PEEP 様効果¹⁾ や上気道 CO₂ ウォッシュアウト効果²⁾、さらには noninvasive intermittent ventilation (NIV) の必要性を減少させる効果³⁾ が期待されている。鼻カニュラのプロング径 (内径・外径)・形状にはさまざまなデバイスがあり、Sivieri らは鼻腔とカニュラの閉塞度が気道内圧に与える影響について⁴⁾ 報告している。

我々は、カニュラ先端径 (内径・外径) の違いが治療効果に影響を与えるのではないかと考え Computer-Aided Design (CAD)・3D プリンタにて作成した鼻カニュラを用いて、PEEP 様効果と CO₂ ウォッシュアウト効果を測定し治療効果を比較検証した。

II. 方 法

TTL モデル肺TM (Michigan Instrument、米国) の両肺を連結し、片肺側にフローアナライザ PF-300TM (IMT Analytics、スイス) と模擬鼻腔回路 (内径 : 10 mm、長さ : 14cm の正円型のストレート蛇管 2 本・Y 字管)、模擬気管回路 (L 字管 (内径 : 15mm、長さ : 20cm)・EtCO₂ アダプタにて作成) (Fig. 1-C) を装着し、もう片肺側には TTL モデル肺を駆動させるための人工

呼吸器 VELATM (Vyaire、米国) を装着、一回換気量 500mL、呼吸回数 10 回 / 分になるよう人工呼吸器を設定 (モード : P-A/C、吸気圧 : 7cmH₂O、吸気時間 1.3 秒、呼吸回数 10 回 / 分、PEEP : 3cmH₂O、I : E = 1 : 3.6) し、閉口状態の健常模擬患者モデル (鼻孔部 10mm) を作成した。CAD・3D プリンタにて作成した 3 種類の形状の異なる各種カニュラ (A : 内径 6mm 外径 7mm 模擬鼻腔閉塞度 (Nares Occlusion : 70% area)・B : 内径 3 mm 外径 7mm 模擬鼻腔閉塞度 (Nares Occlusion : 70% area)・C : 内径 3mm 外径 4mm 模擬鼻腔閉塞度 (Nares Occlusion : 40% area)) (Fig. 1-A)、空気-酸素ブレンダ (サンユーテクノロジー、日本)、加温加湿器 MR850 (Fisher & Paykel HEALTHCARE、ニュージーランド)、呼吸回路 RT202 (Fisher & Paykel HEALTHCARE、ニュージーランド) を使用した。酸素濃度は 21%、設定流量は 10 ~ 60L / 分まで 10L / 分刻みに増加させ、鼻カニュラ先端から 10mm を鼻孔中央に挿入固定し HFNC 治療を施行した。その際に、HFNC 治療のフロー増加に伴う呼気抵抗の増加から PEEP 様効果の指標となる呼気終末回路内圧の上昇、機能的残気量の増加を予測し、呼気終末回路内圧と呼気一回換気量をフローアナライザ PF300 と PC 解析ソフト Flow Lab にて測定した (n=10) (Fig. 1)。さらに、CO₂ ウォッシュアウト効果を検証するため CO₂ ボンベから微量流量計を介して TTL モデル肺内部へ CO₂ を添加し、模擬気管回路に装着した EtCO₂ モニタ OLG-2800TM (日本光電工業、日本) にてモニタ値が 40mmHg 前後になるよう微量流量計を調節し、HFNC の設定流量変更後、2 分間 EtCO₂

1) 産業医科大学病院 臨床工学部

2) 同 集中治療部

[受付日 : 2018 年 7 月 23 日 採択日 : 2019 年 1 月 24 日]

値を安定させ EtCO₂ モニタにて測定した (Fig. 1-B)。得られたデータは統計ソフト EZR を用いて、各カニュラでの治療前後の比較には Wilcoxon 符号付順位和検定、カニュラ A、B、C 間の比較には Friedman 検定、Bonferroni の多重比較検定を行った。

Ⅲ. 結 果

呼気一回換気量は、Flow 増加に伴い全てのカニュラ

にて設定流量 10L/分から有意に低下した。また、カニュラ A、B、C 間の比較ではカニュラ B は 30L/分から A、C に比べ有意に低下した (Fig. 2-A)。呼気終末回路内圧は全てのカニュラにて 10L/分から有意に上昇し、B>C>A の順に高い結果となった。また、A、B、C 間の比較では 20L/分から B は A、C に比べ有意に上昇した (Fig. 2-B)。EtCO₂ 値は HFNC 装着前に比べカニュラ A は 20L/分を除いて有意に上昇し、カニュ

