

□ 特 集 □

人工呼吸器の種類と用語統一の必要性
— 臨床工学技士の役割と立場から —

山崎功晴*

1. はじめに

近年、人工呼吸器も技術進歩により患者にとって安全で最適な換気モードや設定項目が増えている。生命維持管理装置である人工呼吸器等医療機器の安全管理に関わる法律が整備され、われわれ臨床工学技士を取り巻く環境が大きく変化している。ここでは、人工呼吸器を取り扱う臨床工学技士の役割と立場を明確にし、日本医用機器工業会安全部会人工呼吸委員会からの提言をもとに臨床現場で起こり得る医療事故の防止の観点から人工呼吸器の機種別考察を踏まえ、人工呼吸器の種類と用語統一の必要性について、①人工呼吸器の換気モード、②設定換気条件とモニタ表示、③警報設定、の問題点と統一案を述べる。

2. 臨床工学技士を取り巻く環境の変化

厚生省は、平成17年の医療制度改革大綱により、患者の視点に立った安全・安心で質の高い医療体制の構築を目指し、平成19年改正医療法を施行した。改正医療法では「医療機器安全管理責任者」の配置が義務付けられた。そして、人工呼吸器などの生命維持管理装置の操作は、当該医療機器に精通した医師および臨床工学技士が担うようになってきた。人工呼吸器の安全管理において平成13年に日本呼吸療法医学会より「人工呼吸器安全使用のための指針」が発表され、同年に日本臨床工学技士会は「医療スタッフのための人工呼吸器安全操作マニュアル」をだしている。当該人工呼吸器に精通している医療スタッフは、日常の安全管理のために看護師等医療スタッフへの人工呼吸器勉強会実施や呼吸療法チームへの参画と頻繁な定期的巡回の施行などが求められるようになった。

3. 日本医用機器工業会

安全部会人工呼吸委員会からの提言

平成19年3月23日「人工呼吸器関連の用語統一」についての取組みに対する意見検討依頼が日本呼吸療法医学会会長のもとに届いた。日本医用機器工業会は、国内で使用される人工呼吸器の大半が海外製造品であり、機種ごとに換気条件の設定・モニタ・アラーム項目に関する用語が異なると言ってよいほどバラツキが見られると指摘している。日本医用機器工業会は、現状の不具合に対して検討を重ね、ISO等の標準規格との連携を視野に入れて解決法を探っている。そして、行政からの人工呼吸器関連の事故防止対策に関連して、業界側の取組みを示す一例として業界側が考える用語統一の下案を行政へ提出している（表1及び表2）。根拠とした資料は表3で示す基本的物理量と修飾語（形容詞、動詞）の組合せを用い、表4で各種換気モードの名称を挙げた。人工呼吸器取扱会社の大半（表5）が、日本医用機器工業会会員であり、業界（機器）側の視点から標準化や共通化の動きを模索している。最終的には、機器使用に携わる医療従事者の方々が理解しやすく混乱の恐れがないものを決めていただく必要があるとしている。

* 財団法人倉敷中央病院 CE サービス室

表 1. 人工呼吸器関連の用語統一に関して

-
- ・換気の様式（モード）と条件設定に属するもの、警報に属するものに大別。
 - ・人工呼吸器は半世紀以上の歴史があり、多種多様であるが、今日の実情を中心として検討。
（人工呼吸管理技術の進歩向上に追隨した機種が普及している現状であるため）
 - ・人工呼吸管理の現場で多数の人が使う用語、ならびに市販の人工呼吸器解説書によく見られる用語を優先とする。
1. 換気様式（モード）
 - a) 調節呼吸：CMV (controlled mechanical ventilation)
 - b) 同期型間欠的強制換気：SIMV (synchronized intermittent mandatory ventilation)
 - c) 持続的気道陽圧：CPAP (continuous positive airway pressure)
 - d) 圧支持換気：PSV (pressure support ventilation)
- ※a) 及び b) の機械換気には、
従量式：VCV (volume controlled ventilation)、
従圧式：PCV (pressure controlled ventilation) がある。
よって、SIMV-PCV などの複合語が理解されている。
2. 換気条件
 - a) 吸入酸素濃度：Fio₂, inspiratory oxygen concentration, など
 - b) 一回換気量：VT, tidal volume, など
 - c) 換気回数：RR, frequency (f), rate, など
 - d) 最大吸気圧：PIP (peak inspiratory pressure), など
 - e) 吸気時間：TI, inspiratory time, など
 - f) 呼気終末陽圧：PEEP (positive end-expiratory pressure), など
 - g) トリガ感度：trigger, sensitivity, など
 - h) 分時換気量：MV, minute volume, など
 - i) 吸気/呼気比：I:E ratio, など
 3. 警報
 - a) 低気道内圧：low airway pressure など
 - b) 高気道内圧：high airway pressure など
 - c) 低分時換気量：low minute volume など
 - d) 無呼吸：apnea
 - e) 呼吸回路外れ：circuit disconnection など
 - f) 電源異常：power failure など
 - g) バッテリー低下：low battery など
 - h) 供給圧低下：low supply pressure など
 - i) 動作異常：inoperative など
-

