

## ●解 説●

## 高流量（経鼻）酸素療法

今中秀光

キーワード：高流量酸素療法（High flow oxygen therapy），非侵襲的陽圧換気（NPPV），酸素療法，加湿

## はじめに

酸素療法は重症患者の治療に必須の呼吸療法である。酸素マスクや経鼻カニューレでは吸入酸素濃度が不十分で、呼吸パターンによって変動するなどの問題点がある。非侵襲的陽圧換気（noninvasive positive pressure ventilation：NPPV）はマスクやインターフェイスを必要とし、圧迫感などから受け入れの悪い患者も少なくない。最近、加湿加湿器と特殊な鼻カニューレを用いて、高流量の加湿されたガスを供給する高流量酸素療法（high flow oxygen therapy：HFOT）が開発され、急速に応用が拡大しつつある。

HFOT の利点は、高い加湿加湿性能により気道粘膜線毛のクリアランス効果、快適性が保たれる。21% から 100% まで安定した吸入酸素濃度を供給できる。マスクの圧迫感がなく患者の受け入れが良い。高流量ガスによって上気道の二酸化炭素を洗い流すことによって呼吸負荷を軽減する。PEEP により酸素化の改善が期待できる。

## I. 呼吸療法での位置づけ

高流量の酸素投与を行う HFOT は呼吸療法の中で、NPPV と通常の酸素療法の間位置づけられる(図1)<sup>1,2)</sup>。

たとえば急性呼吸不全の患者における呼吸療法を考えてみよう。呼吸状態が悪化すれば、まず酸素マスクといった通常の酸素療法を開始する。さらに呼吸状態が悪化すれば、HFOT に移行する。それでも対応で

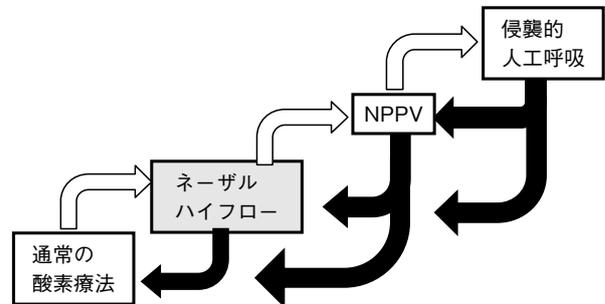


図1 呼吸療法の流れ

表1 High flow oxygen therapy の適応

1. 急性呼吸不全
2. 抜管後の呼吸補助
3. 術後の呼吸合併症の予防
4. 挿管拒否
5. 喀痰が粘稠

きない場合、NPPV を実施し、最終的には侵襲的人工呼吸に移行する。呼吸状態が改善して呼吸療法から離脱する場合、この流れを逆に進んでいくことになる。

そのほか、HFOT は抜管後の呼吸補助、術後の呼吸合併症の予防、挿管拒否、粘稠な喀痰に対する対策としても用いられている(表1)。

## II. HFOT のシステム

HFOT は加湿加湿器と特殊な鼻カニューレを用いて、高流量の酸素投与を行う(図2)。日本で販売されているのはフィッシャー&パイケルヘルスケア社製 Optiflow、パシフィックメディコ社製 High Flow Therapy System の2つである。

