

COPD 急性増悪の呼吸管理

榎原利博¹⁾・長谷川隆一^{2) 3)}・近藤康博¹⁾

キーワード：COPD 急性増悪、換気血流不均衡、酸素療法、NPPV、侵襲的人工呼吸

要 旨

慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease : COPD) 急性増悪では、気道抵抗の上昇による急激な換気血流不均衡の悪化と呼吸筋疲労で低 O₂ 血症と高 CO₂ 血症が生じる。呼吸管理の目的は、①低酸素血症の防止、②呼吸仕事量の軽減と呼吸筋疲労の改善、である。従って呼吸管理は酸素療法と補助換気療法が中心となる。酸素療法は SpO₂ 88～92% を目標とした「調節酸素療法」を行い、高 CO₂ 血症の危険を最小限とした酸素投与を行う。適切な酸素療法を用いてもガス交換障害が遷延または進行するときは、補助換気療法を行う。COPD 急性増悪に対しては“NPPV”が第1選択となる。NPPV は気管挿管を回避し、死亡率を低下させ、入院期間を短縮する。NPPV の継続にはスタッフの関わりや鎮静法の工夫などのケアが鍵となる。NPPV で改善しない或いは NPPV 禁忌の症例、また初めから重篤なガス交換障害を伴う症例などでは気管挿管し侵襲的人工呼吸管理 (invasive mechanical ventilation) を施行する。侵襲的人工呼吸からの離脱では NPPV を用いて早期拔管を行うと死亡率や気管切開率が低下し、人工呼吸時間が短縮する。

I. はじめに

COPD 急性増悪では、気管支拡張薬の吸入療法といった薬物療法に加え、酸素療法と換気補助療法を用いた呼吸管理が重要である。後者は特に、非侵襲的陽圧換気 (non-invasive positive pressure ventilation : NPPV) が中心であり、NPPV に習熟した施設においては一般に気管挿管し侵襲的人工呼吸管理 (invasive mechanical ventilation) に至る症例は少ないとされる¹⁾²⁾。本稿ではエビデンスを踏まえつつ、実際の呼吸管理法について概説する。

II. 呼吸管理の基本となる生理学^{3)～6)}

- COPD 急性増悪におけるガス交換障害は、換気血流不均衡や肺胞低換気によって生じる。

- 気流閉塞の増悪による動的過膨張 (dynamic hyper-inflation) および内因性 PEEP により呼吸仕事量が増大し、呼吸筋疲労が生じる結果、換気量の増加で代償できず高 CO₂ 血症と呼吸性アシドーシスが生じる。

1. COPD における低酸素血症

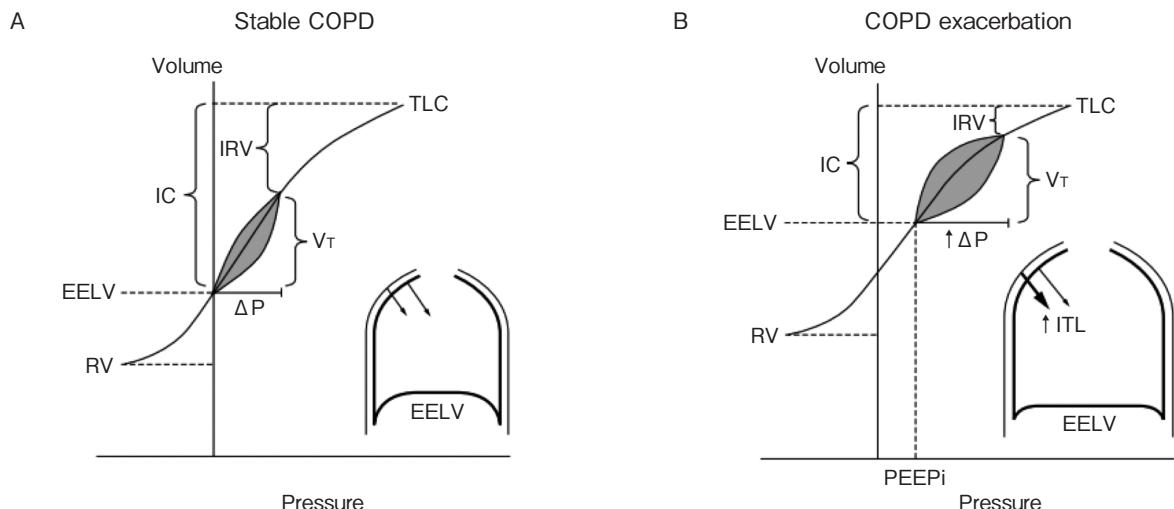
COPD では病状の進行に伴い、換気 / 血流不均衡が悪化する。これは気腫化など肺の構造変化が生じ、死腔換気が増大することによる³⁾。

