

□呼吸管理の工夫□

急性呼吸不全へ BiPAP 療法応用の実際とコツ

財 津 昭 憲*

ABSTRACT

An apparatus of bilevel positive airway pressure (BiPAP) works enough as a ventilator of a mode of continuous positive airway pressure (CPAP) with or without pressure support ventilation (PSV) in the management of the acute respiratory failure patient. The BiPAP starts with a face mask under the inspiratory pressure (IPAP) of 6 cmH₂O and the expiratory pressure (EPAP) of 4 cmH₂O when the patient has clear consciousness and cough reflex with expectorating power. The inspiratory oxygen fraction (FI_{O₂}) is controlled to indicate between 97 and 99% of the peripheral oxygen saturation (SpO₂). Then the EPAP is controlled to the maximum pressure to breathe out easily his expiration and the IPAP to the minimum pressure to feel satisfaction of pulmonary inflation. The BiPAP were effective when the patient feels immediately to breathe more comfortably after the BiPAP. The respiratory rate decreases and the SpO₂ increases within 30 minutes in the BiPAP effective patient. We have to basically control the extravascular lung water to normal level in the acute respiratory failure patient, as especially the BiPAP care is effective for the patient. When the BiPAP care is no effect for the patient, we have to change it to the traditional and ordinary respiratory management with the endotracheal intubation but without much expectation.

はじめに

BiPAP とは bilevel positive airway pressure の略称で、各呼吸の吸気相と呼気相との二相性に気道内圧調節する持続陽圧呼吸法のことである。吸気相を IPAP (inspiratory positive airway pressure) と呼び、呼気相を EPAP (expiratory positive airway pressure) と呼ぶ。睡眠時無呼吸症候群治療用の装置として BiPAP 装置は紹介されたが、むしろ、肺水腫による急性呼吸不全治療への臨床応用の可能性を追求した^{1)~4)}。BiPAP 装置とは持続陽圧気道圧法 (CPAP: continuous positive airway pressure) 装置に圧補助換気法 (PSV: pressure support ventilation) 機能を付加した人工呼吸器であるとの結論に到達した。

BiPAP 装置の概要

BiPAP 装置は、Respironics 社で開発された鼻マスク (nasal mask) で気道保持のため CPAP を付加し、さらに、換気を補助するために吸気相に圧補助機能 (プレッシャー・サポート) を持たせた補助人工呼吸装置である。睡眠時の意識低下による筋弛緩で引き起こされる上部気道の閉塞や狭窄による無呼吸発作、すなわち、末梢性睡眠時無呼吸症候群の治療用に開発された治療機器であった。米国では人工呼吸器として FDA の認可は取っておらないが、日本では人工呼吸器として厚生省から認可されている。

この装置はマスクでの使用を目的に開発された。呼吸回路は 1 本で、吸気弁も呼気弁もない。ただ、患者の口元に近い部分にリーク孔が開いているだけで、BiPAP 装置から吸気相と呼気相で

* 九州大学医学部附属病院救急部

それぞれ設定した圧力に加圧されたガスが供給され、常時この孔から排出されている。この孔の存在がこの装置の生命で、弁がないのに換気できる最大の理由でもある。リーク孔から先の患者側のガス空間は再呼吸される死腔となる。ゆえに、このリーク孔の位置と大きさが、この装置の最重要ポイントである。また、マスクで多少の空気漏れ（リーク）があっても作動する。（BiPAPを知らない医師はわざわざリーク孔のないコネクタに換えて使用するので甚だ危険である。）

日本国内では、最高圧が20 cmH₂Oの従来型BiPAP 20シリーズ装置の他に、BiPAP装置には最高気道内圧を30 cmH₂Oに改良し、より強力に調節人工呼吸も可能にしたBiPAP 30シリーズ装置も販売されている。さらに、近々、最高気道内圧40 cmH₂Oで、吸入気酸素濃度を一定に調節できる機種の本邦での販売が予定されているらしい。

