

高炭酸ガス血症をともなった慢性呼吸不全症例に 対する非挿管下補助呼吸に関する検討

京都大学胸部疾患研究所生体調節再建学部門臨床生理学分野理学呼吸器科

陳 和夫, 大井 元晴, 久野 健志

(1989年6月15日受付)

はじめに

近年、欧米においては終末期肺疾患患者に対して、肺移植^{1,2)}、心肺移植³⁾が行われるようになり、すでに移植後患者の呼吸調節についても調べられ、従来移植後の心肺機能に重大な影響を与える可能性があると考えられていた移植手術操作による神経 denervation は、手術後の患者の運動時呼吸数等に若干の影響を与えるものの、安静時、運動時とも心肺機能に大きな制限を与えないと報告されている^{4,5)}。しかしながら心移植、心肺移植とも移植適応疾患、適応年齢などに種々制約をともなっている。また、日本においては脳死問題等、移植開始前に解決すべき問題が依然山積みされている。

一方、CNPV (chest negative pressure ventilation)、IPPV (intermittent positive pressure ventilation) などの非挿管下補助呼吸は、使用の簡便性及び有効性、また呼吸筋疲労の回復という点からも再評価されつつある⁶⁻⁹⁾。一般に、高炭酸ガス血症をともなった慢性呼吸不全患者の管理は、血中炭酸ガス蓄積のため酸素療法等にもしばしば困難をともない、また急性増悪にともなう高炭酸ガス血症の悪化時には、諸種薬剤と共にしばしば挿管下人工呼吸器使用が行われてきた。このような呼吸不全患者は高度の肺機能低下、呼吸筋の慢性疲労などにより人工呼吸器装着後、離脱は困難をともない、気管切開下、長期人工呼吸器管理が行われることが多かった。また、気管切開下長期人工呼吸器使用には、感染などの合併症も多かった。

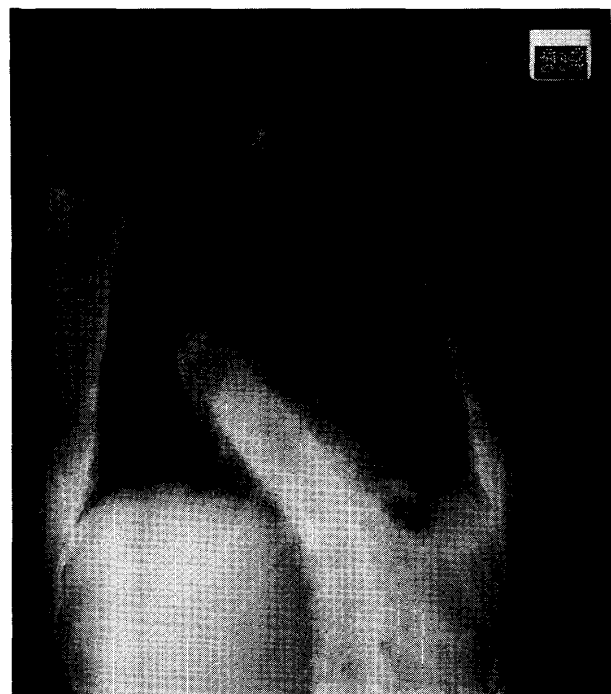
我々は今回、4例の高炭酸ガス血症をともなった慢性呼吸不全患者に種々の目的のために非挿管下補助呼吸を施行し、高炭酸ガス血症の改善を見たので報告する。