※1 日本医用機器工業会 安全部会人工呼吸委員会からの提言文書より

表 2. 「人工呼吸器関連の用語統一に関して」の解説

<p>1. 換気モードについて</p> <p>現時点で広く認知され、かつ現場で使用頻度の高い用語を選定した。つまり、安全性確保の観点から、これらの用語に大きな変更を加えるべきでないとの判断による。以下に各換気モードの解説を記す。</p>	
a) 調節呼吸	<p>2. の複数の条件設定に従った動作が継続され、自発呼吸のない時に使用される。</p> <p>自発呼吸努力の出現をトリガ感度で検出し、その都度、同じ条件設定の機械換気を行なう場合に補助・アシスト換気のように表現することもある。しかし、できる限り機械換気を減らして気道内圧を低く維持する管理が主流である現在、補助・アシストの頻度は低いと見られる。英語表記には換気 (ventilation) があるので、“調節換気”の訳が当てられるが、歴史的経緯から“調節呼吸”の方が慣用されている。</p>
b) 同期型間欠的強制換気	<p>IMV を源とするが、本来 IMV は自発呼吸に備えたモードであり、各機種トリガ感度は実用上問題ないレベルにあるため、強制換気と同期する、圧支持換気とすること、あるいはデマンドフローの送気もできる。よって、現在の SIMV は IMV と同義と見られている。</p>
c) 持続的気道陽圧	<p>強制換気が全くなく、気道内圧を陽圧に維持して自発呼吸をする時に使用される。この和訳よりも“CPAP(シーバップと発音する)”が圧倒的に広く使われている。</p>
d) 圧支持換気	<p>自発呼吸に対して少しの陽圧で補助する方法であり、CPAP と同様に、“pressure support (プレッシャーサポートと発音する)”の方がよく使われている。</p> <p>※ VCV と PCV についても PSV 等と同じく、英語表記をそのまま受け入れる傾向が強いと思われる。それぞれ、“ボリュームコントロール”、“プレッシャーコントロール”と発音され、volume, pressure, control の語はその意味も含めて広く理解されている。すなわち、“ボリュームで (換気を) コントロール”するように使われ、ほとんど違和感がない。</p>
<p>2. 換気条件について</p> <p>人工呼吸器の基本的な仕事、すなわち、適切な酸素濃度のガスを適切な圧力または量によって、患者に適切な回数与える、という観点で次のように大別する。</p>	
a)~e)	不可欠の条件である。
f)~i)	人工呼吸管理に自発呼吸のある患者を含めて換気状態を評価、改善する上で必要な条件である。
<p>なお、すでに多数の著作物でこれらは解説されているので、ここでは各条件の説明はしない。</p>	
<p>3. 警報について</p> <p>人工呼吸器がその種類にかかわらず、患者の換気と安全を確保するために具備すべき警報類である。</p> <p>次のように分類できる。</p>	
a)・b)	<p>圧または量規定のいずれでも、気道・肺にかかる陽圧が適切か否かを検知するためにあり、人工呼吸器と患者のインターフェースである患者呼吸回路の圧力をモニタは絶対不可欠である。この意味においては e) も含まれる。</p>
c)・d)	<p>特に自発呼吸のある患者において重要な項目であり、十分な換気が自発呼吸で賄われない、あるいはその消失の検知に必要である。</p>
f)~h)	<p>人工呼吸器は外部から駆動エネルギー、すなわち、電力と圧搾ガスを導引せねばならず、これが人工呼吸器の適切な作動をおびやかすレベルになった時点で速やかに警報を発生しなければならない。</p>
i)	<p>ほとんどの人工呼吸器がコンピュータ (プログラム) 制御である現在、内蔵ソフトウェアおよびハードウェアの支障を自己診断機能により検知することで、操作者にすぐに代替換気を行なわせるうえで必須である。</p>
<p>よって、患者を中心とした人工呼吸管理下で装備が義務とされる警報はすべて列挙される。</p>	

