

□ 症例報告 □

非侵襲的人工呼吸管理による急性呼吸不全の治療

渡海裕文*¹ 土屋正彦*¹ 片山裕視*²
 臼井宏*¹ 原口義座*² 真鍋雅信*³

ABSTRACT

Noninvasive mechanical ventilation in acute respiratory failure

Hirofumi TOKAI*¹, Masahiko TSUCHIYA*¹, Hiroshi KATAYAMA*²,
 Hiroshi USUI*², Yoshikura HARAGUCHI*², Masanobu MANABE*³

*¹Department of Anesthesia, Emergency and Critical Care Medicine,
 National Hospital Tokyo Disaster Medical Center

*²Department of Surgery, Emergency and Critical Care Medicine,
 National Hospital Tokyo Disaster Medical Center

*³Department of Anesthesiology and Resuscitology, Kochi Medical School

Effectiveness of noninvasive mechanical ventilation (NIMV) has been studied on ten patients with acute respiratory failure requiring immediate support with mechanical ventilation (four with cardiac failure-related lung edema, three with pneumonia, two with asthmatic attack, one with pulmonary embolism). All subjected patients immediately received NIMV using COMPANION 335 instead of conventional mechanical ventilation with tracheal intubation. In seven patients, respiratory rate was greatly reduced and PaCO₂ and BE were normalized. They did not need any other mechanical respiratory support. In three patients, however, NIMV was not effective. Two did not tolerate the mask due to its discomfort. Pneumonia became worse in one patient with renal insufficiency. They were all intubated and received conventional mechanical ventilation after all. Although NIMV is not effective against all subjected patients, our result indicates that NIMV can be a safe and effective means of providing ventilatory support to many patients with acute respiratory failure.

はじめに

気管内挿管（以下挿管）を用いた人工呼吸管理は、これまでに多くの呼吸不全患者の生命を救ってきた。その一方で、気道感染症、気道損傷など

の合併症が報告されている^{1)~3)}。この合併症の軽減目的に欧米では、挿管を必要としないフェイスマスクやネーザルマスクを使用する人工呼吸管理（非侵襲的人工呼吸管理；noninvasive mechanical ventilation：以下NIMV）が行われ、従来の挿管による呼吸管理と同様の有用性が報告されている^{4)~9)}。

近年、NIMVには、BiPAP®（レスピロニク

*¹ 国立病院東京災害医療センター 救命救急センター・麻酔科

*² 同救命救急センター・外科

*³ 高知医科大学 麻酔・蘇生学教室

ス社、米国) に代表される非侵襲的人工呼吸器が臨床応用されている^{10)~13)}。また、われわれは、BiPAP®と同様な非侵襲的人工呼吸器であるが、より高い駆動圧と可変呼吸感度を持つコンパニオン 335 (以下 335, ピューリタン・ベネット社, 米国) を高齢の重度 COPD 患者の術後の呼吸補助に使用し良好な結果を得た¹⁴⁾。わが国では、まだ、このような非侵襲的人工呼吸器を用いた急性呼吸不全の呼吸管理への有用性を検討した報告はまだ少なく¹²⁾¹³⁾、また、挿管の回避の可能性を追求した検討も少ない。今回、われわれは、従来なら挿管が必要と考えられる急性呼吸不全患者を対象に NIMV の有用性について検討したので報告する。

対象と方法

対象は、当センターに入室した急性呼吸不全患者のうち、当センターで従来は挿管が必要と考えられた次の 2 項目の条件を満たす 10 症例 (肺水腫 4 例, 肺炎 3 例, 喘息 2 例, 肺塞栓 1 例) とした (表 1)。

- 1) a. 呼吸数 35 回/分以上, b. 鎖骨上窩または肋間の陥凹を伴う努力性呼吸, c. 奇異呼吸のいずれかを満たし、呼吸筋の疲労が示唆される。
- 2) 入室時に酸素マスク 5 l/分以上の投与で PaO₂ 90 mmHg 未満であり、10~20 分経過して

も 1) の呼吸筋の疲労症状の改善傾向がない。
 なお、対象症例はすべて、意識は清明であり、脳血管障害、脳炎など脳幹に病変がなかった。ただし、次のような患者は、除外した。1) 重篤な不整脈やショックのように著しく不安定な血行動態の患者。2) 気道管理のために挿管を必要とする患者 (例えば、嘔吐の危険性や多量の気道分泌液のある患者)。3) 緊急挿管の必要な患者 (例えば、呼吸停止した患者)。