安定期の COPD においては換気量を増やすことにより死腔換気量の増加を補っている。しかし COPD 急性増悪では、炎症による気道粘膜の浮腫や分泌物の増加、気管支の spasm などにより気道抵抗が増加し、換気 / 血流不均衡の急激な悪化を来す。また負荷が増大して呼吸筋が疲労し、肺胞換気量を増加させることが困難となり高 CO₂ 血症を合併してくる (後述)。この高 CO₂ 血症は PACO₂ (肺胞気 CO₂ 分圧) の上昇をもたらし、PAO₂ (肺胞気 O₂ 分圧) を下げ、酸素化をさらに悪化させる。

1) 公立陶生病院呼吸器・アレルギー内科

2) 公立陶生病院救急部

3) 愛知医科大学病院高度救命救急センター



(文献5より引用)

Fig. 1 Mechanical effects of COPD exacerbation

At exacerbation of COPD, worsening expiratory flow limitation results in dynamic hyperinflation with increased end expiratory lung volume (EELV) and residual volume (RV). Corresponding reductions occur in inspiratory capacity (IC) and inspiratory reserve volume (IRV). Total lung capacity (TLC) is unchanged. As a result, tidal breathing becomes shifted rightward on the pressure-volume curve, closer to TLC. Mechanically, increased pressures must be generated to maintain tidal volume (VT). At EELV on COPD exacerbation, intrapulmonary pressures do not return to zero, representing the development of intrinsic positive end expiratory pressure (PEEPi) which imposes increased inspiratory threshold loading (ITL) on the inspiratory muscles (inset).

2. 呼吸筋疲労と高CO₂血症・呼吸性アシドーシス

急性増悪時の気流閉塞は、肺の動的過膨張を引き起す。過膨張状態での換気は吸気筋への負担が大きく、これもまた呼吸仕事量の増大をもたらす。同時に呼気終末でも肺が機能的残気量位まで縮まず、高い内因性PEEPが発生する。高い内因性PEEPの存在下では、この圧を上回る呼吸筋の活動により吸気を行わなければならなくなるので、呼吸仕事量は一層増大する (Fig.1)。

このように増大した呼吸仕事量による呼吸筋疲労と、肺の過膨張状態では十分な吸気が行えない。その結果生じた高CO₂血症と呼吸性アシドーシスは、細胞内のpHを下げ呼吸筋の張力を低下させるという悪循環を招くのである^{3,5)}。

III. 酸素療法

- 酸素投与は組織低酸素を防止するため速やかに行うが、過剰になると予後を悪化させる⁷⁾。
- 調節酸素療法によりできるかぎり高CO₂血症を防止する。目標SpO₂は88～92%^{1,7)}。

1. 目的・適応

酸素投与は、低酸素血症による重篤な組織低酸素を防

止するために行われる。酸素投与によりPaO₂とSaO₂が上昇し、呼吸困難感が軽減する。通常急性呼吸不全ではPaO₂ < 60mmHgまたはSaO₂ < 90%を基準として酸素投与を開始するが^{2,8)}、COPDにおいては高CO₂血症となる危険性が高い(CO₂ナルコーシス)ため、SpO₂ < 88%を酸素投与開始の基準とするほうが良いと考えられる^{1,7)}。

2. 酸素投与による高CO₂血症の原理

酸素投与による高CO₂血症の原因は以下のように考えられている^{6~7)}。

a) 換気 / 血流不均衡の悪化

換気の低下した部位では、肺胞気O₂分圧の低下による低酸素性血管収縮が生じ、肺動脈血流が低下して換気 / 血流不均衡を是正している。しかし酸素吸入により肺胞気O₂分圧が上昇するとこの代償は失われ、換気 / 血流不均衡はむしろ悪化するとされる。