症例及び方法

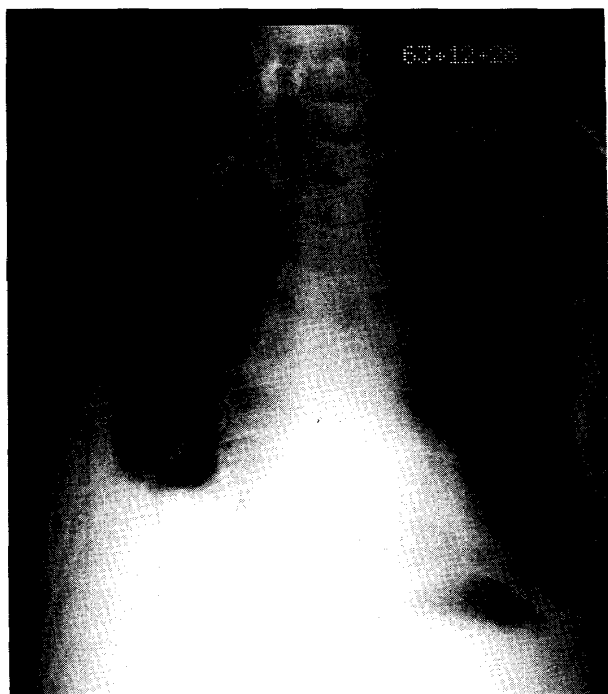
症例は高炭酸ガス血症をともなった慢性呼吸不全患者4例(男2名、女2名)で平均年齢は 57.5 ± 16.6 才で、身長、体重、臨床診断、胸部X線像を表1、図1に示す。症例1は側弯症の女性で、中学生時に側弯症の矯正手術を施行された患者である。21才時に初産後人工呼吸が行われ、26才時に心不全、高炭酸ガス血症をともなう呼吸不全のため挿管下人工呼吸器装着後、呼吸管理を施行された。その後気管切開され、人工呼吸器より離脱したが、離脱後は徐々に動脈血炭酸ガスの蓄積をみ、呼吸不全状態になった。症例2は、両側人工気胸術を施行された肺結核35年後の慢性呼吸不全で急性増悪後気管切開下人工呼吸器が使用されたが、人工呼吸器離脱時、主に夜間に進行する動脈血炭酸ガスの蓄積と喘息発作のため、人工呼吸器よりの離脱が

表1 対象例の背景因子

Patients No.	Sex	Age (yr)	Height (cm)	Weight (Kg)	Clinical Diagnosis
1	F	30	148	44	側弯症
2	M	61	164	58	陳旧性肺結核 両側人工気胸 気管支喘息
3	M	65	160	43	陳旧性肺結核 胸郭形成
4	F	74	153	30	慢性肺気腫



No. 1

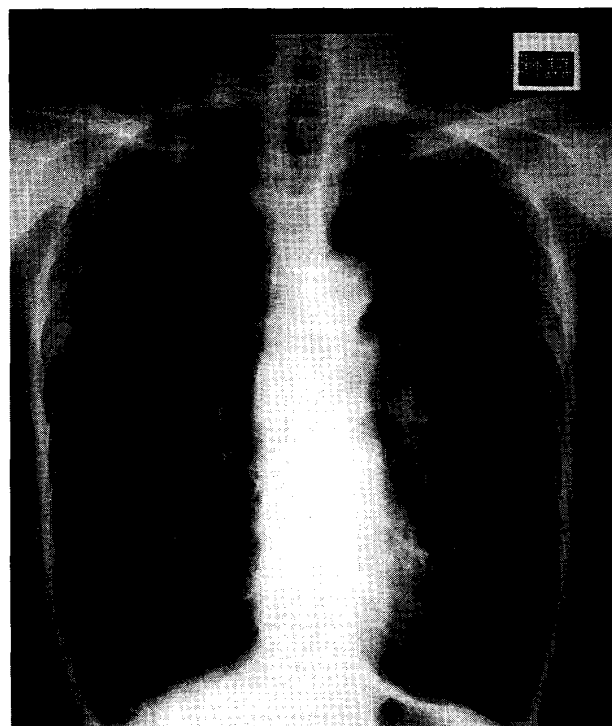


No. 2

図 1-1 胸部 X 線 像



No. 3



No. 4

図 1-2 胸部 X 線 像

困難な症例であった。症例 3 は陳旧性肺結核胸郭成形後の患者で在宅酸素療法を施行していたが、心不全及び高炭酸ガス血症をともなう慢性呼吸不全の急性増悪を来した症例であった。症例 4 は慢性肺気腫患者で、肺気腫の進行と共に動脈血炭酸ガスの蓄積をみ、非常に呼吸困難感

の強い (HJ 5 度) 症例であった。上記症例 4 例の安定期肺機能を表 2 に示す。平均肺活量は 0.91 ± 0.16 L, 平均 %VC は 31.2 ± 3.2 , 1 秒量は 0.62 ± 0.19 L と著名な拘束性換気障害を示していた。症例 1, 3, 4 に対しては、エマーソン社製 33-CRE (CNPV) を夜間または昼間に

表2 対象例の肺機能

Patients No.	VC (L)	%VC	FVC (L)	FEV _{1.0} (L)	FEV _{1.0%}
1	0.94	33.7	0.94	0.88	93.6
2	0.90	26.3	0.72	0.56	77.7
3	1.12	34.2	1.12	0.68	60.0
4	0.66	30.2	0.60	0.36	60.0

使用し, 症例2は, CNPV の有効性が少なかったために, ベネット MA-IIに鼻マスクを装着した鼻 IPPV を使用した(表3). なお症例1においては夜間 CNPV 施行時に標準法に従い睡眠時ポリソムノグラフィも施行した.