※ 1 日本医用機器工業会 安全部会人工呼吸委員会からの提言文書より

表 3. 陽圧でガスを送気したときの基本的物理量と送気動作を特徴づける修飾語

基本的物理量	P(ressure), V(olume), T(ime)
修飾語	Control (又は Controlled) : 調節
	Assist (又は Assisted) : 補助
	Support : 支持
	Synchronized : 同期
	Assured : 補償
	Regulated : 調節、規制
	Continuous : 連続的
	Intermittent : 間欠的
	Augment : 増強
	Positive : positive pressure で陽圧
	Minute : minute volume で分時換気量
	Mandatory : mandatory ventilation で強制換気
	Airway : airway pressure で気道圧、など

※ 1 日本医用機器工業会 安全部会人工呼吸委員会からの提言文書より

表4. 各換気モード名称
(基本的物理量を細い文字、修飾語を太い文字として列記)

1. CMV	controlled mechanical ventilation
2. CMV	continuous mandatory ventilation
3. A/C	assist and/or controlled (mechanical) ventilation)
4. aCMV	assisted controlled mechanical ventilation
5. sCMV	synchronized control mechanical ventilation
6. iCMV	triggered controlled mechanical ventilation
7. PTV	patient triggered ventilation
8. PCV	pressure control ventilation
9. PSV	pressure support ventilation
10. VAPS	volume assured pressure support
11. PAV	proportional assist ventilation
12. PPS	proportional pressure support
13. PRVC	pressure regulated volume control
14. VS	volume support (ventilation)
15. VG	volume guarantee
16. PLV	pressure limitation ventilation
17. IMV	intermittent mandatory ventilation
18. SIMV	synchronized intermittent mandatory ventilation
19. SIPPV	synchronised intermittent positive pressure ventilation
20. EMMV	extended mandatory minute volume (ventiation)
21. MMV	minimum minute ventilation
22. AMV	augumented mandatory ventilation
23. CPAP	continuous positive airway pressure
24. CPPV	continuous positive pressure ventilation
25. BIPAP	bi-phasic positive airway pressure
26. APRV	airway pressure release ventilation
27. BiPAP	bi-level positive airway pressure
28. IPPV	intermittent positive pressure ventilation
29. AVV	assisted volume ventilation
30. VAV	volume assisted ventilation
31. VCV	volume controlled ventilation
32. PA	pressure augmentation
33. APV	adaptive pressure ventilation
34. TTV	targeted tidal volume
35. PLV	pressure- limited , volume non-constant ventilation
36. TCPL	time cycled , pressure limited
37. SPONT	spontaneous (ventilation)
38. ASV	adaptive support ventilation
39. IDV	intermittent demand ventilation
40. ASB	assisted spontaneous breathing
41. IAV	intermittent assisted ventilation
42. IRV	inversed ratio ventilation 以下は特殊モードとされるもの
43. HFV	high frequency ventilation
44. HFJV	high frequency jet ventilation
45. HFPPV	high frequency positive pressure ventilation
46. HFO	high frequency oscillation
47. IRV	inversed ratio ventilation
48. ILV	independent lung ventilation
49. OLV	one lung ventilation
50. DLV	differential lung ventilation
51. NPPV	noninvasive positive pressure ventilation
52. NETPV	negative extra-thoracic pressure ventilation

表5. 日本医用機器工業会人工呼吸委員会会員企業名

1. アイ・エム・アイ(株)
2. アコマ医科工業(株)
3. (株)アネス
4. エア・ウォーター(株)
5. 木村医科器械(株)
6. 泉工医科工業(株)
7. タイコヘルスケアジャパン(株)
8. (株)東機貿
9. ドレゲル・メディカルジャパン(株)
10. フクダ電子(株)
11. フジ・レスピロニクス(株)
12. スミスメディカル・ジャパン(株)
13. オリジン医科工業(株)
14. コーケンメディカル(株)
15. マシモジャパン(株)
16. 日本光電工業(株)
17. GE横河メデカルシステム(株)
18. (株)ムラコメディカル
19. エア・ウォーター防災(株)
20. フィッシャー&パイクヘルスケア(株)
21. (株)スカイネット

(順不同・平成19年3月現在)