b) 換気ドライブの抑制

慢性高CO₂血症のある患者では、換気ドライブは主に低酸素性刺激により行われている。そのため酸素吸入により換気ドライブが抑制される。

c) その他

他に酸素吸入によりヘモグロビンと結合できるCO₂

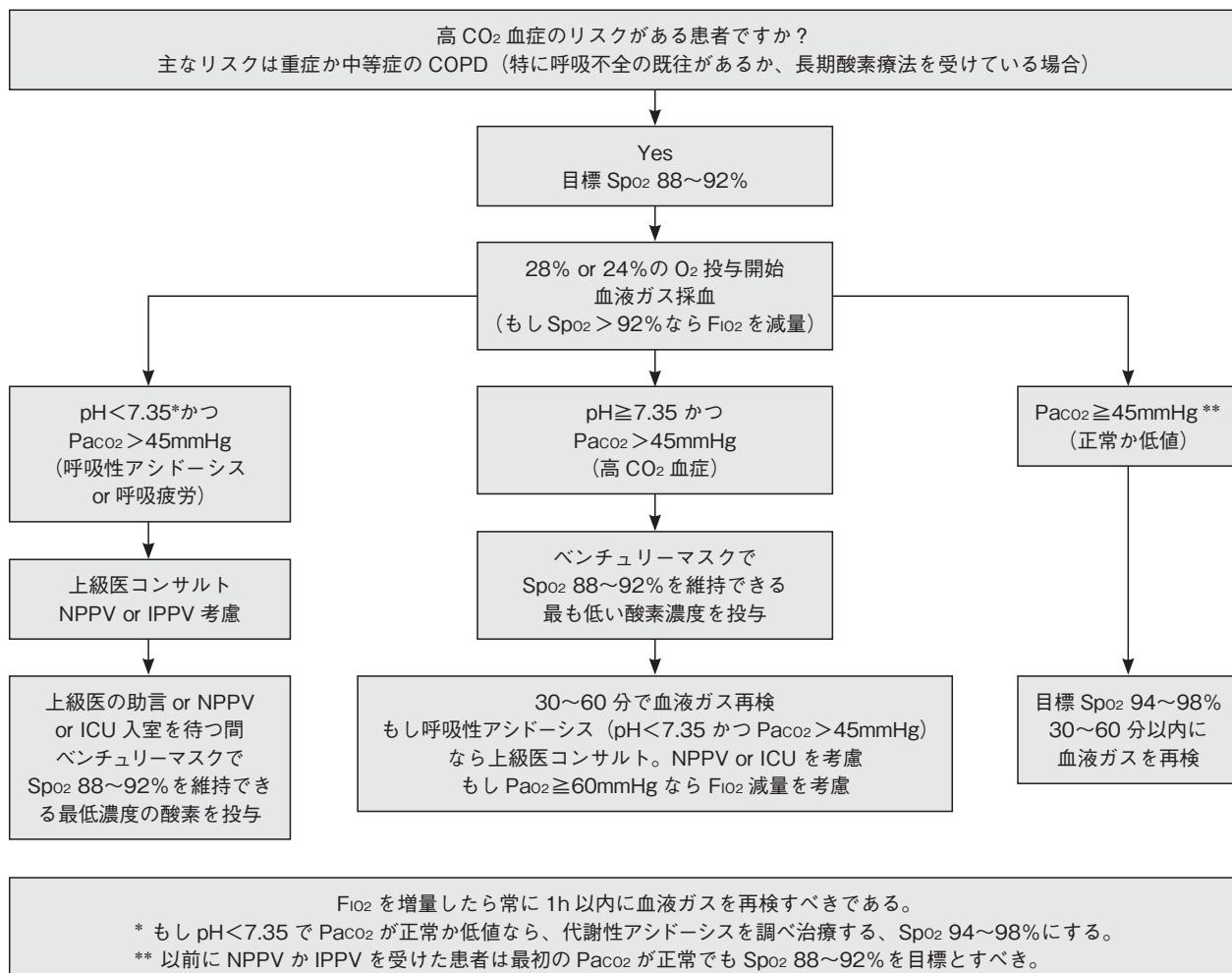


Fig. 2 Oxygen therapy for exacerbations of COPD (文献7より引用)

が減少し、Paco₂が上昇するHaldane効果や、吸収性無気肺が生じることも原因と考えられる。

3. 酸素投与の方法

日本の「COPDガイドライン」「酸素療法ガイドライン」では目標SpO₂を90%以上（あるいは88%以上）とした酸素投与を推奨している^{2,8)}。一方、英国胸部疾患学会（BTS）が2008年に発表した酸素療法ガイドラインでは、過量酸素投与による高CO₂血症と呼吸性アシドーシスの危険性を示したいくつかの報告⁹⁾をもとに、COPD患者に対する目標SpO₂を88～92%とした⁷⁾。その後プレホスピタルでの調節酸素療法（目標SpO₂ 88～92%、鼻カニュラ）と高流量酸素（マスク8～10L）を比較したランダム化比較試験（RCT）で、調節酸素療法群において呼吸不全による死亡、呼吸性アシドーシス、高炭酸ガス血症のリスクが有意に下がると報告

