

ナースのための 人工呼吸器 - 臨床の実際 -

人工呼吸器は高度の機能、性能を有し、操作性、安全性、信頼性は飛躍的に向上しています。しかるに患者の生命に係わる人工呼吸器に関連した医療事故が多数発生しています。

機器の取り扱い方法や機器管理体制の不備が主な原因だといわれています。それだけに人工呼吸器の正しい知識を持ち、人工呼吸管理を安全に行うことは医療従事者の必須となってきています。本紙では権威の先生方に人工呼吸器の基礎、取り扱いの要点、保守管理について解説頂きました。現場に働く人達のお役に立てば幸いです。

人工呼吸器の意義



岡山大学大学院医歯学総合研究科 救急医学 教授 氏家良人

身体を形成する個々の細胞は生命を維持するために、ミトコンドリアでエネルギー産生を行っており、そのときに酸素を必要とする。そして、その過程で炭酸ガスが産生される。

呼吸は、体外からの酸素摂取、体外への炭酸ガス排出を行い、さらに体液のpHを調整する働きも有している。これらは、

- (1) 肺胞への吸入ガスの供給と肺胞からの呼気ガスの排出(換気)
- (2) 肺胞と肺毛細血管血液の間の酸素 O_2 と炭酸ガス CO_2 の移動(ガス交換)

の2つの生理的機能によって行われている 図1。

このどちらかまたは両者が障害されたときに呼吸不全は生じる。呼吸不全では高炭酸ガス血症や低酸素血症となり、また、生体は呼吸困難を呈し呼吸仕事量が増え、その結果、呼吸筋疲労に陥る場合もある。このようなときに、人工呼吸管理が必要になる。

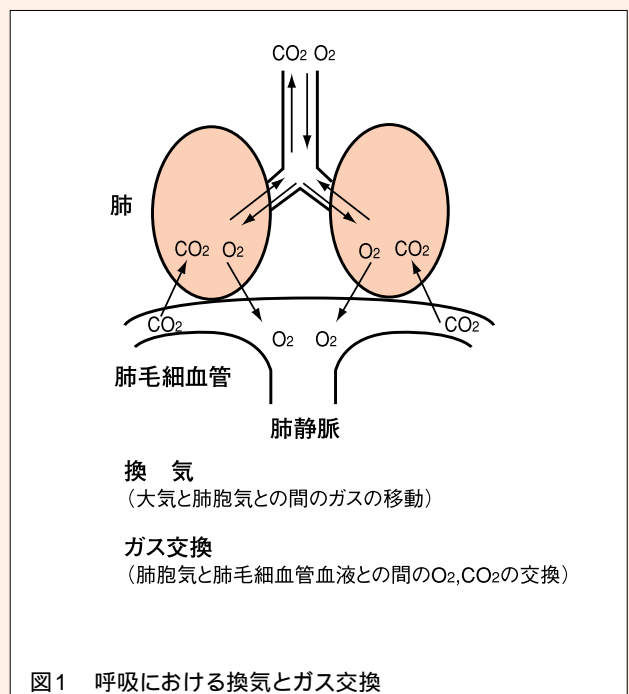
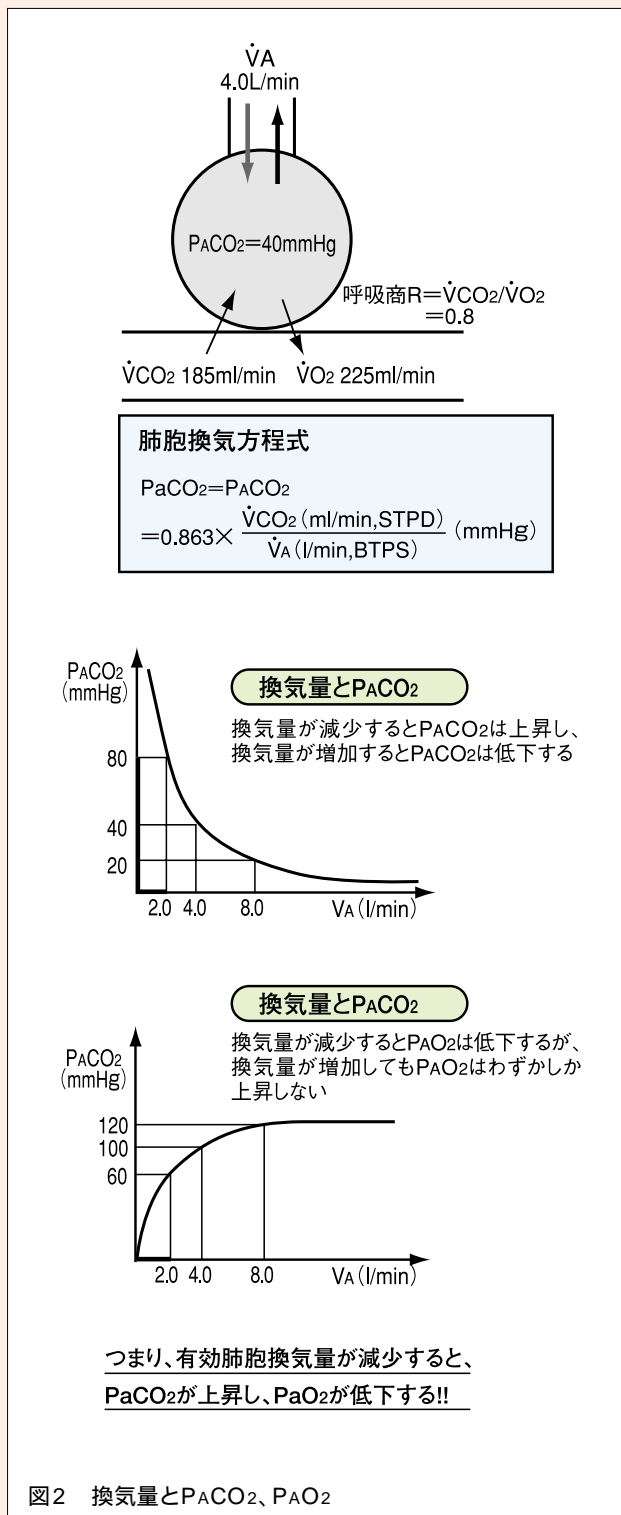


図1 呼吸における換気とガス交換

1 換気と換気障害

1) 換気量とPaCO₂、PaO₂ 図2



安静時の1回換気量は新生児から成人に至るまでおよそ体重1kg当たり10mlで、50kgの体重の人では500ml、3kgの新生児では30mlくらいである。呼吸回数は成人では12-15回、小児で15-20回、乳幼児で20-25回、新生児で25-30回である。1回換気量のおよそ30%は鼻腔や喉頭、気管や太い気管支などの部分を出入りするだけで、

肺胞への酸素運搬や肺胞からの炭酸ガス排出に役立たない死腔換気である。実際に換気に与る1分間の換気量を有効肺胞換気量(\dot{V}_A)という。従って、50kgの成人で呼吸回数が12回/分の場合、有効肺胞換気量 \dot{V}_A は

$$\dot{V}_A = (500 \times 0.7) \times 12 = 4200 \text{ ml}$$

となる。

有効肺胞換気量 \dot{V}_A は肺胞気炭酸ガス分圧($PACO_2$)と密接な関係があり、 $PACO_2$ は

$$PACO_2 = 0.863 \times (\dot{V}CO_2 / \dot{V}_A)$$

($\dot{V}CO_2$; 体内で1分間に作られる炭酸ガス産生量)の計算式で求めることができる(肺胞換気方程式という)。この式からわかるように、 $\dot{V}CO_2$ が一定であれば $PACO_2$ は換気量である \dot{V}_A のみによって変化する。肺胞血流量が正常であれば、 $PACO_2$ と動脈血炭酸ガス分圧 $PaCO_2$ は等しく、それ故、 \dot{V}_A が大きくなると $PaCO_2$ は低くなり、 \dot{V}_A が小さくなると $PaCO_2$ は高くなる。このように、 $PaCO_2$ を見ることで換気状態を知ることができる。

また、 $PaCO_2$ は肺胞気酸素分圧 PAO_2 とも関連がある。 PAO_2 は

$$PAO_2 = 713 \times FiO_2 - PaCO_2 \dots \text{肺胞方程式}$$

で求められ、空気(FiO_2 ; 0.21)を吸入して、 $PaCO_2$ が40mmHgの場合、

$$PAO_2 = 713 \times 0.21 - 40 = 100 \text{ (mmHg)}$$

となるが、 $PaCO_2$ が上昇するとその分 PAO_2 が減少し、 $PaCO_2$ が低下するとその分、 PAO_2 が上昇する。後述するが、動脈血酸素分圧 PaO_2 は PAO_2 と差があり、正常でも10%ほど PAO_2 より低くなる。

2) PaCO₂とpH

$PaCO_2$ と血清のpHは密接な関係がある。血清pHは

$$pH = 6.1 + \log \frac{HCO_3^-}{0.03 \times PaCO_2} \text{ (ヘンダーソン・ハッセルバルトの式)}$$

の式で求めることができる。健常人では重炭酸イオン(HCO_3^-)はおおよそ24mmol、 $PaCO_2$ が40mmHgであり、

$$pH = 6.1 + \log 24 / 1.2$$

$$\begin{aligned} &= 6.1 + \log 20 \\ &= 6.1 + \log 10 + \log 2 \\ &= 6.1 + 1.0 + 0.301 \\ &= 7.401 \end{aligned}$$