施行方法は、335 をフェイスマスクまたは、ネーザルマスクを患者に適宜合わせて使用した。初期設定は IPAP (inspiratory positive airway pressure) を 10 cmH₂O, EPAP (expiratory positive airway pressure) を 5 cmH₂O とした。つまり、PEEP 5 cmH₂O に pressure support (以下 PS) 5 cmH₂O を併用したことに相当する。そして、335 の吸気と呼気の感度は適宜変更して患者の呼吸を追従するようにつとめた。酸素は、流量計を使用して 335 の装着前の酸素マスク時と同じ流量を呼吸回路に投与した。また、呼吸不全をもたらした原疾患に対する治療は、そのまま継続した。

治療中の 335 の設定変更は、通常の呼吸管理法に基づいて急性呼吸不全患者への BiPAP®装着時の設定方法¹⁰⁾¹¹⁾を参考に動脈血血液ガス分析値を指標に以下の手順により PaO₂ が 90 mmHg 以上、PaCO₂ が 55 mmHg 以下なるように呼吸管

表 1 急性呼吸不全の 10 症例

| 症例 | 疾患 | 装着前 | | | | | | 装着 0.5~1 時間後 | | | | 装着日数 (日間) | 挿管 |
|----|----------------|------|-------------------------|--------------------------|-------------|-----------|----------|--------------------------|-------------------------|----------|-----------|-----------|----|
| | | pH | PaO ₂ (mmHg) | Paco ₂ (mmHg) | BE (mmol/l) | 呼吸数 (回/分) | 酸素 (l/分) | I/E (cmH ₂ O) | PaO ₂ (mmHg) | 酸素 (l/分) | 呼吸数 (回/分) | | |
| 1 | 68 男 肺水腫, 心不全 | 7.51 | 53.1 | 35.1 | 4.4 | 35 | 10 | 12/7 | 90.3 | 10 | 25 | 3 | なし |
| 2 | 68 男 肺水腫, 心不全 | 7.33 | 52.3 | 38.8 | -3.1 | 20 | 8 | 10/5 | 133.0 | 10 | 16 | 1 | なし |
| 3 | 70 女 肺水腫, 心不全 | 7.51 | 70.7 | 39.6 | 7.4 | 25 | 10 | — | — | — | — | — | あり |
| 4 | 75 男 肺水腫, 心不全 | 7.44 | 59.1 | 31.9 | -1.8 | 25 | 10 | 10/5 | 91.0 | 10 | 20 | 3 | なし |
| 5 | 48 女 肺炎, 側彎症 | 7.38 | 85.4 | 60.1 | 7.1 | 25 | 8 | — | — | — | — | — | あり |
| 6 | 54 男 肺炎, 側彎症 | 7.39 | 50.2 | 54.4 | 3.7 | 45 | 8 | 10/5 | 92.4 | 10 | 25 | 5 | なし |
| 7 | 64 女 肺炎, 腎不全 | 7.45 | 39.7 | 38.4 | 1.7 | 30 | 10 | 14/9 | 126.5 | 10 | 20 | 2 | あり |
| 8 | 58 男 喘息, 腎不全 | 7.28 | 31.8 | 50.7 | -2.8 | 30 | 5 | 14/5 | 97.0 | 10 | 15 | 2 | なし |
| 9 | 25 女 喘息 | 7.42 | 85.0 | 32.0 | -3.3 | 30 | 10 | 10/5 | 140.1 | 10 | 20 | 1 | なし |
| 10 | 69 男 肺塞栓, COPD | 7.35 | 62.5 | 24.1 | -10.5 | 32 | 8 | 10/5 | 101.2 | 5 | 21 | 5 | なし |

I/E=コンパニオン 335 の IPAP/EPAP 設定

理を行った。まず、最初に PaO_2 が 90 mmHg 以下の場合、酸素の投与量を 10 l/分まで上げた。この条件でも PaO_2 が 90 mmHg 以下の場合には 335 の EPAP と IPAP の両方を 2 cmH₂O ずつ上げた (PS 量は不変)。このような圧設定を繰り返して PaO_2 が 90 mmHg 以上を維持できるようにした。次に、 Paco_2 が 55 mmHg より高い場合は、IPAP のみ 2 cmH₂O 上げた (PS 量を上げる)。このような圧設定を繰り返して Paco_2 が 55 mmHg 以下を維持できるようにした。こうして、呼吸筋の疲労状態が改善してきた場合は動脈血血液ガス分析値を測定しながら装着時とは逆の手順で 335 装着時の初期設定条件まで戻していった。初期設定値において酸素 2 l/分投与でも PaO_2 が 60 mmHg 以上、 Paco_2 が 50 mmHg 以下を維持できるときは、335 の使用を終了した。終了後、経鼻カニュレ (酸素 2 l/分投与) または、room air にても PaO_2 が 60 mmHg 以上、 Paco_2 が 50 mmHg 以下ならばウィーニングを終了とした。

