

〔一般演題〕

バードマーク 8 を用いた酸素配管のみで吸入気酸素濃度の調節が可能な従圧式 IMV 人工呼吸装置の考案

相原 啓二^{*1} 財津 昭憲^{*1} 鮎川 勝彦^{*2}
服部 希一^{*3} 益田 幸治^{*4}

はじめに

従圧式人工呼吸器である Bird respirator は、多くの病院に設置されている。しかし、患者の肺コンプライアンスが変化すれば換気量が変わるため素人では扱い難く、また、基本システムだけでは吸入気酸素濃度の自由な調節や、IMV、CPAP ができないなどの理由から、ほこりを被って放置されているのが現状であろう。しかし、補助呼吸モードにおける追従性の良さには捨て難いものがある。

呼吸抑制や呼吸筋疲労が原因の低換気患者は肺酸素化能は正常なので、換気補助だけを行えばよい。従量式呼吸器による調節呼吸で管理するよりも、従圧式人工呼吸器による補助呼吸が適している。

当院の一般病棟には、酸素の配管はあるものの、圧縮空気配管はない。そこで、一般病棟での換気補助を依頼された場合に備えて、Bird respirator に CPAP 用高流量 (30~110 l/min) flow generator を組み合わせて、酸素配管のみでも、吸入気酸素濃度の調節が可能な従圧式 IMV 人工呼吸装置を考案し、吸入気酸素濃度の調節性についての検討を行い、広範囲 (30~100%) の調節が可能であったので報告する。

方法

1. 使用した機器

Bird Mark 8 (Bird 社), Flow generator

(Vital Sign 社), 加温型加湿器 (Fisher & Paykel 社), 酸素モニター (理研計器)。

その外観は写真 1 に見られる通りで、その構造を模式図 (図 1) に示す。

2. 作動原理

Bird respirator で気道内圧をモニターしながら、吸気最高気道内圧設定レバーで吸気終末圧を決める。吸気時間は、Bird respirator の流量設定ダイヤルを最低にセットし、Flow generator の流量調節つまみにより調節する。次いで Bird respirator の呼気タイマーダイヤルで強制換気の間隔 (呼気時間) を決める。この設定で分時強制換気回数が決定される。

吸入気の一部に Bird respirator を作動させるための酸素ガスが混入するものの、吸入気の大部分は Flow generator から供給されるため、吸入気酸素濃度の調節は、酸素モニターをみながら

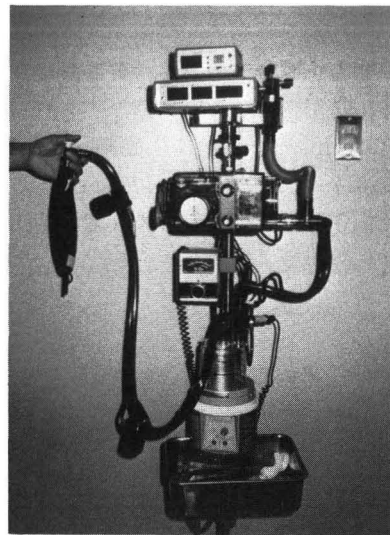


写真 1 バードマーク 8 改造機の外観

*1 九州大学医学部附属病院救急部

*2 九州大学医学部附属病院集中治療部

*3 佐賀県立病院好生館救命救急センター

*4 メディック

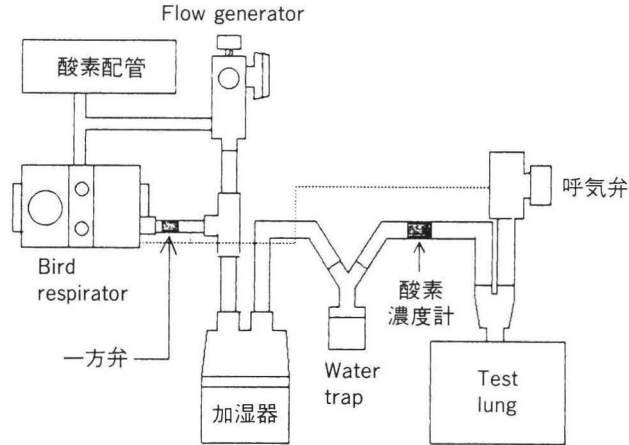


図 1 バードマーク 8 改造機の模式図

表 1 最低酸素濃度測定時の設定条件

Bird MARK 8 :	
圧調節レバー	20 の位置
流速調節ダイヤル	5 の位置
呼気時流量曲線調節ダイヤル	off
Flow generator :	
FiO ₂ 調節ダイヤル	最低
Test lung (オメガ社) :	
Resistance	20 の状態
Compliance	1+2 の状態

表 2 最低酸素濃度の測定結果

呼吸回数	吸気時間	酸素濃度
15/分	0.5 秒	32%
	0.7	33
	1.0	34
	1.3	34
	1.5	37
20/分	0.5	32
	0.7	35
	1.0	36
	1.3	37
	1.5	40

Flow generator の FiO₂ 調節ダイヤルで行う。

3. 最低酸素濃度の測定

酸素配管しかない場所で使用する本装置の酸素濃度調節能力を確かめるため、表 1 のような設定条件下で、常用される呼吸条件、すなわち、吸気回数を 15/min, 20/min の 2 段階、吸気時間を 0.5 sec, 0.7 sec, 1.0 sec, 1.3 sec, 1.5 sec の 5 段階変化させて、吸入気酸素濃度の調節最下限値を測定した。