※1 日本医用機器工業会 安全部会
人工呼吸委員会からの提言文書より

※1 日本医用機器工業会 安全部会人工呼吸委員会からの提言文書より

4. 用語の違いが設定内容の違いに繋がるインシデント

病院施設内と在宅で使用されている人工呼吸器は、英語表記と日本語表記が混在している。日本医用機器工業会が指摘している換気モードの混乱は、実際のガス送気が圧およびフロー変化の点で同じであるにも拘らず呼称が異なること、呼称が同じなのに圧およびフロー変化が異なること、を挙げている。臨床工学技士からみて人工呼吸器に関連して起こるインシデント・アクシデントのなかで用語の違いに絞って考察すると、①機種ごとに換気条件の設定・モニタ表示・警報設定の用語が異なること、②人工呼吸器ごとに操作方法の違いと部品用語(名称)の違いがみられること、③同一部署内に異機種の人工呼吸器を使用していること、④数種の人工呼吸器には精通しているが当該人工呼吸器の知識が少ないこと、⑤指示出し医師と指示受けした操作医療スタッフが同一でないこと、などが考えられる。これらの解決法として、①は用語統一、②は操作に慣れること、③は運用で回避、④は資格制度等当該機器別知識の習得、⑤は人工呼吸器ごとの人工呼吸器設定指示／チェックシートなどの点検簿を作成すること、などが考えられる。

機種の違いによる例としては、表6のエビタ4と表7のサーボiに搭載された換気モードの名称と換気条件に

よる設定項目の用語の違いを列挙した。

エビタ4とサーボiの2機種は、日本版で換気モードの名称違いが多く、アメリカ版においては名称の差が少ない。換気条件の設定例では、同じプレッシャーコントロールモードでありながら上限設定圧の名称と設定圧の内容が全く違う。プレッシャーサポートに関しては、用語の違いはあるが設定数値は、圧力値 **above PEEP** となって同じ数値を入力し、動作も同じである。

プレッシャーコントロールモードは、例に示したエビタ4とサーボi以外の機種では、NPPV用としてレスピロニクス社の人工呼吸器 **BiPAP** などが **Bi-level PAP S/T** モードと呼ばれ、換気条件の **PEEP** は **EPAP** に変化して同義、吸気圧は絶対圧が用いられて **IPAP** に変化して **PEEP + PS above PEEP** と同義となるなど、プレッシャーサポートとの区別がなくなりつつある。最近では、プレッシャーコントロールモードの吸気の終了基準が見直されてプレッシャーサポートと同じ終了基準も使用できるようになってきている。さらに、パシフィックメディコ社の人工呼吸器 **LTV1000** では、吸気圧と圧サポートと項目表示され、入力値は絶対圧として **PEEP** はそのなかに含まれているといった現状があり、混乱に拍車がかかっている。

表6.【例1】エビタ4について換気条件の設定・モニタ表示・警報設定の用語

-
- ア-1) DragerMEDICAL社のエビタ4では、日本向けがアラーム表示のみで日本語版となっている。日本語版での換気モードは、**IPPV** (エビタXLや取説では**CMV**と表示)、**SIMV**、**BIPAP** (アメリカ版では**PCV+**)、**ASV** (エビタXLではプレッシャーサポートと表示)、**CPAP**、**MMV**、**APRV**、**NIV**、**PPS**などが用意され略称表示している。さらに換気条件設定によって換気モードが増え、**IPPVassist**、**IPPV+PLV**、**SIMV+PLV**、**SIMV/ASB**、**SIMV/ASB+PLV**、**BIPAPassist**、**BIPAP/ASB**、**CPAP/ASB**、**MMV+PLV**、**MMV/ASB**、**MMV/ASB+PLV**、**volume control**の**IPPV**と**SIMV**と**MMV**には**Auto-Flow**モードが設定でき、**Dual control**となる。設定項目も多数用意されているが、名称が判り難く煩雑となっている。**IPPV**はボリュームコントロール**CMV**と同義語で、**BIPAP**は**PCV**、**ASB**は**PSV**と異なった表示が問題視されている。
- ア-2) 設定例を挙げると、**BIPAP/ASB**の設定を行うには、**BIPAP**画面で **O₂**、**T_{insp}**、**f**、**Λ**、**P_{insp}** (吸気圧と取説に表示しており絶対圧入力が必要)、**PEEP**、**PASB** (**above PEEP** となりおり圧差入力が必要)を入力し別画面の拡張パラメータで **Flow trigger** を入力、他の画面で **Apnea ventilation** の **V_T Apnea** と **fApnea** を入力する。警報設定画面で警報を設定する。(設定にあたっては、表6-1のエビタ4用人工呼吸器設定指示／チェックシートを作成する。)
-