施行目的は, 症例1に対しては慢性的な動脈

血 CO₂ の蓄積の改善, 症例2に対しては人工呼吸器よりの離脱, 症例3に対しては慢性呼吸不全の急性増悪時の治療の一環として, 症例4に対しては呼吸筋疲労の回復及び呼吸困難感の改善であった(表3).

結 果

各症例の施行前, 施行後, 現在の動脈血ガス成績を示す(表4). 各症例の施行から施行後, 評価までの期間は症例1では1日, 症例2では約7カ月, 症例3では1日, 症例4では3日であった. 各症例とも動脈血炭酸ガス分圧の改善を得ることができ, 施行前の PaCO₂ 75.7±14.8 Torr から施行後 60.2±12.3 Torr へと有

表3 補助呼吸の方法, 適応, 施行時期及び維持療法

Patients No.	Methods	Indication	Time	Maintenance therapy
1	CNPV	Chronic CO ₂ RE (87, 2)	Night	CNPV, O ₂ ACZ
2	IPPV	Weaning from MV (87, 8)	Night	O ₂ OXY
3	CNPV	Acute on C.R.F (88, 10)	Night	O ₂ , ACZ
4	CNPV	Muscle resting (88, 8)	Daytime (2~3h)	CNPV, O ₂ ACZ

CNPV: chest negative pressure ventilation, IPPV: intermittent positive-pressure ventilation, RE: retention, MV: mechanical ventilation, C.R.F: chronic respiratory failure, O₂: nasal canule O₂ breathing, ACZ: acetazolamide, OXY: oxymizer

表4 補助呼吸前後及び最近の血液ガス

Patient No.	When	AIR OR O ₂	pH	PaO ₂ (Torr)	PaCO ₂ (Torr)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	BE (mmol/L)	SaO ₂ (%)	ACZ
1	Pre C	24 % M	7.27	51.6	97.3	43.7	12.9	80.6	—
	Post C	24 % M	7.34	68.1	76.9	40.4	11.6	91.8	—
	Now	AIR	7.33	63.0	59.5	30.8	4.0	89.8	+
2	Pre I	O ₂ 3.5 LOM	7.40	82.8	62.7	38.7	11.8	96.0	—
	Post I	O ₂ 3.5 LOM	7.46	76.4	47.2	33.5	8.5	95.8	—
	Now	O ₂ 3.5 LOM	7.46	71.7	56.1	39.4	13.1	95.0	—
3	Pre C	24 % M	7.29	33.3	81.6	38.5	9.5	56.6	—
	Post C	24 % M	7.37	72.4	67.2	37.8	10.4	93.6	—
	Now	O ₂ 0.5 L	7.35	74.1	54.1	29.2	2.9	93.6	+
4	Pre C	AIR	7.38	54.3	61.2	35.7	8.5	87.1	—
	Post C	AIR	7.43	69.5	49.6	32.5	7.0	94.0	—
	Now	O ₂ 0.75 L	7.39	88.9	57.4	34.5	8.0	96.3	+

Pre C: pre-CNPV, Post C: post CNPV, Pre I: pre-IPPV, Post I: post-IPPV, M: venturi mask, AIR: air breathing, O₂: nasal canule O₂ breathing, L: l/min, OM: oxymizer, ACZ: acetazolamide

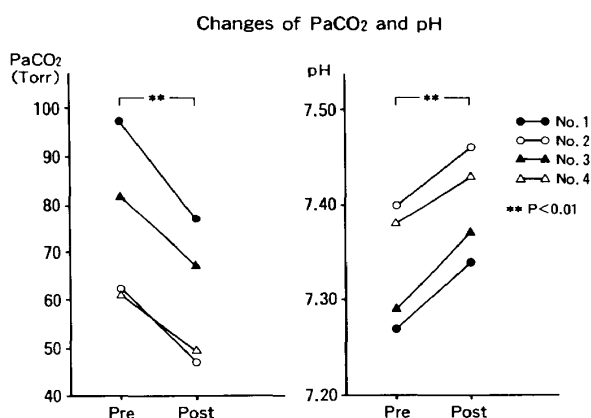


図2 補助呼吸前後の血液ガス所見

意な下降を見た（図 2）．症例 1 は夜間 1 日の CNPV 使用にて約 20 Torr の PaCO_2 の低下を得ることができ，その後も主に夜間睡眠時に CNPV を施行した．当院軽快退院後も在宅にて，家族の協力を得て 3 日間に 2 日のペースで夜間睡眠時に CNPV を使用している．なお症例 1 は在宅酸素療法も併用している（表 3）．症例 1 の経過表を図 3 に示す．症例 2 は，約 7 カ月間夜間 IPPV を施行した後，夜間 IPPV を中止した後も，再度 PaCO_2 の高度の上昇を見ることがなく現在当院入院中である（図 4）．症例 3 は CNPV 夜間 1 日の使用及び心不全の治療にて翌朝には PaCO_2 は約 14 Torr 低下し PaO_2 も上昇し，その後も徐々に PaCO_2 の低下をみて現在に至っている．なお症例 3 は急性増悪により入院後，24%酸素吸入，利尿剤，強心薬などの使用にもかかわらず PaCO_2 の上昇