され¹⁰⁾、最新のGOLD COPDグローバルストラテジーにおいても目標SpO₂は88～92%とされている¹⁾。

従来重篤な低酸素血症を放置してはならないことが強調されてきたが、酸素投与の危険性も十分認識して、酸素療法を行う必要があると考えられる。

4. 酸素療法の実際⁷⁾

目標SpO₂を88～92%として低濃度から酸素投与を開始する。理想的には吸入気のF_{IO2}を規定できるベンチュリーマスクを用い、F_{IO2}24%あるいは28%で開始する。ただ、ベンチュリーマスクは取り扱いがやや煩雑なことや、患者の忍容性の問題もあり鼻カニュラによる酸素投与が行われることも多い。鼻カニュラは吸入気のF_{IO2}を規定することができないため、精密流量計を用いて微量な流量調節を行う場合もある。BTSのガイドラインにおける調節酸素療法を示す（Fig.2）。

COPD 急性増悪では重篤な低酸素血症があっても中等量までの酸素投与で改善することが多く、高濃度の酸素を必要とする場合は、肺炎、肺塞栓、気胸などの合併も考慮する¹¹⁾。高濃度酸素が必要な場合は流量 5 L 以上で顔マスクやさらに高流量のリザーバー付きマスクを使用するが、この場合は換気補助療法への移行を考慮する。

最近日本でも使用可能となった加温・加湿付き高流量鼻カニュラは、最大 60L/ 分までの高流量酸素を 21 ~ 100% の F_{IO_2} で規定して投与することができ、顔マスクよりも快適性が高く、PEEP 効果も期待できるところから、今後有用なデバイスになると思われる^{4, 12)}。

IV. 換気補助療法^{1, 2, 13)}

- 呼吸性アシドーシスが認められる場合は換気補助療法を考慮する。
- 換気補助療法の目的は、呼吸仕事量を減じて呼吸筋疲労を改善すること。
- NPPV が第 1 選択。
- 軽めの PEEP により auto PEEP を相殺する。
- 重症例や NPPV で改善しない症例では侵襲的人工呼吸療法を行う。

1. 換気補助療法の適応・原理

COPD の急性増悪に対して十分な薬物療法や酸素療法を行っているにもかかわらず、呼吸状態が改善しない場合には換気補助療法の適応となる。具体的には調節酸素療法を行っても $\text{Paco}_2 > 45 \text{ mmHg}$ 、 $\text{pH} < 7.35$ の呼吸性アシドーシスが進行する場合や呼吸困難および頻呼吸が持続する場合には換気補助療法を行う^{1, 2)}。また外部からの PEEP は、気道抵抗を下げて内因性 PEEP を打消し、吸気トリガーを改善させる（カウンター PEEP）。

換気補助療法には NPPV と侵襲的人工呼吸があるが、NPPV は気管挿管を防ぎ死亡率を改善させる強いエビデンスがあるため^{1, 13~14)}、禁忌がなければまず NPPV を実施するべきである。

V. NPPV

- COPD 急性増悪に対する NPPV 使用は、気管挿管を回避し、死亡率を低下させる強いエビデンスをもつ。

1. エビデンス

NPPV は COPD 急性増悪に対する数件の無作為対照

Table 1 Indications to NPPV

- 呼吸補助筋の使用、奇異性呼吸を伴う呼吸困難
- $\text{pH} < 7.35$ かつ $\text{Paco}_2 > 45$ を満たす呼吸性アシドーシス
- 呼吸回数 > 25 回 / 分

(文献 2 より引用)

Table 2 Contraindications to NPPV

- 呼吸停止、または極端に呼吸循環動態が不安定な患者
- 患者の非協力
- 気道確保が必要
- 頭部・顔面または胃・食道の手術直後
- 頭部・顔面の外傷または変形

(文献 2 より引用)

試験で検討されており、成功率は一貫して 80 ~ 85% となっている。NPPV の使用において最も大きな点は、保存的治療に比較して死亡率、挿管率が明らかに低下することである¹⁾。

例えば 758 人を対象としたメタアナリシスで、呼吸性アシドーシスを伴う COPD 急性増悪に対する NPPV 使用は、保存的治療（薬物療法 + 酸素療法）に比較して死亡率（11% vs 21%）、挿管率（16% vs 33%）、治療失敗（20% vs 42%）に関して有意に良い結果であった。また入院期間や院内肺炎などの合併症も軽減し、これらの結果は $\text{PH} 7.30 \sim 7.35$ の中等症群でも $\text{PH} < 7.30$ の重症群でも同等に認められた¹⁴⁾。

また重症の COPD 急性増悪における NPPV と侵襲的人工呼吸を比較した RCT では、NPPV 群と侵襲的人工呼吸群で死亡率に有意差はなかったものの、NPPV 群のうち 47% で挿管を回避でき、挿管を回避できたものでは有意に死亡率が改善した¹⁵⁾。この報告では NPPV から挿管となった群においても安全に侵襲的人工呼吸に移行できており、NPPV を優先して施行することに問題はないといえよう。