※2 参考 DragerMEDICAL エビタ4 (EVT-4000 JW4.h) 取扱説明書

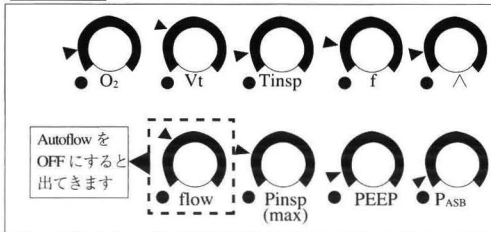
表 6-1. エビタ 4 用人工呼吸器設定指示/チェックシート

人工呼吸器設定指示/チェックシート

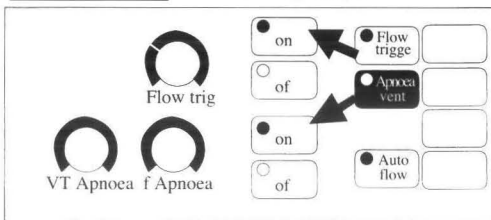
ID	病棟
患者名	

使用機種 エビタ 4

設定項目 各換気モードボタンを押す



バックアップ設定 extra settings を押す



アラーム設定 アラームボタンを押す

下限	上限		etCO ₂	
MV		▼/▲		▼/▲
L/min				mmHg
fspn	bpm	▼/▲	Tapnoea	s
VTi	L	▼/▲		▼/▲
Paw	cmH ₂ O	▼/▲		

	月 日	
	時 刻	
	指示医 / 施行者 サイン	
	換気モード	
設定項目	酸素濃度	(FiO ₂)
	吸気 1 回換気量	(ml)
	吸気時間 (Tinsp)	(秒)
	換気回数 (f)	(回 / 分)
	立ち上がり時間 (A)	(秒)
	吸気流量 (flow)	(LPM)
	吸気圧 (Pinsp)	(cmH ₂ O)
	PEEP	(cmH ₂ O)
	P _{ASB}	(cmH ₂ O)
	フロートリガ	(LPM)
	バックアップ設定	Y/N
	アラーム	分時換気量 下限
分時換気量 上限		(LPM)
自発呼吸数上限		(bpm)
1 回換気量上限		(ml)
気道内圧上限		(cmH ₂ O)
無呼吸時間		(秒)
加湿	加湿加湿器設定	口元℃ チャンバー℃
	人工鼻	小 / 中 / 大
観察項目	分時換気量実測値	(LPM)
	SpO ₂	(%)
	ETCO ₂	(mmHg)
	呼吸音左右差	Y/N
	カフ圧	(cmH ₂ O)
	カフリーク	Y/N
	チューブ固定	良 / 悪
	電源コード・プラグ	良 / 悪
呼吸回路接続	良 / 悪	
	指示受けサイン	

表 7. 【例 2】サーボ i について換気条件の設定・モニタ表示・警報設定の用語

- イ-1) 例として MAQUET 社のサーボ i では、日本語版がある。日本語版での換気モードは、圧補正従量式 (P RVC)、従量式 (VC)、ボリュームサポート (VS)、従圧式 (PC)、プレッシャーサポート (PS)、プレッシャーサポート /CPAP、SIMV (ボリュームコントロール)+プレッシャーサポート、SIMV(PRVC)+プレッシャーサポート、SIMV (プレッシャーコントロール)+プレッシャーサポート、Bi-Vent、NIV-プレッシャーコントロール、NIV-プレッシャーサポートなどが用意され表示している。
- イ-2) 設定例を挙げると、SIMV (プレッシャーコントロール)+プレッシャーサポートの設定を行うには、PC (プレッシャーコントロールレベル) above PEEP (となっており圧差入力が必要)、SIMV 回数、酸素濃度 (%)、I : E 比または吸気時間、吸気立ち上がり時間 (%/秒)、SIMV 呼吸時間、トリガ感度、吸気サイクルオフ (%)、PS (プレッシャーサポートレベル) above PEEP (となっており圧差入力が必要)、PEEP を入力する。警報設定画面で警報を設定する。(設定にあたっては、表 7-1 のサーボ i 用人工呼吸器設定指示 /チェックシートを作成する。)