1. トリガー

BiPAP装置は独特のアルゴリズムの吸気相と呼気相の検出トリガー法を持っている⁵⁾。

1) 呼吸トリガー……IPAPからEPAPへは、(1) 自発呼吸開始域値 (SET: spontaneous expiratory threshold) トリガー、(2) 最大吸気時間、(3) シェイプ・トリガー (shape trigger)、および、(4) フロー・リバーサル・トリガー (flow reversal trigger) の4つの検出方法がある。従来のBiPAP 20シリーズ装置では前2者のトリガーが装備され、BiPAP 30シリーズではそのすべてを装備している。そのうちの最も早いトリガーの作動で、吸気から呼気へ変わる。

(1) 自発呼吸開始域値 (SET) トリガー：回路内流量を持続サンプリングし、急激な流量低下が見られ始める流量値をSET値として決定する。以後、実際の回路内流量がSET値と一致する時点でIPAPからEPAPへ切り替わるトリガー法である。

(2) 最大吸気時間トリガー：リークが多過ぎてSET値やその他の方法でトリガーできない時に、最大吸気時間3秒で吸気を打ち切り、呼気に切り替える時間サイクルの吸気終了法である。

(3) シェイプ・トリガー：回路内流量のサン

pling値を300 msec遅らせ、10 l/min 下方にずらせてグラフ化したシェイプ・フロー（影の波形）を、IPAP開始後500 msecから描き始めると、吸気相では実際の回路内流量は常に微妙にシェイプ・フローより高い。しかし、呼気が始まれば逆にシェイプ・フローより低くなる。そこで、実測値とシェイプ・フロー値が同じになった時点と呼気開始点と認識させるトリガー法である。

(4) フロー・リバーサル・トリガー：通常の呼吸では吸気流量が一旦落ちると二度と上昇することはない。ゆえに、吸気相で一旦落ちた流量が再び上昇するのは新しい吸気ではなく、新しいリークの発生を意味する。そこで、吸気(IPAP)時の実測流量が落ち始める最高値を記憶させ、次に一旦落ちた流量が再び上昇し始める最小値を記憶し、次に、実測流量の上昇分が記憶された最高値と最小値の較差の10%以上となり、吸気(IPAP)状態にあるなら、この時点を超えて呼気終了として、IPAPをEPAPに切り替える方法がフロー・リバーサル・トリガーである。

IPAPからEPAPへの切り替わりは、新しくリークが発生した時には、SETトリガーよりシェイプ・トリガーの方が早く切り替わる。しかし、シェイプ・フロー・トリガーでも大量のリーク発生には同期出来ないので、フロー・リバーサル・トリガーが開発された。しかし、いずれのトリガーも作動せずIPAP状態が3秒経過すれば、自動的に最大吸気時間トリガーが作動して、吸気相(IPAP)から呼気相(EPAP)へ切り替わる。

2) 吸気トリガー……EPAPからIPAPへは、(1) フロー・トリガー (flow trigger)、(2) シェイプ・トリガー、(3) ボリューム・トリガー (volume trigger) の3つの方式が開発されている。従来のBiPAP 20装置シリーズではフロー・トリガーのみである。しかし、フロー・トリガーは鋭敏すぎる場合がある。そこでBiPAP 30シリーズでは微妙に感度を落としたシェイプ・トリガーとボリューム・トリガーの2方式に変更し、いずれか早く感知された方のトリガーが作動するように変更された。シェイプ・トリガーは頻呼吸に対して早く応答し、ボリューム・トリガーは安静呼吸時に早く応答する傾向がある。

(1) フロー・トリガー：30 msec 間隔での流量測定でリーク・ベースライン回路内流量より 40 ml/sec 以上増加したら吸気開始と認知するトリガー方式である。

(2) シェイプ・トリガー：前述の呼気トリガーするためのシェイプ・フローとは逆に、呼気相の回路内実測流量値を 300 msec 遅らせ、10 l/min 上方にずらせた呼気相のシェイプ・フロー曲線を描かせる。呼気相では常に回路内流量実測値がシェイプ・フローより微妙に低いが、吸気が始まると急激に高くなる。そこで実測流量値がシェイプ・フロー値と同じ値になった時点を超えて吸気開始として吸気トリガーを作動させ、EPAP から IPAP へ切り替えるトリガー方式である。従来のフロー・トリガー方式よりも、リークに左右され難い特徴がある。

(3) ポリューム・トリガー：患者の回路流量がリーク・ベースラインと一致してからの吸気流量の積算容量が 6 cc に達したら吸気開始と認識し、EPAP から IPAP へ切り替えるトリガー方式である。

