

## ●症例報告●

## 抜管後の排痰困難に対してポーテックス・イーザーパップを使用し再挿管を回避できた症例

高橋沙織<sup>1)</sup>・今野文子<sup>1)</sup>・西村 睦<sup>1)</sup>・佐藤淳子<sup>1)</sup>  
市川一誠<sup>2)</sup>・中根正樹<sup>2)</sup>・川前金幸<sup>2,3)</sup>

キーワード：EzPAP, NPPV, 排痰, 挿管回避

### 要 旨

症例：72歳の男性。僧帽弁置換術後第1病日で抜管したが、不随意運動が顕性化し、喀痰喀出困難な状態であったため術後第2病日に再挿管した。その後、不随意運動は消失し呼吸状態も改善したため、術後第6病日に抜管した。しかし、痰を喀出するための咳嗽で徐々に疲労が増し次第に痰が出せなくなり、酸素化が悪化したため非侵襲的陽圧換気（NPPV）を開始した。NPPV開始後も排痰は不可能であったため、NPPVの合間にポーテックス・イーザーパップ（EzPAP）を使用した間欠的 positive airway pressure（PAP）療法を導入した結果、徐々に排痰が可能となり、低酸素血症が改善し、翌朝にはNPPVを離脱できた。胸部レントゲン写真でも無気肺の改善が認められ、術後第12病日にICUから退室することができた。

結語：排痰不十分なNPPV症例は再挿管になりやすいが、看護師によるEzPAP療法により排痰促進と無気肺改善の両方の目的が達成され再挿管を回避することができた。

### I. はじめに

抜管後の排痰困難が患者の呼吸状態を悪化させる例は極めて多く、その治療として、気管支鏡による喀痰吸引、ミニトラック挿入、再挿管などの侵襲的な方法が選択されることが多い。石川ら<sup>1)</sup>は、咳嗽力が弱い症例は強い症例に比べ再挿管率が高かったことを報告しており、喉頭機能が低下していたり、咳嗽反射が弱い場合、すなわち気道クリアランス能力が低下している症例では呼吸不全リスクは高くなる。小児の無気肺に対するポーテックス・イーザーパップ（EzPAP：スミスメディカル・ジャパン）の効果を検討した論文<sup>2)</sup>はあるが、成人の報告例はほとんどない。今回我々は、抜管後に排痰困難に陥った非侵襲的陽圧換気（non-invasive

positive pressure ventilation：NPPV）施行中の患者に対して、NPPVを一時中断しEzPAPによる間欠的な気道陽圧（positive airway pressure：PAP）療法を行うことで痰の喀出が促され、再挿管を回避できた症例を経験したため報告する。

### II. 症 例

72歳、男性。感染性心内膜炎に対し僧帽弁置換術が施行された。既往歴は、17歳時に椎間板ヘルニア摘出術、31歳時に胃切除術、68歳時に大腸ポリープ切除術、69歳時に左尿管結石であった。喫煙歴は20本/日×45年で、術前のCT検査では軽度の気腫性変化が指摘されていたが、呼吸機能検査では一秒率67%と若干の低下を認めるだけで、運動耐容能には問題はなかった。

手術後に、気管挿管のままICUに入室し、プロポフォールとフェンタニルによる鎮静下に人工呼吸を開始した。バイタルサインは安定しており、術後第1病日に抜管したが、抜管後より右肩の不随意運動と構音障