※ 3 MAQUET SERVO-i ベンチレータシステム V3.0 ユーザーマニュアル

表 7-1. サーボ i 用人工呼吸器設定指示 /チェックシート

人工呼吸器設定指示 /チェックシート

ID _____ 病棟 _____

患者名 _____

使用機種 Servo i

換気モード設定

換気モード設定

現在の換気モード automode

↑

換気モード選択

VC	SIMV(VC)+PS
PC	SIMV(PC)+PS
PRVC	SIMV(PRVC)+PS
PS/CPAP	
VSV	

選択

閉じる

設定項目

換気モード設定

一回換気量	吸気時間	トリガー感度	PS
呼吸数	休止時間	サイクル OFF	吸気圧
PEEP	立ち上がり時間		
酸素濃度	SIMV 呼吸時間		

キャンセル 決定

アラーム設定

アラーム情報

	下限値	上限値	アラーム音量
気道内圧			無呼吸時間
分時換気量			
換気回数			
呼吸終末圧			

← アラーム情報から入る

	月 日	
	時 刻	
	指示医 / 施行者	サイン
設定項目	換気モード	
	一回換気量	(ml)
	換気回数 /SIMV	(回 / 分)
	PEEP	(cmH ₂ O)
	酸素濃度	(%)
	吸気時間	(秒)
	休止時間	(%)
	立ち上がり時間	(%)
	SIMV 呼吸時間	(秒)
	トリガ感度	(圧 / フロー)
	サイクル OFF	(%)
	PS 圧 >PEEP	(cmH ₂ O)
	吸気圧 >PEEP	(cmH ₂ O)
	気道内圧上限	(cmH ₂ O)
	分時換気量 (下限 / 上限)	(LPM)
換気回数 (下限 / 上限)	(回 / 分)	
呼吸終末圧	(cmH ₂ O)	
無呼吸時間	(秒)	
アラーム	加温加湿器設定	口元℃ チャンバー℃
	人工鼻	小 / 中 / 大
加湿	分時換気量実測値	(LPM)
	SpO ₂	(%)
観察項目	ETCO ₂	(mmHg)
	呼吸音左右差	Y/N
	カフ圧	(cmH ₂ O)
	カフリーク	Y/N
	チューブ固定	良 / 悪
	電源コード・プラグ	良 / 悪
	呼吸回路接続	良 / 悪
指示受けサイン		

5. 従来の人工呼吸器の換気モード理解と設定内容について

人工呼吸器の種類によって、換気モードや設定条件(各種パラメータ)の用語が細分化されている。しかし、人工呼吸器がどのような作動方式に基づいて動いているのかを分類し理解するほうが合理的である。日本語表記については、必要がないと言われる先生方が多いなかでも、使用者に在宅患者や患者家族、ホームヘルパなど一般の方たちを考慮しなければならない。

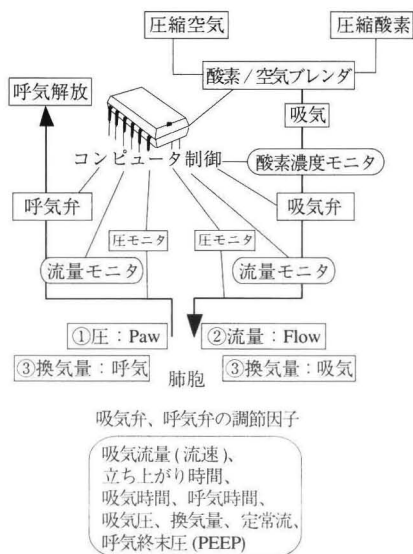


図1. 一般的な人工呼吸器の内部構造

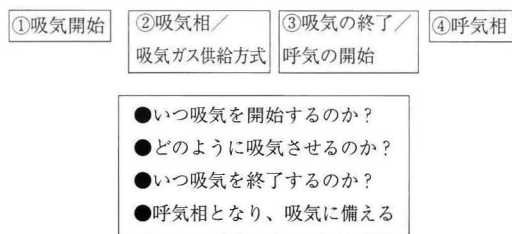


図2. 呼吸の4つのコンポーネント

用語統一のためには、一般的な人工呼吸器の内部構造と用語の意味を理解しておく必要があります。図1に示した。ここでは、図1のように吸気時の送気ガスを吸気弁でコントロールされるしくみと用語の意味についてふれる。人工呼吸器のコンピュータ制御部は、図2で説明しているように呼吸サイクルを4つに分けて考えることができる。それらは、①吸気の開始、②吸気相(吸気時の送気ガス制御を圧モニタによることで

制御換気とよばれ、1回換気量または流量によることで量制御換気とよばれる)、③吸気の終了(呼気の開始)、④呼気相である。¹⁾このうち、①、②、③の制御を表す用語がそれぞれトリガ・リミット・サイクルである。¹⁾
A. トリガ (trigger) : 呼吸サイクルの①吸気の開始方法であり、シグナルである。¹⁾

(1) 時間トリガ (time trigger)

設定した時間間隔で吸気が開始されること、バックアップ換気などの強制換気のトリガである。強制換気は、CMV や IMV などが用いられる。

(2) 患者トリガ (patient trigger)

患者の吸気努力により、気道内の圧やフローが変化することをシグナルにして吸気が開始されること。患者への補助換気 (assist ventilation) は、ACMV や SIMV などの部分換気、PSV、VSV などほとんどの換気モードに用いられる。圧トリガとフロートリガの2種類がある。

B. リミット (limit) : 圧、流量が設定した目標値に達した後、これを超えないように制御される。¹⁾

(1) 圧リミット (pressure limited)

