

□短 報□

マスク CPAP モード下 CO₂ 負荷時の呼吸パターンの変化

佐藤俊^{*} 星邦彦^{*} 芳賀忍^{*}
松川周^{*} 橋本保彦^{*}

はじめに

呼吸中枢は、呼吸器疾患による呼吸系の弾性や抵抗の変化、あるいは呼吸刺激に対して、呼吸パターンを調節し、呼吸仕事量を最小限にとどめるように対応している。病態に応じた最適の呼吸パターンを知ることは、呼吸管理上有意義である。しかし呼吸不全患者において、これらの呼吸パターンが換気条件の変化に応じてどのように調節されているのか明らかでない。呼吸不全患者の呼吸パターンの変化を解析する上で、健康成人での呼吸中枢の種々の換気条件に対する反応を知ることがまず必要であると考えられる。

呼吸パターンの解析に関して Milic-Emili らは吸気時間 (T_i) ÷ 1 回呼吸時間 (T_{TOT}) (以下 T_i/T_{TOT} : duty ratio) は呼吸制御系のタイミング機構を表現し、一回換気量 (TV) ÷ 吸気時間 (T_i) (以下 TV/ T_i : 平均吸気流速) はドライブ機構を表現するとして、呼吸中枢による呼吸パターン調節を特徴づけている¹⁾。今回われわれは健康成人において呼気抵抗と 5% CO₂ 負荷による呼吸刺激が、duty ratio、平均吸気流速に与える影響を検討したので報告する。

対象および方法

18 歳から 31 歳（平均 24 歳）までの健康成人男子 8 名を対象とした。対象の身長は平均 169.5 cm、体重は平均 62.0 kg であった。5 l リザーバーバック付きマスク CPAP 回路に定常流 15 l/min を流した。回路に日本光電社製呼吸モニター OMR 86036 を接続し、分時換気量、呼吸数、1 回換気量、吸気時間、1 回呼吸時間を測定した。

また鼻孔にサンプリングチューブを挿入し DATEX 社製カプノメーターにて、吸気、呼気終末の CO₂ 濃度を記録した。AMPAC 社製ピープバルブを使用し CPAP レベルを 0, 5, 10 cmH₂O (以下 CPAP 0, CPAP 5, CPAP 10) とし、更に 5% CO₂ を負荷した。値は平均土標準誤差で表わし、統計学的検討は t-検定で行い、 $P < 0.05$ を有意とした。

結果

分時換気量 (l/min) は、CPAP 0 で 6.8 ± 0.5 、CPAP 5 で 6.5 ± 0.4 、CPAP 10 で 5.7 ± 0.4 と、PEEP レベルが上昇するに従い減少傾向を示し、CPAP 10 の値は有意であった。一方、5% CO₂ 負荷時には CPAP 0 で 11.6 ± 0.8 、CPAP 5 で 13.0 ± 1.0 、CPAP 10 で 12.0 ± 1.0 であり、5% CO₂ 負荷 CPAP 5 で分時換気量の有意の増加がみられた（図 1）。

呼吸数 (f/min) は CPAP 0 の 12.1 ± 1.6 に比較し、CPAP 5 では 12.1 ± 1.8 とほとんど変化しなかったが、CPAP 10 で 11.3 ± 1.8 と減少傾向を示した。5% CO₂ 負荷時には CPAP 0 14.1 ± 1.8 に比べ CPAP 5 で 14.5 ± 2.0 と増加傾向がみられたが、CPAP 10 では 13.9 ± 2.0 とほとんど変化を示さなかった（図 1）。

一回換気量 (ml) は、CPAP 0 で 619 ± 80 、CPAP 5 で 603 ± 68 、CPAP 10 で 610 ± 131 と PEEP レベルが上昇しても変化しなかった。しかし 5% CO₂ 負荷時には CPAP 0 での 875 ± 75 に比較して CPAP 5 で 964 ± 97 、CPAP 10 で 936 ± 80 と増加傾向を示した（図 1）。

