

特集

高流量療法／ハイフローセラピー

急性・慢性呼吸不全に対する経鼻高流量療法の適応と効果

本庄郁子・山下智範・内山昭則・藤野裕士

キーワード：ネーザルハイフローセラピー，NPPV，PEEP，呼吸仕事量

I. はじめに

経鼻高流量療法 (nasal high flow therapy : NHFT) は非侵襲的陽圧換気 (noninvasive positive pressure ventilation : NPPV) のように、気管挿管や気管切開のような侵襲的陽圧換気法を用いない呼吸法として少しずつ普及し始めている。NHFT の効果としては、鼻腔・咽頭に高流量ガス (30 ~ 60L/min) を流すことで、①死腔を減らし、肺胞換気量を増やす効果、②吸気抵抗を低下させ呼吸仕事量 (work of breathing : WOB) を減らす効果、③ PEEP 効果があるとされている^{1,2,3)}。NHFT では口を閉じた状態で 60L/min を流した場合、健康人で 7.4cmH₂O の PEEP が測定されている。NHFT による PEEP 効果はガス流量や上気道の形状、カニュラのサイズやフィット感、口呼吸の有無により変動するため、実臨床での NHFT による PEEP 効果に対して疑問を持つ研究者もいる^{2,4)}。心臓外科の患者で術後 NHFT を適用し、インピーダンス断層法を用いて肺容量を測定した研究では、呼気終末の肺容量の増加を認めた⁵⁾。この報告での呼気終末肺容量増加は NHFT により発生した PEEP によるものかもしれない。NHFT では加湿・加温が従来の酸素療法とは異なる。通常の酸素療法では乾燥したガスが患者に流されるため、気道線毛系が障害され線毛の動きが低下してしまい外部からの異物などへの防御反応が抑制されるが、NHFT では加湿・加温を行っているため、気道線毛系が維持

され、呼吸器系を保護する作用があるとされる⁶⁾。また吸入酸素濃度の精度を向上させることができるのも NHFT の特徴である^{1,7)}。以上のように NHFT には NPPV と同等の効果を発揮する可能性が指摘されている。

しかし NHFT が WOB を減らす効果があるのか、発生する PEEP が臨床的に効果があるのかについては十分に検討されていない。

II. NHFT と NPPV が WOB に及ぼす影響の比較検討

我々は NHFT に WOB の減少や PEEP 効果があるのかを検討するため、自発呼吸のシミュレーションが可能なモデル肺を用い、NHFT と NPPV の WOB 軽減効果について比較検討した。

Twin bellows モデル肺を気道トレーナ (レールダ、ノルウェー) の気管部に接続し、吸気流速 (v)、気管内圧 (Paw)、胸腔内圧 (Ppl) を測定し、その波形データを AD 変換してパソコンに保存解析をした (図 1・2)。方法としてモデル肺の自発呼吸努力を調整し、一回換気量 (tidal volume : V_T) を 400mL とし、換気補助なし群 (control)、開口下の 60L/min の NHFT 群 (NHFT1)、閉口下の 60L/min の NHFT 群 (NHFT2)、閉口下鼻カニュラを密着させた NHFT 群 (NHFT3)、顔マスク CPAP (continuous positive airway pressure : 持続気道陽圧) 5cmH₂O 群 (CPAP)、顔マスク CPAP 5cmH₂O + PSV (pressure support ventilation : プレッシャーサポート換気) 5cmH₂O 群 (NPPV) の 6 つの条