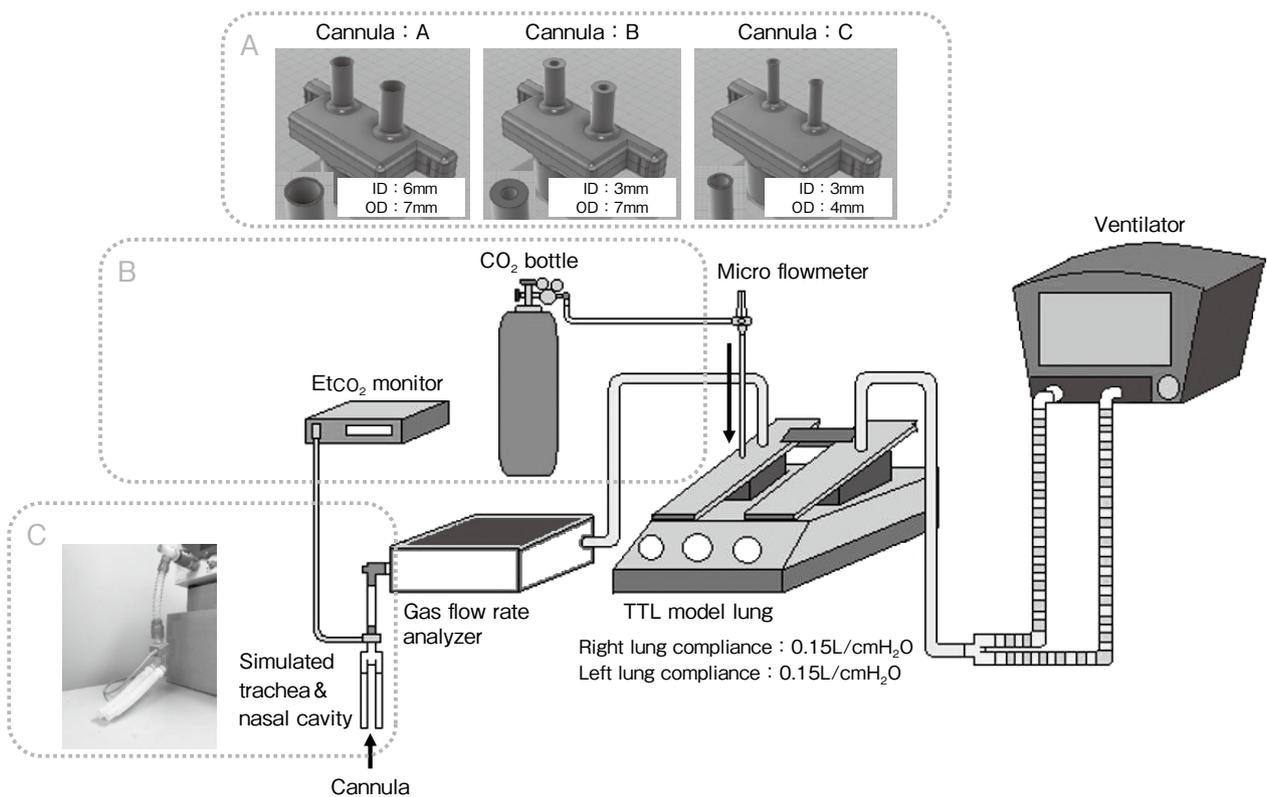


Fig. 1 Cannula used this time and experiment equipment

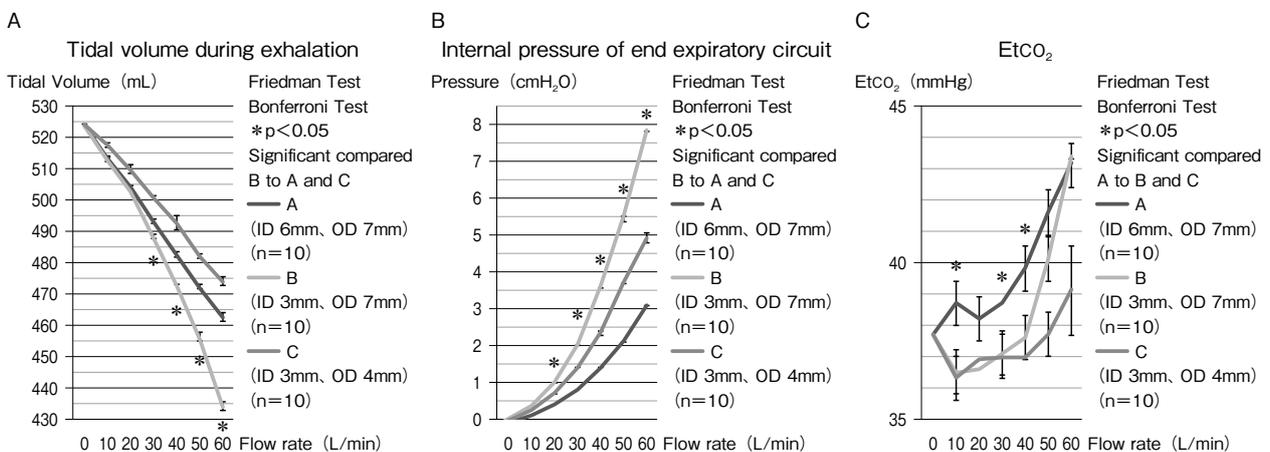


Fig. 2 Effect of each cannula on tidal volume, expiratory terminal circuit pressure, EtCO₂

ラ B は 40L/分 から、カニ ュラ C は 50L/分 から有意に上昇した。また、カニ ュラ A、B、C 間の比較では、カニ ュラ A は 10、30、40L/分 にて B、C に比 べ有意に上昇、B、C 間では 10L/分 から 50L/分 まで有意差なしという結果となった。(Fig.2-C)。

IV. 考 察

我々は Sivieri ら⁴⁾ 同様、閉口状態において鼻孔閉塞度が高くなる程、呼気抵抗となり、PEEP 様効果に優れるのではないかと予想した。しかし、Fig.2-B に示したように呼気終末回路内圧の上昇は、鼻孔閉塞度だけでなく、カニ ュラ内径の細さが PEEP 様効果に大きく影響していると考えられた。これは、カニ ュラ内径が細くなることでカニ ュラ先端からの流速が上昇し、単位面積あたりの圧力が増加することからさらに呼気抵抗が増すためと思われる。

CO₂ ウォッシュアウト効果について、カニ ュラ間の比較では、内径が細い程、カニ ュラ先端からの流速が上昇するため、高いウォッシュアウト効果も得られることが示唆された。また、カニ ュラ A は内径が太くカニ ュラ先端からの流速が低いこと、鼻孔閉塞度が高いため呼気抵抗が増加することの双方が重なった結果、B、C に比 べ EtCO₂ 値が優位に上昇したと思われた (Fig.2-C)。一般に、HFNC 治療などのジェット流が存在する場合は気道内に乱流が発生するため CO₂ を測定することは困難である。我々が実験で使用した模擬鼻腔、気管が実際の生体のような複雑な形状ではないことから、乱流の影響を受けずに CO₂ の測定が可能であったと考えられた。一方、本実験は生体の形状や生理学的な換気ドライブなどの生体反応を正確に再現できていないため、その解釈には限界がある。今後、さらなる追究のため臨床実験の必要性が考えられた。

V. 結 語

PEEP 様効果は閉口状態において鼻孔閉塞度だけでなく、カニ ュラ内径の細さにも依存した。また、CO₂ ウォッシュアウト効果もカニ ュラ内径の細さに依存した。

