

S-3 フィードバック制御による人工呼吸管理

昭和大学医学部麻酔学教室

安本和正

現在市販されている人工呼吸器は、設定した換気量が得られるように吸気流速を測定し、その値が設定値より逸脱したならば、吸気弁の面積をフィードバックシステムにより増減し、設定値が得られるように自動制御している。この機能は流量だけでなく、回路内圧に対しても作用している。その結果、現在多くの換気モードが開発された。

一方、人工呼吸器に備った機能とは別に、適切な換気状況を得ることを目的として、ETCO₂を情報源に用いたフィードバックシステムにより、V_Tを自動的に制御するコントローラを試作した。情報の処理、入力制御、および出力にはA/D、D/Aコンバータを用い、人工呼吸器にはServo Ventilator 900Cを使用した。本コントローラの使用に当っては、制御方式とV_Tの変動速度の両者が重要であるため、比例制御と積分制御によりコントローラを作動した際に、変動速度を10乃至40ml/secに変え、制御動作と変動速度について検討した。次いで高炭酸ガス血症におけるコントローラの応用を、基礎的研究により検討した。

1. 研究方法

- 1) 全身麻酔中の12症例において、ETCO₂をコントローラを用いて1%低下せしめた。その際、変動速度は10、13、20、40ml/secの4つに規定し、制御方式別に整定時間や過度特性などを観察した。
- 2) ネブタール麻酔下雑種成犬8頭を対象にし、低換気により1時間ETCO₂を10%に保った後、コントローラによりETCO₂を4%減少した。変動速度は4又は1ml/secとした。

2. 結果

変動速度を高く設定すると、より短い時間で設定したETCO₂に到達するが、V_Tの増減が大きすぎるため安定したCO₂レベルを得られ

ない。一方、変動速度を低くしすぎるとV_Tのオーバーシュートはないが、設定したETCO₂を得るのに長い時間を要する。

比例制御（方式A）と積分制御（方式B）の2方式を比較検討したところ、方式Bでは各変動速度において、Aに比してV_Tの行き過ぎ現象が小さいため、気道内圧への影響も少なかった。ETCO₂を1.0%減少させる際に、整定時間を最小としうる換気量変動速度は方式Aでは13、一方Bでは20ml/secであり、両者の値は異なった。しかし、両方式における最小整定時間は約20分で、さしたる違いはなかった。

高炭酸ガス血症に対してもコントローラは、有用に作用したが、変動速度を1ml/secに規定したほうが、心拍出量の減少やカテコールアミンの変動が少なかった。従って、至適な換気量変動速度は病態により異なることが明示された。

3. 考察

過渡特性におけるV_Tや気道内圧などの推移により、積分動作にて換気量を制御したほうが、効率の良い自動制御系を得ることが示唆された。また、換気量の制御によりETCO₂をコントロールする際には、換気量変動速度の設定は極めて重要であり、その設定は、制御方式や病態などを考慮して決定すべきである。

4. まとめ

- ①ETCO₂を情報源にして換気レベルを自動制御した。
- ②制御方式は、比例制御より積分制御の方が良かった。
- ③換気レベルを自動制御する際は換気量変動速度の設定が重要である。