2. 適応

COPD 急性増悪に対する NPPV の適応基準および除外基準を表に示す (table 1, table 2)。一般に NPPV は経験を重ねてゆくと成功率が上がる事が示されており¹⁶⁾、初めは軽症例から導入し徐々に症例数を増やして重症例へ広げてゆくのが望ましい。

Table 3 Initial settings of NPPV for exacerbations of COPD

IPAP の設定
●導入は 8～10cmH ₂ O で開始し、患者の快適さ（呼吸困難や呼吸補助筋の使用の程度）、次いで PaCO_2 、一回換気量、呼吸数を参考に設定を変更する。
・ PaCO_2 は、まず 5～10cmHg 程度低下することを目標
・ PaCO_2 の最終的な目標は、呼吸不全前の安定期の値
・1 回換気量は 6～10mL/kg を目標
EPAP の設定
●基本的には 4 cmH ₂ O のままでよい。
・酸素化が不十分→PEEP 効果を期待して上げる
・トリガーがうまくかからない場合、試しに 4→6→8 cmH ₂ O と変化させ、トリガーが改善すればその値に変更

(文献 13 より引用)

また意識障害を有する症例では、通常 NPPV は適応とならないが、明らかに高 CO_2 血症に伴う CO_2 ナルコーシスが原因の場合は NPPV の効果で意識障害の改善を得られるので用いてもよいとされる¹⁷⁾。

3. NPPV 使用の実際¹³⁾

リーク補正機能やトリガーの感度、マスク・回路の取り回しなどを考慮し、できるだけ NPPV 専用器を用いる。モードは S/T モードを用い、気道内吸気陽圧 (inspiratory positive airway pressure : IPAP) は 8 cmH₂O、気道内呼気陽圧 (expiratory positive airway pressure : EPAP) は 4 cmH₂O から開始する。 FiO_2 は $\text{SpO}_2 > 90\%$ を維持するできるだけ低い値に設定する (table 3)。

その後は患者の快適さ（呼吸困難や呼吸補助筋使用の程度、ボルグスケール）、 PaCO_2 、一回換気量、呼吸数を参考に設定を変更するが、継続には患者の受け入れが重要なので、医療スタッフの観察や励ましが重要である。

4. NPPV 中のモニタリング

$\text{pH} < 7.30$ の重症例は ICU での管理が望ましい^{4,18)}。NPPV 失敗の予測因子は 1～2 時間後に呼吸性アシドーシス、呼吸数の改善がないこととされており、開始後は悪化のサインを見逃さないようにモニタリングする必要がある¹⁸⁾。項目としては、 SpO_2 を含む生体モニターの装着および血液ガスなどの呼吸パラメーター、更に NPPV ならではのマスクフィッティングと顔面の

皮膚障害、呼吸困難を測るボルグスケール、空気嚥下による腹満などがあるが、漏れ無くモニタリングされるようチェックリストを用いて記録するとよい。

一般に PaCO_2 については血液ガスで確認するが、「経皮 CO_2 モニター」を用いると、リアルタイムで CO_2 レベルの変化を観察できるのに加え採血回数を減らすのにも役立つ。

5. NPPV 使用時の鎮静

NPPV が継続不可能になる原因の多くは患者の受け入れ拒否や不穏による。そのため鎮静薬の投与が有用な場面がしばしばある。しかしプロポフォールやミダゾラムには舌根沈下や気道反射抑制作用があるため使用しにくい。

一方デクスマメトメジンは舌根沈下や気道反射抑制作用が少なく、呼吸抑制もほとんどない。さらに抗不安・抗不穏、鎮痛作用があることから、NPPV 中の鎮静として有用と考えられている¹⁹⁾。

6. NPPV の合併症

NPPV の合併症の多くはマスクトラブルによる局所の障害である。皮膚障害に対する対応としては、マスクのバンドを強く締め過ぎないこと（敢えてリークを残すように）、皮膚保護剤の使用、マスクタイプの変更が有用である。

気胸は稀に発生する合併症であるが（5%以下）、胸腔ドレーンを入れれば NPPV の継続は可能とされる。また腹部膨満による嘔吐・誤嚥も重大な合併症であるが頻度は高くなく（5%以下）、観察を主に行い、ルーチンで経鼻胃管を挿入する必要はない。

VI. 侵襲的人工呼吸管理

- ・初めから気管挿管、侵襲的人工呼吸が適応となる症例は少ない（10～15%）。
- ・侵襲的人工呼吸は救命率、人工呼吸器離脱率とも低くはない。
- ・ただし最重症 COPD に対しては、living will を尊重するなど慎重な判断を要する。