となり、血清pHは7.401になる。

3) 換気障害と人工呼吸器の意義

換気運動が消失したり減少し、生理的範囲を超えて肺胞換気量が減少すると、肺胞換気方程式からわかるよう

にPaCO₂が上昇する。PaCO₂が上昇すると、ヘンダーソン・ハッセルバルヒの式から、pHが低下して、呼吸性アシドーシスとなる。pHが7.20以下になると生体は危機に陥る。また、PaCO₂が上昇すると肺泡方程式から、PAO₂が低下して、その結果、PaO₂も低下して酸素を投与しなければ低酸素血症となる。

このようなとき、人工呼吸器を用いて適正な換気量で肺胞換気量を維持することにより、呼吸性アシドーシスや低酸素血症を防ぐことができる。

2 ガス交換

1) 肺胞と肺毛細血管血液との間のガス交換 図3

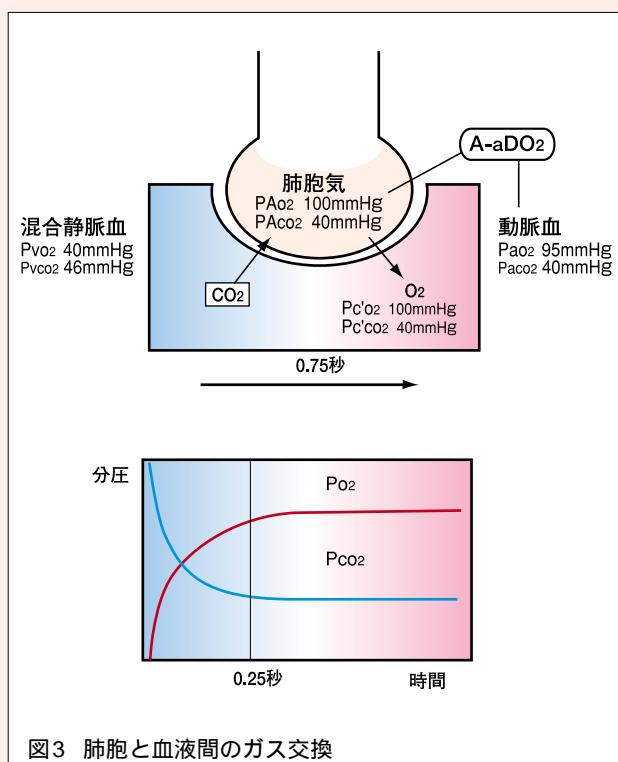


図3 肺胞と血液間のガス交換

外気から取り込んだ酸素と体内で産生された炭酸ガスのため、肺胞と肺毛細血管血液の間でこれらのガスの分圧差が生じ拡散が起こる。分圧の高い方から低い方へガスが移動する。それゆえ、酸素は肺胞から肺毛細血管の血液に移動する。酸素を受け取った血液は、静脈血から動脈血へと変化する。

一方、炭酸ガスは肺毛細血管から肺胞へと移動する。炭酸ガスの溶解度は酸素に比べて高く分子量には差がなく、炭酸ガスの拡散速度は酸素の20倍の速さといわれている。

成人では肺胞は3億個あり、肺胞を取り巻く肺毛細血管との接触面積は50 - 100m²と大きく、間隙は1/2ミクロン以下でガスの拡散には至適な条件となっている。その結

果、肺毛細血管血液が肺胞の周りを通過する時間は0.75秒くらいであるが、肺胞気と肺毛細血管血液の酸素および炭酸ガス分圧は約0.25秒で平衡状態に達する。

肺動脈血は様々な臓器に酸素を供給してきた静脈血の混合したもので混合静脈血といわれ、正常ではP \bar{v} O₂ 40mmHg、P \bar{v} CO₂ 46mmHgである。この静脈血が肺毛細血管血液となり肺胞気と接し平衡に達することにより肺毛細血管血液の酸素分圧(Pc'O₂)と炭酸ガス分圧(Pc'CO₂)は肺胞気の方圧と等しくなる。この血液が動脈血となるので理想的にはPAO₂とPaO₂、PACO₂とPaCO₂は等しくなる。しかし、正常でもPAO₂とPaO₂の間にはPAO₂の10%以内程度の較差(これを肺胞-動脈血酸素分圧較差; A-aDO₂という)がある。

2) 換気血流比

A-aDO₂が生じる理由は生理学的シャントやある程度の換気/血流(\dot{V}/\dot{Q})比の不均等のためである 図4。

\dot{V}/\dot{Q} というのは肺胞換気量とその肺毛細血管血流量の比率で正常値は0.8で、無気肺のように血流はあるが肺胞に換気がないとき($\dot{V}/\dot{Q}=0$)をシャントといい、このとき肺動脈血の静脈血が酸素化されずに動脈側に流れ込むことになる。一方、肺塞栓のように肺胞換気はあるが血流が途絶えたときには、 \dot{V}/\dot{Q} は無限大($\dot{V}/\dot{Q}=\infty$)となる。これを意味のない換気ということで死腔という。また、 \dot{V}/\dot{Q} が0~0.8の間をシャント様効果、0.8より大きい場合を死腔様効果といっている。正常人でも重力の関係などで、すべての肺胞の換気/血流比はすべて0.8というわけにはいかず、立位の場合、肺尖部は死腔様効果、肺底部はシャント様効果になり、シャント様効果や死腔様効果の肺胞が混ざり全体として0.8となっている。

3) 酸素化障害と人工呼吸器の意義

ARDSやRDS、肺炎、肺水腫などではシャントやシャント様効果の増大により、A-aDO₂が拡大し低酸素血症となる。このとき、炭酸ガスは換気のある肺胞から排泄されるためPaCO₂は正常で、PaO₂のみ低下する。それ故、このようなシャントやシャント様効果により低酸素血症を来す呼吸不全を酸素化障害という。

酸素化障害のとき、人工呼吸器は、FIO₂を上げてPAO₂を上げることによって低酸素血症を改善し、また、つぶれている肺胞や膨らみが少ない肺胞を開放して換気血流比を正常化して酸素化を改善する。しかし、この場合は、単に陽圧呼吸を施行しただけでは閉じている肺胞は開かない。風船を膨らませるときに、少し膨らんだ状態から膨らませるときはそれほど圧を必要とせずに短時間で膨らむが、新しい風船を初めて膨らませるときには高い

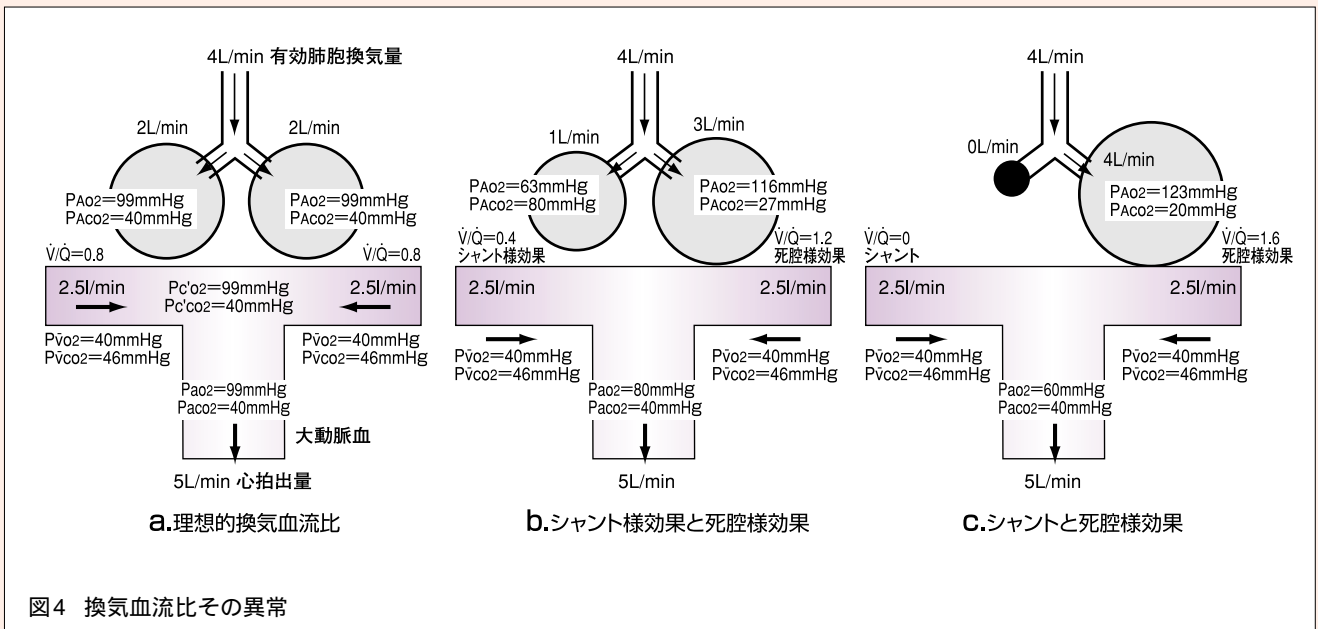


図4 換気血流比その異常

圧と時間が必要である。このような呼吸不全の肺は、虚脱した風船と膨らんだ風船が混在している状態といえる。膨らむための圧や時間が異なる肺胞群を一樣に膨らますことは容易ではない。これらを一緒に短時間に膨らませようと思っても、健全な肺胞だけが膨らみ、虚脱した肺胞は閉じたままになる。大きな換気量で押しても、健全肺が過膨脹になるだけのことである。長い時間かけてある程度の圧を維持することが大切で、そのための人工呼吸のテクニックとしてPEEPや吸気終末ポーズ(EIP)の付加などがあげられる。また、人工呼吸により肺胞を上気道側から陽圧で押し広げるのではなく、自発呼吸による胸腔からの陰圧で引き広げるという方法も有効である。特に、dependent lungと呼ばれる下位側になる肺胞は、単に陽圧呼吸をしているだけでは虚脱する傾向が強く、自発呼吸を残した換気モードを選択したり、PEEPの付加、腹臥位などの体位交換が必要になる。

