

## 1. 機器とインターフェイス

### 概要

NPPV療法には、bilevel PAP( bilevel positive airway pressure )が広く使用されている。鼻マスクなどのインターフェイスの選択やフィッティング調整は本療法の成否を左右する。マスクには主に鼻マスクとフルフェイスマスクがあるが、急性期にはフルフェイスマスクを装着し、容態の安定化に伴って鼻マスクに変更することが多い。圧漏れや鼻根部などの圧迫による傷を防ぎ、治療を安全に続けるために、サイズを選択やフィッティングに留意する必要がある。

### 1 Bilevel PAP 装置の構造と特性

クリティカルケア用などの従量式人工呼吸器でもNPPVは可能であるが、近年はNPPV専用が開発された従圧式人工呼吸器が広く使用されている<sup>1~3)</sup>。これらは、吸気を補助するための高いIPAPと、呼気時の低いEPAPの2段階の陽圧を供給する bilevel PAP という換気様式をとる。呼吸回路は1本でシンプルな構造であり、小型・軽量である。回路内は常に陽圧に保たれており、加圧空気はマスクを介して供給され、呼気はマスクに設けられた呼気排出孔から排気される。リークに対して供給圧を自動補正するものの、気道の閉塞や肺の硬さの変化によって換気量が減少するリスクがある<sup>4,5)</sup>。

圧力の設定範囲は下限は2~4 cmH<sub>2</sub>O、上限は25~40 cmH<sub>2</sub>Oまで、機種により異なる。IPAPとEPAPの圧力較差によって換気量を増やすが、20 cmH<sub>2</sub>O以上の高い圧ではマスク周りからのリークが生じやすくなる。また、IPAPを上げることにより換気量は増加し、PaCO<sub>2</sub>値は低下する。EPAPは上気道の開存や肺気量の増加に役立つ<sup>6,7)</sup>、呼気の再呼吸を避けるために4 cmH<sub>2</sub>O以上が推奨される<sup>8)</sup>。

IPAPとEPAPの切り替えを定める換気モードは、装置が呼吸数を定める調節換気と患者の自発呼吸をフロ-または圧力の変化で検出する補助換気に大別され、以下の3種類が選択できる

機種が多い。

- ・Sモード:自発呼吸を検出してIPAPとEPAPを供給する換気モード。IPAPとEPAPの時間と呼吸数は患者の自発呼吸に依存する
- ・Tモード:予め設定した分時呼吸数と吸気時間に従い、自動的にIPAPとEPAPが切り替わる換気モード
- ・S/Tモード:自発呼吸を検出してIPAPとEPAPを供給するSモードに加えて、予め設定した呼吸サイクル時間内に自発呼吸が検出されなかった場合に、自動的にIPAPが供給されるバックアップ機能を備えた換気モード

トリガー検出からIPAPを開始するまでの応答時間やIPAPへの到達時間(ライズタイム)は機種によって異なり<sup>9)</sup>、また調整できる機種も多い。ライズタイムは、COPDや急性増悪時には短いものが好まれるが<sup>10)</sup>、慢性安定期では呼吸仕事量への影響を評価した研究はなく、患者の呼吸状態に合わせて設定する。IPAPからEPAPへの切り替えのタイミングは、患者と装置の同調性において大切な因子である。とくにCOPDでは吸気終末が感知されにくく、IPAP時間が不要に長くなる可能性があるため、IPAP時間の設定を調整する。

### 2 酸素の併用

酸素投与が必要な場合は、マスクもしくは呼吸回路の根元から酸素を投与するが、小型のNPPV専用装置は酸素濃度が規定できないので、血液ガスやSpO<sub>2</sub>をモニターして必要量を調整する。マスクから呼気が常時排出しているため、NPPVの施行前と比べて酸素流量を上げることが多い。多くの装置で酸素は15L/分程度まで投与できるが、圧力やマスクの呼気排出量、リークの有無によってF<sub>1</sub>O<sub>2</sub>は変化する。高濃度酸素が必要な場合は酸素ブレンダーの付いたICU用の装置を使用する。

### 3 加湿について

NPPVでは上気道を介して加圧空気が送られるので、挿管人工呼吸に比べて加湿の必要性は低い。開口によるリークがあると圧を補正するために大量の空気が一度に流れて<sup>11,12)</sup>、鼻や口の粘膜を乾燥させるだけでなく、鼻詰まりを起こしてさらに口呼吸を招く要因ともなる<sup>13)</sup>。加湿器チャンバーの清潔操作が可能ならば、喀痰喀出を促し呼吸の不快感を減じるために、加温加湿を行うことが望ましい。

