

●症 例

HighFO ネブライザー[®]による呼吸管理を行ったI型呼吸不全の2例

中島 啓 浅井 信博 大国 義弘
松沼 亮 岩崎 拓也 金子 教宏

要旨：HighFO ネブライザー[®]は、分流弁を工夫することによって酸素流量 35l/min を供給でき、吸入酸素濃度 98% までの高濃度酸素投与を可能にした新しい高流量式酸素吸入装置である。今回、我々は HighFO ネブライザー[®]による呼吸管理を行ったI型呼吸不全の2例を経験した。症例1は70歳男性。肺癌に対し化学放射線療法を施行中に放射性肺炎の急性増悪を認め、ステロイドパルス療法を開始した。リザーバマスクで酸素投与を行うも呼吸状態は悪化し、HighFO ネブライザー[®]を施行、その後NPPVを導入し、ウィーニングの過程においてもHighFO ネブライザー[®]を用いた。症例2は74歳男性。間質性肺炎急性増悪を認め、ステロイドパルス療法を施行、HighFO ネブライザー[®]で呼吸管理を開始し、廃用予防に早期リハビリを導入した。HighFO ネブライザー[®]を用いて高流量酸素投与を行うことで運動負荷の強度を上げ、積極的なリハビリが可能であった。HighFO ネブライザー[®]は、高濃度酸素投与による酸素中毒なども懸念され、その有用性については、今後の症例の蓄積とさらなる検討が必要である。

キーワード：HighFO ネブライザー[®]、呼吸管理、酸素療法、間質性肺炎、呼吸リハビリテーション
HighFO nebulizer[®], Respiratory care, Oxygen therapy, Interstitial pneumonia, Respiratory rehabilitation

緒 言

現在の酸素療法には低流量システム、高流量システム、非侵襲的陽圧換気 (noninvasive positive pressure ventilation: NPPV)、挿管人工呼吸管理が存在する¹⁾。間質性肺炎や重症肺炎などの急性I型呼吸不全では、高濃度酸素を必要とするが、これまでの高流量システムでは、総流量不足のため実際の吸入酸素濃度は60%が限界であり²⁾³⁾、60%を超える正確な高濃度酸素投与を行うには、人工呼吸療法 (NPPV もしくは挿管人工呼吸管理) が必要であった。2008年12月に発売されたHighFO ネブライザー[®] (小池メディカル) (Fig. 1) は、分流弁を工夫することで酸素流量 35l/min を確保し、FiO₂ 40~98% の安定した高濃度投与を可能とした新しい高流量式吸入酸素療法である。今回、我々は、HighFO ネブライザー[®] が有効であったI型呼吸不全の2例を報告するとともに、呼吸療法におけるHighFO ネブライザー[®]の意義・位置づけを考察した。

HighFO Nebulizer
by Koike Medical

Feature1. Provide up to 35L/min of source flow.
Feature2. A flow dividing valve overcomes the mechanical resistance.
Feature3. Decrease mist and makes the proper humidification.



O ₂ Concentration (%)	40	50	60	70	80	90	98
O ₂ Flow Rate (L/min)	10	15	20	25	30	35	35
Total Flow Output (L/min)	42	41	41	40	40	40	36

Fig. 1 HighFO nebulizer

症 例 1

症例：70歳、男性。
主訴：呼吸困難、咳嗽。
既往歴：高血圧、高脂血症、高尿酸血症、脳出血後遺症。
生活歴：喫煙 60本/日 (20歳~55歳)。
酒 日本酒 1合/日。
職業：水産加工業を自営。
現病歴：2008年8月に左下葉原発肺腺癌と診断され、化学放射線療法を6コース施行した。2009年1月より