2. BiPAP 装置の作動特性

1) IPAP > EPAP の設定なら二相性の BiPAP になるが、IPAP ≤ EPAP なら CPAP (=IPAP=EPAP) 状態となる。

2) IPAP, EPAP のそれぞれの設定最低圧は 3 cmH₂O の気道内陽圧である。

3) IPAP のみなら、吸気相に設定陽圧が掛かり、呼気相は 3 cmH₂O である。

4) EPAP のみなら、EPAP 設定値の CPAP 状態となる。

5) 吸気相と呼気相を見分ける独特のアルゴリズムのトリガーが組み込まれている。

呼気トリガー

- (1) 自発呼吸開始値 (SET) トリガー
- (2) シェイプ・トリガー
- (3) フロー・リバーサル・トリガー
- (4) 最大吸気時間 (3 sec)

吸気トリガー

- (1) フロー・トリガー (40 ml/sec/30 msec)
- (2) シェイプ・トリガー
- (3) ポリューム・トリガー (6 cc)

3. BiPAP 20 シリーズから BiPAP 30 シリーズへの改良点⁵⁾

1) 設定圧の範囲の拡張：最大設定圧を 20 → 30 cmH₂O へ引き上げた。これにより調節人工呼吸器としての換気駆動圧能力が高まった。

2) モーターの改良：モータースピードを固定型から可変型へ変え、設定圧が高い場合でも応答速度が遅くならないように改善された。

3) リモートコントロール DCP の一回換気量表示精度の改善：フローセンシングシステムを改良して、一回換気量表示精度を ±25% から ±15% へと精度が高められた。

4) トリガーの改良：(1) IPAP の早すぎるトリガーを微妙に抑え、自発呼吸への同調性を高めた。(2) 少々大きなリークができて、患者の呼気努力に応じて IPAP から EPAP へ切り替わる新しいトリガー方式を導入した。(3) リーク発生下の吸気トリガーは、緩徐な呼吸と頻呼吸では微妙に違ってくるので、患者の呼吸パターンによりマッチングするトリガー方式が自動的に選択される。

4. BiPAP の長所と欠点

BiPAP の長所は、1) CPAP/PEEP が付加できるので肺酸化能を改善できること、2) 圧補助換気 (PSV) で呼吸筋の疲労を軽減できること、3) 顔マスク、もしくは、鼻マスクによる非気管内挿管でも、重症呼吸不全の治療が可能となる、ゆえに、4) 患者は発声言語によるコミュニケーションが可能となる。BiPAP-ST モードでは、5) 設定時間内に自発吸気を感じ取れなければ、時間サイクルで強制呼吸を開始する。ゆえに、無呼吸患者に調節呼吸ができる。しかし、マスクによる強制換気では 15 cmH₂O 以上の急激な圧上昇は胃内へガスを送り込む危険性が高い。気管内挿管をすれば問題は解決するが、最早会話ができなくなる。6) 現在は回路内へ酸素を流し込むことで吸入気酸素濃度の調節が大まかにできる。ゆえに、酸素配管だけで圧縮空気配管設備のない一般病室でも使用可能である。

BiPAP 装置の短所は、1) 酸素濃度は流し込み酸素量と患者の換気量に依存するので、厳密な酸素濃度の調節は不可能で一定にはできない。リー

クが増えれば急激に酸素濃度が低下する。2) 20(もしくは30)cmH₂O以上の大きな換気駆動圧は得られないこと。ゆえに、肺水腫のように肺胸郭コンプライアンスが低い患者の補助呼吸は行っても、PEEP圧が高すぎるとPEEP調節人工呼吸で十分な換気を得るには換気駆動圧不足となる。調節人工換気なら従来からの人工呼吸器の方がよい。しかし、今年中には酸素濃度を厳密に調節可能で、最高気道内圧40 cmH₂Oの新機種の発売が予定されているらしい。

BiPAP装置が一般的な人工呼吸器と比べて優れている点は、少々の回路内リークがあっても、マスクだけで患者の自発呼吸に良くマッチングしたPEEP圧補助換気ができるマスクBiPAPが可能な点である。すなわち、気管内挿管せずに、マスクだけで重篤な肺不全患者の呼吸補助ができる¹⁴⁾ために、治療中も患者は自由に発声による意思伝達のコミュニケーションが可能なことである。また、圧搾空気がなくても回路内への酸素吹き込みだけで、吸入気の酸素濃度を調節できることである。