大阪大学大学院医学系研究科 生体統制医学講座 麻酔集中治療医学教室

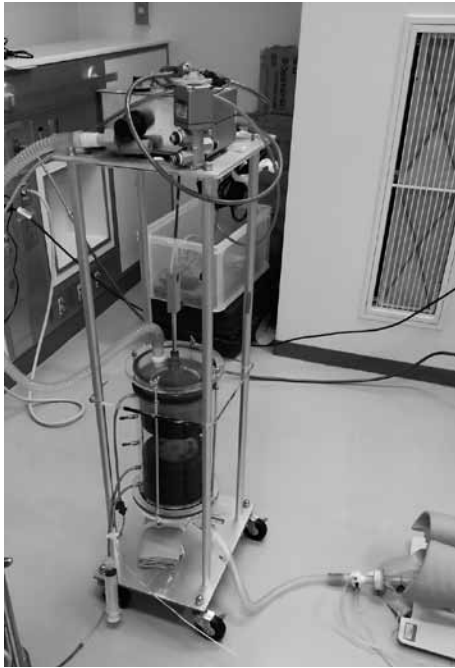


図1 計測に用いた twin-bellows 型モデル肺

件で比較した。 V_T (気管の流量波形の積分値)、PEEP (呼気終末の気管内圧 (Ptr))、吸気相の胸腔内圧の時間積分値 (pressure-time products : PTP) の3項目を連続5呼吸の平均値を用いて比較した。その結果、control群と比較するとNHFT1群とNHFT2群は V_T 、PEEP、Pplともに変化なく、開口時および閉口時のみではNHFTにPEEP効果が全くないのがわかる。NHFT3群ではcontrol群やNHFT1群、NHFT2群と比較すると、閉口してカニュラを密着させればPEEP効果が認められたが、Pplの上昇と V_T の減少が起これ、WOBの軽減効果は認められなかった。これに対してCPAP群やNPPV群ではcontrol群と比較して明らかにPEEP効果が見られ、Pplの低下と V_T の上昇を認めた(図3・4)。以上からNHFTは口を閉じて鼻カニュラを密着させない限り明らかなPEEPは生じず、CPAPやNPPVほどの効果はない。またNHFTには開口や閉口の条件に関係なくWOBの軽減効果がないことが示された。

Ⅲ. 考 察

他施設で早期産児の呼吸不全に対して72時間以内の治療失敗・再挿管率・有害事象をNHFTとCPAPとで比較検討したところ、NHFTのほうが有意に治療に失敗しているが、再挿管率や有害事象に関しては差がな



図2 気道トレーナー (レールダル)

かった⁸⁾。その原因に関しては、28週以降の早産児で症例検討しているため、肺サーファクタントが不十分であった可能性があるとしている。またNHFTでの治療が失敗した場合、レスキューとしてCPAPを用いている。CPAPを用いることで再挿管を未然に防ぐことができ、その結果、再挿管率には差が出なかった可能性が考えられる。一方で、28週未満の早産児において抜管後NHFTとNPPVとで7日間以内の治療失敗を比較検討した文献では、NHFTはCPAPと比べて呼吸補助という点で非劣勢であり、鼻腔の損傷はNHFTで少なかったがそれ以外の有害事象はNHFTとCPAPとで差を認めなかった⁹⁾。ただしこの文献でもNHFTでの治療が失敗した場合にはレスキューとしてCPAPを使用しており、純粋にNHFTとCPAPとの比較になっていない点が問題点としてある。再挿管のリスクが低い人工呼吸管理されている患者で、再挿管を予防するのに、通常の酸素療法とNHFTとを比較したところ、72時間以内の再挿管率と抜管後呼吸不全の点でNHFTが有利であった¹⁰⁾。また、ハイリスク患者において、再挿管および抜管後の呼吸不全がNHFTとNPPVとで差があるかどうかを調べた研究では、NHFTとNPPVとでは再挿管率に差はなく、再挿管に至るまでの時間の中央値にも差を認めなかった¹¹⁾。

ICU滞在時間の中央値がNHFTの方が低く、また治療の耐性を要する副作用はNPPVでは認めしたが、NHFTでは認めなかった。その他の要因ではNHFTとNPPVとで有意差はなかった。

過去の報告では、ほとんどの文献で再挿管率や有害事象など臨床所見でのデータからNHFTとNPPVとで有意差がないとしている^{7,11)}。しかし実際に V_T やPpl、