Table 1 Laboratory data on admission

Hematology		Biochemistry		Serology	
WBC	13,600/ μ l	BUN	22 mg/dl	CRP	4.00 mg/dl
Nuetro	84.3%	Cr	0.9 g/dl	BNP	55.3 pg/ml
Lym	11.2%	Na	141 mEq/l	KL-6	1,920 IU/ml
Mono	2.9%	K	3.5 mEq/l	β -D glucan	(-)
Eo	1.4%	Cl	108 mEq/l	<i>Mycoplasma pneumoniae</i> CF	<4
Hb	9.7 mg/dl	Ca	8.9 mEq/l	<i>Chlamydia pneumoniae</i> IgM	(-)
MCV	93.9 fl	Alb	3.5 g/dl	<i>Cytomegalovirus</i> Antigenemia	(-)
MCHC	31.3%	AST	32 IU/l		
Plt	$29.5 \times 10^4/\mu$ l	ALT	21 IU/l		
		LDH	456 IU/l		
		ALP	269 IU/l	Sputum	
Blood gas analysis (reservoir 10 l)		T-bil	0.4 mg/dl	<i>Staphylococcus aureus</i> (1 +)	
pH	7.466	Glu	198 mg/dl		
PCO ₂	30.9 mmHg	CPK	388 IU/l		
PO ₂	86.4 mmHg			Urinary antigen	
HCO ₃	21.8 mEq/l			<i>Legionella</i>	(-)
BE	-1.4 mEq/l			<i>pneumococcus</i>	(-)

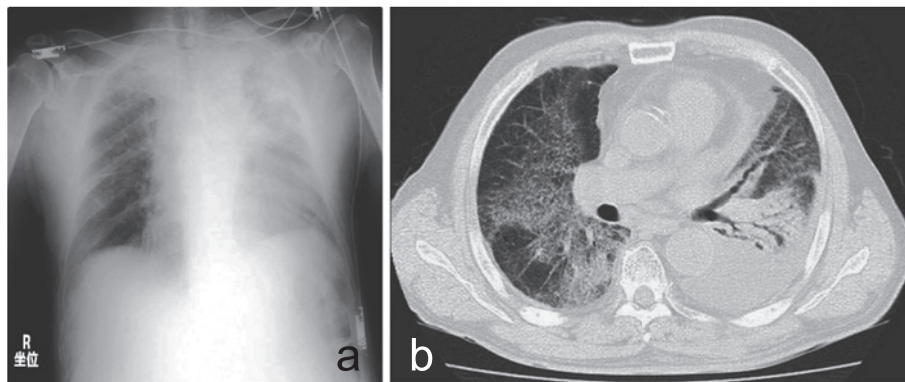


Fig. 2 a: Chest radiograph on admission shows bilateral pulmonary opacities predominantly in the left lung. b: Chest CT on admission shows bilateral ground glass opacities, consolidation in the left lower lobe and left pleural effusion.

放射性肺臓炎を認め、左胸水も出現し徐々に増悪。4月中旬より進行性の呼吸苦を認め、同月26日当院救急外来を受診した。

入院時現症：身長159.2cm。体重68.8kg。意識 清明。血圧178/100mmHg，脈拍91/分，呼吸数20/分，体温36.2℃，SpO₂ 99%（リザーバーマスク10l/min）。頭頸部 眼瞼結膜貧血なし。眼球結膜軽度黄疸なし。頸静脈怒脹なし。頸部リンパ節触知せず。胸部 全肺野に捻髪音聴取。心音異常なし。腹部 平坦，軟，腸蠕動音正常。四肢 浮腫なし。

入院時検査所見（Table 1）：白血球13,600/ μ l，CRP 4.00mg/dlと炎症反応上昇を認め、LDH 456IU/lと高値であった。血液ガス検査は、リザーバーマスク10l/minで、pH 7.466，pCO₂ 30.9mmHg，pO₂ 84.6mmHg，HCO₃⁻

21.8mEq/l，BE -1.4mEq/lとI型呼吸不全を呈した。

入院時胸部単純X線写真（Fig. 2a）：左肺優位に両上肺野を中心とする濃度上昇を認めた。

胸部CT写真（Fig. 2b）：両肺に網状のスリガラス陰影，左下葉にconsolidationを認めた。左胸水増加。

入院後経過（Fig. 3）：放射性肺炎の急性増悪と診断し、ステロイドパルス療法を開始した。呼吸器感染症の関与も考慮し、TAZ/PIPC，MINOも併用した。呼吸管理はリザーバーマスク10l/minで開始，SpO₂ 90~95%を目標に酸素化を行った。2病日にはリザーバーマスクによる酸素化が困難となり，HighFOネブライザー®に変更した。病勢の悪化に伴い，HighFOネブライザー®の30l（FiO₂ 80%），その後35l/min（FiO₂ 90%）で呼吸管理をしたが酸素化を保持できず，5病日よりNPPV