をみ、また心拍数が120前後と頻脈を呈したため、CNPVを使用した症例である。従って、本症例では夜間1日のCNPVの使用が、 PaCO_2 の低下に寄与した効果は大であったと思われる。症例4は昼間2—3時間のCNPV使用後数日にして PaCO_2 の改善と呼吸困難感の軽減、体動能の改善をみ、退院後も症例1と同様に在宅にてCNPVを昼間2—3時間使用例であるが、その後はCNPV使用にもかかわらず、再度 PaCO_2 の上昇傾向を認めている。しかしながら、自覚症状の軽減は持続している。なお症例4も在宅酸素も併用している。図5、6に症例1の夜間睡眠時のデータを示す。NREM睡眠期(SLEEP STAGE 2)ではCNPV(PはCNPVの吸引圧を示す)の補助により有効な換気が得られているが(図5)、REM期にはCNPV補助にもかかわらず、換気が得られない状態が出現しており、それとともに動脈血酸素飽和度 SaO_2 の低下と経皮炭酸ガス分圧 PtcCO_2 の上昇がみられた(図6)。これは上気道閉塞による無呼吸のためと考えられた。症例2ではまた、鼻マスクによる約7カ月間の夜間IPPVの施行中に、マスク装着等の不快感によると思われる睡眠不良、マスク内圧上昇によると思われるマスクよりの空気の漏れ、空気嚥下による腹部膨満感、マスク圧迫によるマスクと皮膚の接触部位のびらんなどがみられた。