CO₂ を負荷すると、分時換気量と一回換気量はすべての CPAP レベルで、呼吸数は CPAP 10 のみで有意に増加した（図 1）。

* 東北大学医学部麻酔学教室

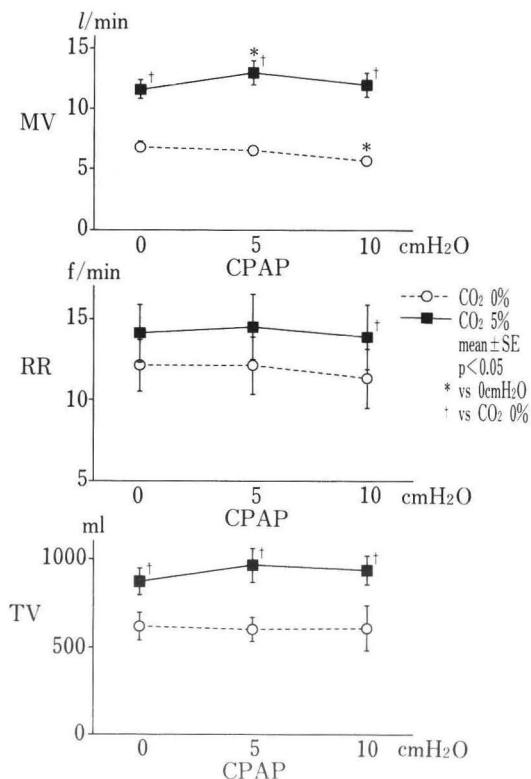


図1 分時換気量(MV), 呼吸数(RR), 一回換気量(TV)の変化

吸気時間(sec)は、CPAP 0の 2.2 ± 0.3 に比較してCPAP 5で 2.4 ± 0.4 , CPAP 10で 2.3 ± 0.5 であった。5%CO₂負荷時にはCPAP 0の 2.0 ± 0.2 に比較してCPAP 5で 2.1 ± 0.3 , CPAP 10では 2.0 ± 0.4 と変化を示さなかった(図2)。

Duty ratio(吸気時間/1回呼吸時間)は、CPAP 0で 0.416 ± 0.011 , CPAP 5で 0.421 ± 0.029 , CPAP 10で 0.370 ± 0.023 , 5%CO₂負荷時にはCPAP 0で 0.423 ± 0.019 , CPAP 5で 0.478 ± 0.036 , CPAP 10で 0.412 ± 0.017 であり, CO₂負荷の有無にかかわらず, CPAP 0に比較してCPAP 5で増加傾向, CPAP 10で減少傾向を示したが, CO₂をえたときの方がより大きな変化がみられた(図2)。

平均吸気流速(一回換気量/吸気時間; ml/sec)は、CPAP 0で 286 ± 16 , CPAP 5で 282 ± 29 , CPAP 10で 267 ± 18 , とPEEPレベルが上

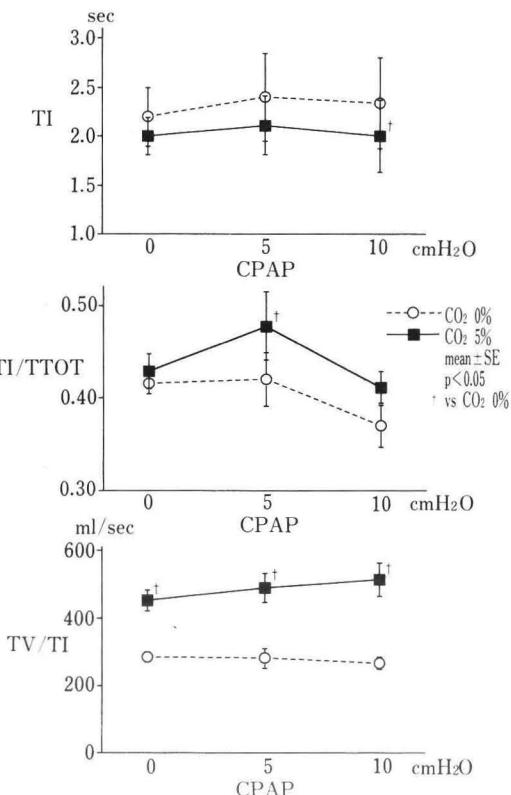


図2 吸気時間(TI), Duty ratio(TI/TTOT), 平均吸気流速(TV/TI)の変化

昇してもほとんど変化しなかった。また5%CO₂負荷には, CPAP 0で 453 ± 31 , CPAP 5で 489 ± 44 , CPAP 10で 515 ± 50 と, CPAPレベルの上昇に伴い平均吸気流速の増加傾向がみられた(図2)。

