

□特集：人工呼吸の安全対策を考える

——人工呼吸器に関連した事故をどのように防ぐか：現場での事例と取り組み【各論】□

事故を防止するアラームの設定

水谷 太郎*

JCAHO (Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations) が 2002 年 1 月に行ったレビュー¹⁾によれば、報告された長期人工呼吸関連の致死事故 23 件（その転帰として死亡 19 件、昏睡 4 件）中、65% はアラームの誤作動・誤使用もしくは不十分なアラームが関与していた。したがって、アラームが適切に使用されていれば、これらの事故の多くは防ぎえた可能性が高い。この数字を見ると、適切なアラームの設定・使用が重要であること、また不適切な使用により致死的な結果を生じる可能性があることがよく分かる。なお、本稿では与えられたテーマに従い、主として人工呼吸管理中に使用者が設定するアラームの問題を扱う。

日本呼吸療法医学会は、その委員会組織の一つである人工呼吸安全管理対策委員会に安全使用のための指針作成を求め、さまざまな検討の結果「人工呼吸器安全使用のための指針」が 2001 年に公表²⁾された。その内容は多岐にわたるが、警報設定およびモニターに関しては以下のとおり記載されている。

警報設定²⁾

人工呼吸器の各警報装置は、下記に示す意義を理解し、それぞれ適正值に設定すべきである。警報の設定値だけでなく、設定値を外れた場合に警報が確実に作動することの確認が必要である。

(1) 最低分時換気量、最低気道内圧、無呼吸、低電圧の警報は救命の警報であることを認識し、設定すること。

(2) 最高気道内圧、最高分時換気量、頻呼吸の警報は、合併症予防の警報装置であることを認識すること。

(3) 呼吸回路への一時的な操作（加温加湿器やネプライザーへの蒸留水・薬液の補充、気管内吸引など）によって警報が作動しても警報の設定を解除しないこと。

(4) 人工呼吸療法の継続中に、人工呼吸器作動の一時的な中止に伴って警報解除を行った場合には、その場で必ず復旧させること。

モニター²⁾

人工呼吸療法中は患者の呼吸に関するモニタリングが不可欠であり、余裕があればその他の生体情報をモニタリングすることが望ましい。

(1) パルスオキシメーターによる経皮的酸素飽和度を連続的にモニタリングすること。警報装置を作動させること。

(2) 呼気二酸化炭素濃度を連続的にモニタリングし、波形も表示すること。警報装置を作動させること。

(3) 心電図および呼吸数を連続的にモニタリングすること。警報装置を作動させること。

(4) 人工呼吸器の分時換気量、気道内圧を連続的にモニタリングすること。

また、AARC (American Association of Respiratory Care) では、主としてシステムチェックに関する指針を 1992 年に発表³⁾しているが、アラーム設定についての具体的な記載は乏しい。上記、日本呼吸療法医学会の指針は本質的な要点を網羅した優れたものであるが、具体的に最低気道内圧の設定は何 cmH₂O にせよといった記載はない。これは、個々の患者の病態、換気条件、使用する人工呼吸器の機能・性能、病院の管理体制、等々によって、アラーム設定の方法に相当の差異が生じざるをえないためと考えられる。このため、低圧アラームが、設定しただけでは回路の外れを的確に認識できないことを報告した論文⁴⁾⁵⁾は

*筑波大学臨床医学系

あるが、一般的にどのような設定が事故防止に有効であるかを検証した研究はほとんど見当たらない。

それでは、具体的にどのような設定を行えば事故を防止できるだろうか。警報というものは、人工呼吸器に限らず、「オオカミ少年」のお話のように、頻発すれば無視される傾向が生じ真の危機が認識されなくなる。頻発を避けるために感度を低下させると、偽陰性（危機が発生しているのに認識できない）の可能性が高まり、やはり危機を見逃す結果となる。したがって、真の危機を的確に認識し対処するためには、感度・特異度を確保し偽陽性（危機が発生していないのに発生したと誤認する）を減らす設定が望ましい。