BiPAP法の種類

BiPAPには気道確保法で、1) 鼻マスク(Nasal mask)BiPAP、2) 顔マスク(Face mask)BiPAP、3) 気管内挿管(Endotracheal tube)BiPAPの3つの使用法が可能である。急性呼吸不全患者での第一選択は顔マスク法である。ある程度回復し、鼻呼吸が可能な患者ならば、より自由度が高く、スムーズな会話が可能な鼻マスク法に切り替える。しかし、顔マスク法で十分な呼吸不全の回復が見られず、10 cmH₂Oより高いEPAPを必要とするならば気管内挿管に切り替えるべきである。

マスクBiPAPの適応

BiPAPの利点が発声によるコミュニケーションを残したマスク補助呼吸のマスクBiPAPである。マスクBiPAPの適応は、PEEPを必要とする急性呼吸不全患者で、患者の意識が明瞭で、気道の自己浄化能を保持し、患者とのコミュニケーションの維持を優先させたい患者である。気道の

自己浄化能とは、誤嚥を防ぎ、喀痰を排出できる咳嗽反射と咳嗽力の保持を指す。PSVの圧レベルの調節で一回換気量の調節をすることで呼吸回数は調節できるが、動脈血CO₂レベルは患者に委ねられる。ゆえに、肺水腫で肺コンプライアンスが低下し、低酸素血症で頻呼吸となっているが、意識清明で、放置すればやがて呼吸筋疲労を起こす可能性のある急性呼吸不全患者に特に有効である。また、気管内チューブの早期抜管後患者の肺機能の維持回復に有効である。

マスクBiPAPの禁忌

逆に、マスクBiPAPの禁忌は、患者とのコミュニケーションを取るよりも生命の維持保全が優先される患者である。患者の意識レベルが低下しているので、あえてコミュニケーションを取る必要のない患者や、咳嗽反射や咳嗽力が低下して気道の自己浄化能が低下している患者では、先ず確実な気道確保が優先される。そのために気管内挿管をし、次いで気道吸引による人為的な咳嗽誘発で気道浄化を図る。さらに、嚴重な酸素濃度の管理下で強力なPEEP補助人工呼吸が適応となる。そのため、マスクBiPAPは禁忌で、気管内挿管BiPAPが必要になる。自発呼吸がなくなれば、Spontaneous (S) モードではEPAPで停止し、Spontaneous/Timed (S/T) モードでは吸気時間を設定できず、吸気時間200 msec以上の単なる従圧式調節人工呼吸(PCV: pressure control ventilation)となるので、BiPAP装置に固執する必要はなく、従来の強力な調節人工呼吸器で十分になる。

BiPAPの臨床効果

BiPAPが適応となる病態(図1, 2)であれば、その効果は30分以内に自覚的に呼吸困難感の改善として、また、他覚的にはSpO₂の改善、血液ガスの改善や胸部X線写真の好転として認められる。もし、30分経過しても改善が見られないならば、BiPAP装置やその他の人工呼吸器を使用しても呼吸機能の改善は先ず無駄と覚悟した方がよい。

呼吸管理法の選択

- 1) RR>30 回/分, $FI_{O_2}=0.21$ で $Pa_{O_2}<60$ mmHg or $Sp_{O_2}<90\%$ なら酸素投与。代謝性アシドーシスの進行の有無観察。
- 2) $FI_{O_2}\leq 0.4$ で管理する。～酸素中毒の予防
 $FI_{O_2}>0.4$ が必要なら PEEP ≥ 5 cmH₂O を付加する。
3 cmH₂O の PEEP はほぼ $FI_{O_2}=0.1$ の増加に相当する。
- 3) 呼吸筋疲労が来れば、換気補助 (PSV) を開始する。
- 4) $PIP\leq 25$ cmH₂O～barotrauma の予防
自発呼吸に同期した PSV は、最小駆動圧力で最大の一回換気量が得られる。
- 5) 無呼吸になれば、buck up 換気 (CMV) が必要