1. 適 応

COPD においては NPPV が換気補助療法の第 1 選択であるため侵襲的人工呼吸療法の適応は NPPV 治療失

Table 4 Indications for invasive mechanical ventilation

- NPPV が忍容できない、または NPPV に失敗
- 呼吸停止または心停止
- 呼吸停止（意識消失または息苦しさによるあえぎを伴うもの）
- 意識低下、鎮静によるコントロールが不十分な精神運動性興奮
- 大量の誤嚥
- 呼吸器分泌物を持続的に除去できない
- 心拍数 50/min 未満で、俊敏性に欠ける
- 血行動態が重度に不安定で、補液と血管作動薬に反応しない
- 重度の心室性不整脈
- NPPV が忍容できない患者において、生命を脅かす低酸素血症を認める場合

(文献1より引用)

敗、NPPV 不耐容、NPPV 適応除外の時である (table 4)¹⁾。

COPD 急性増悪に対する侵襲的人工呼吸では人工呼吸器離脱困難の問題があり、特に最重症の COPD 症例においてはその適応を慎重に判断する必要がある^{2,20~21)}。

一方 COPD に対する侵襲的人工呼吸の救命率について、急性呼吸不全を呈した多数の COPD 患者を対象とした研究では、院内死亡率は 17 ~ 49% と報告され、他疾患に比較してむしろ良好とされた¹⁾。また人工呼吸器からの離脱困難で気管切開となった COPD 増悪症例 95% が NPPV の使用により最終的に人工呼吸器を離脱できたという報告もある²²⁾。

これらの成績をもとにすれば、COPD に対する侵襲的人工呼吸の救命率や、人工呼吸器離脱率は決して悪くなく、いたずらに侵襲的人工呼吸を回避してはならないことがわかる。しかし長期予後はあまり期待できず、侵襲的人工呼吸から離脱できても QOL が大きく低下すると考えられる。従って、すでに QOL の低下している最重症の COPD 症例に対する侵襲的人工呼吸の適応は、患者や家族の希望、これまでの治療経過、増悪原因の改善見込みなどを考慮して総合的に判断すべきと思われる。

また NPPV が成功しなかった場合に気管挿管し侵襲的人工呼吸まで実施するのか、あるいは NPPV を最大限度の治療にするかについても、事前に患者や家族と十分に相談しておく必要がある。

2. 侵襲的人工呼吸療法の実際

- 換気様式は、ACV (assist-control ventilation)、同期型間欠的強制換気 (synchronized intermittent mandatory ventilation : SIMV)、圧支持換気 (pressure support ventilation : PSV) のいずれがより優っているというデータはないが、IPPV 導入初期には呼吸筋疲労の軽減と換気量の確保を目的に、ACV あるいは SIMV + PS (pressure support) モードを用いる場合が多い。
- 気道抵抗が高いため、従量式換気 (volume control ventilation : VCV) を用いた場合は最高気道内圧が高値となり、従圧式換気 (pressure control ventilation : PCV) を用いた場合は適正な換気量を得るのに高い吸気圧が必要となる。高い気道内圧による圧外傷を防ぐために、一回換気量を減じてある程度の高 CO₂ 血症は許容する。自発呼吸があると PCV や PSV の吸気圧を下げるができる場合があり、同調性が改善するように設定呼吸回数や PEEP 値、トリガーレベルを調節する。
- 呼吸筋疲労が著しいと効果的な自発呼吸が得られないため、鎮静レベルを上げて自発呼吸を抑制し、調節換気を選択する。
- FIO₂ は SpO₂ 90 ~ 92% を目標に、できるだけ低い値に設定する。
- トリガーは、内因性 PEEP によるミストリガーを防ぐために、より鋭敏な流量トリガーの方が望ましい。流量トリガーで 2 L/min あるいは圧トリガーなら -2 cmH₂O に設定する。
- 内因性 PEEP の 8 割程度の PEEP をかけることにより、呼吸仕事量の軽減が得られる。通常は 5 ~ 10 cmH₂O に設定するが、PEEP が高くなると肺の過膨張を来たしやすいので注意する。
- PSV では、呼吸数が 30 回以下となるように PS レベルを設定する。
- 内因性 PEEP に加えて人工呼吸の陽圧が負荷されることにより、侵襲的人工呼吸の導入時に一過性に血圧が低下する場合があるため、過換気を防ぎ、輸液負荷などで対応する。

3. 人工呼吸器離脱、抜管に関して

COPD 急性増悪時の侵襲的人工呼吸では weaning が問題となることが多く、人工呼吸時間の 60% が weaning にあてられるといわれる。これに対し、人工呼吸器離