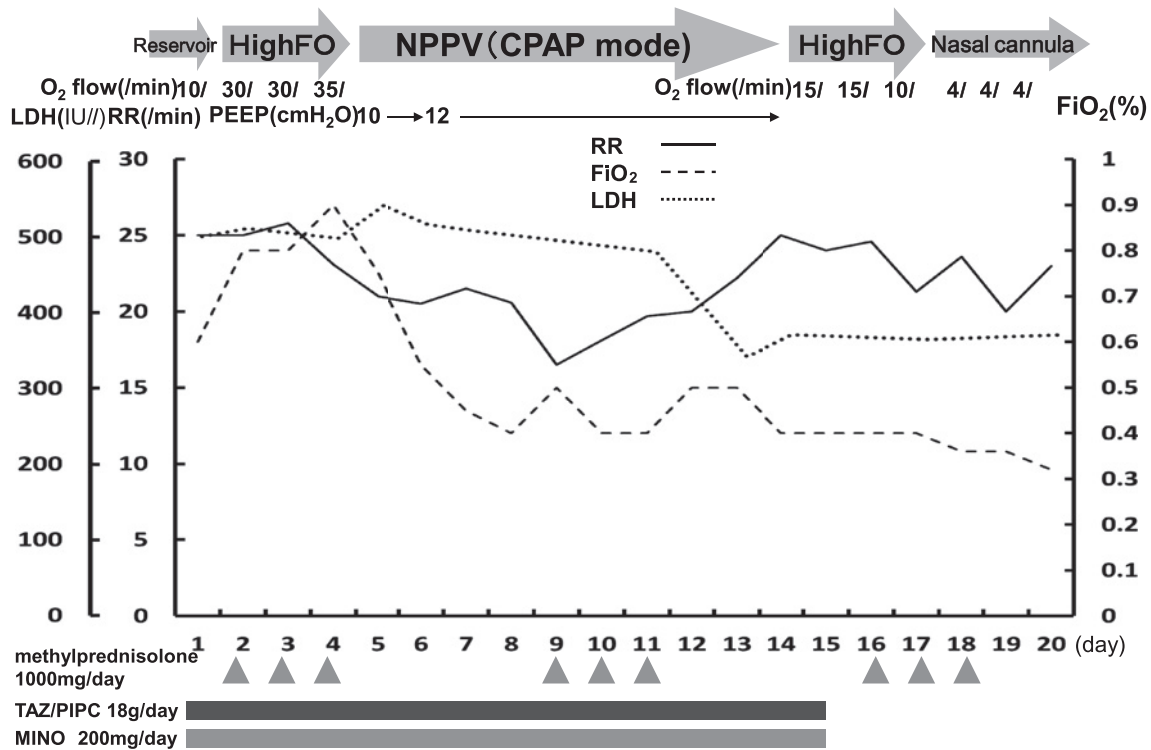


Fig. 3 Clinical course

(CPAP mode)を開始。やがて、ステロイドパルス療法が奏功し、呼吸状態が安定してきた15病日よりHighFOネブライザー®に変更、18病日より経鼻カニューラに切り替えた。HighFOネブライザーを使用することで、FiO₂ 60%以上の高流量酸素投与が可能となり、リザーバマスクで酸素化を保つことのできない患者の呼吸管理がNPPVを用いなくとも可能であった。その結果、NPPVの使用期間を短縮でき、患者のQOLを上げることができた。

症例 2

症例：74歳，男性。

主訴：呼吸困難感。

現病歴：間質性肺炎にて他院に外来通院していた。

2009年7月4日頃より乾性咳嗽が出現。徐々に咳嗽は増悪し、体動時の呼吸困難感も出現してきたため、2009年7月11日に当院救急外来受診した。

既往歴：間質性肺炎，高血圧。

生活歴：喫煙20本（20歳～29歳）。

飲酒 なし。

職業：調理師。

入院時現症：身長163.7cm 体重66.0kg。意識 清明，血圧123/78mmHg，HR73/min，体温36.6度，SpO₂75%（room）。頭頸部 眼瞼結膜貧血なし，眼球結膜軽度黄

疸なし。頸静脈怒張なし。頸部リンパ節触知せず。胸部 全肺野に捻髪音聴取。心音異常なし。腹部 平坦，軟，腸蠕動音正常。四肢 浮腫なし。

入院時検査所見：白血球14,700/ul，CRP 9.06mg/dlと炎症反応上昇を認め，LDH426IU/lと高値であった。血液ガス検査は，リザーバマスク10l/minにて，pH7.456，pCO₂27.9mmHg，pO₂65.0mmHg，HCO₃⁻19.3mEq/l，BE-3.0mEq/lとI型呼吸不全を呈した。