1) 山形大学医学部附属病院 看護部 集中治療部

2) 同 集中治療部

3) 山形大学 医学部 麻酔科学講座

〔受付日：2012年9月12日 採択日：2014年2月25日〕

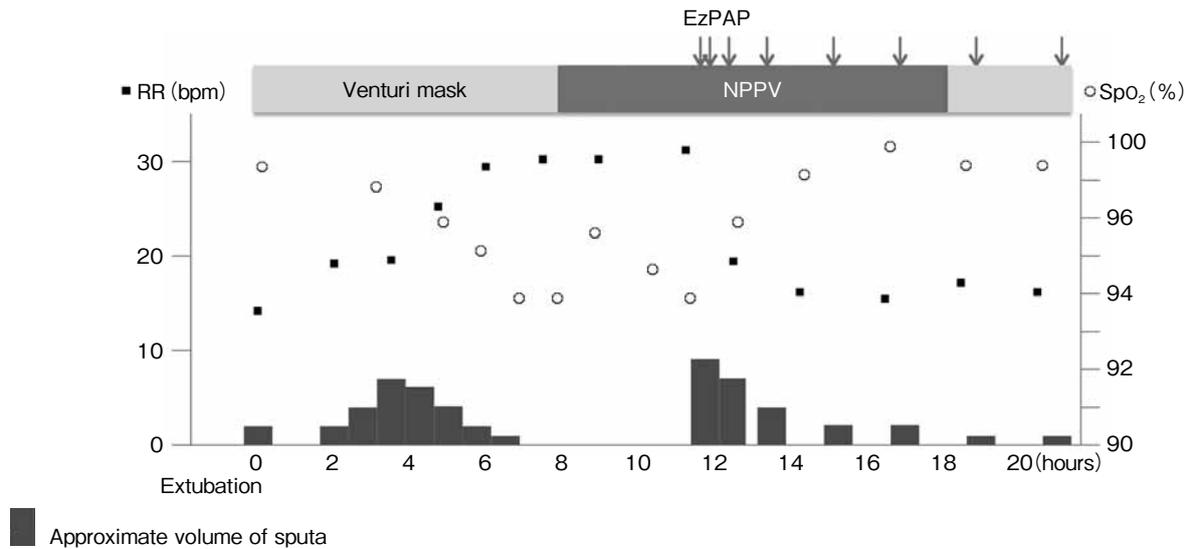


Fig. 1 Clinical course of the case shows changes of respiratory rate (RR), SpO<sub>2</sub>, and approximate volume of sputa. Successful improvement of respiratory condition was achieved after introducing EzPAP therapy.

害が顕性化し、喀痰喀出が困難となった。ベンチュリーマスク (FiO<sub>2</sub> 0.5、酸素 10L/分) による酸素投与で PaO<sub>2</sub> は 68Torr と酸素化が悪化し、PaCO<sub>2</sub> 33Torr と軽度の過換気を認めたため急性呼吸不全と診断され NPPV (V60、フィリップスレスピロニクス社) を導入した。Spontaneous/timed (S/T) モードで、FiO<sub>2</sub> 0.55、吸気気道陽圧 (inspiratory positive airway pressure: IPAP) 10cmH<sub>2</sub>O、呼気気道陽圧 (expiratory positive airway pressure: EPAP) 6 cmH<sub>2</sub>O の補助を開始した。しかし、術後第 2 病日に NPPV 補助下でも、PaO<sub>2</sub> 54Torr、SpO<sub>2</sub> 90% と低酸素性呼吸不全が進行したため再挿管し、FiO<sub>2</sub> 0.7 で人工呼吸を再開した。その後の頭部 CT 検査では多発する微量の脳内出血を認め、手術時の人工心肺による合併症が疑われた。

不随意運動は次第に減少し、術後第 5 病日には完全に消失した。FiO<sub>2</sub> 0.35 にて PaO<sub>2</sub> 150Torr (P/F 428) と酸素化能の改善も認められたため、術後第 6 病日に 2 回目の抜管を施行した。抜管後は発声が可能であり咳嗽反射も正常であった。抜管後の数時間は自己排痰できていて酸素化の悪化は認めなかった (Fig. 1) が、徐々に咳嗽による疲労感の訴えが強くなってきた。座位や側臥位での体位ドレナージュや呼気介助などの呼吸理学療法を行っても排痰困難な状態であり、呼吸筋疲労が主な原因と考えられた。気道内に分泌物が残存しており聴診によるラ音は消失しなかった。その結果、呼吸数 30 回/分前後の頻呼吸となり、ベンチュリー