他のパラメータで吸気が終了するまで設定圧を超えないように圧力を制限する。

(2) フローリミット (flow limited)

吸気が終了する前にピークフローが目標値に達し、超えないようにフローを制限する。

C. サイクル (cycle) : 吸気の終了を設定する因子で時間、圧、量、流量、患者呼気変化によって制御され、呼気弁を開いて呼気開放を行うことや吸気ガスの制御を行う。¹⁾

(1) 時間サイクル (time cycle)

設定された吸気時間が経過すると、呼気に転じて吸気ガスのフローが制御される。時間経過がない場合は、他のパラメータが優先され、患者の呼気努力に対してファイティングになる人工呼吸器もある。

(2) 圧サイクル (pressure cycle)

設定された吸気圧になると、呼気に転じて吸気ガスのフローが制御される。古典的従圧式人工呼吸にみられ、現在は、高圧アラームに吸気圧が達したときの動作と同じである。

(3) ボリュームサイクル (volume cycle)

設定された1回換気量に達すると、吸気ガスのフローが終了し、呼気の開始には設定吸気時間が用いられる。

(4) フローサイクル (flow cycle)

設定された吸気フローに達することや設定された吸気終了基準まで吸気フローが低下することで呼気に転じ、吸気ガス

のフローが制御される。

(5)患者サイクル (patient cycle)

患者の気道抵抗やコンプライアンス、吸気努力の大きさや呼気努力によって人工呼吸器の吸気時間や吸気流量、吸気圧を1呼吸毎に制御する。

6. 人工呼吸器の換気モードの提案と設定内容の用語統一について

Critical Care Ventilators の ISO/IEC 規格 2007 年 2 月版の委員会草案「COMMITTEE DRAFT ISO/CD IEC ISO/WD1 80601-2-12」²⁾ に Summary(from N91)description of ventilatory modes (表 8) にある換気モードは、“呼吸パターン”、“制御方式”などによって分類されている。この分類方法は、今後各社の人工呼吸器の取扱説明書に記載されることが義務付けられ論理的に世界標準となりうる可能性が高いのではないかと思われる。なかでも注目すべきは、略語の名称統一と組合せのルールが必要と思う。

表 8. Summary(from N91)description of ventilatory modes

1. Breathing Pattern
a) Primary control variable
i. Volume control
ii. Pressure control
iii. Dual control
b) Breath sequence
i. Continuous mandatory ventilation
ii. Intermittent mandatory ventilatio
iii. Continuous spontaneous ventilati
2. Control type
a) Within and breaths
i. Setpoint
ii. Auto-setpoint
iii. Servo
b) Between breaths
i. Adaptive
ii. Optimal
iii. Knowledge-based
iv. Artificial neural network
3. Specific control strategy
a) Phase variables
i. Trigger
ii. Limit
iii. Cycle
iv. Baseline
b) Operational Logic
i. Conditional variables
ii. Performance function

文献²⁾より引用

A. 換気モードの検討案

持続的強制換気・調節換気・調節呼吸の略称は CMV に統一してはどうか。(ISO/IEC に準拠)

同期型間歇的強制換気 (SIMV) と間歇的強制換気 (IMV) は、同義語としての使用されており、ISO/IEC でも IMV に統一しようとしている。

補助調節呼吸 (A / C、ACMV、AC) も非侵襲度合い Degree of control (invasiveness) からすれば CMV に分類でき、CMV、IMV 共に自発呼吸にトリガ対応するモードとしている。

ISO/IEC 規格では、量制御式 (VC) と IMV で VC - IMV とし、VC と CMV で VC - CMV という組み合わせた造語が使用され、圧制御式 (PC) と量圧制御式 (Dual control : DC) が冠として使用される。PSV は、自発呼吸を CSV として PC - CSV で表している。

今までの PCV で SIMV + PS の場合は、PC - IMV + pressure support としたり PC - IMV + PS としているが、複合語のルール化例として「呼吸パターンのガス制御方式 - 自発に続発して送られてくるガス供給方式 + 自発呼吸様式」としてはどうか。