結 果

各呼吸条件における酸素濃度を表にまとめた(表 2)。Flow generator のみであれば FiO₂ は 0.3 であるが、Bird respirator を駆動させると酸素濃度が上昇する。その上昇度は吸気回数と吸気時間を増加させるにしたがい増加する。呼吸数 15/min で吸気時間 0.5 sec での酸素濃度は 32%

で、呼吸数 20/min で吸気時間 1.5 sec での酸素濃度は丁度 40% であった。すなわち、Bird Respirator 本体を駆動させるために使用した純酸素ガスが回路内に流れ込む分だけ酸素濃度が上昇している勘定になる。いずれにせよ、実用範囲内の呼吸条件で吸入気酸素濃度が 40% 以下であるならば、長期人工呼吸管理を行っても肺障害を来さないの、この装置は合格である。今回は酸素の経済性を考慮して高圧ラインの圧抜き回路を呼吸回路内に開放させた。これを回路外に逃がせば理論的にはさらに酸素濃度が下がるはずであるが、今回は測定していない。

考 察

最近の呼吸管理の風潮は従圧式人工呼吸より従量式人工呼吸の方が優勢で、器械式よりも電子式、コンピュータ制御式の人工呼吸器がもてはやされる傾向にある。人工呼吸器を操作する側には大変便利になって、素人でも調節呼吸で管理する分ならば一応問題なくできていると思う。しかし、調節呼吸にするには過換気状態にして呼吸中枢を抑制するか、薬物で筋弛緩や呼吸中枢抑制をしなければならない。いずれにせよ、患者側からみれば、人工呼吸をするため気管内挿管をされコミュニケーションの手段を奪われている上に、必要もないのに余分な治療をされ、まったく迷惑な話である。

著者は、人工呼吸器は患者の体の一部であるから、患者の必要度に応じた呼吸をさせるものでなければならないと考えている。生体のあらゆる情報を分析して、その患者に最適な呼吸条件を決定している場所が呼吸中枢である。意識がしっかりしている低換気患者は呼吸筋力が低下しているだけであるから、呼吸中枢の指令を感知して換気補助を行う補助呼吸が望ましいわけである。

従量式人工呼吸器は強力で少々の抵抗はものともせず押しまくることを設計思想にしているので、肺不全患者の肺コンプライアンスに影響されずに、換気量が確保できる利点がある。患者の呼吸パターンを人工呼吸器のパターンに無理に従わせることができるので調節呼吸には適している。だが、調節呼吸の場合は、自発呼吸が入らないので、人工呼吸器の違いは問題とはならないのが普通である。しかし、補助呼吸やIMV呼吸の場合は患者の自発呼吸があるので、人工呼吸器とのfightingが問題となる。

従量式呼吸器はもともとの設計思想から補助呼吸を行うことには少々無理があり、fightingを起こしやすいという重大な欠点がある。

一方、Bird respiratorのような従圧式人工呼吸器は吸入療法を目的に開発されているので、補助呼吸に適しており、fightingの際、患者の呼吸パターンに追従し、設定した圧以上には気道内圧が上昇しないため、補助呼吸を行うには最適な人

工呼吸器である。

また、肺不全の患者に補助呼吸を行う場合、肺不全が改善すれば肺コンプライアンスが増加するため、従圧式人工呼吸器であれば自動的に一回換気量が増加する。換気量の増加に対しては、自発呼吸回数の減少という形で、患者自身が自然に対処して、最適な換気量に調節するので生理的である。したがって、単なる呼吸筋力の補助を目的とする換気補助には従圧式人工呼吸が適している。

Bird respiratorの基本システムでは吸入気酸素濃度の調節が不可能であり、IMVやCPAPができないなどの欠点がある。そこで、この欠点を克服するためにCPAP用高流量flow generatorを組み合わせたのである。これにより酸素配管のみで吸入気酸素濃度を広範囲(30~100%)に調節可能な、CPAPから調節呼吸まで幅広い呼吸モードを選べる従圧式IMV人工呼吸器ができあがった。

この呼吸装置を実際に病棟の患者に使用してみて、改良を加えた点を以下に述べる。回路内を高流量のガスが流れることによりback pressureが発生するため、呼気時に、過剰なPEEP圧が患者側にかからないように、Birdの呼気弁カートリッジ内のバネをはずして使用の方がよいことが分かった。PEEPをかけても呼気タイマーが作動するように、Bird respiratorとFlow generatorとの間に一方弁を配置し、呼気時に、回路内圧がBird respirator本体にかからないような工夫もした。加湿器としてジャンボネブライザーを使用しても良いが、より加湿効率を上げるために、加温型加湿器を使用した。この臨床的経験からしても、わずかな部品の調達で、酸素の配管しかないう病棟に眠っているBird respiratorに活躍の場が与えられることが明らかになった。

酸素配管のみで吸入気酸素濃度を調節する方法は色々あるが、われわれの方法が手軽さ、経済性、実用性という点からみて現時点では最良であろう。

最後に、Bird respiratorがあまり使用されない真の原因は従圧式人工呼吸器の呼吸条件設定の目安を知らないからという気がするので、参考までにわれわれの設定法を述べる。初期設定は吸気

駆動圧（＝吸気終末圧－呼気終末圧）を20 cmH₂O，呼吸回数を成人ならば脈拍数の1/5，小児ならば1/4，新生児ならば1/3で始める。その後，徐々に呼吸回数を減らし，自発呼吸が出始める限界点で呼吸管理をする。吸気対呼気比は1：1～1：2とする。

結 語

Bird MARK 8にCPAP用高流量Flow generatorを組み合わせて，酸素の配管のみで，広範囲（30～100%）に吸入気酸素濃度の調節が可能な従圧式IMV人工呼吸器を考案した。