上記JCAHOのレビュー¹⁾によれば、致死的事故の52%は回路の外れ（disconnection）に関連するものであった。経験的にも、また近年マスコミ等で報道された事例をみても、回路の外れが致死的事故の原因として多数を占めると考えられ、回路の外れを感知し警報することが特に重要である。そのために、（気道内圧）低圧、換気量（1回ないし分時もしくは両者）下限、無呼吸アラームその他を適切に組み合わせて設定する。低気道内圧は、回路の外れを認識する目的で使われることの多い古典的アラームである。量規定式換気管理されている症例であれば、通常、設定時点における平均的最高気道内圧（もしくはプラトー圧）の60~80%程度の圧、あるいは最高気道内圧から5cmH₂O前後を減じた圧に設定される。しかし、低圧アラームは万能ではない。容易に想像されるように、患者気管チューブと回路側コネクタの間が外れた際に、回路側が寝具や患者胸壁で半ば閉塞された状態であれば気道内圧はある程度上昇する。この現象は、ある種の機種でPSVが併用されている場合さらに助長されることがあり、注意が必要である。したがって、呼気換気量測定に基づくアラームを併用することが、より安全な方法といえる。近年、稀とはなってきたが、換気量モニターのできない人工呼吸器は購入・使用を避けるのが得策である。機種選定の時点で安全管理は始まっている。換気量の下限は、分時換気量の場合、設定時の平均的分時換気量の50%

程度に設定する。分時換気量下限が設定できる機種の場合、1回換気量下限は（自発呼吸がある際は特に）偽陽性アラームを減らすために、やや少なめでよい。いずれにせよ、患者気管チューブと回路側コネクタを外してみても実際にアラームが作動することを確認する。患者の状態や換気条件が変化した場合には、アラーム設定も変更する。なお、新世代の人工呼吸器では低圧アラームを採用せず、換気量低下のパターンを認識して接続不良を警報する機種がある。また、低PEEPアラームを備える機種では、不適切な換気設定やリーク等によるPEEP低下を知らせる以外に、回路の外れでもアラームが鳴るので、偽陽性アラームが頻発しない程度（設定PEEP圧より数cmH₂O低い圧）での併用も有効と考えられる。

アラームの設定に際しては、使用している人工呼吸器の機能・性能を理解しておくことも重要である。前述の、PSV併用によって低圧アラームが事実上無効となるような機種（PSVの吸気時間に上限が設定されていないなど）では、PSVを作動させること自体がリスクを伴うことを認識して使用しなければならない。換気量をモニターやアラームに使用する機種の場合、その測定部位および方法を理解し、特徴や限界を知る必要がある。処置などさまざまな理由でいったん人工呼吸器の電源を切り、患者に装着する際に電源を入れ忘れることがある。いかに最新の機種といえども、電源が入っていなければアラームは作動しない。“まさか”と思われるかもしれないが、繰り返し発生している事故のパターンである²⁾。接続時、意図的に回路を外してアラームが鳴ることを確認することを義務づければ防ぎうるはずである。

最後に、本稿のテーマとは若干離れるが、「指針²⁾」にも述べられているとおり、人工呼吸器とは独立したモニター・アラーム併用の重要性を強調しておきたい。危機は段階的に深刻となる。軽微な段階で発見・対処することが最善であるが、常に可能とは限らない。換気や酸素化が悪化すれば、生体情報が変化するので、適切にモニターされていれば初期に知ることができる。人工呼吸器から得られる情報は換気に関連する事項に限られ、生体の酸素化やガス交換の状況は分からな

い。生体情報モニターであるパルスオキシメーター，呼気炭酸ガス，ECG などの機器を併用し，これらのアラームを適切に設定することにより安全性が高まる。

引用文献

- 1) JCAHO (Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations) : Sentinel Event Alert ; Preventing ventilator-related deaths and injuries. Issue 25 (February 26) : 2002
 - 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 : 39-45, 2001
 - 3) AARC : Clinical Practice Guideline ; Patient-Ventilator System Checks. Respir Care 37 : 882-886, 1992
 - 4) Campbell RM, Sheikh A, Crosse MM : A study of the incorrect use of ventilator disconnection alarms. Anaesthesia 51 : 369-370, 1996
 - 5) Kun SS, Nakamura CT, Ripka JF, et al : Home ventilator low-pressure alarms fail to detect accidental decannulation with pediatric tracheostomy tubes. Chest 119 : 562-564, 2001
-