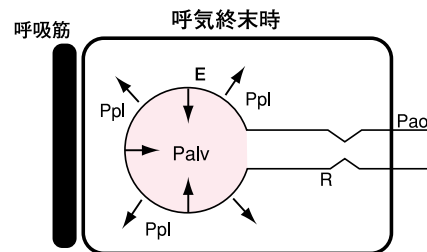
3 換気メカニクスと呼吸仕事量 図5

1)呼吸仕事量と呼吸不全

自発呼吸では、呼吸筋が収縮して胸郭および肺胞を広げ、肺胞内と口元との間に圧差を生じ気流の流れが発生する。これは物理的な機序によって行われ、換気メカニクスという。このとき、呼吸筋は肺胞、胸郭の縮まるうとする力(弾性抵抗=エラストシス;E)や気流が発生したときに生ずる摩擦抵抗(粘性抵抗=レジスタンス;Rという)に抗して換気量(V_T)を得るように仕事を行う、これを呼吸仕事量という。

また、弾性抵抗の逆数($1/E$)を、コンプライアンス(C)

呼気の終末時には胸腔内圧Pplは陰圧であるが、弾性抵抗Eによる肺胞を収縮させようとする圧が拮抗し、 $P_{alv} = P_{ao}$ となり気流の流れは起きない。



吸気時には、呼吸筋の収縮によりPplの陰圧が増強し、肺胞が拡張し、 P_{alv} が ΔP だけ陰圧が大きくなる。その結果、 $P_{alv} = P_{ao} - \Delta P$ となり、粘性抵抗Rに抗して流速Vの気流が生じ、一回換気量 V_T が得られる。

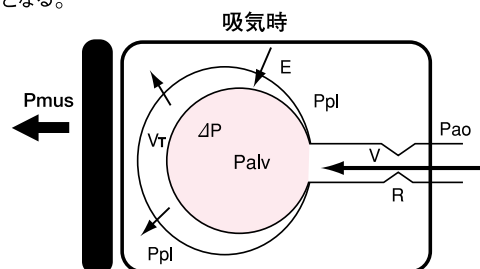
このときの呼吸筋発生圧 P_{mus} は $P_{mus} = E \times V_T + R \times V$ で表される。

また、 $E = \Delta P / V_T$

$C = V_T / \Delta P$

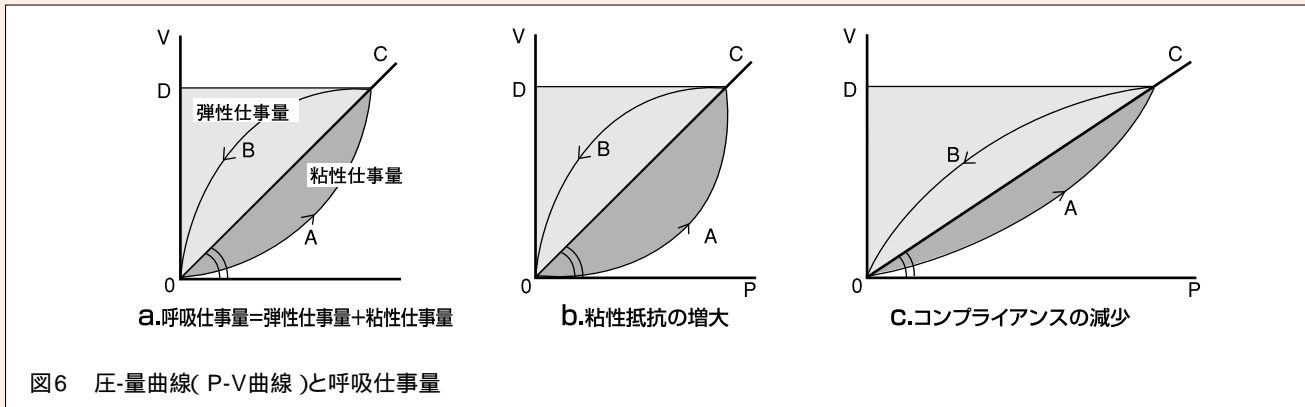
$R = \Delta P / V$

となる。



E:肺胞および胸郭の弾性抵抗、R:気道抵抗(粘性抵抗) Ppl:胸腔内圧、Palv:肺胞内圧、Pao:口元の圧、Pmus:呼吸筋発生圧、V:流速、 V_T :一回換気量、C:コンプライアンス

図5 換気メカニクス



としい、肺泡や胸郭の膨らみ易さの指標となる。例えば、ある人の肺泡や胸郭を500ml広げる(つまり500mlの換気量を得る)ために10cmH₂Oの圧が必要な場合、この全肺(肺泡+胸郭)コンプライアンスは、500/10=50(ml/cmH₂O)となる。コンプライアンスは大きいほど肺や胸郭が膨らみやすいことになる。

横軸に圧の変化(P)縦軸に換気量(V)をとり、1回の呼吸サイクル中の変化を見たものをP-V曲線という(図6)。もし、粘性抵抗が0であるならば、圧と換気量の変化は直線Cを描くように動く。直線Cが作る傾きは(肺+胸郭)のコンプライアンスを示す。しかし、呼吸している最中では気流の動きがあるので粘性抵抗が生じ、直線Cより下側の曲線OACを描いて吸気を終了する。また、呼気時には、直線Cの上側に曲線(CBO)を描く。このOACの面積が吸気時に粘性抵抗により負荷された仕事量である。また、弾性仕事量はOCDで表される三角形の部分の面積である(図6-a)。

もし、気道の狭窄などが生じると(気管支喘息、クレープ、喀痰など)は、ますます粘性仕事量が増大し(図6-b)、また、コンプライアンスが減少する場合(ARDS、RDSなど)は、直線Cの傾きが小さくなり、弾性仕事量が増加するこ

とになる(図6-c)。

2)呼吸仕事量の軽減と人工呼吸器の意義

健常人が呼吸に要するエネルギーは全エネルギーの4~5%といわれているが、呼吸不全患者、重篤な全身疾患患者では、粘性抵抗や弾性抵抗の増加で呼吸仕事量が増大している。これが持続すると、呼吸筋疲労という肺泡低換気の状態に陥る。また、神経筋疾患患者では通常の呼吸仕事量さえも患者自身で生み出すことが困難な、まさに呼吸筋疲労の状態となっていることがある。このようなときに人工呼吸を施行することにより、患者は呼吸仕事量を軽減し、安静や安らかな睡眠を確保できる。

自発呼吸下に換気を補助する方法としては、SIMVに代表される呼吸回数を補助する方法と、PSVに代表される換気圧(実際は換気量)を補助する方法がある。呼吸筋疲労の患者は頻呼吸で浅い呼吸をしており、回数の補助は必要でなく、さらに、自発呼吸と呼吸器との同調性を考慮するならばPSVが推奨される。このPSVは患者によっては気道を確保せずに鼻マスクや顔マスクで施行するNPPV(noninvasive positive pressure ventilation:非侵襲的陽圧式人工呼吸)でも可能である。

FUKUDA DENZHI

～豊富な実績と経験から生まれた～

新世代のサーボベンチレータ!

人工呼吸器
サーボベンチレータシリーズ
Servo SIEMENS

医療用特許番号: 2120082Y00120000

クリニカルパフォーマンス
高品質で安全なサーボベンチレータの伝統と臨床経験の基に開発

移動性
小型・軽量設計の本体は患者とともにスムーズな移動が可能

コストパフォーマンス
ソフトウェアやハードウェアのオプション方式により、効率的な購入方法が可能

安全性
12インチカラー液晶に患者情報、アラーム情報を日本語表示し、始業点検機能も搭載

医療と健康をつなぐテクノロジー

医用電子機器の総合メーカー
フクダ電子株式会社

フクダ電子ホームページ
http://www.fukuda.co.jp
お客様窓口 ☎ 03 5802-6600

本社 東京都文京区本郷 3-39-4 TEL (03) 33815-2121(代) 113-8483

人工呼吸管理

東北大学医学部附属病院 集中治療部 助教授 松川 周



人工呼吸の対象・適応

呼吸器系の役割は体内に酸素を取り入れ、代謝産物の二酸化炭素を排出することにある。このいずれかあるいは双方の障害が人工呼吸の対象になり、肺の酸素化能の改善、二酸化炭素排出の促進、患者の呼吸仕事量の軽減などが人工呼吸の目的となる。肺の酸素化能の低下するものとしては無気肺、肺水腫、肺炎、ARDSなどの肺疾患のほとんどが該当するし、過大な侵襲が加わった術後には酸素化能が低下するのが普通である。二酸化炭素排泄障害を起こす病態は、中枢性肺胞低換気、胸郭運動障害、気道肺障害に分けられる。中枢性肺胞低換気には薬物によるもの、中枢神経疾患、代謝性アルカローシスなどが、胸郭運動障害には神経筋疾患、中毒、薬物、横隔神経麻痺、肥満などが、気道肺障害には上気道閉塞や慢性の閉塞性肺疾患などが挙げられる。