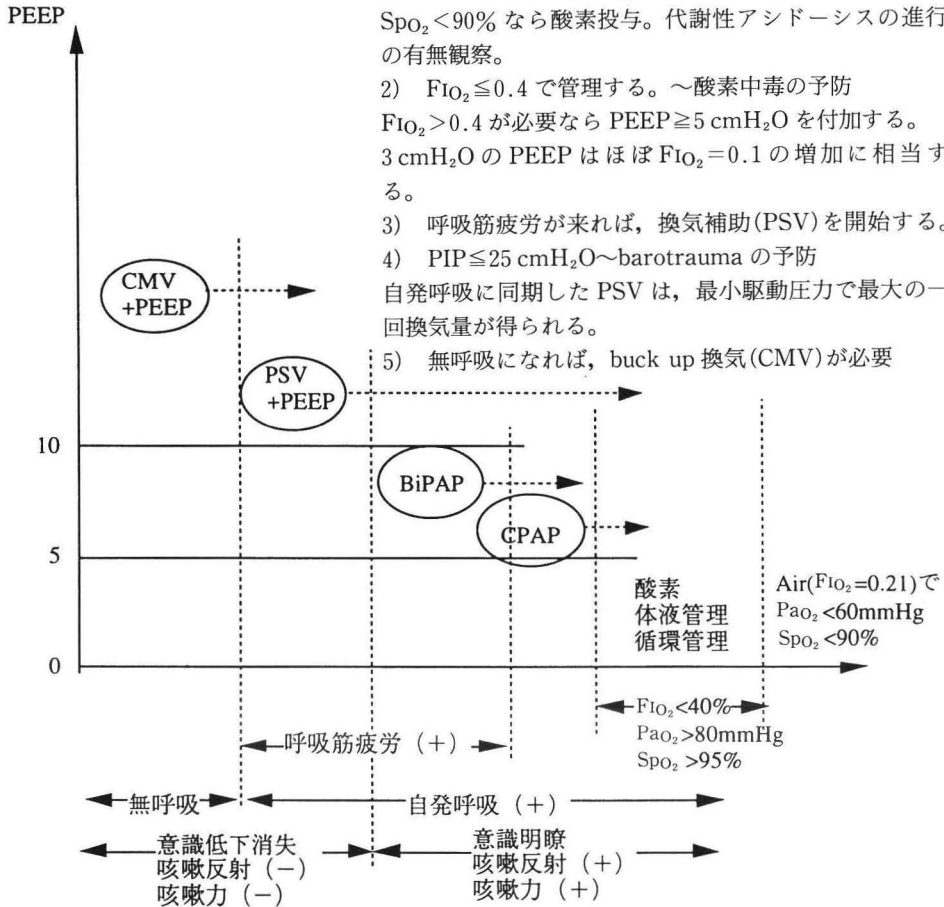


図 1 病態から見た BiPAP 療法の選択

BiPAP の使用の実際

急性呼吸不全患者を見かけたら、マスク BiPAP の適応条件 (表 1) を満たしているかを鑑別する。マスク BiPAP 適応条件を満たしていなければ、気管内挿管による一般的人工呼吸管理に移行する。

1) 開始の設定条件：さて、適応条件を満たせば、先ず顔マスク BiPAP で、IPAP=6cmH₂O, EPAP=4 cmH₂O, 自発呼吸 (Spontaneous) モードで開始する。器械が患者の吸気と呼気に同調しているかを確認する。リークが有りすぎると同調しない。SpO₂ が 97~99% を維持するように回路内に酸素を流し、その FI_{O₂} を測定する。

2) 患者モニターと設定条件の変更：次に、患

者に息が楽になったか質問する。顔マスク BiPAP が有効な患者は直ぐに「息が楽になった。」と答えるはずである。この時点で自覚的改善が感じられない患者の BiPAP の治療効果は薄いと考える方がよい。

呼吸回数と SpO₂ のトレンドを参考に、患者に息は「吸い足りないか?」、「吐き難いか?」質問しながら、患者の最も呼吸しやすい IPAP レベルと EPAP レベルを見つけだす。IPAP レベルは吸気補助の最高気道内圧で一回換気量を増やすため付加するものである。「吸気満足感が感じられる最小値」で止めること。EPAP レベルは肺酸素化能を改善するために付加する PEEP 圧で、EPAP レベルが高すぎると「息を吐き出し難い。」と言うので、「息が吐き出しやすい領域の最