マスク (FiO<sub>2</sub> 0.31、酸素 6L/分) で SpO<sub>2</sub> は 94% まで低下した (Fig. 1)。口鼻マスクを使用した NPPV 療法 (FiO<sub>2</sub> 0.35、IPAP 10cmH<sub>2</sub>O、EPAP 6 cmH<sub>2</sub>O) を導入したが、30 回/分前後の頻呼吸は改善しなかった。経鼻的にカテーテルで吸引を施行しても咳嗽はほとんどなく、喀痰喀出が全くできない状態であり、医師による気管支鏡や緊急ミニトラック挿入もしくは再々挿管を行わざるを得ない状況であった。そこで、EzPAP を使用した間欠的な PAP 療法の導入を試みた。EzPAP の使用方法は、NPPV を一時中断し、酸素 7~8L/分を使用しながらマノメータでの目標呼気終末陽圧 (positive end-expiratory pressure: PEEP) を 15cmH<sub>2</sub>O とし、マウスピースを使用した。1 回の施行時間は 1 分程度でまずは 5~6 呼吸を目安とし、およそ 1 分の休憩をはさみ、これを数回繰り返した。慣れてきたら 1 回に 10~15 呼吸とし、一連の排痰介助は 5~10 分で施行された。目標圧程度の PEEP を発生させるためにはゆっくりと呼出させる必要があるが、患者の協力が得られたため効果的に行うことができた。EzPAP を施行したところ、今まで全く痰の喀出ができなかった本症例が、誘発された咳嗽で排痰し、その後、大量の排痰に伴って気道が開通し深吸気ができるようになった。徐々に効果的な咳嗽が可能となり、排痰することで呼吸困難は消失し、呼吸数は 15~20 回/分と低下し、聴診上でのラ音は消失した。EzPAP による排痰介助終了後に NPPV を再開した。本人の希望を取り入れ 1~3 時間



A

Chest roentgenogram on the 6th postoperative day after extubation shows possible atelectasis mainly of the left lower lobe of the lung.

B

The atelectasis of left lung improved next morning after several attempts using EzPAP system to promote airway clearance and to improve atelectasis.

C

The atelectasis of the lower lobes improved bilaterally on the day of ICU discharge and the lung volume appeared increased on the film.

Fig.2 Chest roentgenograms of the patient during ICU stay.

ごとに排痰介助を行ったところ、その都度良好に排痰され、低酸素血症が進行することなく翌朝まで経過した (Fig.1)。NPPV 中はデクスメトミジン  $0.2\mu\text{g}/\text{kg}/\text{h}$  で持続静脈内投与を開始し Richmond agitation-sedation scale (RASS) を用いて RASS  $-1 \sim -3$  になるように適宜投与量を調整した。

EzPAP と NPPV 開始前の胸部 X 線写真 (Fig.2A) では、左横隔膜辺縁が不明瞭であり左肺下葉の無気肺が疑われたが、翌日朝 (Fig.2B) には明瞭化し、無気肺が改善し、両肺野の含気が増加していた。抜管後から翌朝までの水分バランスは  $-1,100\text{mL}$  であったが、夜間 NPPV 施行中の尿量は 10 時間で  $800\text{mL}$  と極端に多くはなかった。

抜管翌日の朝には NPPV を離脱でき、NPPV 施行時間は 10 時間であった (Fig.1)。ベンチユリーマスク ( $\text{FiO}_2$  0.4、酸素  $8\text{L}/\text{分}$ ) での酸素投与とし、EzPAP を使用しての排痰介助を継続しながら ADL 拡大を図ったところ、呼吸不全が再燃することなく、術後第 12 病日に ICU から退室することができた。退室日の胸部 X 線写真 (Fig.2C) では、左下肺野の透過性低下が改善し、含気が増加した。