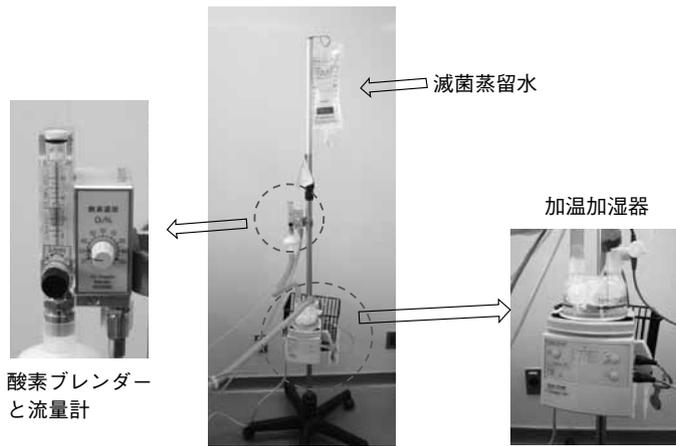


図2 High flow oxygen therapy システム

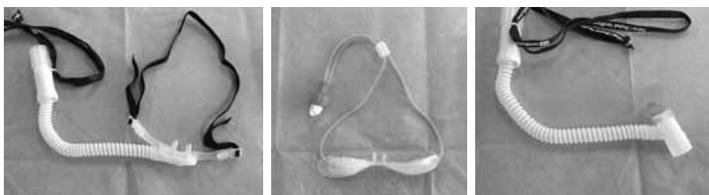


図3 鼻カニューラと気管切開用コネクター

システムにはまず高流量（最大 60L/分）のガスを流すことができる酸素ブレンダーと流量計を用意する。21%から 100%まで安定した吸入酸素濃度の高流量ガスを流す。次に、高性能の加温加湿器により、高流量ガスを流しても最適な加温加湿を維持する。これにより患者が快適と感じ、気道の粘膜絨毛のクリアランスが増強される。ただし高流量と高い加温加湿を維持するために、大量（1日に2～3L）の滅菌蒸留水が消費されることに注意が必要である。

鼻カニューラは成人用に3サイズ、小児用に3サイズあり、患者に合わせて選択する（図3）。気管切開用のコネクターもある。

### III. HFOT の長所

通常の酸素マスクや経鼻カニューラには、色々な問題がある（表2）。酸素の流量に限界がある、酸素マスクや経鼻カニューレでは吸入酸素濃度が不十分である、呼吸パターンによって吸入酸素濃度が変動する、加湿が不足するなどの問題点がある。NPPVは多くの呼吸不全や病態に適応が広がってきているが、マスクやインターフェイスを必要とし、圧迫感などから受け入れの悪い患者も少なくない。また高流量ガスの加湿が不足するため口腔内が乾燥する。

表2 通常の酸素療法の問題点

1. 酸素の流量に限界あり
2. 吸入酸素濃度が呼吸パターンで変動する
3. リザーバーマスクではCO<sub>2</sub>再呼吸の危険性
4. マスクの長期使用は受入れが悪く、食事・飲水・会話の障害となる
5. 加温加湿が不足する

表3 High flow oxygen therapy の長所

1. 適切な加温加湿により快適で、気道の粘膜絨毛クリアランスに有利
2. 安定した吸入酸素濃度
3. 死腔の洗い出し効果
4. 低いレベルの気道内陽圧
5. 呼吸パターンの改善

HFOTは、適切な加温加湿により快適である、高流量のため吸入酸素濃度が安定する、死腔のガスを洗い流す、などの利点がある（表3）。

#### 1. 快適性、受入れ

鼻カニューレで冷たい乾燥したガスを吸入すると不快で受け入れが悪くなるだけでなく、気道抵抗が上昇し<sup>3)</sup>、気管支が攣縮する。NPPVでも高流量ガスのため加湿が相対的に不足し口腔内が乾燥する<sup>4)</sup>。これに対し、HFOTでは適切な加温加湿により患者の快適性や受け入れがよい。呼吸不全患者でHFOTと酸素マスクを比較した研究によると、HFOT時の方が口腔内の乾燥感が有意に少なく、より快適であった<sup>5)</sup>。さらに抜管後にHFOTと高流量の酸素マスクを比較した無作為研究でも、ガス交換や呼吸数に有意差は認めなかったが、受け入れはHFOTで良好であった<sup>6)</sup>。

#### 2. 吸入酸素濃度の安定

酸素マスクや経鼻カニューレでは流量が少ないため、吸入酸素濃度が不十分で、吸気流量が増えると吸入酸素濃度が低下する。HFOTでは最大60L/分の高流量のため吸入酸素濃度が安定し、呼吸パターンによっても変動しにくい。

### 3. 死腔の洗い出し

HFOT の高流量ガスにより鼻腔や咽頭腔の解剖学的死腔が洗い流され、換気補助につながる<sup>7)</sup>。慢性閉塞性肺疾患患者の負荷運動時に HFOT と低流量酸素マスクを比較すると、HFOT で呼吸困難感や呼吸仕事量が有意に減少しており、HFOT での死腔の洗い出し効果が理由だとされている<sup>8)</sup>。われわれも軽度呼吸不全の成人患者で HFOT と酸素マスクを比較し、HFOT 時に一回換気量と PaCO<sub>2</sub> は変わらない一方、呼吸数が減少し、胸郭と腹部運動の同調性が改善することを観察している<sup>9)</sup>。HFOT で死腔が洗い流され、換気効率が改善したからだと考えられる。

