私の工夫—院内既存備品を利用した ネーザルハイフローシステム—

土井 照雄¹, 阪越 信雄²

重症呼吸不全に対するネーザルハイフロー (Nasal High-flow: NHF) は、その安全性と有効性から近年特に注目されている呼吸療法である。著者らの施設においても心臓外科術後の呼吸不全に対する NHF 導入の要望が強かったが、システムそのものが高価であるため新規購入は難しい状況であった。そこで著者らは、既存の院内備品を組み合わせた独自の簡易型 NHF システムの構築を試みた。実際の構築に際しては、①院内既存備品の有効利用、②高流量酸素の正確な流量測定、③回路間の確実な接続、などに工夫を要した。作製した NHF システムは準備・搬送・運用が容易であり、実際の臨床において有用であった。

KEY WORDS: Nasal High-flow, oxygen therapy, hypoxemia

I. はじめに

酸素療法が必要な患者に対して、従来は鼻カニューレやフェイスマスクによる酸素投与、非侵襲的二相性陽圧呼吸療法 (noninvasive positive pressure ventilation: NPPV)、気管挿管による人工呼吸などが行われてきた。しかしこれらには、酸素投与が不確実であること・高度不快感による適応制約・気道損傷や人工呼吸関連肺炎発生、などの問題がある^{1, 2)}。一方、重症呼吸不全に対するネーザルハイフロー (Nasal High-flow: NHF) システムが、安全性・有効性の観点から近年特に注目されている³⁾。当院では心臓血管外科術後の呼吸不全に対する NHF 導入の要望が強かったが、高額なシステム価格が障害となり病院上層部からの許可が下りない状況が続いていた。そこで著者らは、院内既存備品を用いた安価かつ有用な当施設独自の「簡易型 NHF」の構築を試みた。

II. NHF の概要と構造

鼻カニューレやフェイスマスクから数 l/分の酸素を投与する従来の方法と異なり、NHF では 30~60 l/分の高流量酸素を専用の鼻カヌーラから供給する。上気道は常に投与ガスで満たされ、患者は自身の換気量にかかわらず、設定された酸素濃度のガスを確実に吸入することができる^{4, 5)}。また高流量ガスによって PEEP 作用が生じるとも言われている⁶⁾。これらの効果によって低酸素血症が改善するため、NHF は鼻カニューレ・フェイスマスクによる従

来の酸素療法と NPPV・気管挿管による人工呼吸との中間に位置する新たな呼吸療法としてその地位を確保しつつある。

NHF システムは主に「酸素供給器・加温加湿器・接続回路・鼻カニューレ」で構成される。中央配管から最大で約 60 l/分の酸素を供給できる器具が必要で、これが高流量を提供する駆動源として重要な構成備品である。鼻カニューレはガス噴出口が大きいことが重要で、高流量ガスによる鼻腔粘膜刺激を軽減させる工夫がなされている。

III. 当院での NHF システム構築と私の工夫

1. 院内既存備品の有効利用

酸素供給器には保育器付属の IMI 社製「BIRD Oxygen-Air blender」(Fig. 1)、加温加湿器は F&P 社製「MR850GJU」を用いた。患者が直接装着する鼻カニューレは F&P 社製「Optiflow™」を購入することにした。

2. 高流量酸素の正確な流量測定

NHF では約 60 l/分の高流量酸素が必要となる場合がある。上記の酸素供給器「BIRD Oxygen-Air blender」の流量目盛りは 15 l/分まで表示されている (Fig. 1) が、実際にはこの器具は恒圧式のため、60 l/分程度の酸素を供給可能であることを著者らは知っていた。従ってこれを用いて 30~60 l/分の酸素を供給することにしたが、15 l/分以上の (= 目盛りを越えた) 酸素を供給する際には、実際にどれだけのガスが流れているかを確認する必要がある。この問題は、回路内ガス流量を直接計測できる人工呼吸器テスト、ピューリタンベネット社製プレスラボ PTS2000 (以下、PTS2000) を用いて、回路を流れる酸素流量を実測することで解決した。今回用いた酸素供給器の性能評価を、当院で初期導入する際に多い FiO₂: 0.5、30 l/分の設定で経時的変化を見たが、呼吸器回路と鼻カニューレ間の流量、温度、相対湿度の実測値はそれぞ

¹ 紀南病院臨床工学部 (〒646-8588 和歌山県田辺市新庄町 46-70)、² 紀南病院心臓血管外科

本論文の要旨は、第 27 回日本冠疾患学会学術集会、2013 年 12 月・和歌山で発表した。

2014.03.17 受付、2014.05.16 受理

doi: 10.7793/jcoron.20.14-00008

Fig. 1 BIRD Oxygen-Air blender (attached to an incubator).