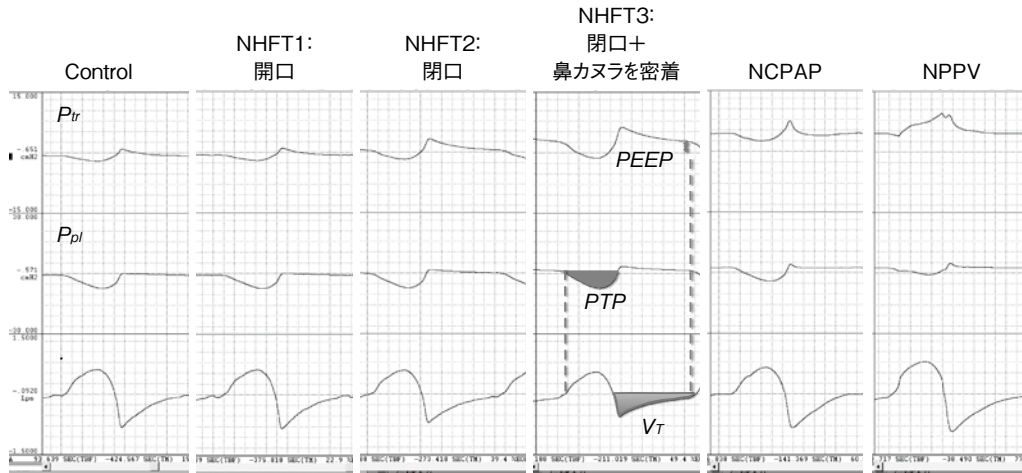


図3 control 群、NHFT1 群、NHFT2 群、NHFT3 群、CPAP 群、NPPV 群における PEEP、 V_T 、吸気相の Ppl の時間積分値の比較の波形

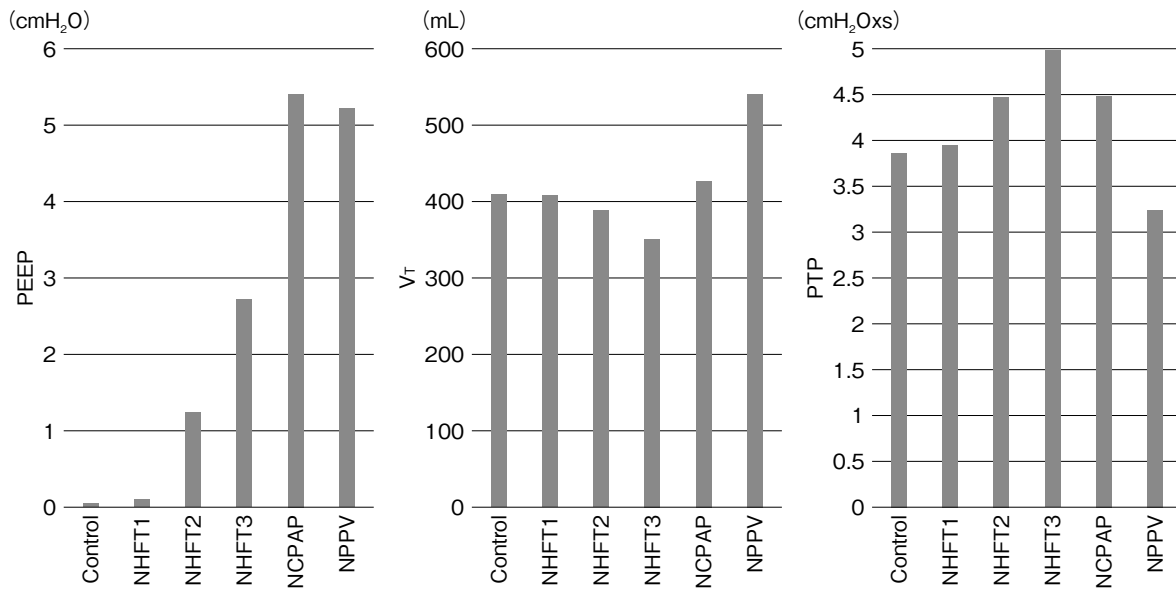


図4 PEEP、 V_T 、吸気相の Ppl の時間積分値の比較

PEEP を測定して NHFT に WOB の軽減や PEEP 効果を認めたわけではない。心臓血管外科術後患者で通常の酸素療法と NHFT を比較したところ、NHFT を使用したことで呼気終末肺容量およびインピーダンスが増加し、呼吸回数の減少を認めたという報告がある⁵⁾。この文献では通常の酸素療法と NHFT との比較であり、NHFT と NPPV との比較でない点に注意が必要である。また呼気終末肺のインピーダンスの増加は BMI (body mass index) にかなり左右されるところもあるため、死腔の洗い出し効果による可能性も否定できない。そういう点では、今回当施設での実験は実際に V_T や Ppl、