なお症例 2, 3 は現在当院入院中であるが、補助呼吸は使用していない。症例 4 は安定期に

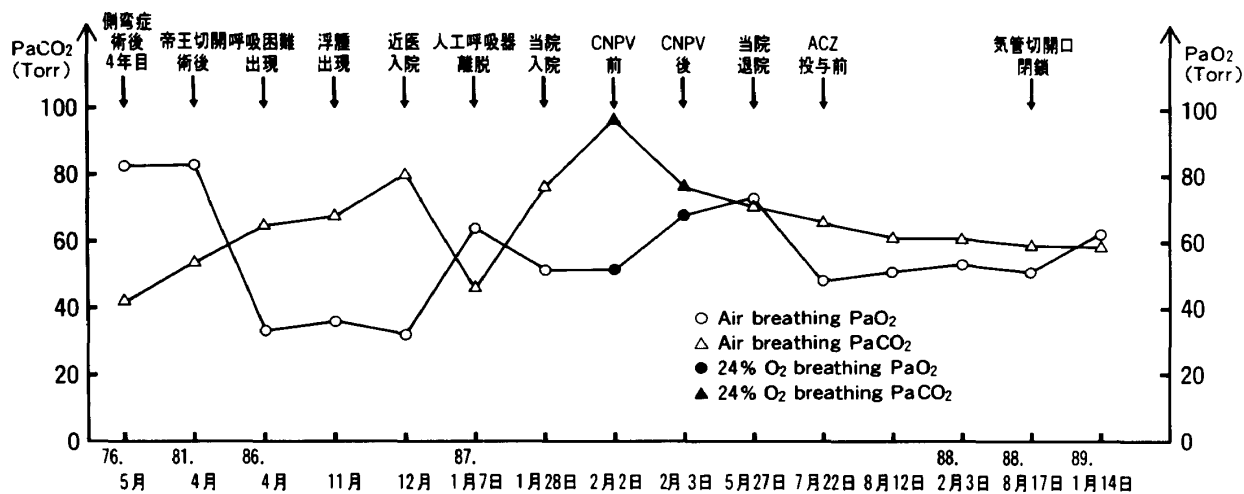


図3 症例1の血液ガス所見の経過

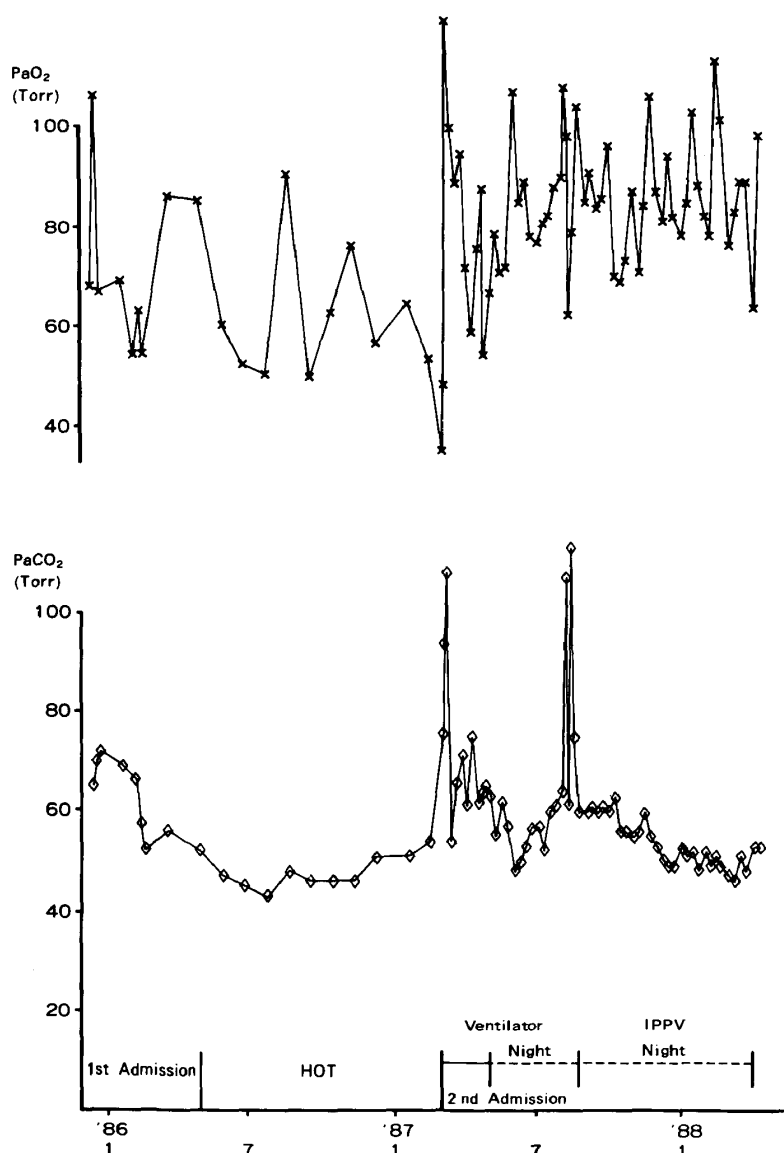


図4 症例2の血液ガス所見の経過

入った後に、家庭にて CNPV を持続使用していたが、再度軽度の PaCO_2 の上昇がみられたため PaCO_2 低下を目的として ACZ (acetazolamide) を併用している。症例1, 3においても、 PaCO_2 の低下を目的として ACZ を併用している (表3)。

考 案

我々の対象とした高炭酸ガス血症をともなった慢性呼吸不全患者では、CNPV 及び鼻 IPPV 使用が高炭酸ガス血症の改善に有効であることを認めた。

近年、慢性呼吸不全患者に対する長期酸素療法の有効性が認められ^{10,11)}、昭和60年3月より

保険適用の形で在宅酸素療法 (Home oxygen therapy: HOT) が施行され、年々在宅酸素療法の患者数の増加を認めている。しかしながら、慢性呼吸不全患者においてその換気障害がさらに高度になると高炭酸ガス血症をともない、酸素療法による PaCO_2 の上昇はしばしば、適正な酸素療法を困難にすることが多い。またこのような慢性呼吸不全患者においては急性増悪時には、容易にさらに高度の血中炭酸ガスの蓄積を見ることが多い。従来、このような慢性呼吸不全患者において、高炭酸ガス血症の増悪があり、抗生物質、強心薬、利尿剤などの使用にも関わらず、高炭酸ガス血症が改善しない場合に