この経過中、ウィーニングまで挿管を行わずに呼吸管理を行えた症例を NIMV の成功例とした。なお、経過中、1) 患者がプロトコルを途中で拒否した場合、2) 呼吸数が 50 回/分以上、10 回/分以下の場合、3) 脈拍数が 150 回/分以上、50 回/分以下の場合、4) 動脈血血液ガス分析値の改善が認められない場合、5) その他、挿管を行わざるをえない症例を NIMV の中止例とした。なお、本研究にあたり対象患者から口頭でインフォームド・コンセントを得ている。また、本研究中、常時観察し必要があれば速やかに適切な処置を行える体制をとった。

結果は、平均±標準偏差で示し、統計的検討を ANOVA を用いて行い $P < 0.05$ を有意差ありとした。

結果

対象とした患者 10 例を表 1 に示した。pH, Paco_2 , BE, 呼吸数の平均はそれぞれ 7.41 ± 0.08 , 40.5 ± 11.2 mmHg, 0.3 ± 5.6 mmol/l, 29.7 ± 6.9 回/分であった。なお、 FI_{O_2} が正確に計れないため A-aDO_2 は計算できなかった。

(成功例) 10 例中 7 例 (70.0%) で NIMV が成功した。成功例では全体として呼吸パラメータが図 1 のように変化した。pH, Paco_2 , BE は、装着前から装着後にそれぞれ 7.39 ± 0.08 から 7.41 ± 0.05 , 38.1 ± 10.8 mmHg から 40.3 ± 7.8 mmHg, -1.9 ± 5.0 mmol/l から -0.3 ± 1.9 mmol/l と有意差はなかった。しかし、成功例は、全体として装着後に正常化の傾向がみられた。一方、呼吸数は装着前の 31.0 ± 7.9 回/分から装着後の 20.3 ± 3.9 回/分に有意に減少 ($P < 0.01$) した。335 の平均装着日数は、 2.9 ± 1.7 日であった。ウィーニング終了後は、順調に経過して全員軽快退院した。

(中止例) 症例 3, 5, 7 の 3 例は、335 を使用したものの最終的には挿管を行った症例である。症例 3, 5 は、どちらも 335 を装着した後、5 分でマスクによる顔の圧迫を嫌い、335 の装着を中止し挿管を行った。症例 7 は、335 の装着により、酸素化能は改善し、呼吸数や呼吸困難感が減少した。しかし、2 日間の 335 装着後も肺炎が改善せず、IPAP/EPAP で 14/9 cmH₂O, 酸素 10 l/分投与で PaO_2 40 mmHg, 呼吸数が 50 回/分となった。本法は、無効と考え、335 の装着を中止して挿管による呼吸管理を行った。これら中止した 3 例は、いずれも 1 週間後に抜管しその後軽快退院した。

考察

今回の検討より 335 を利用した NIMV は従来、挿管が必要と考えられる急性呼吸不全にも一定の有用性があると思われる結果が得られた。NIMV の利点は、1) 挿管による合併症や不快感の回避、2) 換気中の鎮静の軽減、3) 院内感染のリスク軽減、4) 会話や飲水の保持、5) 正常な気道防御メカニズムの維持が考えられている¹⁵⁾¹⁶⁾。Abou-Shala らは、1988~1994 の 6 年間に報告された 31 論文より NIMV によって平均 78% (40%~100%) が良好な呼吸状態が得られ挿管を回避できたと報告している¹⁵⁾。本症例でも 10 例中 7 例 (70.0%) で挿管なしに良好な呼吸状態が得られ、ほぼ同割合であった。