脱困難な症例に対するNPPV使用や、抜管後の呼吸不全の予防にもNPPVの有効性が示されている。

12のRCTによるメタアナリシスにおいて、慢性的なCO₂貯留がある症例の急性増悪においては、自発呼吸テスト(SBT)をクリアしなくてもNPPV使用下に抜管することで、死亡率が相対危険度(RR)0.55、院内肺炎の発生率0.29、人工呼吸器使用期間-5.64日、気管切開の必要性RR0.16と有意な改善が見られた。再挿管率は通常のSBTをクリアしてのweaningと差がなかったと報告された²¹⁾。よってCOPD(あるいは高CO₂症例)において、気道確保困難、多量の分泌物、意識レベル不良などの悪条件がなければNPPVサポート下の抜管を試みてもよいといえよう。

また抜管後すぐにNPPVを使用することで抜管後の呼吸不全を防止できるかもしれないとの報告もある²³⁾。RCTにおいて抜管後NPPVを使用することにより、SBT施行時に高CO₂血症を示した群では抜管後呼吸不全の発生率が低かった。

しかし、呼吸不全が発生するまで待ってNPPVを使用すると死亡率が増加するというデータも示されており²⁴⁾、NPPVサポートがうまくいかない、またはNPPV使用前に重篤な呼吸不全が生じた場合は、無理せず挿管管理を考慮すべきであろう。

VII. その他の換気補助

最近の研究ではCOPD急性増悪を含むCO₂貯留を来す呼吸不全例に対し、ポンプを用いない体外式膜型肺(pumpless extracorporeal lung-assist:PECLA)を装着し、血中のCO₂を除去することで気管挿管を回避しうることが示されており²⁵⁾、現在欧州で臨床研究が行われている(<http://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT01422681>)。この体外循環を用いた膜型肺は、技術の進歩とともにインフルエンザ肺炎を始めとする重症呼吸不全症例への成績が向上しており、今後注目される呼吸補助手段といえよう。

VIII. まとめ

以上COPD急性増悪の呼吸管理について概説した。換気補助療法としてのNPPVは気管挿管を防止し、死亡率を改善させる。NPPVの成功はスタッフの習熟度に大きく左右されることから、NPPVに対する習熟度を高めることが、COPD急性増悪の呼吸管理において

重要だと強調して締めくくりたい。

本稿の全ての著者には規定されたCOIはない。

参考文献

- 1) GOLD日本委員会:慢性閉塞性肺疾患の診断、治療、予防に関するグローバルストラテジー 2011年改訂版(日本語版). http://www.goldcopd.org/uploads/users/files/GOLDReport2011_Japanese.pdf
- 2) 日本呼吸器学会 COPDガイドライン第3版作成委員会: COPD(慢性閉塞性肺疾患)診断と治療のためのガイドライン 第3版. 日本呼吸器学会、東京、メディカルレビュー社、2009.
- 3) 坪井知正:増悪時の呼吸管理(特集 COPD増悪に対する管理). 日胸臨. 2008; 67: 31-49.
- 4) American Thoracic Society, European Respiratory Society: Standards for diagnosis and management of patients with COPD. 2004. <http://www.thoracic.org/statements/resources/respiratory-disease-adults/copdexecsum.pdf>
- 5) O'Donnell DE, Parker CM: COPD exacerbations. 3: Pathophysiology. Thorax. 2006; 61: 354-361.
- 6) Rodriguez-Roisin R: COPD exacerbations. 5: management. Thorax. 2006; 61: 535-544.
- 7) O'Driscoll BR, Howard LS, Davison AG and British Thoracic Society: BTS guideline for emergency oxygen use in adult patients. Thorax. 2008; 63: S1-S68.
- 8) 日本呼吸器学会 肺生理専門委員会、日本呼吸管理学会 酸素療法ガイドライン作成委員会:酸素療法ガイドライン. 日本呼吸器学会、日本呼吸管理学会、東京、メディカルレビュー社、2006.
- 9) Plant PK, Owen JL, Elliott MW: One year period prevalence study of respiratory acidosis in acute exacerbations of COPD: implications for the provision of non-invasive ventilation and oxygen administration. Thorax. 2000; 55: 550-554.
- 10) Austin MA, Wills KE, Blizzard L, et al: Effect of high flow oxygen on mortality in chronic obstructive pulmonary disease patients in prehospital setting. BMJ. 2010; 341: c5462.
- 11) Schumaker GL, Epstein SK: Managing acute respiratory failure during exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. Respir Care. 2004; 49: 766-782.
- 12) Roca O, Riera J, Torres F, et al: High-flow oxygen therapy in acute respiratory failure. Respir Care. 2010; 55: 408-413.
- 13) 日本呼吸器学会 NPPVガイドライン作成委員会: NPPV(非侵襲的陽圧換気療法)ガイドライン. 日本呼吸器学会、東京、南江堂、2006.
- 14) Ram FS, Picot J, Lightowler J, et al: Non-invasive positive pressure ventilation for treatment of respiratory failure due to exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. Cochrane Database Syst Rev. 2004; 3.
- 15) G Conti, M Antonelli, P Navalesi: Noninvasive vs conventional mechanical ventilation in patients with chronic obstructive

pulmonary disease after failure of medical treatment in the ward. *Intensive Care Med.* 2002; 28: 1701-1707.