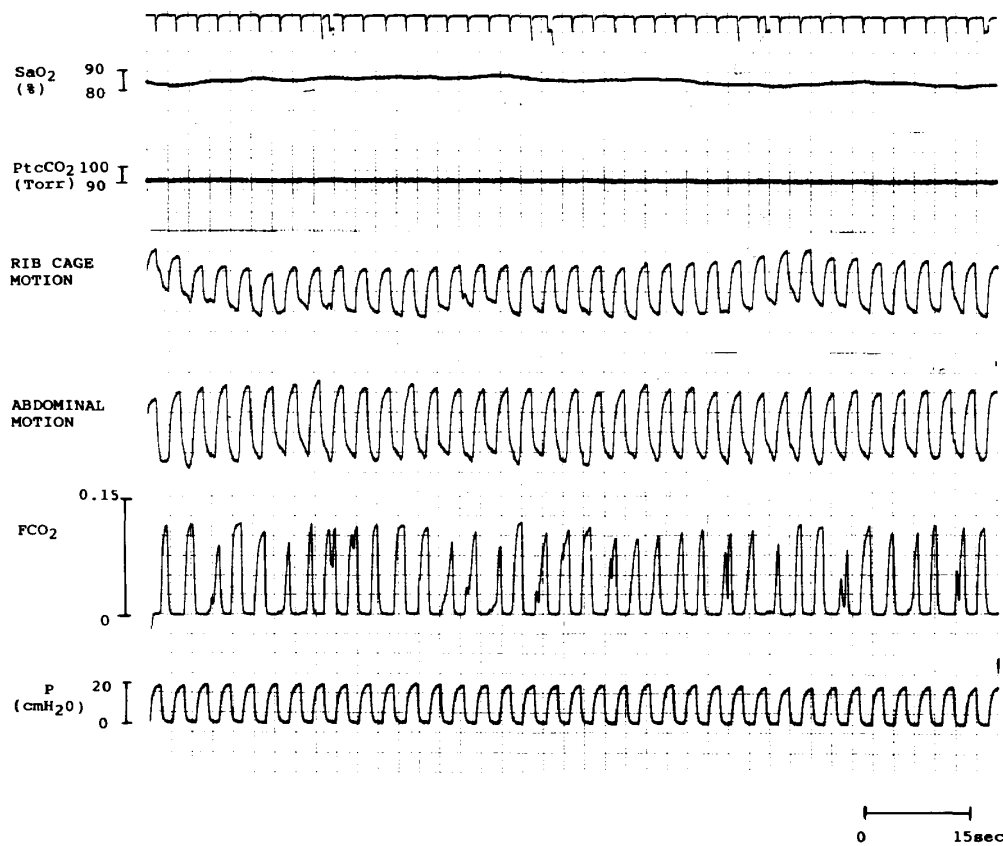


図 5 症例 1 の NREM (stage 2) 睡眠時のポリソムノグラフィ

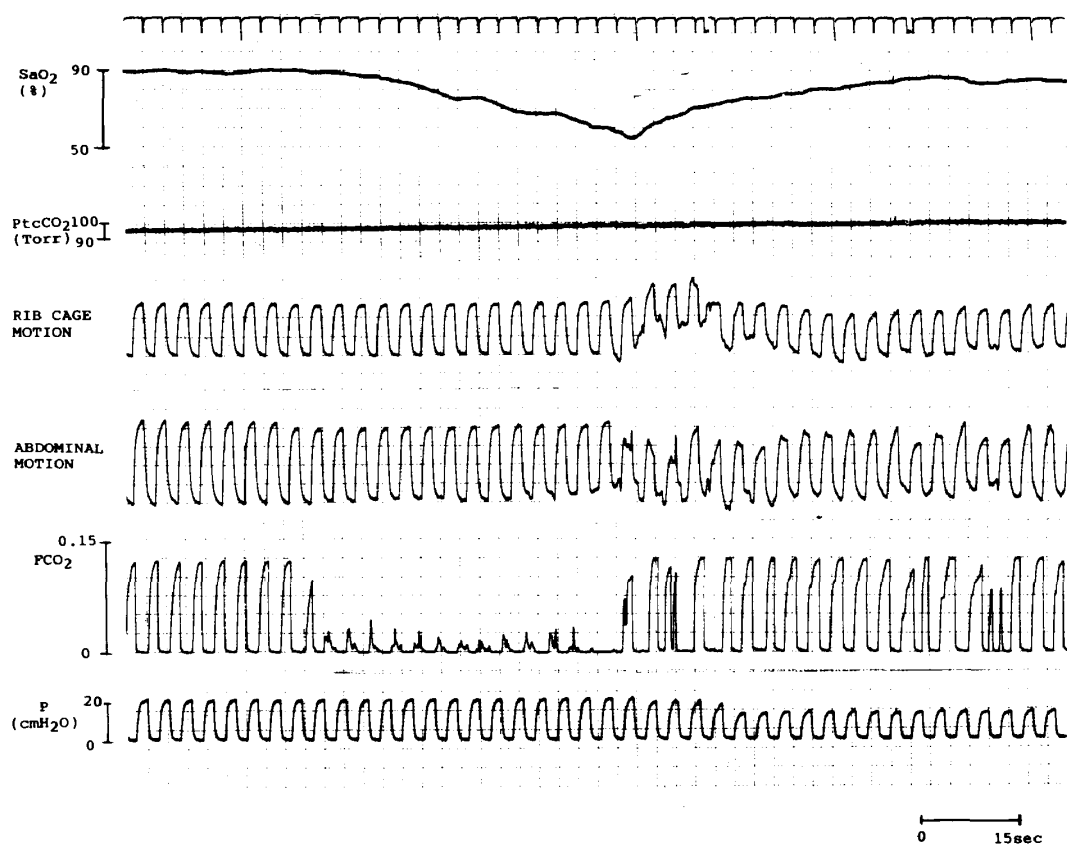


図 6 症例 1 の REM 睡眠時のポリソムノグラフィ

は, 挿管下人工呼吸器を装着され呼吸管理されることが多かったのであるが, しばしば人工呼吸器装着が長期になり気管切開下, 離脱に難渋することも多かった。

近年, 効率は挿管下人工呼吸器に劣るものの, 挿管を必要とせず, しかも比較的簡単に利用できる非挿管下補助呼吸 (CNPV, IPPV, CPAP など) の有効性も認められている⁶⁻⁹⁾。この非挿管下補助呼吸は, 呼吸不全患者の増悪因子の大きな要素を占めると考えられている呼吸筋疲労の回復にも有効であると考えられている^{12,13)}。非挿管下補助呼吸の有効な疾患も, 側弯症¹³⁻¹⁵⁾ 神経筋疾患^{16,17)}, 慢性閉塞性肺疾患¹⁸⁾ など多くを数えている。またその装着時間も夜間のみから^{13,15-18)} 週1回8時間¹⁹⁾ などさまざまである。この非挿管下補助呼吸の効果は疲弊した呼吸筋疲労の回復の他, 高炭酸ガス血症改善による中枢化学受容器の感受性の改善¹⁷⁾ などが考えられている。

これら非挿管下補助呼吸も様々な欠点を持っている。CNPV においては上気道の開存性が維持できなければ, この器具によって生じる陰圧のためより強く上気道閉塞を招くことになる¹⁸⁾。このことは睡眠中の REM 期などに CNPV がしばしば有効でない最大の原因となっている。