### Ⅲ. 考 察

通常、喀痰の量が少ないか、多くてもそれに見合う咳嗽力があれば気道クリアランスは保たれるが、本症例は、排痰のための頻回の咳嗽によって疲労が増強さ

れ、また多少の無気肺が形成されたことにより、経過とともに排痰困難に陥ってしまったものと考えられた。このように気道分泌物が多い場合や痰の咯出が困難な場合、NPPV による呼吸管理は失敗しやすく<sup>3)</sup>、適応として適切ではない<sup>4)</sup>。抜管後の呼吸不全に対し NPPV を施行した場合、通常の酸素療法と比較してほとんど変わらない高い再挿管率を示し、死亡率も変わらないことが報告されている<sup>5)</sup>。より大規模な研究では NPPV 群で死亡率が上昇する可能性も指摘されている<sup>6)</sup>。長期気管挿管症例では呼吸筋力の低下や声帯機能不全などにより咳嗽が弱くなり、喀痰咯出力が低下し、これが呼吸不全へと進展させる原因になり得る。本症例においても、酸素化の低下に対し当 ICU で一般的に用いられる IPAP  $10\text{cmH}_2\text{O}$ 、EPAP  $6\text{cmH}_2\text{O}$  といった設定で NPPV を導入したが、NPPV 開始後に一時的な酸素化能の改善を認めたものの、喀痰排出が促進される様子は認められなかった。

NPPV の効果には、肺の酸素化能の改善、呼吸困難感の改善、呼吸仕事量の軽減、呼吸筋疲労の防止<sup>3)</sup> などがあるが、本症例では酸素化の補助と呼吸筋疲労軽減を目的に NPPV を導入した。しかし、NPPV を施行しても気道クリアランスが改善しなければ、本症例が呼吸障害を乗り越えることは不可能であった。通常、抜管後の排痰困難に対して吸入療法や呼吸理学療法が無効な場合、気管支鏡による喀痰吸引、モニトラック挿入、再挿管などの侵襲的な治療が選択されることが多いが、

本症例においては、PAP療法の一つであるEzPAPを施行したところ深吸気が可能となり、痰の自己喀出が促進され、無気肺の予防や治療を効果的に進めることができた。

EzPAPは簡便なCPAPシステムで、酸素などのガス源に接続し投与されたガス流量に対して約4倍の吸気流量が得られるような仕組みとなっている。すなわち、簡易CPAP装置の欠点である吸気流量不足を補う仕組みが用いられている。呼気時には、従来の簡易CPAP装置と同様にPEEPが発生する構造になっていて、マウスピースまたはエアシールの口鼻マスクで使用されるが、患者の協力が得られれば通常はマウスピースを用いる。成人に対するEzPAPの効果を報告している論文はほとんどないが、小児領域では、長い吸気を促すだけの呼吸補助装置であるIncentive spirometryよりも呼気陽圧を付加するEzPAPのほうが無気肺改善に効果がある<sup>2)</sup>と報告されている。EzPAPの使用方法は1日あたり2回から4回と様々である。その頻度は治療に対する患者の反応性によって左右されるが、少なくとも72時間ごとか、あるいは患者の状態に何らかの変化が生じた時には再評価すべきとされている<sup>7)</sup>。添付文書によると、PAP療法には絶対的禁忌は報告されていないが、呼吸仕事量増加による苦痛、頭蓋内圧上昇、食道手術後の使用、未治療の気胸、鼓膜損傷の危険、血圧低下などに注意することと記されている。本症例ではEzPAP使用時の目標PEEPを15cmH<sub>2</sub>Oとしたが、このような非常に高いPEEPを通常のインターフェイスによるNPPVで長時間用いることは、リークの問題、皮膚合併症、空気誤嚥の原因となるため注意が必要である。また、夜間、看護師だけの判断で一時的な人工呼吸設定の変更を行うことは危険を伴うため一般的ではない。EzPAPは看護師が施行可能な呼吸療法であるが、当院では、看護スタッフの技量によって効果が左右されたり、各勤務で継続した提供がなされなかったりといった課題があったため、現在は、EzPAPの使用方法を明確にしたシート (Table 1) を各ベッドサイドに配置し、医師がカルテの指示欄に記入することで、看護スタッフが統一して取り組むことが可能になっている。

EzPAPは無気肺の予防と治療を目的に施行される呼吸療法であり、痰の喀出が促進された理由を疑問に思う人がいるかもしれないが、我々はこのメカニズムを以

Table 1 Instructions for ICU nursing staff to use EzPAP system in our hospital.