入院時胸部X線写真：両肺にびまん性に網状陰影，すりガラス陰影を認めた。

入院時胸部CT：両肺にびまん性に網状陰影，すりガラス陰影を認めた。小葉間隔壁の肥厚および容量減少あり。両上葉，下葉を中心に蜂巢肺を認めた。

入院後経過：間質性肺炎急性増悪の診断で，1病日よりステロイドパルス療法を開始。また同日よりHighFOネブライザー®で呼吸管理を開始。3病日より廃用予防に運動療法を導入。13病日より酸素マスクおよび経鼻カニューラで管理可能となった。本症例は，労作時に呼吸数が容易に30回/minを超えてくること，また労作時の咳嗽が著明であったことから，十分な総流量と適切な加湿を可能とするHighFOネブライザーを用いて運動療法を行った。13病日に行ったエルゴメーター運動負荷（18W）の結果をグラフで示す（Fig.4）。まず，従来の酸素マスク6l/minにて運動負荷を試みたが咳嗽およ

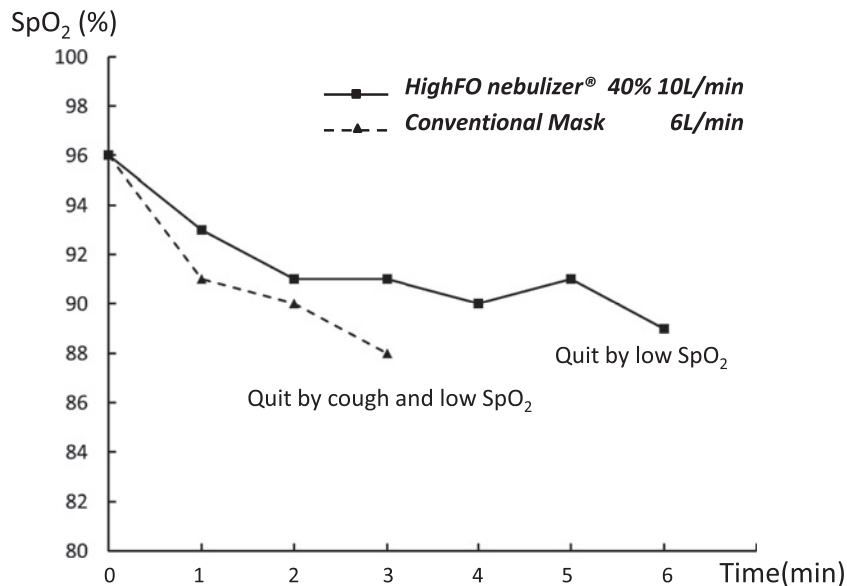


Fig. 4 Ergometer exercise (18 W)

び SpO₂ 低下により 3 分間で中止となった。HighFO ネブライザー 40% (10l/min) を使用することで、咳嗽が軽減、SpO₂ が保たれ運動療法を 6 分間継続することができた。その後、HighFO ネブライザー 50% (15l/min) まで設定を上げて運動療法を継続した。ADL の改善度を FIM (functional Independence Measure)⁴⁾ で評価したところ、13 病日は FIM 8 点/128 点だったが、運動療法にて 35 病日には FIM 108 点/128 点まで改善できた。

考 察

HighFO ネブライザー® (Fig. 1) は、高流量システムに属し、総流量 35l/min を確保可能とした酸素吸入装置である。高流量タイプの酸素流量計と組み合わせることで、酸素濃度 40~98% の範囲で、正確な高濃度酸素投与が可能である。また、ネブライザーのガスに含まれる過剰な水分を軽減することで、適切な加湿も可能としている。

今までの高流量式酸素吸入装置では、60% 以上の高濃度酸素吸入はできなかった²⁾³⁾。酸素療法においては、理論上、総流量が約 30l/min 以上確保できなければ、設定した酸素濃度を吸入できないためである。成人の 1 回換気量を 500ml とすると、成人の吸気時間は約 1 秒であるため必要な流量は単純計算で 500ml/sec となる。これを分速に換算すると 500ml/sec × 60sec = 30l/min の酸素総流量が必要だということになる。総流量が 30l/min を下回ると、不足分として外気が混入し吸入酸素濃度は低下する。