### 4. PEEP 効果

高流量ガスが鼻腔や咽頭腔を通過することによって、気道に陽圧が加わり、吸気を補助し肺を拡張させる効果が期待できる。ただし口の開閉、体格、性別、ガス流量によって圧は変動する。Parke らは、心臓血管外科術後の患者で HFOT (35L/分) 時の咽頭圧を測定し、平均咽頭圧が閉口状態で  $2.7 \pm 1.0 \text{cmH}_2\text{O}$ 、開口状態で  $1.2 \pm 0.8 \text{cmH}_2\text{O}$  となることを報告した<sup>10)</sup>。Corley らも心臓血管外科術後の患者で HFOT (35 ~ 50L/分) 時に、咽頭圧が平均  $3 \text{cmH}_2\text{O}$  上昇し、呼吸終末の肺容量が 26% 増加し、酸素化が改善することを示した<sup>11)</sup>。

## IV. HFOT の課題

急性呼吸不全<sup>12, 13)</sup>のほか、術後の呼吸合併症予防、抜管後の呼吸補助<sup>14)</sup>、粘稠な喀痰に対する対策、救急外来での使用<sup>15)</sup>など、HFOT の適応は今後とも広まっていくものと考えられる。

しかし、HFOT では高い PEEP をかけたり、陽圧の換気補助を行うことはできない。したがって重症の呼吸不全の患者に用いることはできない。また、気道が確保されていないので、意識障害の強い患者、気道の開存や気道清浄化に問題のある患者に用いることはできない。新しい呼吸療法であるため、臨床データが不足している。適切な対象や病態が何か、挿管の必要性を減らしたり予後を改善したりするのか、失敗を予測する因子は何かなど、今後の研究が必要である。

本稿の著者には規定された COI はない。

### 参考文献

- 1) Scala R : High-flow nasal oxygen therapy : one more chance for extubation? *Respir Care*. 2014 ; 59 : 609-12.
- 2) Ward JJ : High-flow oxygen administration by nasal cannula for adult and perinatal patients. *Respir Care*. 2013 ; 58 : 98-122.
- 3) Fontanari P, Burnet H, Zattara-Hartmann MC, et al : Changes in airway resistance induced by nasal inhalation of cold dry, dry, or moist air in normal individuals. *J Appl Physiol*. 1996 ; 81 : 1739-43.
- 4) Oto J, Imanaka H, Nishimura M : Clinical factors affecting inspired gas humidification and oral dryness during noninvasive ventilation. *J Crit Care*. 2011 ; 26 : 535.e9-15.
- 5) Roca O, Riera J, Torres F, et al : High-flow oxygen therapy in acute respiratory failure. *Respir Care*. 2010 ; 55 : 408-13.
- 6) Tiruvoipati R, Lewis D, Haji K, et al : High-flow nasal oxygen vs high-flow face mask : a randomized crossover trial in extubated patients. *J Crit Care*. 2010 ; 25 : 463-8.
- 7) 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.
- 8) Chatila W, Nugent T, Vance G, et al : The effects of high-flow vs low-flow oxygen on exercise in advanced obstructive airways disease. *Chest*. 2004 ; 126 : 1108-15.
- 9) Itagaki T, Okuda N, Tsunano Y, et al : Effect of high-flow nasal cannula on thoraco-abdominal synchrony in adult critically ill patients. *Respir Care*. 2014 ; 59 : 70-4.
- 10) Parke R, McGuinness S, Eccleston M : Nasal high-flow therapy delivers low level positive airway pressure. *Br J Anaesth*. 2009 ; 103 : 886-90.
- 11) 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.
- 12) Sztrymf B, Messika J, Mayot T, et al : Impact of high-flow nasal cannula oxygen therapy on intensive care unit patients with acute respiratory failure : a prospective observational study. *J Crit Care*. 2012 ; 27 : 324.e9-13.
- 13) Parke R, McGuinness S, Dixon R, et al : Open-label, phase II study of routine high-flow nasal oxygen therapy in cardiac surgical patients. *Br J Anaesth*. 2013 ; 111 : 925-31.
- 14) Rittayamai N, Tscheikuna J, Rujiwit P : High-flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy after endotracheal extubation : a randomized crossover physiologic study. *Respir Care*. 2014 ; 59 : 485-90.
- 15) Lenglet H, Sztrymf B, Leroy C, et al : Humidified high flow nasal oxygen during respiratory failure in the emergency department : feasibility and efficacy. *Respir Care*. 2012 ; 57 : 1873-8.