呼吸数が35回/分以上で換気量が少なく、酸素投与にもかかわらず低酸素血症 ($\text{PaO}_2 < 50\text{mmHg}$) がある場合や高炭酸ガス血症 ($\text{PaCO}_2 > 50\text{mmHg}$) がみられる場合は、人工呼吸の適応となる。

人工呼吸器の設定

1. 初期設定

1) 換気様式

自発呼吸がない場合は調節換気の設定とし、ある場合はSIMV、PSV、補助/調節 (Assist/Control) などを選択する。トリガーは圧トリガーでは感度を $-1 \sim -2\text{cmH}_2\text{O}$ に、フロートリガーの場合は $2 \sim 3\text{L}/\text{分}$ に設定する。

2) 吸入酸素分画 (FiO_2)

初期設定は 1.0 (100%) とし、15～30分後に血液ガス分析を行い PaO_2 値を参考に吸入酸素濃度を下げる。酸素化能の程度を SpO_2 の測定値で代用することも可能だが、血液ガス分析から得られる酸素飽和度との差を随時チェックしておくことが望ましい。

3) 1回換気量

5-10ml/kgとする。圧規定型の換気様式の場合は換気量をモニターしながら圧設定を行う。1回換気量が $12\text{ml}/\text{kg}$ を越える設定では予後が悪くなるといわれている¹⁾。

4) 換気回数

調節換気やIMVの時には設定が必要となる。30回/分以下に設定する。通常は12～15回/分。

5) PEEP

3～5cmH₂Oとする。PaO₂、最高気道内圧、循環抑制の程度などを勘案しながら設定する。

6) アラーム

最高気道内圧と最低分時換気量 (または最低1回換気量) のアラーム設定を行う。分時換気量測定が不可能な機種では低圧アラームを設定。バックアップ換気が可能な場合は設定は必須。

7) 加温加湿器

絶対湿度30mg/L以上が望ましいとされるが、実用上は回路内に結露がわずかにみられる程度に調節するのが実際的である。

2. 適正換気条件

いずれの換気様式が適切なのかに関しては今のところ不明であるが、原則として自発換気を温存した部分的補助換気が一般に推奨されている。

1) 調節換気

高い気道内圧は正常肺胞の過伸展を起こすため、吸気終末のプラトー圧は35mmHgを越えない方がよい²⁾³⁾。PaO₂の目標値は80mmHg以上 (低酸素血症が著明な場合は60mmHg以上) とし、FiO₂とPEEPを調節する。平均気道内圧と相関するため、PaO₂が低下している場合はPEEPを3～5mmHg刻みで上昇させる (上限は20mmHg程度)。FiO₂は可能な限り0.6以下に調節する。自発呼吸の出現に備えてトリガーの設定をしておく。

1回換気量は5～10ml/kg、換気回数は10～30回/分、吸気流量は30～50L/分とし、吸気/呼気比が1:2～1:3になるように調節する。吸気終末のプラトー圧が

35mmHgを越えないための高炭酸ガス血症は容認する^{2,3,4)}。許容限界は明らかではないが、 $\text{PaCO}_2 < 80\text{mmHg}$ 、 $\text{pH} > 7.2$ 程度が目安となる。圧規定型の調節換気の場合は、1回換気量が5～10ml/kgに納まっていることを確認して上限圧を決定する。

2) 部分的補助換気

SIMVの場合、強制換気と自発呼吸の合計の呼吸数が30回/分を下回るように、強制換気回数を10～20回/分に設定する。自発呼吸の呼吸仕事を軽減させるため、PSV可能な機器ではSIMVであってもPSVを併用する。

PSVでは呼吸数が30回/分以下になるようにPSVレベルを調節する。通常は10～20cmH₂O程度となる。5cmH₂O程度のPSVは人工気道使用による呼吸仕事の増加を代償するとされる。

機械的人工呼吸(換気)からの離脱

1. 離脱の手順

自発換気努力を温存する換気様式が主流になっている現状では、人工呼吸器からの離脱は人工呼吸器を装着したときから始まっているともいえる。離脱開始の前提としては、人工呼吸を必要とした原疾患が改善していること、酸素化能が十分であること($\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 < 200\text{mmHg}$)、換気能力が十分であること(1回換気量 $> 5\text{ml/kg}$ 、呼吸数 < 30 回/分、努力性呼吸がない)などが挙げられる。

PaO_2 が60～100mmHgになるように FiO_2 およびPEEPを下げていく。まず FiO_2 を0.1～0.05刻みで下げていって0.6以下にし、次いでPEEPを2～3cmH₂O刻みで3～5cmH₂Oまで下げる。 PaCO_2 が50mmHg以下を目安にIMVの換気回数またはPSVのPS圧を減少させる。IMVの換気回数は2～3回/分刻みに、PSVのPS圧は3～

5cmH₂O刻みを原則とする。呼吸回数が30～35回/分以下、分時換気量が10L/分であることが、離脱を進める場合の条件となる。

2. 抜管基準

古典的な換気パラメータとしては、換気回数(RR) 35回/分、1回換気量(TV) 5～10ml/kg、肺活量(VC) 10～12ml/kg、最大吸気陰圧(MIP) -20～-25cmH₂O、分時換気量(VE) 10～15L/分、などが一般的数値である。しかし単一で十分に感度および特異度の高い指標はない。エアピースを使用して自発呼吸にした際のrapid shallow breathing index(f/VT)が105回/分/Lを越えると離脱が困難とされるが⁵⁾、感度は高くても特異度が低いといわれる。

機械的人工呼吸(換気)の合併症

機械的人工換気は非生理的な換気であり、様々な合併症を起こしうる。大別すると、気道確保に伴うもの、陽圧換気に伴うもの、その他に分けられる。

1. 気道確保に伴う合併症

陽圧換気のための気道を確保によって、気道損傷、感染、喀痰排泄困難、発声不能などが起こることがある。

気管挿管/人工呼吸によって、呼吸器系感染症の発生頻度は飛躍的に増加するといわれる。気管挿管や人工呼吸期間の期間が長くなるほど呼吸器系感染症の発生の危険性が増大する。不必要な挿管や人工呼吸は可能な限り避ける。

発語ができないことによる精神的ストレスも大きく、人工呼吸を受けている患者の苦痛の上位を占める。後述する消化管の潰瘍発症とも関わりがあり、精神庇護が重要となる。

FUKUDA
DENSHI



パルスオキシメータ付の多機能CO₂モニタ!

人・工・呼・吸・患・者・を・守・る

CO₂ + SpO₂
モニタリング



医療事故防止に一役!

患者回路外れやリークにいち早く反応
人工呼吸器とは別に、CO₂ SpO₂異常を警報でお知らせ
場所をとらない薄型コンパクトサイズ(寸法:98×49×206mm/重さ:900g)

携帯型カブノグラフモニタ
タイダルウェーブ Sp710 | タイダルウェーブ Sp715

医療用具承認番号:21100BZY00421000

フクダ電子ホームページ
http://www.fukuda.co.jp
お客様窓口 ☎ 03 5802-6600

医用電子機器の総合メーカー
フクダ電子株式会社®
本社 東京都文京区本郷 3-39-4 TEL(03)3815-2121(代)〒113-8483

2. 陽圧換気に伴う合併症

陽圧換気を行うことに伴う合併症としては、圧損傷 (barotrauma : 気胸、気縦隔、皮下気腫、BPD) 酸素中毒、循環抑制、肝・腎機能低下、水分貯留、脳圧亢進などが挙げられている。

傷害肺に肺胞の陽圧による不均等な拡張が起こると、正常に近い肺胞は過膨張して破れやすくなる。圧が加わるためというより容量が増加するために肺胞や気道が引き延ばされて破壊される volutrauma と考えられている。不必要な肺胞の過膨張を避ける工夫が必要となる。

吸入酸素分画 (FIO₂) が0.5 ~ 0.6を越えると酸素によって肺組織の傷害が起こりやすくなると考えられている。圧外傷や酸素中毒の危険性を避けるため、高炭酸ガス血症や低酸素血症を許容⁶⁾するという戦略が一般化してきている。

3. その他の合併症

その他の合併症としては、消化管出血や精神症状 (ICU 症候群) の出現、人工呼吸器との不同調、呼吸筋力低下および呼吸器依存、加温加湿過多・過少や気道熱傷などがある。

消化管出血は精神的ストレスに起因するほか、消化管の血流が陽圧換気によって減少することにも関係が深い。H₂-ブロッカーや制酸薬の投与は予防に有効とされるが、胃内の細菌叢を変えて胃内容逆流による呼吸器系感染症の発症を助長するとの考えもあり、慎重に投与を考慮する必要がある。

精神症状のかなりの部分は拘禁症状によると考えられ、精神看護のみでなく鎮静による補助が重要となる。

長期間人工呼吸を続けると、呼吸筋が廃用性萎縮を来して離脱が困難になるため、自発換気努力を温存した部分的補助換気が換気様式として望ましい。

人工呼吸中の患者管理

1. 加温・加湿、ネプライザー

正常人では乾燥空気を吸入しても、気管に至るまでに鼻腔、咽頭、喉頭などで加温・加湿され32℃で相対湿度100%になるといわれる。この加温・加湿能力は気道確保によって失われるため、気道確保した場合は吸入ガスの温度および相対湿度は口元でそれぞれ32℃および100%程度にはなっている必要がある。加湿が不十分だと気道粘膜が乾燥し繊毛運動が障害され、喀痰が粘稠化して排泄が困難になるなどの危険がある。多すぎれば水分過剰になる可能性もある。加温加湿器には滅菌水を用い、加温加湿器の水補給には可能であれば閉鎖式の補給システムを用いる。回路内の結露は患者側へ流入しないように除去する。