これを検証した研究報告によると、インスピロンネブライザー®, アクアパックネブライザー® は 60% 以上の

酸素濃度になると、ネブライザー自身の抵抗により、総流量 30l/min 以上を確保できないため、高濃度に設定しても、結果的に、60% 以上の酸素濃度を患者に供給できない²⁾。また、リザーバーマスクにおいても、再呼吸防止用の弁が固く元々の酸素流量が少ない等の理由もあり、マスクと弁の間、マスクと頬の隙間から空気が入り込み、酸素濃度が薄まる結果、吸入酸素濃度は最大で 60% 程度となってしまう³⁾。

ネブライザーは、ベンチュリ効果を用いて酸素の流れを絞ることにより、空気と水を吸い込む仕組みになっているため、従来のネブライザーでは酸素の絞りが抵抗となり、酸素 30l/min を流しても通る酸素流量は最大でも 18l/min であった (Fig. 5a)。HighFO ネブライザー® は、8l/min 以上の酸素流量になると分流弁が作動する仕組みになっており (Fig. 5b)、酸素流量 35l/min を確保し、吸入酸素濃度 98% までの高濃度酸素投与を可能とした。

症例 1 では、HighFO ネブライザー® の使用により、60% 以上の高濃度酸素投与を行うことができ、NPPV の使用期間は短縮され、患者の QOL の向上に役立った。NPPV は装着時の違和感が強く継続性で問題があるが⁵⁾、HighFO ネブライザー® は、従来の酸素マスクと同じ装着感であり患者の抵抗も小さかった。

症例 2 は、HighFO ネブライザー® を使用し、適切な加湿で咳嗽が減少し、高流量の酸素投与により早期から高い負荷での運動療法を継続できた。間質性肺炎に対する呼吸理学療法は、まだ確立されていないが、ACCP/AACVPR (米国呼吸器学会、米国心血管・呼吸リハビリテーション協会) の呼吸リハビリテーションガイドラインでは、呼吸リハビリテーションは COPD 以外の慢

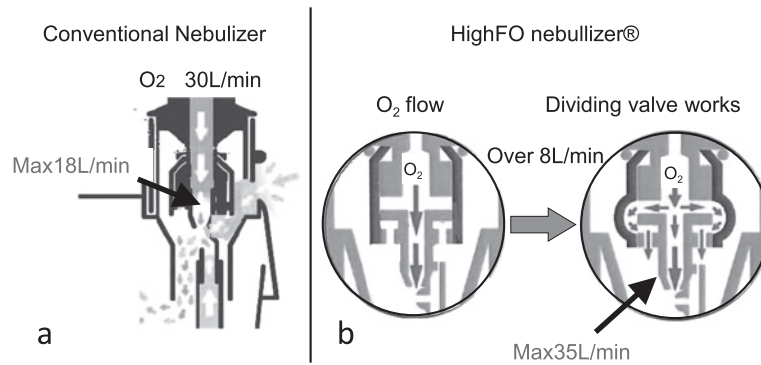


Fig. 5 a: A valve of a conventional nebulizer; b: The flow-dividing valve of the HighFO nebulizer

性の呼吸器疾患の特定の患者に有用として1Bと評価されている⁷⁾。本症例のような、労作時低酸素血症を呈し、呼吸数も30回/min以上と上昇するような患者には、HighFO ネブライザーを用いて吸入酸素濃度を一定に保つ高流量酸素療法でリハビリを行うことが有効と考えられる。特に、間質性肺炎では長期ステロイド投与に伴うステロイド筋症が問題となるため、本症例のように早期からリハビリを開始することは、廃用予防に有効と期待される。

HighFO ネブライザー®の問題点としては酸素中毒がある⁸⁾。我々は、80%を超えるような高濃度での使用はできる限り短期間に留めるようにしている。また、高濃度酸素投与による無気肺にも注意する必要がある。我々の施設ではかならず理学療法とセットにして無気肺の防止に努めている。酸素費用の問題もあり。現行の健康保険は、NPPVや挿管人工呼吸管理では高流量酸素を保険請求できるが、通常酸素療法では10l/minまでしか請求ができない。よってHighFO ネブライザーを使用した場合、10l/minを超えた分の酸素費用は病院負担になってしまう。

HighFO ネブライザーと同等の総流量を確保できる酸素吸入装置として、海外にはVapotherm 2000i[®]、Vital signs MistyOx[®]といったものがある。Vapotherm[®]は特に新生児領域で使用され、人工呼吸器使用日数や再挿管の頻度を減らしたと報告されており、また抜管後の酸素療法としても利用されている⁹⁾。HighFO ネブライザー®も、抜管後の酸素療法として有用かもしれない。