CO₂を負荷すると, 吸気時間はCPAP 10のみで有意に減少した。Duty ratioはCPAP 5のみで, 平均吸気流速はすべてのCPAPレベルで有意に増加した(図2)。

考 察

分時換気量(MV)は $MV = RR \times TV = T_i / T_{TOT} \times TV / T_i \times 60$ (RR:呼吸数, TV:一回換気量, T_i:吸気時間, T_{TOT}:一回呼吸時間)と書き直すことができ, 分時換気量, 呼吸数が同一の場合でも, 呼吸パターンの違いをduty ratioと平均吸気流速の2つの指標によって区別することができる。

CPAP レベルの上昇に伴い平均吸気流速はあまり変化しなかったが、duty ratio は CPAP 10 cmH₂O で減少傾向を示した。

5% CO₂ 負荷時には、CPAP レベルの上昇に伴い平均吸気流速は増加の傾向を示した。Duty ratio は 5% CO₂ 負荷 CPAP 5 で増加傾向を、5% CO₂ 負荷 CPAP 10 で減少傾向を示した。

Isono ら²⁾は、覚醒状態の健康成人と麻酔中の患者に呼気抵抗を負荷し、呼吸パターンに対する呼気抵抗の効果を検討した。それによると、呼吸数、duty ratio は呼気抵抗が大きくなるに従い減少し、覚醒成人の方が減少の程度が大きかった。平均呼気流速は、覚醒成人で呼気抵抗が増加しても大きな変化を示さなかったが、麻酔患者では呼気抵抗が大きくなるに従い増加した。そのため、分時換気量は呼気抵抗が大きくなるに従い、覚醒成人では減少、麻酔患者では増加したと報告している。麻酔と CO₂ 付加による呼吸刺激という状態の違いはあるものの、呼気抵抗増大の時には duty ratio の減少、平均吸気流速の増加というわれわれの研究と共通の呼吸パターン変化がみられており、今後検討に値すると考える。

有田ら³⁾は、高炭酸ガス血症で一回換気量は増加するが、吸気時間はあまり変化しないため、平均吸気流速が増加したとしており、吉川ら⁴⁾も、高 CO₂ ガス刺激に対して、健常者では一回換気量の増加、慢性肺気腫患者では吸気時間の減少という違いはあるものの平均吸気流速の増加がみられたと報告している。また、Vignale ら⁵⁾は、慢性閉塞性疾患患者で平均吸気流速の増加、duty ratio の減少がみられ、特に高炭酸ガス血症の患者で duty ratio の減少が著明であったと報告している。

今回、CO₂ を負荷した結果、duty ratio の増加

がみられたのは CPAP 5 のみであったが、平均吸気流速はすべての CPAP レベルで増加した。健康成人に呼気抵抗を加えた状態でも、CO₂ 負荷により平均吸気流速を増加させるような呼吸パターンがみられた。CO₂ による呼吸刺激は、呼吸制御系のドライブ機構により強く影響を与えるものと考えられる。

結語

1. 健康成人では、呼気抵抗を加えた場合、duty ratio を短縮させて呼気時間がある程度確保するような呼吸パターンがみられた。
2. CO₂ を加えた呼吸刺激状態では、平均吸気流速を増加させるような呼吸パターンがみられた。

(1991. 9. 27 受)

文献

- 1) Milic-Emili J, Grunstein MM : Drive and timing components of ventilation. Chest 70 : 131-133, 1976
- 2) Isono S, Nishino T, Sugimori K, et al : Respiratory effects of expiratory flow-resistive loading in conscious and anesthetized humans. Anesth Analg 70 : 594-599, 1990
- 3) 有田秀穂 : Duty ratio. 呼吸 5 : 295-301, 1986
- 4) 吉川隆志, 山本宏司, 西村正治ほか : 換気応答自動測定による、健常者および慢性肺気腫の呼吸調節機構の解析. 日胸疾会誌 20 : 531-539, 1982
- 5) Vignale L, Moretti A, Rossi PC, et al : Breathing pattern assesment in normocapnic and hypercapnic patients in chronic obstructive pulmonary disease. Panmimervia med 31 : 80-82, 1989