### 4 インターフェイス(鼻マスクとフルフェイスマスク)

マスク選択やフィッティング(調整)はNPPVの成否を左右する重要なポイントである。主に鼻マスクと口鼻を覆うフルフェイスマスクが使われる。鼻マスクは鼻からの自然な呼吸ができ<sup>14)</sup>、痰の喀出や会話が自由にできて死腔も少ない反面、口を閉じていないと有効な換気ができない。フルフェイスマスクは、開口がある場合や急性呼吸不全の治療に用いられることが多い<sup>15)</sup>。しかし、閉塞感が強く、会話が制限され、呑気による腹部膨満や窒息を生じる可能性があることから、慢性期や在宅療養には適していない。

マスクの装着には、鼻柱の高さや顔の大きさに応じてサイズを選ぶことと、ヘッドギアのストラップをきつく締め過ぎて圧迫し、皮膚炎や潰瘍を来すことのないよう注意が必要である。鼻根部にマスク重量が集中しないように額部分のアーチ角度を調整して額で重さを受けようにする、マスクの種類を替える、皮膚の保護剤やビニールテープを貼って痛みや傷が生じるのを予防するといった、個々の症例に応じた工夫が必要である。

NPPV専用装置はリークが生じてもフローを自動的に増やして供給圧を保つが、鼻マスク使用時に開口による著しいリークがあると肺への換気量が減り、患者と装置の同調性が損なわれ<sup>16,17)</sup>、長時間に及ぶ場合は睡眠の質も低下する。対策としてはチンストラップやテープ剤による開口面積の縮小<sup>18)</sup>、もしくはフルフェイス

マスクへの変更を行う。

国内で使用できる主なNPPV装置およびマスクは、一覧を非侵襲的換気療法研究会のホームページに掲載する(<http://www.nippv.org/>)。

### 文 献

- 1) Hillberg RE, Johnson DC. Noninvasive ventilation. *N Engl J Med* 1997;337:1746-52.
- 2) Kacmarek R, Hill N. Ventilators for noninvasive positive pressure ventilation: technical aspects. *Eur Respir Mon* 2001;16:76-105.
- 3) Carlucci A, Richard JC, Wysocki M, Lepage E, Brochard L; SRLF Collaborative Group on Mechanical Ventilation. Noninvasive versus conventional mechanical ventilation: an epidemiologic survey. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:874-80.
- 4) Girault C, Richard JC, Chevron V, Tamion F, Pasquis P, Leroy J, et al. Comparative physiologic effects of noninvasive assist-control and pressure support ventilation in acute hypercapnic respiratory failure. *Chest* 1997;111:1639-48.
- 5) Schonhofer B, Sorter-Leger S. Equipment needs for noninvasive mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2002;20:1029-36.
- 6) Elliott MW, Simonds AK. Nocturnal assisted ventilation using bilevel positive airway pressure: the effect of expiratory positive airway pressure. *Eur Respir J* 1995;8:436-40.
- 7) Appendini L, Patessio A, Zanaboni S, Carone M, Gukov B, Donner CF, et al. Physiologic effects of positive end-expiratory pressure and mask pressure support during exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:1069-76.
- 8) Ferguson GT, Gilmartin M. CO<sub>2</sub> rebreathing during BiPAP ventilatory assistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:1126-35.
- 9) Lofaso F, Brochard L, Hang T, Lorino H, Harf A, Isabey D. Home versus intensive care pressure support devices: experimental and clinical comparison. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:1591-9.
- 10) Bonmarchand G, Chevron V, Chopin C, Jusserand D, Girault C, Moritz F, et al. Increased initial flow rate reduces inspiratory work of breathing during pressure support ventilation in patients with exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Med* 1996; 22:1147-54.
- 11) Jubran A, Van de Graaff WB, Tobin MJ. Variability of patient-ventilator interaction with pressure support ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;

- 152:129–36.
- 12) Calderini E, Confalonieri M, Puccio PG, Francavilla N, Stella L, Gregoretti C. Patient–ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: the role of expiratory trigger. *Intensive Care Med* 1999;25:662–7.
  - 13) Richards GN, Cistulli PA, Ungar RG, Berthon–Jones M, Sullivan CE. Mouth leak with nasal continuous positive airway pressure increases nasal airway resistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:182–6.
  - 14) Navalesi P, Fanfulla F, Firgerio P, Gregoretti C, Nava S. Physiologic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of masks in patients with chronic hypercapnic respiratory failure. *Crit Care Med* 2000;28:1785–90.
  - 15) Brochard L. What is really important to make noninvasive ventilation work. *Crit Care Med* 2000; 28:2139–40.
  - 16) Mehta S, McCool FD, Hill NS. Leak compensation in positive pressure ventilators: a lung model study. *Eur Respir J* 2001;17:259–67.
  - 17) Meyer TJ, Pressman MR, Benditt J, McCool FD, Millman RP, Natarajan R, et al. Air leaking through the mouth during nocturnal nasal ventilation: effect on sleep quality. *Sleep* 1997;20:561–9.
  - 18) Teschler H, Stampa J, Ragette R, Konietzko N, Berthon–Jones M. Effect of mouth leak on effectiveness of nasal bilevel ventilatory assistance and sleep architecture. *Eur Respir J* 1999;14:1251–7.