Fig. 2 Serial changes of outlet flow, outlet temperature, and outlet relative humidity, in the setting of 30 l/min of gas (FiO_2 : 50%) sent to the circuit.

れ安定しており，十分臨床使用できると判断した (Fig. 2)．加湿加温器の設定は通常人工呼吸器使用時のメーカー推奨設定である挿管モードとした．

3. 回路間の確実な接続

システムそのものが複数の会社の物品を組み合わせたものから構成されるため，それらの接合が重要である．システム回路の多くの部分は通常人工呼吸器回路として使用しているフィリップスレスピロニクス社製「スムーズボア紀南病院仕様」の吸気側回路を用いた．酸素供給器と回路とのサイズが異なるため，その接続には内径 12 mm の人工心肺用塩化ビニールチューブと麻酔回路内のサンプリング用コネクタを使用した．

4. その他

日本エアウォーター社製「インファントフロー」用の架台に各構成物を配置することにより，システム全体の移動が容易になった (Fig. 3)．これらの工夫により，臨床工

学部で組み立てた「簡易型 NHF」は集中治療室 (ICU) や一般病室への搬入が容易にできるようになった．現在，当院では本システム 3 基の同時運用が可能となっている．

IV. 臨床使用経験

当院では開心術例の多くは手術室抜管となっているが，術後に動脈血酸素分圧が低下し何らかの呼吸補助を要する症例が少ないながらも存在する．当初は鼻カニューレ・フェイスマスクの酸素流量の増量で対処するが，それでも低酸素血症が進行する場合には NPPV や気管挿管による人工呼吸管理を実施することになる．著者らは NHF を鼻カニューレ・フェイスマスクと NPPV・気管挿管の間に立つ呼吸療法と位置づけている．当院における術後の NHF 導入基準は，リザーバー付酸素マスク 10 l/分においても呼吸困難感や不穏，そして SpO_2 が 95 以上とならない症例としている．開始時は基本的に FiO_2 : 0.5, 30 l/分

Fig. 3

A: Total view of the main frame.

B: Total view of the complete system.

とし、10分程度の観察で著明な改善がなければ酸素濃度や流量をあげることとしている。ウィーニングは流量を固定したままで、酸素濃度を下げていく方法を採用している。以下に著者らの施設における開心術後のNHFの使用経験について述べる。

症例1：86歳女性、僧帽弁置換術後。手術室で抜管し、フェイスマスク酸素5 l/分でICU入室。SpO₂が徐々に低下するたためりザーバー付酸素マスク10 l/分としたがSpO₂は89%に低下した。NHF(FiO₂: 0.5・30 l/分)を開始したところ、10分後にはSpO₂は97%にまで改善した。以後の経過は良好であった。

症例2：64歳男性、冠動脈バイパス術後。手術室で抜管し、フェイスマスク酸素5 l/分でICU入室。SpO₂が徐々に低下するたためりザーバー付酸素マスク10 l/分としたがSpO₂は91%に低下した。NHF(FiO₂: 0.5・30 l/分)を開始したところ、30分後にはSpO₂は96%にまで改善した。以後の経過は良好であった。

症例3：80歳男性、冠動脈バイパス術後。手術室で抜管し、フェイスマスク酸素5 l/分でICU入室。SpO₂が徐々に低下するたためりザーバー付酸素マスク10 l/分としたがSpO₂が94%に低下した。NHF(FiO₂: 0.5・30 l/分)を開始したところ、30分後にはSpO₂は98%にまで改善した。以後の経過は良好であった。

以上、提示した3症例のSpO₂はNHF導入60分から90分後には有意に上昇しNPPV・気管挿管などを必要としなかった(Fig. 4)。

V. 考 察

酸素療法が必要な患者に対するNHFは鼻カニュレ・フェイスマスクとNPPV・気管挿管による人工呼吸との中間に位置する治療法として近年注目を集めている⁷⁾。実際にNHFは重症患者において高流量マスクよりも有意に酸素化が改善したとの報告があり、術後呼吸不全に対する有効性が期待されている⁸⁻¹⁰⁾。著者らの施設においても心臓外科術後の呼吸不全対策としてNHF導入を計画したが、その価格(システム全体で100万円程度)が障害となり、病院上層部からの許可が降りない状況が続いていた。そこで著者らは、NHFの本質を見極めつつ、院内既存備品を用いた安価かつ有用な、独自の「簡易型NHF」を構築した。