バクテリアフィルター機能をもった人工鼻は成人症例では加温加湿器に比べて、肺炎の合併率が低い⁷⁾とされ、24-48時間以内の使用であれば採算はとれる。人工鼻は喀痰の排泄が多い患者や気道抵抗が上昇した患者では使用しない。

ネプライザーの適応となるのは気管支拡張薬だけではなく、喀痰融解薬や去痰薬など有効性が不明なだけでなく、人工呼吸器の呼気弁や呼気流量計の作動に障害を及ぼす。

2. 喀痰吸引

喀痰貯留は気道の閉塞、無気肺を引き起こし、感染の温床となるため、聴診して喀痰がある場合は喀痰吸引を行う。吸引操作は滅菌ディスポ手袋とディスポの滅菌カテーテルを使用し、無菌的かつ愛護的に行う。吸引後は十分に肺を拡張させる。ディスポの滅菌カテーテルは1回毎の使い捨てとし、再使用はしない。低酸素症が著明な場合は閉鎖式吸引カテーテルキットを使用する。

3. 呼吸理学療法

喀痰の排泄を促す上で呼吸理学療法は欠かせない。体位変換は左右側臥位を2時間毎に繰り返す。伏臥位呼吸管理が呼吸不全患者の酸素化能を改善するといわれ、予後を改善するとの根拠はないが試みる価値はある。分泌物貯留部分に一致した胸壁上を呼気にあわせて圧迫するスクイーミングの手技は喀痰排泄に有効で有害性が少ない。従来行われている叩打法は、施行に伴う疼痛や重症不整脈などの合併症が高率に発生することから推奨できない。

4. 感染対策

人工呼吸を必要とする重症患者は、免疫能低下を伴うcompromized host状態にあることが多く、感染は予後不良因子となる。中心静脈カテーテル、肺動脈カテーテルなどの各種カテーテルに起因する感染、敗血症に注意する。

病院内で人工呼吸器を装着したことによって48時間以降に新たに罹患した肺炎を人工呼吸器関連肺炎 (Ventilator Associated Pneumonia : VAP) と呼び、血流感染、創感染、尿路感染と並ぶ院内感染の一つとして重要である。ICUにおけるVAPはICU入室患者の3-4%を占め⁸⁾、ICU内の院内感染で最も多い。人工呼吸患者では、1日あたり1%の割合で肺炎となる危険性が増加する。

気管挿管時にはたとえカフを膨らませていても口腔・咽頭内内容物の気道内への逆流は避けられないので、口腔内を8 ~ 12時間毎に30倍ポビドンヨード液で洗浄清拭する。気管切開時には、気管カニューレのカフ近位側に会

話・吸引用カテーテルの開口しているタイプを使用し、カフ上部を洗浄する。経鼻挿管では副鼻腔炎や中耳炎、経口挿管では中耳炎発症の可能性がある。

呼吸器回路は、週に1回定期的に交換するのが望ましい⁹⁾。人工呼吸器に関連したディスク製品の再利用は行わない。

感染防止の観点からは人工呼吸管理を必要とする患者へのルーチンのストレス潰瘍予防薬の投与の必要はない。ストレス潰瘍のリスクの高い患者では胃のpHを上げないストレス潰瘍の予防薬を使用し、過去に消化性潰瘍の既往のある患者や既にストレス潰瘍を発症している患者ではH₂-ブロッカーを使用する。

予防的抗菌薬全身投与の人工呼吸患者での肺炎発症に対する有効性は確認されていない。漫然とした抗菌薬の予防投与は薬剤耐性菌による院内感染の蔓延を招くおそれがあり、抗菌薬の予防投与は行わない方がよい。

感染防止のためには、処置の前後には手洗いをし、処置時にはマスクをして滅菌手袋を使用する、などの基本的な対策を積み重ねることが重要である。

5. 栄養管理

正常時の呼吸に使われるエネルギーは、総酸素消費量の数パーセントであるが、呼吸不全時には著しく増加して30%を超えることもあるといわれる。また、低栄養状態では呼吸予備能や換気駆動が低下しているとされる。したがって長期に呼吸管理を必要とする患者では投与カロリーと量が問題になる。グルコースのみの投与は二酸化炭素産生量が増加して心肺系の負担が増大するため、脂質、アミノ酸などのバランスのとれた投与が必要である。投与経路としては、経静脈より消化管のバリア機能も保たれる経腸管の方が望ましい。

6. 鎮静

人工呼吸中の患者の苦痛を緩和するために鎮静を行うことは、精神庇護の面から有用である。ミダゾラム、プロポフォール、麻薬(フェンタニル、モルヒネ)、ケタミンなどがよく使用される。単回投与よりは持続投与の方が、鎮静レベルのコントロールはし易い。医療者の都合で過鎮静に陥らないように注意する。

7. その他

一般状態のほか、人工呼吸器の作動状況やアラーム、回路の点検などは患者の安全を確保する上では必須の観察項目となる。人工呼吸器の始業点検、使用中点検、終業点検等を制度化し、施行した事実を記録に残しておくことが医療者側に求められる時代になったことを認識しておく必要がある。

人工呼吸は重症患者の生命維持に必要不可欠のも

のであり、知識や経験の集積で安全に行えるようになってはきているが、本来非生理的で安易に行うとかえって予後を不良にする可能性もある。人工呼吸は呼吸器の機能のごく一部を代行しているにすぎない。人工呼吸器本体のみでなく、患者全体に目を配る視点が重要である。

[文献]

- 1) The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. : Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med 342:1301-8, 2000.
- 2) Stewart TE, Meade MO, Cook DJ, et al: Evaluation of a ventilation strategy to prevent barotraumas in patients at high risk for acute respiratory distress syndrome. Pressure- and volume-limited ventilation strategy group. N Engl J Med 338:355-61, 1998.
- 3) Brochard L, Roudot-Thoraval F, Roupie E, et al: Tidal volume reduction for prevention of ventilator-induced lung injury in acute respiratory distress syndrome. Amer J Respir Crit Care Med 158: 1831-8, 1998.
- 4) Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, et al: Effect of a protective -ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med 338:347-54, 1998.
- 5) Leitch EA, Moran JL, Grealy B: Weaning and extubation in the intensive care unit. Clinical or index-driven approach? Intensive Care Med 22: 752-9, 1996.
- 6) 松川 周、橋本保彦: Permissive Hypoxemia. ICUとCCU. 20: 549-57, 1996.
- 7) Branson RD, Campbell RS, Davis KJ, Johnson DJ, Porombka D: Humidification in the intensive care unit. Prospective study of a new protocol utilizing heated humidification and a hygroscopic condenser humidifier. Chest;104:1800-5, 1993.
- 8) <http://idsc.nih.gov/index-j.html>
- 9) Craven DE, Kunches LM, Kilinsky V, Lichtenberg DA, Make BJ, McCabe WR: Risk factors for pneumonia and fatality in patients receiving continuous mechanical ventilation. Am Rev Respir Dis: 133:792-6, 1986.

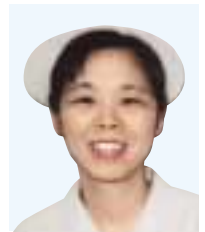
(7月1日より下記病院へ移動されました)

公立刈田総合病院 副院長

〒989-0276 宮城県白石市福岡蔵本字下原沖36

TEL. 0224(25)2145

人工呼吸器取り扱いの要点



新日鐵八幡記念病院 集中治療部 看護部 林 真理

はじめに

当院は病床数453床の総合病院です。一般病棟に圧縮空気の配管が少ないため、患者の人工呼吸管理はほとんどICUで行っています。臨床工学士は2人いますが透析室専門であるため、人工呼吸器の管理や物品、消耗品の定数チェックなどはICU看護師の呼吸器係が中心に行っています。そのICUは病床数18床で、専任医1名、看護師29名で運営しています。

今回の人工呼吸器の取り扱いの要点は事故を起こさないこと、未然に防ぐことと考えていますので、準備、点検、実際の患者への使用、後片づけを中心に、当施設で起こったトラブルを交えて紹介いたします。

人工呼吸器の準備と使用中の点検

【人工呼吸器回路組立時のチェック】

人工呼吸器の蛇管は人工鼻用の長いものを使用することで、ウォータートラップや加湿器をなくし、またその接続部を少なくしてトラブルを回避したいと考えている。しかし、患者の状態や予算の関係もあり現在は人工鼻用回路と加湿器用回路が混在しているのが現状である。