我々の症例1でも, NREM 睡眠期には有効であった CNPV が REM 期には有効でなくなり, 上気道閉塞によると思われる無呼吸のため SaO_2 の低下, PtcCO_2 の上昇を認めている (図5, 6)。また REM 期ばかりではなく NREM 期でも上気道抵抗の高い群では CNPV の有効性は低下するのではないかと考えられる。このことが我々の症例2において CNPV が有効でなかった原因の一つではないかと考えられる。CNPV のこの欠点改善のため, CPAP の併用^{13,17)} などが行われている。この他 CNPV には, 陰圧吸引によると思われる胸骨, 肋骨などの痛み, 背部に鉄板を敷くための背部痛などが経験されている。鼻マスクによる IPPV は上気道開存という点では理想的であるが, 装着のためによって起こる不快感によると思われる睡眠

不良, 鼻マスクよりの空気の漏れ, 空気嚥下による腹部膨満, 鼻マスク装着部位皮膚部のびらんなどの報告⁷⁾ があるが我々の症例2も7カ月間の夜間装着中にこれらすべてを経験した。また症例4においては持続的な家庭内における CNPV 使用にも関わらず再度の PaCO_2 上昇をみたため, ACZ の使用を試みているが, この PaCO_2 の再上昇の原因については今後さらなる検討が必要であると思われる。

非挿管下補助呼吸の欠点は上記のように様々あり, 改良すべき点も多くあると思われるが, 高炭酸ガス血症をともなった慢性呼吸不全患者の治療及び呼吸筋疲労の回復に有効であり, 今後益々, 使用頻度が多くなる補助呼吸法であると思われた。