一方、中止例の内 2 例は、患者がマスク装着に

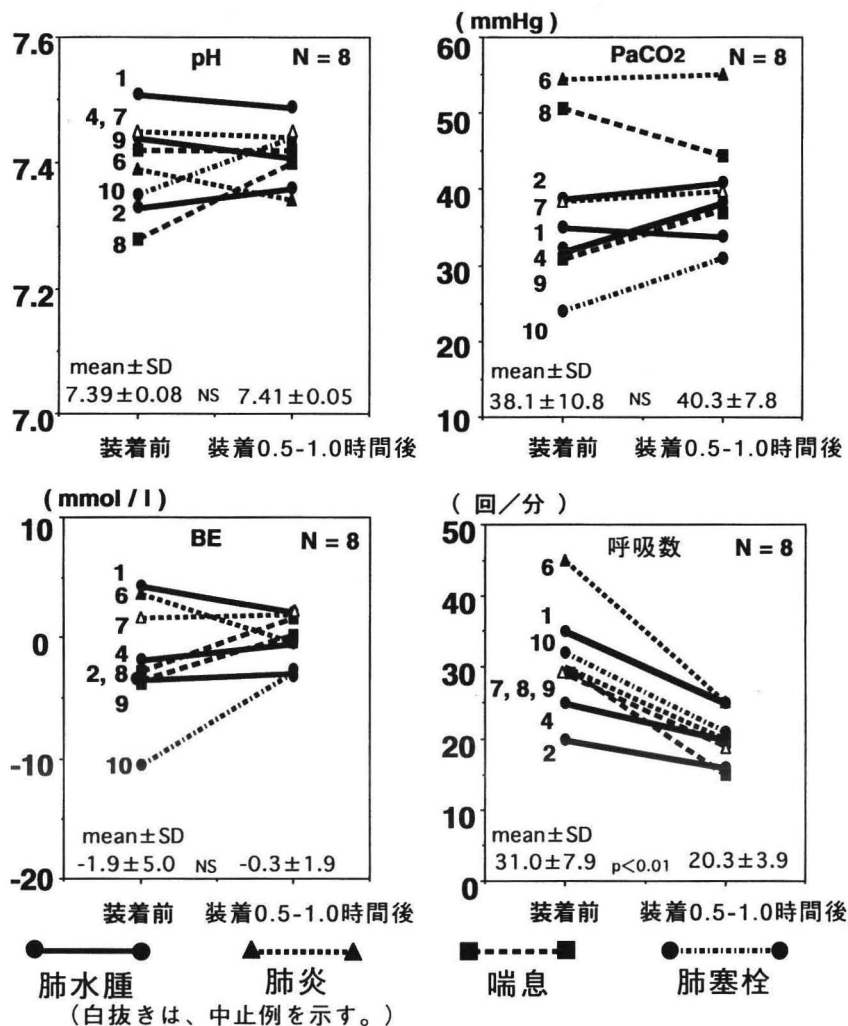


図1 コンパニオン335装着0.5~1.0時間後の呼吸パラメータの変化
 図中の番号は、表1の症例番号を示す。また、各パラメータのmean±SDは、中止例を除いた成功例の統計である。

よる圧迫感のため協力が得られず、プロトコルを断念せざるをえなかった。このような場合、適切な鎮静を行い、モニターやアラームを付けた人工呼吸器で呼吸管理すれば挿管せずに済むかもしれないと報告されている¹⁷⁾。しかし、鎮静をすればNIMVの利点なくなるため、われわれは、患者の協力が得られない場合は挿管をしている。NIMV中にマスクに耐えられない患者は意外に多く、Abou-Shalaらは約12%にみられると報告している¹⁵⁾。患者の顔に合うようにマスクのサイズが様々作られているが、マスクの圧迫感の緩和

はNIMVの成否の重要な要素である。今後、マスクの材質改善や患者の顔に合ったマスクの設定システムが必要と考えられる。

また、NIMVの治療効果は、基本的には呼吸仕事量軽減⁶⁾¹⁸⁾¹⁹⁾であり、呼吸仕事量増加以外の要因(肺炎、呼吸中枢不全など)による呼吸不全にはあまり治療効果がないと言われている¹⁷⁾。症例7のように一時的に種々のパラメータが改善してもその後肺炎が悪化するような場合には、NIMVの限界なのかもしれない。一方、高炭酸ガス血症を伴わない(PaCO₂ 45 mmHg以下)急

性呼吸不全患者にNIMVをした場合には挿管に至る例が多いと報告されている²⁰⁾。しかし、本研究の症例4, 10は、高炭酸ガス血症を伴わない患者であったが、挿管にいたらず呼吸不全を治療することができた。このような患者へのNIMVの適応については今後更なる検討が必要と考えられる。