これまでの吸入酸素療法では60%以上高い酸素濃度を投与するにはNPPVもしくは挿管管理による人工呼吸療法しかなかった。つまり、従来FiO₂ 60%以上を確保できるような吸入酸素療法が欠如していたが、我々は、この欠如部分を補うのがHighFO ネブライザー®と考えている。従来の低流量および高流量システムと人工呼吸管理の橋渡しとしての役割が期待される。

実臨床においては、まず、症例1のようなI型呼吸不全の患者の急性期において、NPPVや人工呼吸管理を施行せずに呼吸管理を行いたい場合に有用と考えられる。一般的に予後不良である間質性肺炎急性増悪や癌患者の急性呼吸不全で、気管挿管が適応にならず、NPPVも患者の協力が得られず回避したい場合が良い適応かもしれない。症例2のように呼吸数が30回/minを超え、かつ咳嗽が著明なI型呼吸不全患者の運動療法においても有効と考えられる。我々の施設では、HighFO ネブライザーは、主に間質性肺炎急性増悪、癌患者の急性呼吸不全、間質性肺炎の運動療法で使用している。

HighFO ネブライザー®は、まだ使用されている施設も少なく、その有用性については、今後の症例の蓄積とさらなる検討が必要である。

引用文献

- 1) 日本呼吸器学会, 日本呼吸管理学会. 酸素療法ガイドライン. メディカルレビュー社, 2006.
- 2) 宮本顕二. ネブライザー付酸素吸入器 (インスピロンネブライザー®, アクアパックネブライザー®) で高濃度酸素吸入はできない. 日呼吸会誌 2005;43:502—507.
- 3) 宮本顕二. 第6回呼吸器ケアカンファレンス 酸素療法. 第49回日本呼吸器学会学術集会 2009.
- 4) Data management service of the Uniform Data System Medical Rehabilitation and the Center for Functional Assessment Research: Guide for use of the uniform data set for medical rehabilitation. Version 3.0, State University of New York at Buffalo. 1990.
- 5) 岡本和文, 今村 浩, 関口幸男. 急性呼吸不全における最良のPEEP. 日集中医誌 2003;10:155—163.
- 6) Mehta S, Hill NS. Noninvasive Ventilation. Am J Respir Crit Care Med 2001;163:540—577.
- 7) Ries AL, Bauldoff GS, Carlin BW, et al. Pulmonary Rehabilitation: Joint ACCP/AACVPR Evidence-

- Based Clinical Practice Guidelines. Chest 2007 ; 131 : 4S—42S.
- 8) 安井修司. 酸素中毒. 呼吸 2000 ; 19 : 129—137.
- 9) Armfield M, West G. Use of vapotherm for respiratory support with neonates. Paediatric Nursing 2009 ; 21.

Abstract

Two cases of type I respiratory failure managed by the HighFO nebulizer

Kei Nakashima, Nobuhiro Asai, Yoshihiro Ohkuni, Ryo Matsunuma,
Takuya Iwasaki and Norihiro Kaneko

Department of Respiratory Diseases, Kameda Medical Center

Among conventional oxygen therapies there are currently no devices which can supply a high oxygen level of over 60%. The HighFO nebulizer (Koike Medical) is a new device which is able to supply an oxygen flow rate of over 35l/min, and a high concentration of oxygen. We report 2 cases of type I respiratory failure managed by the HighFO nebulizer. Case 1 : A 70-year-old man with lung cancer had an acute exacerbation of radiation pneumonitis during chemoradiotherapy. We gave him an oxygen mask with a reserve bag, but his condition worsened. We then used the HighFO nebulizer followed by non-invasive positive pressure ventilation. He began to recover and we again used the HighFO nebulizer during the weaning period. Case 2 : A 74-year-old man presented with acute exacerbation of interstitial pneumonitis. We started steroid pulse therapy, HighFO nebulizer treatment and physiotherapy to prevent disuse syndrome. We were able to raise his exercise stress levels due to the high concentration of oxygen provided by the HighFO nebulizer. We believe that the HighFO nebulizer is useful for type-I respiratory failure as well as interstitial pneumonia. However, oxygen toxicity is a potential problem, so we must accumulate more cases in order to fully assess the risks and benefits of this new modality.