NHFの重要な構成要素の一つは酸素供給器である。実際には通常の酸素供給器は60 l/分程度の酸素を供給できることが分かっていたので、酸素供給器の目盛りに頼ることなく流量を実測することが必要であった。そこで人工呼吸器点検器具のPTS2000を開始直前に回路に組み込み、回路内ガス流量を実測して中央配管からの酸素供給量を調整した。当院のNHF導入は基本的にFiO₂: 0.5、30 l/分とし、ウィーニングは流量を固定したまま酸素濃度のみを下げる方法を採用しているが、今回用いた酸素供給器では、Fig. 5に示す通り酸素濃度を変化させても流量は変化しない。そのため、いったん供給量が決めれば(=供給ツマミの位置が決めれば)PTS2000は不要となる

Fig. 4 The SpO₂ change before and after introduction NHF of case 1–3.

Fig. 5 The relationship between setting oxygen concentration and measured flow.

が、1日に1回はPTS2000を回路に組み込んでガス流量を実測・確認することが望ましいかもしれない。

院内既存備品でシステムを構築したために、結果的に複数社の物品を組み合わせることになった。当院では主として人工呼吸器回路を用い、回路や器具の接続には人工心肺用塩化ビニールチューブや麻酔回路内サンプリング用コネクタなどを使用した。口径はもちろんのこと、強度・柔軟性・可塑性など、多種多様な材質の特徴を知った上で、適した物品を選択して利用することが重要であろう。

臨床工学技士は院内の多くの部門で活動するが故に「どこに何があるか」を詳細に知り得る立場にある。必要だが容易に入手できない医療機器は多くある。臨床工学技士だからこそその知識と創意工夫を通して、今後も実地臨床・病院経営に貢献したいと考えている。

VI. 結 語

院内既存備品でNHFシステムの構築を試みた。酸素供給器・回路接続などに若干の工夫を要したが、臨床的に有用なものが作製できた。

文 献

- 1) Lorente L, Lecuona M, Jiménez A, et al: Ventilator-associated pneumonia using a heated humidifier or a heat and moisture exchanger: a randomized controlled trial [ISRCTN88724583]. *Crit Care* 2006; **10**: R116
- 2) Richards GN, Cistulli PA, Ungar RG, et al: Mouth leak with nasal continuous positive airway pressure increases nasal air-

way resistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; **154**: 182–186

- 3) Sztrymf B, Messika J, Bertrand F, et al: Beneficial effects of humidified high flow nasal oxygen in critical care patients: a prospective pilot study. *Intensive Care Med* 2011; **37**: 1780–1786
- 4) Dysart K, Miller TL, Wolfson MR, et al: Research in high flow therapy: mechanisms of action. *Respir Med* 2009; **103**: 1400–1405
- 5) Hasani A, Chapman TH, McCool D, et al: Domiciliary humidification improves lung mucociliary clearance in patients with bronchiectasis. *Chron Respir Dis* 2008; **5**: 81–86
- 6) Parke R, McGuinness S, Eccleston M: Nasal high-flow therapy delivers low level positive airway pressure. *Br J Anaesth* 2009; **103**: 886–890
- 7) Rello J, Pérez M, Roca O, et al: High-flow nasal therapy in adults with severe acute respiratory infection: a cohort study in patients with 2009 influenza A/H1N1v. *J Crit Care* 2012; **27**: 434–439
- 8) 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
- 9) 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**: 265–270
- 10) Parke RL, McGuinness SP, Dixon R, et al: Protocol for a randomised controlled trial of nasal high flow oxygen therapy compared to standard care in patients following cardiac surgery: the HOT-AS study. *Int J Nurs Stud* 2012; **49**: 338–344

My trial—The nasal high flow system using in-hospital equipment—

Teruo Doi¹ and Nobuo Sakagoshi²

¹Department of Clinical Engineering, Kinan Hospital

²Department of Cardiovascular Surgery, Kinan Hospital

High-flow nasal cannula system, which supplies a high flow of heated and humidified oxygen, may be an effective and safe respiratory therapy to a serious respiratory failure. Because the system on the market is very expensive, we tried to construct the system using in-hospital equipment together. Our original high-flow nasal cannula system was so easy to prepare and so good in clinical use.

KEY WORDS: Nasal High-flow, oxygen therapy, hypoxemia

J Jpn Coron Assoc 2014; **20**: 214–218