(1)人工呼吸器組立時に経験したトラブル

トラブル事例1

サーボ900C内回路の吸気フロートランスデューサーと呼気フロートランスデューサーの設置間違い。

原因：フロートランスデューサーが全く一緒であり見分けがつかない上に反対でも設置できる。

発生したこと：呼気一回換気量が吸気一回換気量より異常に高く表示された。

対策 写真1：内回路それぞれに名前または番号を明示した。



写真1

トラブル事例2

サーボ900C内回路の吸気フロートランスデューサーを逆向きに設置した。

発生したこと：吸気一回換気量の設定300mlが - 660ml、呼気一回換気量も設定の倍の値を示した。実際にも倍近い換気量であった。

原因、対策はトラブル事例1と同じ。

トラブル事例3

バード8400フロートランスデューサーの設置間違い 写真2。

原因：看護師の知識不足。

発生したこと：トリガーを感知しない。

対策：人工呼吸器の外観を写真にとり、組み立てるときにわかりやすくした。



写真2

(2)組み立て時のチェック

回路の組立時、特に内回路がある場合間違いを起こしやすいため、使用説明書または写真を見て組み立てる。

呼吸器を組み立てた者を中心に2人以上で、人工呼吸器組立時のチェック表 表1 に従い点検を行う。

その際まず、酸素と圧縮空気のアダプターをつける前に電源だけ入れ、全てのメーターが0になっていることを確かめる。

点検後、人工呼吸器点検チェック 図1 に2人の名前を記入し点検した呼吸器につける。

点検済み	
点検月日	/
点検者サイン	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

図1 点検済みカード

(3)点検時によく出くわす問題

一回換気量が設定値より低く出る。

原因：加湿器の亀裂、欠損。ウォータートラップがきちんと設置されていない。回路のリーク。トランスデューサーの設置間違い。テスト肺の亀裂。

酸素濃度が低く表示される(メーカーに修理してもらおう)。

原因：酸素燃料電池の不足、酸素混合部のゆるみ。

【人工呼吸器使用中のチェック】

一旦、人工呼吸器を使用し始め順調に動いていると、それ

表1:人工呼吸器組立時チェック

項目	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認
電源																			
呼吸器																			
管路																			
加湿器																			
水																			
フィルター																			
設定値																			
患者																			
経管挿入																			
人工鼻																			
接続																			
その他																			
確認																			

表1

表2:人工呼吸器外側のチェック項目

電源

- 電源プラグが正常に挿入し電源が入っているか。
- 患者の電線に巻き込まれていないか。
- 呼吸器ケーブルが損傷していないか。

加湿器

- 加湿器が正常に動作しているか。
- 加湿器の水位が適量か。
- 加湿器の温度設定が適切か。

水

- 水が正常に供給されているか。
- 水が枯れているか。
- 水の容器が清潔か。

フィルター

- フィルターが正常に動作しているか。
- フィルターが汚れているか。
- フィルターが交換されているか。

設定値

- 設定値が正常範囲内か。
- 設定値が変更されているか。
- 設定値が記録されているか。

患者

- 患者の接続が適切か。
- 患者の呼吸が正常か。
- 患者の容態が安定か。

その他

- 呼吸器が正常に動作しているか。
- 呼吸器の音が正常か。
- 呼吸器のディスプレイが正常か。

表2

表3 : Check Form

項目	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認	確認
電源																			
呼吸器																			
管路																			
加湿器																			
水																			
フィルター																			
設定値																			
患者																			
経管挿入																			
人工鼻																			
接続																			
その他																			
確認																			

表3

が間違った回路の組み立て方をしていても、また、呼吸器のダイヤルに体や手があたって設定が変わっていても気がつかないものである。そのため、患者の生命に関わる人工呼吸器使用中は特に注意して点検を心がける必要がある。当施設では、人工呼吸器使用中には、人工呼吸器外側のチェック項目表2と使用中の点検表表3を用いて各勤務開始時に点検を行っている。これは、1分もかからずチェックできるように最低限度のものしか書いていない。

(1)人工呼吸器使用中に経験したトラブル

トラブル事例4

加湿器を通らず患者にエアが送り込まれていた 写真3。
原因：人工鼻用に設置された回路であったが、加湿器もセットされており看護師が加湿器を通過していると思いこんでいた。
使用直前、使用中の人工呼吸器チェックを怠っていた。



写真3

対策：使用中の点検表表3を作成し、各勤務毎にチェックするようにした。
人工鼻用回路を作成した 写真4。



写真4

トラブル事例5

患者のベッドより下に呼吸器が位置していたため、呼気入力端のウォータートラップに水がいっぱいになり内回路まで浸透した。

原因：看護師の確認不足。呼吸器の位置が不適切であった。

対策：その呼吸器は人工鼻専用とした。

トラブル事例6

蛇管まで水が入っていた。

原因：加湿器への蒸留水の補充に使用しているイリゲーターのクレンメの閉め忘れ。

対策：加湿器に水を補充する場合、終わるまで側を離れないようにする。

トラブル事例7

加湿器内の蒸留水がなくなっていた。

原因：看護師の確認不足。

対策：使用中の点検表表3を作成した。

人工呼吸器使用中の注意点

人工呼吸器は患者に使用すると換気量が不定で小さなりークが発見しづらいため、回路に手や頬をかざし空気の漏れの有無を確認する。

ウォータートラップは患者の口元より低く、回路の一番下に位置させ、水が貯まりすぎないように注意する。

加温加湿器は手で触れ、人肌程度に暖かくなっているか確かめる。温度はウォータートラップの水の貯まり具合や痰の硬さによって調節する。

人工鼻は2日に1度の交換を基本にし交換日を明記する。汚染状況によって適宜交換し、痰の性状によっては加湿器に交換する。

(2)設定変更時に経験したトラブル

トラブル事例8

サーボ300の設定変更時、呼吸数だけ減らしたため一回換気量が多くなり吸気時間が延長した。

原因：当院が使用している人工呼吸器の内、サーボ以外の換気量の設定は、呼吸数を減らしても一回換気

量はそのままであるため、サーボの呼吸数を減らすときは分時換気量を減らさなければ、一回換気量が多くなることを熟知していなかった。

対策：人工呼吸器の勉強を行う。

設定変更時の注意点

ICUフローシートに医師の指示した人工呼吸器の設定(設定モード、FiO₂、一回換気量、呼吸数、PEEP)を書く。

設定変更時は2人で確認する。

勤務交代時、前の勤務者と設定の確認を行う。

フローシートに呼吸器の設定の他、患者のSpO₂、ETCO₂、呼吸数、一回換気量、分時換気量、血液ガス分析値などを記録し前回の結果と比較する。

(3) アラーム

呼吸器のアラームに加え患者の監視モニターのアラームの二重監視を行う。

アラームが鳴りすぎると慣れてしまい「またか」という気持ちから重大なミスをおかす危険があるため、「鳴ったら患者の側に行ってみる」を心がけ事故を未然に防ぐ必要がある。呼吸器に異常を感じたらとりあえず患者から呼吸器を外し、アンビューバックで押しながらテスト肺を確認する。短時間で解決しないような問題であれば他の呼吸器に変更した後でゆっくり調べる。患者を中心に考え決して呼吸器に集中しない。看護師ではわからないトラブルはメーカーに来てもらい調査してもらう。

(4) 環境整備

トラブル事例4では患者が自動体位変換ベッドを使用しており、呼吸器がそのベッドの死角に入っていたのも発見が遅れた原因の一つである。患者のベッドを中心とした各種医療機器の配置、気管内吸引を行う場所などを考慮した効率の良い環境整備が事故をなくすことにつながる。電源や供給ガスホースは絡み合わず、看護師がひっかかって電源が抜けないよう、床を這わせず整理し、また、患者監視モニターの邪魔にならないところに設置する。人工呼吸器の側に置くものとしてアンビューバック、滅菌蒸留水、吸引セット、気管内洗浄用生理食塩水と注射器、カフ圧計、テストバック、救急カートなどがある。吸引器は正常の圧まで上がるか確認し、吸引セット類はきちんとして固定した場所に設置する。決して呼吸器の上に置かない。

患者管理

(1) 鎮静

自発呼吸を失わせるような深い鎮静は行わないようにしているが、患者が不穏になったり、夜間の睡眠のために主に内服薬を使用している。注射としては塩酸モルヒネ1/2A、マイナートランキライザー、メジャートランキライザー、プロポフォールなどを使用している。

(2) 栄養と腸管管理

バクテリアトランスロケーションの予防と患者の栄養管理のため早期に経腸栄養を開始している。腸管管理として毎日排便があるように緩下剤の内服や浣腸、プロスタルモン製剤を使用している。

(3) 感染

オーラルケアの徹底のため、歯ブラシはヘッドの小さい、柔らかい毛質のものを使用し人工呼吸器関連肺炎の予防に努めている。自動体位変換ベッドの使用や腹臥位呼吸療法、ベッドサイド坐位を心がけ下側肺障害や無気肺を予防している。また早めのウィーニングに非侵襲的陽圧換気法(non-invasive positive pressure ventilation: NIPPV)を多用している。

後かたづけ

回路は一次洗浄消毒後、EOGまたはオートクレーブによって滅菌する。呼吸器本体の汚れは柔らかい布と温湯で拭き取る。各呼吸器ごとにカード(図2)を使用し他の呼吸器回路が混在しないように1セットずつにして滅菌している。呼吸器はすぐに使用できるように新しい回路を組み立て点検する。

サーボ900(加湿器用)	数	チェック	サーボ900(人工鼻用)	数	チェック
蛇管(長)	4		蛇管(長)	2	
蛇管(短)	1		ウォータートラップ(受けのみ)	1	
接続コネクター	1		Y字管	1	
Y字管	1		サイン()		
L字コネクター	1				
ウォータートラップ	2				
ウォータートラップ(受けのみ)	1				

図2 人工呼吸器組立カード

人工呼吸器の勉強

毎週月曜日に勉強会を開き人工呼吸器や呼吸生理について勉強している。当施設では9種類の人工呼吸器があるため、勉強会で担当になった人工呼吸器に関しては人に説明できるようにまで勉強している。勉強会の時、他の人の質問に答えられなかったり、呼吸器を扱わずに紙面だけで説明しようしたり、明らかに勉強してきていないことがわかるともう一度来週にやりなおしを命じている。

おわりに

以上が当施設で行っている人工呼吸器の取り扱いの方法です。チェックリストを作成しても、チェックするかしらないかは看護師の意識に関わってきます。人工呼吸器をむやみに怖がることより先慣れてしまう事の方が重大なミスを起こしかねませんので、呼吸器を扱っているということをしっかり意識することが大事だと思います。

[参考文献]

- 釘宮豊城、西村欣也:人工呼吸器におけるケア・マニュアル、医学芸術社、2001.
- 柳下芳寛:人工呼吸と呼吸管理、日総研、1997.
- 藤井千穂、向仲真蔵、塩見一成:人工呼吸器マニュアル、メディカ出版、2002.
- 土井英史:看護におけるリスクマネジメント、照林社、2001.
- 氏家良人:人工呼吸器、ナースビーズ、42、2002.

