

□呼吸管理の工夫□

術中の換気・循環モニタリングシステム

盛 直 久* 西 村 弘 美**

用手的人工呼吸を行っている場合には、麻酔科医は無意識のうちにも自分の手が行った操作に対する患者の反応を麻酔バッグから手に返ってくる感じや、目、耳などを用いて感じとり、それをもとに換気を調節している。しかし、麻酔科医の手の一部を人工呼吸器に代用させることにより、この精巧な closed loop 制御が破綻をきたし、機械が命令されたことを相手（患者）の状態も考えずに忠実に実行する事態となる。

このため人工呼吸管理を的確かつ安全に行うには、人工呼吸器の作動状況、患者の状態、ガス交換の具合を十分に把握する必要があり、その手段として、各種モニタ類が開発され、現在では相当数のパラメータを用いてこれら情報が容易に得られるようになってきたが、いまだ不十分である。

われわれは、これら得られた情報に様々な角度から再検討を加えるとともにさらに情報量を増やす一方法として、ミニコンピュータを用いた換気・循環モニタリングシステムを試用中なので紹介する。

システムの概要 (図 1)

麻酔中はサーボベンチレータ 900 C システム (Siemens Elema) を用いて調節換気を行って

る。サーボ本体、CO₂ アナライザ 930 および肺機能コンピュータ 940 上にデジタル表示される炭酸ガス交換能および換気力学諸パラメータをモニタとし、さらに観血的動脈圧を術中患者監視装置 (メモリスコープ 2 E28, 三栄測器) 上に波形およびデジタル表示させている。また CO₂ アナライザから人工呼吸器の気道流速 (\dot{V})、気道内圧 (Paw)、呼気中炭酸ガス濃度 (F_ECO₂)、炭酸ガス 1 回呼出量 (V_{CO2}) をレコーダケーブルを介して取り出し、動脈圧 (BP) 波形とともに記録器 RECTI-HORIZ-8 K (三栄測器) 上に経時的に記録している。さらにこれらの \dot{V} , Paw, F_ECO₂ および BP は 8 ビットの A/D コンバータを介して 20 msec ごとにサンプリングしてマイクロコンピュータ Z-80 にて測定し、さらに RS-232 C を介してコンピュータ室にあるミニコンピュータ VAX 11/750 システム (DEC) にデータ転送して記憶保存している。

VAX に記憶保存しておいたデータをもとに、1 呼吸ごとに吸・呼気 1 回換気量や気道内圧、気道抵抗、コンプライアンスなど、サーボ 900 C システムでデジタル表示されるパラメータを計算するとともに、 \dot{V} , Paw, F_ECO₂ を用いて炭酸ガスの single breath test を行い、呼吸死腔量およ

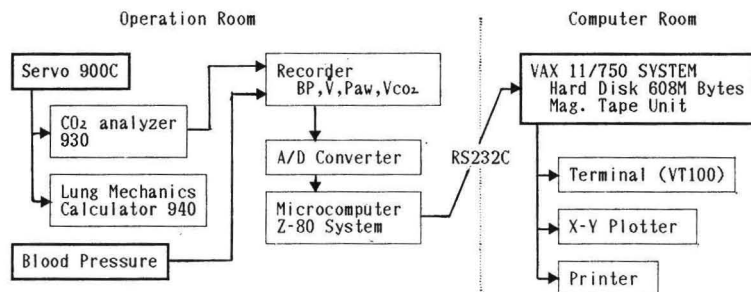


図 1

* 秋田県立脳血管研究センター麻酔科

** 秋田県立脳血管研究センター脳神経外科

び率の分画や、肺自体でのガス交換効率を示す efficiency を計算している。さらにこれらの値は端末の CRT 上に 1 呼吸ごとに表示したり、トレンド表示したり、プリンタに打ち出したりするほか、任意のパラメータ同士の変化を X-Y プロットに描かせたり、統計処理を行ったりしている。