文 献

- 1) Cooper J. D., Patterson G. A., Grossman R. and the Toronto Lung Transplant Group.: Double-lung transplant for advanced chronic obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis.*, 139: 303-307, 1989.
- 2) The Toronto Lung Transplant Group. Unilateral lung transplantation for pulmonary fibrosis. *N Engl J Med.*, 314: 1140-1145, 1986.
- 3) Griffith B. P., Hardesty R. L., Trento R., et al. Heart-lung transplantation: lessons learned and future hopes. *Ann Thorac Surg* 43: 6-16, 1987.
- 4) Theodore J., Morris A. J., Burke CM., et al. Cardiopulmonary function at maximum tolerable constant work rate exercise following human heart-lung transplantation. *Chest* 92: 433-439, 1987.
- 5) Sciuba F. C., Owens G. R., Sanders M. H., et al. Evidence of altered pattern of breathing during exercise in recipients of heart-lung transplants. *N Engl J Med* 319: 1186-1192, 1988.
- 6) Hill N. S.: Clinical applications of body ventilators. *Chest.*, 90: 897-905, 1986.
- 7) Shneerson J.: Disorders of ventilation Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1988.
- 8) Nochomovitz M. L., Montenegro H. D.: Ventilatory support in respiratory failure. New York: Futura Publishing Company, Inc., 1987.
- 9) Grassino A., Fracchia C., Rampulla C., Zocchi L.: Current topics in rehabilitation- Respiratory muscles in chronic obstructive pulmonary

- disease Montescano, Italy: Springer-Verlag, 1988.
- 10) Nocturnal oxygen trial group: cotinuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive lung disease. A clinical trial. *Ann Inter Med* 93: 391-398, 1980.
 - 11) Report of the Medical Research Council Working Party: Long term domicilliary oxygen therapy in chronic cor pulmonale complicating chronic bronchitis and emphysema. *Lancet* 1: 681-686, 1981.
 - 12) Braun N.M.T., Faulkner J., Hughes R.L., Roussos C., Sahgal V.: When should respiratory muscles be exercised. *Chest* 84: 76-84, 1983.
 - 13) Kinnear W., Hockley S., Harvey J., Shneerson J.: The effects of one year of nocturnal cuirass-assisted ventilation in chest wall disease. *Eur Respir J* 1: 204-208, 1988.
 - 14) Fulkerson W.J., Wilkins J.K., Esbenshade A.M., Eskind J.B., Newman J.H.: Life threatening hypoventilation in kyphoscoliosis: Successful treatment with a molded body brace-ventilator. *Am Rev Respir Dis* 129: 185-187, 1984.
 - 15) Ellis E.R., Grunstein R.R., Chan S., Bye P.T.P., Sullivan C.E.: Noninvasive ventila-
 - tory supporting during sleep improve respiratory failure in kyphoscoliosis. *Chest* 94: 811-815, 1988.
 - 16) Ellis E.R., Bye P.T.P., Bruderer J.W., Sullivan C.E.: Treatment of respiratory failure during sleep in patients with neuromuscular disease. Positive pressure ventilation through a nose mask. *Am Rev Respir Dis* 135: 148-152, 1987.
 - 17) Goldstein R.S., Molotiu N., Skrastins R., Long S., Roise J.D., Contreras M., Popkin J., Rutherford R., Phillipson E.A.: Reversal of sleep-induced hypoventilation and chronic respiratory failure by nocturnal negative pressure ventilation in patients with restrictive ventilatory impairment. *Am Rev Respir Dis* 135: 1049-1055, 1987.
 - 18) Simonds A.K., Branthwaite M.A.: Efficiency of negative pressure ventilatory equipment. *Proceedings of the British Thoracic Society. Thorax* 40: 213, 1985.
 - 19) Gutierrez M., Beroiza T., Contreras G., Diaz O., Cruz E., Moreno R., Lisboa C.: Weekly cuirass ventilation improves blood gases and inspiratory muscle strength in patients with chronic airflow limitation and hypercarbia. *Am Rev Respir Dis* 138: 617-623, 1988.

NONINVASIVE VENTILATORY SUPPORT ON CHRONIC RESPIRATORY FAILURE WITH HYPOVENTILATION.

Kazuo CHIN, Motoharu OHI, Kenshi KUNO

Clinical Pulmonary Physiology

Chest negative pressure ventilation (CNPV) and intermittent positive pressure ventilation (IPPV) through a nose mask were used for ventilatory support of 4 patients with chronic respiratory failure due to old tuberculosis (2 patients), chronic pulmonary emphysema, and kyphoscoliosis (VC, 0.91 ± 0.16 L; %VC 31.2 ± 3.2 ; FEV_{1.0}, 0.62 ± 0.19 L). These ventilatory supports were used for relief of chronic arterial CO₂ retention, weaning from the mechanical ventilation, therapy for the acute exacerbation on the chronic respiratory failure, and the relief of the respiratory muscle fatigue.

After CNPV and IPPV through a nose mask, PaCO₂ showed a significant fall from 75.7 ± 14.8 Torr to 60.2 ± 12.3 Torr ($p < 0.01$). All patients showed improvement of clinical symptoms. Two patients have continued CNPV at home on a regular basis.

We conclude that CNPV and IPPV through a nose mask significantly improve hypoventilation and quality of life in some patients with chronic respiratory failure.