### EzPAP の使用方法について

#### ①開始時期と回数、方法

抜管後1時間以内に施行し、朝夕を目安に1日3回  
10～15回の自発呼吸を1サイクル  
1～2分の休憩をはさみながら3サイクル施行  
ゆっくり長く息を吐くように指導する  
座位または無気肺のある部位を上にする

#### ②酸素流量と目標 PEEP

5L/分から開始し目標 PEEP に達しない時は最大 12L/分まで増量可  
目標 PEEP は 15cmH<sub>2</sub>O で、施行中 20cmH<sub>2</sub>O を超えないように

#### ③その他の注意

施行後は自己喀痰の有無を確認し、排痰が無い場合は吸引を行う  
使用した酸素流量と達成した PEEP を経過表に記録する  
禁忌症例：気胸、食道手術後

下のように考察した。EzPAPはPAP療法の一つであるため、分泌物が貯留し部分的に閉塞機転を生じている気管支レベルの気道を今回用いられたような15cmH<sub>2</sub>Oという高いPEEPにより開通させることが期待できる。痰が貯留している症例であれば、詰まった気道が開通して初めてその末梢の肺胞にガスが流入しすることで無気肺を改善し、結果的に機能的残気量を増やせることになる。さらに、EzPAPの特徴である十分な流量の吸気ガスが、痰が部分的に詰まった末梢気道からその先の肺胞にまで流入することにより吸気時肺容量が増加する。吸気が側副気道から肺胞に流入し肺容量を増加させる機序も推測される。そのタイミングで、誘発された咳嗽ないしは意識的な咳嗽と同時にEzPAPを口から外せば増加した深吸気位から大気圧における努力呼気位まで大きな呼気流量で一気に呼気を吐き出すことが可能となり、有効な咳嗽になったものと考えられた。本人が、EzPAPを行うと容易に咳嗽が行え、痰の喀出が可能となることを実感し、自分から希望するようになったことから、このような作用機序を推察させる。NPPVでIPAPを上げて一回換気量を増やし呼吸理学療法を行えば排痰が促された可能性は十分考えられるが、呼吸困難と頻呼吸により吸気時間を長く保持できない本症例の場合には1秒弱の短い自発吸気におけるIPAPが無気肺を改善する効果はさほど大きくはなく、より長く陽圧が作用するPEEPの効果のほうが大きいものと考えられる。EzPAPと同じ呼気陽

圧を利用した治療法は、嚢胞性肺線維症のような大量の喀痰を排出する疾患において、体位療法やパーカッションとの比較だけでなく、高頻度胸壁振動装置の使用よりも有効であることが報告されている<sup>8)</sup>。

水分バランスに関しては、抜管後の尿量はそれほど多いとは言えないが、抜管当日24時間の水分バランスが利尿薬により負に傾いていたことも気道分泌物を減少させる結果につながり、呼吸不全の長期化を回避できた一因となったかもしれない。

喀痰貯留による苦痛や咳嗽の刺激によって睡眠障害を引き起こしてしまうことは、患者の更なる疲労とそれによる喀痰喀出不全を招き、この悪循環は患者にとって不利益となる。今回は、鎮静薬としてデクスメトミジンを使用し入眠促進を試みた。デクスメトミジンによる鎮静では、刺激を与えることにより患者は容易に覚醒し見当識を保持させることが可能であること、呼吸抑制が軽微であることといった特徴があり、NPPVによる人工呼吸管理において安全に使用できる<sup>9)</sup>。EzPAPによる排痰介助を施行する際に患者の協力が容易に得られたこと、翌日昼間の眠気や疲労感をきたさなかったことは、本症例の鎮静方法としても有益であったと考えられた。

#### IV. 結 語

本症例の呼吸管理においては、ベッドサイドで看護師がEzPAPを使用しながら排痰促進と無気肺の治療を行ったことによって、排痰困難な症例に対するNPPVでの呼吸管理を継続可能とし、結果として医師による気管支ファイバーによる吸痰、モニトラック挿入や気管挿管などの侵襲的処置を回避することができた。EzPAPによって排痰が容易になる症例が少なからず存在することが示された。