本症例においてNIMVが中止された3例は、その後、挿管による人工呼吸管理による治療が有効であったように、NIMVの治療には限界があると考えられる。また、NIMVと挿管による人工呼吸管理のランダムイズド・スタディは、考慮されるべきだが、今回は、まだ、1) 症例のばらつきがあること。2) 急性呼吸不全患者でのNIMVの使用経験が浅く、I/EPAPの設定法など一定した方法がまだ確立していないといった理由のため行うことができる段階ではなかった。しかし、今回、一定程度の有効性があると考えられたことより今後、適応疾患や病態を考慮したうえでランダムイズド・スタディを行いたいと考えている。このように検討課題は残されるが、従来なら挿管が必要と考えられる急性呼吸不全にはNIMVの適応のあるものがあり、今後、有用な呼吸管理の一つと考えられた。

参考文献

- 1) Pingleton SK : Complications of acute respiratory failure. *Am Rev Respir Dis* 137 : 1463-1493, 1988
- 2) Stauffer JL, Olson DE, Petty TL : Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy : a prospective study of 150 critically ill adult patients. *Am J Med* 70 : 65-76, 1981
- 3) Fagon JY, Chastre J, Hance AJ, et al : Nosocomial Pneumonia in ventilated patients : a cohort study evaluating attributable mortality and hospital stay. *Am J Med* 94 : 281-288, 1993
- 4) Leger P, Jennequin J, Gaussorgues P, et al : Acute respiratory failure in COPD patients treated with noninvasive intermittent mechanical ventilation (control mode) with nasal mask. *Am Rev Respir Dis* 137 : suppl : 63, abstract, 1988
- 5) Meduri GU, Conoscenti CC, Menashe P, et al : Noninvasive face mask ventilation in patients with acute respiratory failure. *Chest* 95 : 865-870, 1989
- 6) Brochard L, Isabey D, Piquet J, et al : Reversal of acute exacerbations of chronic obstructive lung disease by inspiratory assistance with a face mask. *N Engl J Med* 323 : 1523-1530, 1990
- 7) Benhamou D, Girault C, Faure C, et al : Nasal mask ventilation in acute respiratory failure : experience in elderly patients. *Chest* 102 : 912-917, 1992
- 8) Meduri GU, Abou-Shala N, Fox RC, et al : Noninvasive face mask mechanical ventilation in patients with acute hypercapnic respiratory failure. *Chest* 100 : 445-454, 1991
- 9) Bersten AD, Holt AW, Vedig AE, et al : Treatment of severe cardiogenic pulmonary edema with continuous positive airway pressure delivered by face mask. *N Engl J Med* 325 : 1825-1830, 1991
- 10) Pollack CV Jr, Torres MT, Alexander L : Feasibility study of the use of bilevel positive airway pressure for respiratory support in the emergency department. *Ann Emerg Med* 27 : 189-192, 1996
- 11) Confalonieri M, Parigi P, Scartabellati A, et al : Noninvasive mechanical ventilation improves the immediate and long-term outcome of COPD patients with acute respiratory failure. *Eur Respir J* 9 : 422-430, 1996
- 12) 小西晃生, 浅原広澄 : 新しいCPAP装置, BiPAP-Sの換気補助としての応用. *ICUとCCU* 17 : 1001-1005, 1993
- 13) 小西晃生, 菊池恵子, 五十嵐孝 : CPAP装置, BiPAP-Sを用いた気管支喘息の管理. *ICUとCCU* 18 : 675-679, 1994
- 14) 渡海裕文, 土屋正彦, 臼井 宏 : 重度COPD患者の術後呼吸管理へのコンパニオン335の使用経験. *臨床麻酔* 20 : 1853-1855, 1996
- 15) Abou-Shala N, Meduri GU. Noninvasive mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *Crit Care Med* 24 : 705-

- 715, 1996
- 16) Ambrosino N : Noninvasive mechanical ventilation in acute respiratory failure. *Eur Respir J* 9 : 795-807, 1996
 - 17) Patric W, Webster K, Ludwig L, et al : Noninvasive positive-pressure ventilation in acute respiratory distress without prior chronic respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 153 : 1005-1011, 1996
 - 18) MacIntyre NR : Respiratory function during pressure support ventilation. *Chest* 89 : 677-683, 1986
 - 19) Carrey Z, Gottfried SB, Levy RD : Ventilatory muscle support in respiratory failure with nasal positive pressure ventilation. *Chest* 97 : 150-158, 1990
 - 20) Wysocki M, Tric L, Wolff MA, et al : Noninvasive pressure support ventilation in patients with acute respiratory failure. *Chest* 103 : 907-913, 1993
-