〒805-8508 福岡県北九州市八幡東区春の町1-1-1
TEL. 093(671)9711(ICU) FAX. 093(671)9441

人工呼吸器の保守管理



徳島大学医学部附属病院 救急部 集中治療部 臨床工学技士 大西芳明

1 背景

今日、医療機関で使用されている生命維持装置である人工呼吸器は、高度な性能・機能を有し、また人間工学に基づいてその操作性が向上し、各種アラーム機能などの安全装置を装備したことで、従来からある人工呼吸器に比べ安全性・信頼性などはより向上してきている。しかし、昨今の報道でも明らかのように、患者の生命に係わる人工呼吸器に関連した医療事故が多数、発生している状況である。これらの医療事故の調査報告では、機器の取り扱い方法や保守管理体制の不備などがその原因であると報告されている。

さて、医療事故を未然に防止するためには、医療機器メーカーは勿論のこと、使用者側である医療機関が機器の適正な使用(生体情報モニターの併用、適切な設定、操作等)および適切な保守管理(使用前点検、使用中点検、使用后点検、定期点検等)を実施する必要があると考えられる。具体的には、昨年、厚生労働省医薬局から各都道府県知事宛てに通知された「生命維持装置である人工呼吸器に関する事故防止対策について」¹⁾および日本呼吸療法医学会人工呼吸安全管理対策委員会が作成された「人工呼吸器安全使用のための指針」²⁾などを参考にして、各医療機関において、人工呼吸器に関する医療事故防止対策の取組み(人工呼吸安全管理対策委員会設置、人工呼吸器管理専門技術者の配置、教育システムの整備等)を積極的に行なってほしいと思う(図1)。

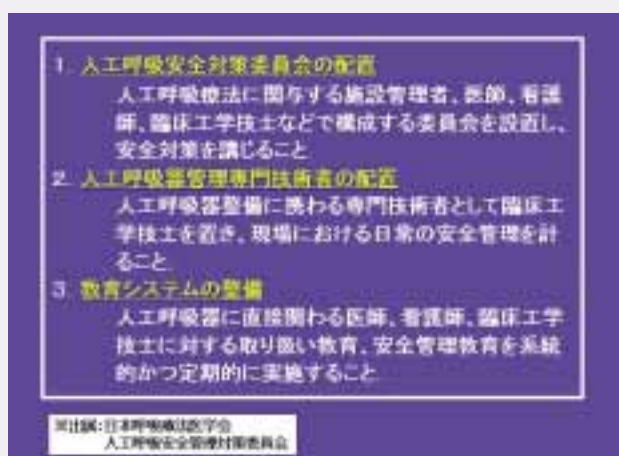


図1 医療機関における人工呼吸安全管理体制

2 医療機関における保守管理体制

人工呼吸器をはじめとする医療機器の保守点検については、医療法施行規則の改正により、医療機関自らが適切に実施するべきものであり、また同時にこの業務を適正に行うことができると認められた者に外部委託しても差し支えないと規定されている。しかしながら一部の医療機関を除いて人工呼吸器の保守管理は医師または看護師などにより多忙な業務の片手間に実施されることが多く、各業務の増加や人工呼吸器の高機能化に伴い専門的な知識が必要となり、適正な保守管理を行うことが困難な状況にもなっている。

そこでより人工呼吸器の信頼性や安全性を向上させ、その持つ機能を長期にわたって維持し、異常や危険性を防止するためには適正な保守管理体制を整え、購入から運用、保守、廃棄という人工呼吸器のライフサイクル全体を集中的に管理することが望ましい³⁾。

人工呼吸器の保守管理体制には、北里大学病院などの医療機関が実施している医療機器の中央管理体制が理想的ではあるが、国立大学病院など、ほとんどの医療機関では機器の一元管理を実施しているところはなく、これから、病院内の組織的な体制作りをしなければならないのが現状であると思われる。

本稿では、特定機能病院として、また国立大学病院として、人工呼吸器の保守管理の中央管理体制を目指して、組織的に取り組んでいる徳島大学医学部附属病院(病床数：670床)の現況を紹介する。

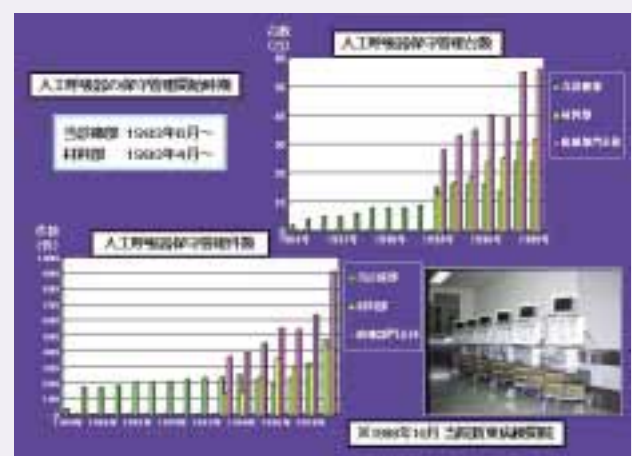


図2 当院での人工呼吸器の保守管理(年度別推移)

人工呼吸器保守管理	産科産部	材料部	計
保守管理(機種・台数)	6機種24台	11機種32台	17機種56台
日常点検(件数)	406件	306件	712件
故障・修理点検(件数)	36件	8件	44件
定期点検(件数)	33件	117件	150件
オーバーホール(件数)	1件	2件	3件
保守管理(件数)	476件	433件	909件
累積使用時間(時間)	55,372時間	43,086時間	98,458時間

周産母子センター		一般病棟	
人工呼吸器(機種・台数)	6機種24台	11機種32台	17機種56台
日常点検(件数)	406件	306件	712件
故障・修理点検(件数)	36件	8件	44件
定期点検(件数)	33件	117件	150件
オーバーホール(件数)	1件	2件	3件
保守管理(件数)	476件	433件	909件
累積使用時間(時間)	55,372時間	43,086時間	98,458時間

人工呼吸器(貸出業務状況)
 一般病棟貸出機種4機種7台
 貸出件数:20件

図3 当院での人工呼吸器の保守管理(1999年度内容)

3 徳島大学医学部附属病院での管理体制

従来、当院で使用されていた人工呼吸器に対しては、看護師の看護業務の一つとして、呼吸器回路の消毒・滅菌および始業点検、呼吸器回路の組立て、リークテスト等)が行われていた。臨床工学技士業務としての人工呼吸器の保守管理は、筆者が1983年6月よりICU(台数:4台)で、1993年4月より材料部(上田雅彦技士)が一般病棟(台数:13台)で開始した。1998年10月、東病棟の開院に伴い、集学治療病棟36床(ICU:6床、HCU:30床)および周産母子センター4床(NICU)が新たに開設された。そこで、院内の医師、看護師、臨床工学技士および事務部が連携して、臨床工学技士2名が病棟部門で使用される人工呼吸器(17機種56台)を集中的に保守管理するため、救急部・集中治療部が集学治療病棟(6機種24台)、材料部が周産母子センターおよび一般病棟(11機種32台)を担当する二分割した組織形態とした、分散独立型の中央管理体制を確立した(図2・図3)。

臨床工学技士業務である人工呼吸器の保守管理業務の作業効率を向上させ、また機器の管理台帳を作成するため、1997年7月よりフクダ電子株式会社との産学連携の共同研究を推し進めた結果、新たに「人工呼吸器の保守管理システム(FUKUDA DENSHI CO.,LTD)」を共同開発することができた。本システムの特徴は、保守管理全般(使用前点検、使用中点検、使用后点検、定期点検、故障・修理点検等)をサポートできることである。また、機器評価としては、厚生労働省が示した医薬品・医療用具等関連医療事故防止対策(具体的な対策例:「生命維持装置である人工呼吸器に関する医療事故防止対策について」)および医療機器メーカーが提示した各機器に応じた点検項目を採用し、各項目ごとに評価を入力できるなどのシステム構成にした(図4)。



図4 人工呼吸器の保守管理システム

4 保守点検の実施

保守点検の適正な実施を行なう場合、医療機器メーカーから医療機関に配られた簡易取扱説明書⁵⁾⁶⁾が参考になる。呼吸回路の接続方法、使用前、中、後のチェック項目、アラームの内容とその対処方法、起こりやすいトラブルとその対処方法、注意事項等を各施設にて徹底的に確認していただきたいと思う。