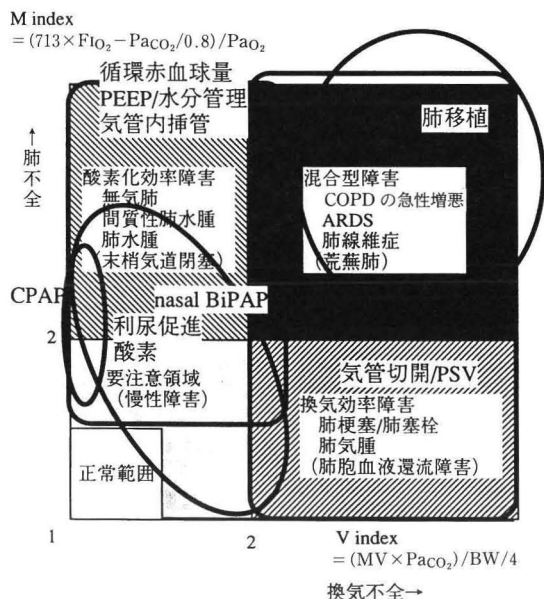


図2 血液ガス分析から急性呼吸不全の治療とBiPAP療法の適応

咳嗽反射や咳嗽力のある気道の自己浄化能を保持しているなら、肺酸化不全指数 $M\ index = (713 \times FiO_2 - PaCO_2 / 0.8) / PaO_2 = 1.5 \sim 2.5$ 、換気効率不全指数 $V\ index = (MV \times PaCO_2) / BW / 4 = 1.0 \sim 2.5$ の範囲内ならBiPAP療法の適応範囲内と考える。

BiPAP療法には

- 1) 利点：声によるコミュニケーションが可能、かつ、肺酸化不全の治療が可能である。
- 2) 欠点：意識明瞭で、咳嗽反射と咳嗽力が必要である。気道内圧が高くなると、呑気する。
- 3) 注意：nasal maskで口から空気漏れする場合はface maskに交換する。呑気するようなら、気管内挿管で確実に気道を確保する。

M index : modified respiratory index, V index : ventilation index, MV : minute ventilation, COPD : chronic obstructive pulmonary disease, ARDS : acute respiratory distress syndrome

高値」で止めること。

3) 効果判定：顔マスクBiPAP開始30分後に、臨床効果を判定する。急性呼吸不全の改善が

あるなら、 SpO_2 トレンドは右肩上がりに上昇し、呼吸数トレンドは逆に右肩下がりに減少傾向を示す。改善が見られなければ、気管内挿管による一般的人工呼吸管理に変更すべきである。

4) BiPAPの継続：改善があれば、以後も定期的に改善度をチェックしながら、適宜、 $SpO_2 \geq 97\%$ 、 $ETCO_2 = 35 \sim 45\%$ 、呼吸数 ≤ 30 回/分を維持しながら、 FiO_2 レベル、IPAP レベル、EPAP レベルを下げながら、マスクBiPAPを続行する。

5) weaningの判定：顔マスクBiPAPが必要な間は、患者は顔マスクの装着を嫌がらないが、不必要になると顔マスク装着を嫌がる。顔マスク装着を嫌がり始め、 $IPAP \leq 5\ cmH_2O$ 、 $FiO_2 \leq 0.4$ で、 $SpO_2 \geq 97\%$ を維持できるならばネプライザ酸素マスクによる酸素吸入で様子を見る。しかし、 $SpO_2 = 90 \sim 96\%$ ならば鼻マスクBiPAPで経過観察がよい。経過観察中に呼吸数のトレンドが増加傾向を示し、40回/分以上の頻呼吸と SpO_2 のトレンドの低下傾向があるならば、再度顔マスクBiPAPに切り替えるか、または、気管内挿管による一般的な人工呼吸管理に切り替える。

6) BiPAP続行の断念：マスクBiPAPの適応条件を満たせなくなった場合、または、 $SpO_2 \geq 97\%$ 、 $ETCO_2 = 35 \sim 45\%$ 、呼吸数 ≤ 30 回/分を維持するのに、 $FiO_2 > 0.6$ 、 $EPAP > 10\ cmH_2O$ 、もしくは、 $IPAP \geq 20\ cmH_2O$ を必要とする場合、または、急性呼吸不全のマスクBiPAP管理を連続3日間以上となった場合は、気管内挿管による一般的な人工呼吸管理に切り替えるべきである。