考 案

現在では、様々なモニタ類が発達して気道内ガス流速、換気量、気道内圧やガス濃度などの換気情報が得られるようになってくるとともに、これら一次情報をもとにして肺機能やガス交換能などの二次情報量を瞬時に計算する器械も出現して、人工呼吸器および患者からの情報量は急速に増えつつある。しかもこれらの情報はアナログおよびデジタル表示でき、人工呼吸中のモニタとしては非常に有益に使われるようになってきた。さらにこれらモニタを利用して安全装置や警報装置も考案されて、人工呼吸器の安全性および信頼性がしだいに高められてきた。

しかし、これらの器械では得られるパラメータが固定しているうえ、次々と過去のデータが消えてゆくものが多く、経時の変化をみるには不都合がある。そこでパラメータのいくつかを経時的に記録紙に記録して大きな変化の流れをみているが、各パラメータを自由に組み合わせた詳細な分析には不便である。

そこでわれわれは、基本的なパラメータを連続的に測定記憶しておき、それを組み合わせて二次情報を計算して、現在および過去の換気状態を詳しく評価するとともに、さらに二次情報量を増やしたり、将来的には人工呼吸器を closed loop 制御し得るシステムとして、ミニコンピュータを用いたモニタリングシステムを使用している。

VAX の記憶容量は非常に大きく、麻酔中の人工呼吸情報はすべて連続的に記憶保存できる。また、記憶してあるパラメータを自由に取り出して efficiency や死腔率分画などを算出して、既存の換気力学、ガス交換能情報を補足するとともに、各パラメータのトレンド表示を行って経時的な変化を見やすくしている。

現在までの人工呼吸管理では、ともすると血液

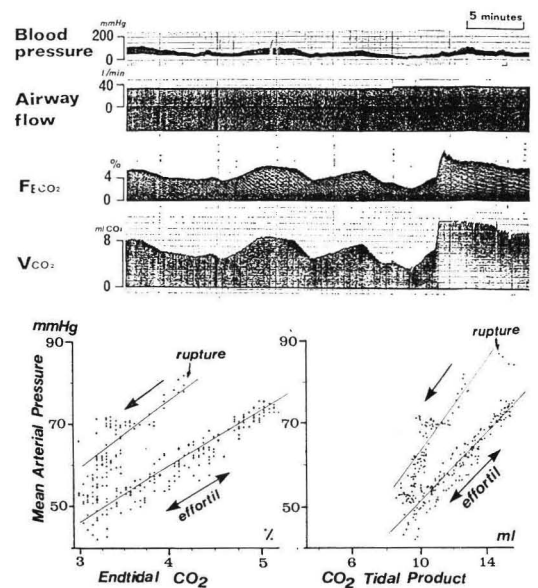


図 2

ガス分析結果が良ければすべてよしとする風潮がなきにしもあらずであったが、ガス交換の過程を細かく分析することにより、よりきめの細かい、効率の良い換気条件の設定も容易になってきた。

さらに希望するパラメータをいくつでも、何回でも繰り返し取り出せるため、今までとは異なった角度からガス交換能変化を分析できるようになった。図 2 は術中脳動脈瘤破裂により血圧が低下し、昇圧剤および急速輸血にて対処した症例の記録である。上に示した記録用紙上の諸パラメータの経時変化では、血圧の増減に伴い呼吸終末炭酸ガス濃度 ($FE'CO_2$) および VCO_2 が増減する様子が大まかに把握できる。しかし血圧と $FE'CO_2$ および VCO_2 をコンピュータから取り出してさらに詳しく検討すると、下のように出血による自然な血圧低下による $FE'CO_2$ 、 VCO_2 の低下過程と、昇圧剤を用いた時の増減過程は異なる軌跡を取ることが明瞭にわかってくる。同程度の血圧でも、昇圧剤を用いると強心作用も加わり炭酸ガス排泄が増加していることをうかがわせている。また、これらの関係の統計学的処理も容易にでき非常に便利である。

今後はコンピュータを用いてさらに情報量を増やすとともに、それをもとにした人工呼吸器の自動制御法が発展することが期待される。