5 今後の保守管理

将来的には、人工呼吸器の保守管理は、携帯性・操作性に優れているMobile Computerなどが積極的に医療現場に導入され、機器の設定条件やアラーム情報が、ベッドサイドにて的確に把握できる環境に整備されると思われる。また、これらの機能は看護支援システム、ME支援システムと連携し、医療情報システムとして、国内の医療機関に導入されていくと考えられる。

[文献]

- 1)厚生労働省:生命維持装置である人工呼吸器に関する事故防止対策について,医薬発第248号 2001.3.27
- 2)日本呼吸療法医学会 人工呼吸安全管理対策委員会:人工呼吸器安全使用のための指針 人工呼吸18(1):39-52,2001
- 3)廣瀬 稔:人工呼吸器の基本構造と保守管理,沼田克雄(監修):人工呼吸療法[改訂第3版],Clinical Engineering別冊:60-69,2001.4
- 4)大西芳明:Servo 900Cの保守管理,沼田克雄(監修):人工呼吸療法[改訂第3版],Clinical Engineering別冊:166-168,2001.4
- 5)フクダ電子(株):SV-900シリーズ 簡易取扱説明書,2001
- 6)フクダ電子(株):SV-300/SV-300A 簡易取扱説明書,2001

医療事故防止のために

フクダ電子株式会社 臨床工学技士 小野真治

1 はじめに

全日本国立医療労働組合より2000年11月に発表された国立病院・療養所人工呼吸器調査結果についてのデータ 図1で、過去3年間の人工呼吸器トラブル事例の多くの割合を占めているのが、接続関係、蛇管エア漏れ、自己抜管など、人工呼吸器と患者との間にある回路の接続関係である。最近のほとんどの人工呼吸器にはこれらの問題で発生する致命的なトラブルを防ぐための警報機構が備わっている。患者の低換気による低換気量警報、低圧警報がそれである。ただし、これらの警報機構も患者ごとに適正な設定を行っていなければ意味がない。2001年3月に各都道府県知事宛てに厚生労働省医薬局長から通知された「生命維持装置である人工呼吸器に関する医療事故防止対策について」でも人工呼吸器の製造（輸入販売）業者で低圧/低換気警報の動作確認と適正設定に関する注意換気シールを作成し人工呼吸器の前面等、見やすい位置に貼付することとし、現在は人工呼吸器にこの注意換気シールの貼付けが行われている。

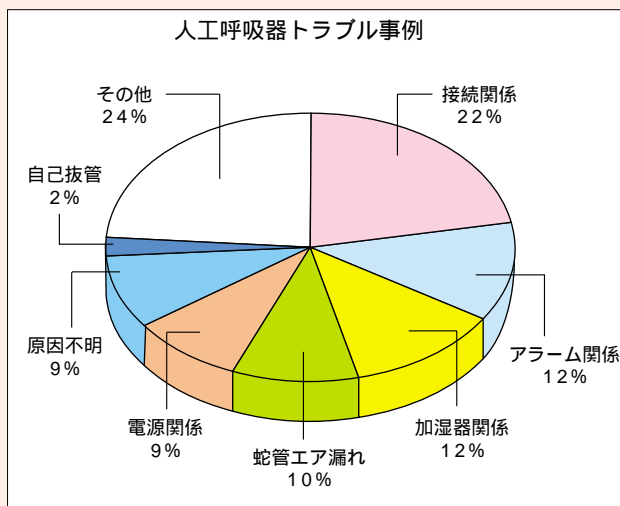


図1 過去3年間のトラブル事例

2 アラームの認知

記述したようにアラームで警告を発することである程度の事故を防止することはできるが、最近の人工呼吸器に関する事故事例では、個室病棟で発生した人工呼吸器の警報が鳴っていたにもかかわらず医療スタッフが気付かず、事故が発生したケースがある。警報が鳴っていたにもかかわらず発生するような事故は、人工呼吸器を頻繁に使用するICU、HCU、CCUなどのハイケア病棟ではなく一般病棟がほとんどである。ハイケア病棟のベッドの配置は全ベッドがナースセンターのカウンターから見渡せる造りになっていることが多く、常に警報を確認できるが、一般病棟では病室ごとにわかれており、警報が鳴ってもナース詰所まで聞こえないケースがある。



アラーム入力ポート



図2 DS-5001

DS-5001 図2

変わった形をしているが、これは心電、呼吸、酸素飽和度、非観血圧が計測できる小型の生体情報モニターである。3.5型の高解像度カラー液晶ディスプレイには最大3チャンネルの波形情報と患者計測値を表示する。バッテリーも搭載しており持ち運びも可能となる。このモニターの最大の特徴は外部機器のアラーム入力ポートを備えている点である。アラーム出力ポートを備えた人工呼吸器とこのポートを接続するとDS-5001に人工呼吸器のアラームが取りこまれる。このDS-5001はテレメータの送信機となっており、取りこまれた人工呼吸器のアラーム信号をナース詰所のセンター装置(フクダ電子製各種セントラルモニター)に送りアラームを発生させることができる。人工呼吸器以外にもアラーム出力ポートを備えた機器であれば接続が可能である。人工呼吸器を装着した患者の心電、SpO₂などのバイタル情報と共に離れた場所や隔離された個室で使用している機器のアラーム情報を同時に送信し警告を行う。

3 医療機器の保守点検

厚生労働省医薬局発行の医療事故防止対策の通知には、人工呼吸器に対する適切な保守点検の実施を促するた

めの対策等が打ち出されている。定期的な点検、使用に際しての使用前、使用中、使用後の点検を適切に行うことにより、機器の異常などの発生を未然に防止し、人工呼吸器を適切かつ安全に使用することを目的としている。また、定期点検済みシールを機器に貼付し、定期点検をいつ誰が実施したか、次の点検がいつ実施されるかを記入し医療従事者が容易に確認できるようにすることとされている。人工呼吸器は生命維持装置であり、そのトラブルによっては患者の生命を左右する機器である。最近の人工呼吸器は高機能、高安全機構が装備されているが、まったく故障がないとは言えない。またほとんどの人工呼吸器は定期的な部品交換、センサー類の校正が必要である。このような機器の安全性点検が必要不可欠である。

医療機器点検システム(仮名称) 7月末現在未販売

医療機器のメンテナンスを支援し、機器の属性情報、点検履歴情報、故障修理情報、院内での機器の貸出情報をデータベース管理するシステムである。機器を点検する場合、モバイルコンピュータを機器の近くに持っていき点検する機種や点検内容(使用前・使用中・使用后・定期点検等)を選択すれば、予め登録しておいた点検項目が画面上に表示され、機器の点検を行いながら適か否かを(場合によっては数値)チェックしていけば点検を行いながらデータベースに点検結果を登録できる。点検項目表示画面には画像も登録できるので、取扱説明書等の点検ポイントの絵も表示でき(図3)、複雑な点



図3 医療機器点検システム表示画面

検も取扱説明書を開きながら行うこともない。さらに簡単に点検を実施し記録するためのツールとして図のPDAがある。コンパクトで点検の実施時にポケットから取り出し使用できる。上

部にはバーコードリーダーが装備されており、予め機器に貼付されたバーコードシールを読み取れば(図4)、点検を行う機器の特定ができ画面上にその点検項目が表示される。後はモバイルコンピュータと同様に点検を行いながら適・否を選択していけばPDAに点検情報が一時記憶される。点検後にPDAの情報をコンピュータに送信すればその情報がデータベースに保存される。当然、データベースに蓄積された情報は様々な項目をキーに検索する事ができ、機器が何時購入され、誰がどのような点検を行い、どのような故障があるかなどの情報を瞬時に確認することができる。



図4 PDAによるバーコードの読み取り

4 おわりに

平成14年4月、厚生労働省が設置した医療安全対策検討会議では、平成14年の診療報酬改定で、安全管理体制について整備していない病院等に減算を行うといった対策を打ち出し、すべての病院での安全管理指針作成や院内事故報告制度など安全管理体制の整備義務化を提言する医療安全推進総合対策をまとめた。医療機器を扱う企業からも医療の安全対策を支援し医療事故防止のための製品が、今後、様々供給されていくことであろう。国、病院、企業と医療業界全体が力を合わせ、より一層の医療の質的向上につながっていくことを願う限りである。

【文献】

- 1) 全日本国立医療労働組合: 国立病院・療養所人工呼吸器調査結果について, 2000年11月21日
- 2) 厚生労働省: 生体維持装置である人工呼吸器に関する医療事故防止対策について, 2001年3月27日
- 3) 厚生労働省: 医療安全推進総合対策 ~ 医療事故を未然に防止するために ~, 2002年4月17日

ご存知でしたか?

心電計で培った技術と
サービス力でサポートしています

フクダ電子製 採尿蓄量装置

医療用具承認番号: 21400BZZ00034000

FUKUDA DENSHI 本社/東京都文京区本郷 3-39-4
フクダ電子ホームページ <http://www.fukuda.co.jp>



発行日 平成14年9月20日
発行人 野口亮造
編集人 小野薫
印刷所 三浦印刷株式会社

株式会社 エム・イー・タイムス
〒113-0033 東京都文京区本郷3-13-6
TEL. 03 (5684) 1285
<http://www.me-times.co.jp/>

(定価250円) E.No.029260®