- 16) Elliott MW, Confalonieri M, Nava S : Where to perform noninvasive ventilation? *Eur Respir J.* 2002; 19: 1159-1166.
- 17) Díaz GG, Alcaraz AC, Talavera JC : Noninvasive positive-pressure ventilation to treat hypercapnic coma secondary to respiratory failure. *Chest.* 2005; 127: 952-960.
- 18) Nava S, Hill N : Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Lancet.* 2009; 374: 250-259.
- 19) Akada S, Takeda S, Yoshida Y, et al : The efficacy of dexmedetomidine in patients with noninvasive ventilation : a preliminary study. *Anesth Analg.* 2008; 107: 167-170.
- 20) Chandra D, Stamm JA, Taylor B, et al : Outcomes of non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease in the United States, 1998-2008. *Am J Respir Crit Care Med.* 2012; 185: 152-159.
- 21) Burns KE, Adhikari NK, Keenan SP, et al : Noninvasive positive pressure ventilation as a weaning strategy for intubated adults with respiratory failure. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010; 8.
- 22) Quinnell TG, Pilsworth S, Shneerson JM, et al : Prolonged invasive ventilation following acute ventilatory failure in COPD : weaning results, survival, and the role of noninvasive ventilation. *Chest.* 2006; 129: 133-139.
- 23) Ferrer M, Sellares J, Valencia M, et al : Non-invasive ventilation after extubation in hypercapnic patients with chronic respiratory disorders : randomised controlled trial. *Lancet.* 2009; 374: 1082-1088.
- 24) Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, et al : Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med.* 2004; 350: 2452-2460.
- 25) Kluge S, Braune SA, Engel M, et al : Avoiding invasive mechanical ventilation by extracorporeal carbon dioxide removal in patients failing noninvasive ventilation. *Intensive Care Med.* 07/2012; DOI:10.1007/s00134-012-2649-2 (Online first).

Respiratory care for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease (COPD)

Toshihiro SAKAKIBARA¹⁾, Ryuichi HASEGAWA^{2) 3)}, Yasuhiro KONDO¹⁾

¹⁾ Department of Respiratory Medicine and Allergy, Tosei General Hospital

²⁾ Department of Emergency and Intensive Care Medicine, Tosei General Hospital

³⁾ Advanced critical care center, Aichi Medical University Hospital

Corresponding author : Toshihiro SAKAKIBARA

Department of Respiratory Medicine and Allergy, Tosei General Hospital

160 Nishioiwa-cho, Seto-shi, Aichi, 489-8642, Japan

Key words : acute exacerbation of COPD, ventilation-perfusion mismatch, oxygen therapy, noninvasive positive pressure ventilation, intubated mechanical ventilation

Acute exacerbations of COPD are conditions with worsened ventilation-perfusion mismatch and muscle fatigue caused by marked airway resistance, and frequently bring hypoxic respiratory acidosis. The purpose of the respiratory care for acute exacerbations of COPD is ① correction of hypoxemia and ② relief of the respiratory muscle fatigue by decreasing respiratory workload. Therefore respiratory care for the patients with acute exacerbations of COPD mainly consists of oxygen therapy and assisted ventilation.

Oxygen therapy should be delivered to maintain target SpO_2 of 88-92% and avoid severe hypercapnia with careful titration of oxygen flow. The assisted ventilation should be considered when hypoxemia and/or severe respiratory acidosis are not corrected despite optimal medical therapy and oxygen administration. Noninvasive positive pressure ventilation (NPPV) is the first line treatment as assist ventilation for acute exacerbations of COPD. NPPV reduces the need for tracheal intubation and is associated with lower mortality and shorter hospital stay. For the success of NPPV, the key elements are comfortable patient care by trained medical staffs and relief of painful sensation by sedative agents. Then the decision to institute intubated mechanical ventilation should be based on when the patients fail NPPV, have any contraindications to NPPV or are in any other life-threatening situations. On the weaning from intubated mechanical ventilation, NPPV is also useful for the early extubation, the avoidance of tracheostomy, and decreases mortality of patients with acute exacerbations of COPD.