PEEP を測定し、その結果 NHFT には WOB の軽減や PEEP 効果はないことを示したと思われる。

本検討はテスト肺を用いたものであり、実際の患者とは当然ながら異なっている。特に呼吸中枢によるフィードバックがないという点で同じ状況での WOB は患者では異なる可能性は否定できない。しかしテスト肺では患者のような個人差による結果のバラツキがないことや患者では困難な計測も可能となる利点があり、今回の検討結果は NHFT の臨床的意味づけを検討するうえで参考になるものだと考える。

Ⅳ. ま と め

NHFTは、文献上では低リスク患者でも高リスク患者でもNPPVにほぼ劣らず再挿管率や抜管後の呼吸不全、有害事象、死亡率において差を認めていない。今回の当施設での検討の結果、NHFTにはWOBの軽減やPEEP増加の効果を認めなかった。その結果を踏まえると、挿管管理まで至らないが確実に陽圧管理が必要な状況では、NPPVのほうがNHFTよりも優れていると考えられる。ただし、患者がNPPVや挿管管理を拒否する時や、NPPVの使用が困難である時にはNHFTを検討してもいいかもしれない。またNPPVから離脱できたが、通常の酸素療法に変更すると低酸素血症になる可能性が疑わしい場合には、酸素療法の前にNHFTを考慮してもいいかもしれない。

本稿の全ての著者には規定されたCOIはない。

参考文献

- 1) Parke RL, Eccleston ML, McGuinness SP : The effects of flow on airway pressure during nasal high-flow oxygen therapy. *Respir Care*. 2011 ; 56 : 1151-5.
- 2) Groves N, Tobin A : High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adults volunteers. *Aust Crit Care*. 2007 ; 20 : 126-31.
- 3) Ritchie JE, Williams AB, Gerard C, et al : Evaluation of a humidified high-flow nasal oxygen delivery system using oxygraphy, capnography and measurement of upper airway pressures. *Anaesth Intensive Care*. 2011 ; 39 : 1103-10.
- 4) Del Sorbo L, Ferguson ND : High-flow nasal cannulae or noninvasive ventilation for management of postoperative respiratory failure. *JAMA*. 2015 ; 313 : 2325-6.
- 5) Corley A, Caruana LR, Barnett AG, et al : Oxygen delivery through high-flow nasal cannulae increase end-expiratory lung volume and reduce respiratory rate in post-cardiac surgical patients. *Br J Anaesth*. 2011 ; 107 : 998-1004.
- 6) Kilgour E, Rankin N, Ryan S, et al : Mucociliary function deteriorates in the clinical range of inspired air temperature and humidity. *Intensive Care Med*. 2004 ; 30 : 1491-4.
- 7) Frat JP, Thille AW, Mercat A, et al : High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *N Engl J Med*. 2015 ; 372 : 2185-96.
- 8) Roberts CT, Owen LS, Manley BJ, et al : Nasal high-flow therapy for primary respiratory support in preterm infants. *N Engl J Med*. 2016 ; 375 : 1142-51.
- 9) Manley BJ, Owen LS, Doyle LW, et al : High-flow nasal cannulae in very preterm infants after extubation. *N Engl J Med*. 2013 ; 369 : 1425-33.
- 10) Hernández G, Vaquero C, González P, et al : Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on reintubation in low-risk patients : a randomized clinical trial. *JAMA*. 2016 ; 315 : 1354-61.
- 11) Stéphan F, Barrucand B, Petit P, et al : High-flow nasal oxygen vs noninvasive positive airway pressure in hypoxemic patients after cardiothoracic surgery : a randomized clinical trial. *JAMA*. 2015 ; 313 : 2331-9.