本論文の要旨は、第34回日本呼吸療法医学会学術総会（2011年、横浜）にて発表した。

本稿の全ての著者に規定されたCOIはない。

#### 参考文献

- 1) 石川幸司, 岩本満美, 吉田亜子ほか: ICUにおける再挿管に影響を与える因子の検討. 日集中医誌. 2009; 16: 459-63.
- 2) 足立仁志, 中野 博, 小田嶋博: 小児の無気肺に対する持続陽圧呼吸器具 (Ez-PAP) を用いた呼吸理学療法の効果. 日本小児難治喘息・アレルギー疾患学会誌. 2010; 8: 17-23.
- 3) 山田芳嗣: NPPVとは. ICUとCCU. 2005; 29: 165-70.
- 4) The John M. Eisenberg Center for Clinical Decisions and Communications Science: Noninvasive Positive-Pressure Ventilation for Acute Respiratory Failure: Comparative Effectiveness. Comparative Effectiveness Review Summary Guides for Clinicians. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2007-2012
- 5) Keenan SP, Powers C, McCormack DG, et al: Noninvasive positive-pressure ventilation for postextubation respiratory distress: a randomized controlled trial. JAMA. 2002; 287: 3238-44.
- 6) Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, et al: Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. N Engl J Med. 2004; 350: 2452-60.
- 7) AARC Clinical Practice Guideline. Use of positive airway pressure adjunct to bronchial hygiene therapy. Respir Care. 1993; 38: 516-21.
- 8) McIlwaine MP, Alarie N, Davidson GF, et al: Long-term multicentre randomised controlled study of high frequency chest wall oscillation versus positive expiratory pressure mask in cystic fibrosis. Thorax. 2013; 68: 746-51.
- 9) 小山寛介, 布宮 伸: デクスメトミジン. ICUとCCU. 2011; 35: 253-55.

## A case of insufficient airway clearance successfully managed using an EzPAP system

Saori TAKAHASHI<sup>1)</sup>, Fumiko KONNO<sup>1)</sup>, Mutsumi NISHIMURA<sup>1)</sup>, Junko SATO<sup>1)</sup>  
Kazunobu ICHIKAWA<sup>2)</sup>, Masaki NAKANE<sup>2)</sup>, Kaneyuki KAWAMAE<sup>2, 3)</sup>

<sup>1)</sup> Departments of Intensive Care Nursing

<sup>2)</sup> Intensive Care Medicine

<sup>3)</sup> Anesthesiology, Yamagata University Hospital

Corresponding author : Masaki NAKANE, M.D., Ph.D.

Department of Intensive Care Medicine, Yamagata University Hospital  
2-2-2 Iida-nishi, Yamagata city, Yamagata 990-9585, Japan

Key words : EzPAP, noninvasive positive pressure ventilation (NPPV),  
airway clearance, reintubation avoidance

### Abstract

We managed the postoperative respiratory care of a 72-year-old man who had undergone mitral valve replacement surgery and was extubated on the next day. However, he was reintubated within 24 hours because of difficulty with clearing his airway, probably due to a neurological disturbance as a cardiopulmonary bypass complication. Because his oxygenation worsened several hours after a second attempt at extubation, we attempted noninvasive positive pressure ventilation (NPPV) to maintain his oxygenation. However, adequate airway clearance is necessary for successful NPPV, and this patient developed respiratory failure caused by plugging sputum in his airway resulting in excessive fatigue due to his frequent efforts to clear sputum. Subsequently, we intermittently used an EzPAP system (Portex) between NPPV treatments to effectively remove sputum by inducing patient cough. After introducing EzPAP, this patient's airway clearance dramatically returned so that his respiratory condition improved. He was discharged from the ICU on the 12<sup>th</sup> postoperative day. In conclusion, this EzPAP system was an effective respiratory care device for use by the nursing staff to both promote airway clearance and improve atelectasis. Thus, we could avoid reintubation, even for a case for which NPPV would have readily failed due to sputum plugging.

Received September 12, 2012

Accepted February 25, 2014