7) フィルタの交換：空気は予想以上に汚れている。一般病棟なら3日ごと、クリーンなICUなら7日ごとにフィルタ交換することを原則にしたがよい。フィルタの目詰まりでモーターが焼け付くと高い修理代となる。こまめなフィルタ交換が肝要である。

急性呼吸不全の原因療法

BiPAP療法は対症療法である。低酸素血症による生命の危機を回避する一時的方便に過ぎな

表 1 マスク BiPAP の適応条件

1) 患者の意識が明瞭で、発声による患者意思伝達の必要があること
2) 気道内分泌物の貯留や気道内異物の進入に対して咳嗽反射があること
3) 咳嗽力が十分で喀痰の自己咯出が可能であること
4) 呼吸筋疲労があること、もしくは、その可能性があること
5) 肺酸素化能が悪化していること
6) BiPAP 装置装着後 30 分以内に自覚的にも他覚的にも改善が見られること
7) 3 日以内に weaning が可能なこと

い。根本治療が奏効するまでの時間稼ぎである。

急性呼吸不全における低酸素血症の原因は無換気虚脱肺泡や換気不全肺泡の存在である。末梢気道の閉塞や狭窄がその引き金となる。末梢気道の閉塞や狭窄は肺コンプライアンス減少による呼気終末肺容量(機能的残気量)の減少、末梢気道浮腫や気道内分泌物の貯留が原因である。煎じ詰めれば肺血管外水分量の過剰がその原因である。その根底には全身性もしくは肺局所の炎症反応に伴う肺血管透過性の亢進、もしくは、水分電解質平衡の失調による細胞外液の全身性過剰貯留の一分症として肺血管外水分の過剰が起こっている。肺血管外水分は細胞外液に属する体液である。ゆえに、急性呼吸不全の根本治療は循環血液量を維持しながら、全身の細胞外液量を脱水気味に維持することである。

急性呼吸不全の根本治療(図2)は、肺血管外水分量が正常化し、酸素化が回復するまで、1) 水分電解質管理と強制利尿や持続血液濾過透析で軽度脱水状態になるまで細胞外液の強制排泄につとめること、ただし、2) 末梢循環不全が起こらないように、循環血液量は維持せねばならない。3) 血管透過性亢進状態がある場合は、濃厚赤血球輸血で循環維持につとめながら、血小板補充を血管内皮の修復まで続け、DICの原因治療をすること。4) 肺炎などの局所性疾患があれば原因治療を徹底すること。

おわりに

BiPAP 装置は意識があり、咳嗽反射と咳嗽力がある急性呼吸不全患者が適応である。調節人工

呼吸器としては強力ではないが、補助呼吸装置としては抜群で、急性呼吸不全の治療に素人でも十分に使用できる。適応が正しければ、その効果は装着直後から 30 分以内に現れ、自覚的に呼吸が楽になり、他覚的には SpO₂ の改善、呼吸数の減少、血液ガスの改善も見られる。かなり重症な呼吸不全でも、マスクでの治療で十分で、挿管の必要がないので会話が可能である。このマスクだけで急性呼吸不全の治療ができるのは患者にとって福音である。

参考文献

- 1) 財津昭憲：nasal BiPAP. 集中治療 4(9)：1021-1031, 1992
- 2) Sabangan JS, Pennock BE, Crawshaw LM, et al：BiPAP ventilatory support as an alternative to intubation and mechanical ventilation (abstract). 1991 international conference. Am Rev Respir Dis 143(4-suppl)：A 694, 1991
- 3) Simonds AK, Elliott MW：Use of the BiPAP ventilator for non-invasive ventilation：Advantages and limitations (abstract). 1991 international conference. Am Rev Respir Dis 143(4-suppl)：A 585, 1991
- 4) Kramer N, Meyer TJ, Meharg J. et al：Randomized, prospective trial of noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. Am J Respir Crit Care Med 151(6)：1799-1806, 1995
- 5) フジ・アールシー (株) BiPAP 30 シリーズ説明書：BiPAP 20 シリーズから BiPAP 30 シリーズへの改良点