COI に関して、著者の蒲地正幸は奨励寄付金として、ファイザー株式会社より 1,000,000 円、日本血液製剤機構より 1,000,000 円、バイエル薬品株式会社より 1,000,000 円、その他報酬として、フクダ電子西部北販売株式会社より 222,740 円、旭化成ファーマ株式会社より 445,480 円、ファイザー株式会社より 114,552 円、コヴィディエンジャパン株式会社より 111,370 円、日本光電工業株式会社より 110,440 円の報酬がある。その他の著者には規定された COI はない。

本稿の一部は、日本集中治療医学会第 2 回九州支部学術集会 (2018 年 7 月、佐賀) において発表した。

参 考 文 献

- 1) Parke R, McGuinness S, Eccleston M : Nasal high-flow therapy delivers low level positive airway pressure. *Br J Anaesth.* 2009 ; 103 : 886-90.
- 2) Kernick J, Magarey J : What is the evidence for the use of high flow nasal cannula oxygen in adult patients admitted to critical care units? A systematic review. *Aust Crit Care.* 2010 ; 23 : 53-70.
- 3) Parke RL, McGuinness SP, Eccleston ML : A preliminary randomized controlled trial to assess effectiveness of nasal high-flow oxygen in intensive care patients. *Respir Care.* 2011 ; 56 : 265-70.
- 4) Sivieri EM, Gerdes JS, Abbasi S : Effect of HFNC flow rate, cannula size, and nares diameter on generated airway pressures : an in vitro study. *Pediatr Pulmonol.* 2013 ; 48 : 506-14.