上記の人工呼吸器の換気モードに関して検討した結果を案としてアンダーラインを引いて列挙する。

- (1) 持続的強制換気・調節換気・調節呼吸 : CMV (continuous mandatory ventilation) (controlled mechanical ventilation)
- (2) 補助持続的強制換気 : A/C MV (assisted continuous mandatory ventilation) 同期型持続的強制換気 : SCMV (synchronized continuous mandatory ventilation)
- (3) 間欠的強制換気 : IMV (intermittent mandatory ventilation) 同期型間欠的強制換気 : SIMV (synchronized intermittent mandatory ventilation)
- (4) 持続的自発換気 : CSV (continuous spontaneous ventilation)
 - a. 持続的気道陽圧 : CPAP (continuous positive airway pressure)
 - b. 圧支持換気 : PSV (pressure support ventilation) PC - CSV
- (5) 量制御式換気 : VCV (volume controlled ventilation)
 - a. 従量式持続的強制換気 : VC - CMV
 - b. 従量式間欠的強制換気 : VC - IMV
- (6) 圧制御式換気 : PCV (pressure controlled ventilation)
 - a. 圧制御式持続的強制換気 : PC - CMV
 - b. 圧制御式間欠的強制換気 : PC - IMV
- (7) 量圧制御式換気 : DCV (dual controlled ventilation)
 - a. 量圧制御式持続的強制換気 : DC - CMV
 - b. 量圧制御式間欠的強制換気 : DC - IMV

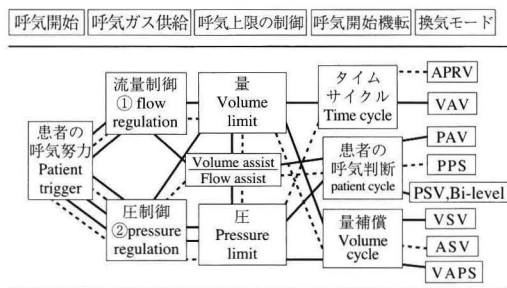


図 1. 機械が患者の吸気努力によってガス供給をする補助換気モード

補助呼吸の圧支持換気 (PSV) は、②の方式で設定圧に到達したときに呼吸の終了を患者への吸気流量状況 (吸気終了基準によるパラメータ設定) で行うベシメントサイクルである。吸気筋力に反比例してガス供給を圧支持 (②の方式) し、換気量到達 (①の方式) でガス停止を行う量支持 (VSV) や換気量到達まで圧支持の圧を上昇させる量補償圧支持 (VAPS) がある。VSV や VAPS、ASV のように換気量を保つために呼吸ごとに圧変動しチェーンストークス呼吸などを軽減させる効果がある換気モードもある。比例補助換気 (PAV、PPS) は患者が要求する吸気流量を気道抵抗で損失される圧力を補償するフローアシストと患者の肺弾性に比べて吸気筋力が弱い場合の必要換気量を補償するボリュームアシストによる不安定な呼吸ごとの換気モードであり、気道圧開放 (APRV) は調節呼吸中でも患者呼吸で圧上昇させないモードである。換気モードは組み合わせて使用される。

図 1 は、最新の人工呼吸器の従来の換気モードで分類されているが、ISO 新分類による換気モードで振り分けてみると量圧制御式換気 (DCV : dual controlled ventilation) が多く用いられる。エビタ 4 でいえば、IPPV (CMV) と IPPV + Assist は VC - CMV となる。また、Auto Flow を用いた場合は、PC - CMV とし、PLV を併用したときに DC - CMV としている。

B. 設定換気条件の検討案

換気条件の設定には、設定用語とモニタ項目の用語とが重なるものが殆どなので、モニタ項目の用語の前に、「設定 : Set」を必ずつける。

- (1) 設定吸入酸素濃度 : (Set) FiO_2 ,
- (2) 設定吸気 1 回換気量 : (Set) VT_i ,
- (3) 設定換気回数 : (Set) RR,
- (4) 設定吸気圧 : (Set) P_{insp} , IPAP, など
- (5) 設定吸気時間 : (Set) T_i ,
- (6) 設定呼吸終末陽圧、設定呼吸圧 : (Set) PEEP, EPAP, など
- (7) 設定呼吸時間 : (Set) T_e ,
- (8) 設定トリガ感度 : (Set) flow trigger, press trigger など

- (9) 設定分時換気量 : (Set) MV, minute volume, など
- (10) 設定上限 (制御) 圧 : (Set) P_{max} , P_{limit} , PIP(同モタ) など
- (11) 設定吸気圧差 : (Set) PC above PEEP,
- (12) 設定支持圧差 : (Set) PS above PEEP,
- (13) 設定吸気立ち上がり時間 : (Set) rise time,
- (14) 設定吸気終了基準 : (Set) insp.termination criteria, など
- (15) 設定平均気道内圧 : (Set) MAP, など

C. 設定警報 (アラーム) 値の検討案

警報値設定には、設定用語とアラーム表示項目の用語とが重なるものが殆どなので、用語の前に、「設定 : Set」を必ずつける

- (1) 設定気道内圧下限アラーム : (Set) low airway pressure など
- (2) 設定気道内圧上限アラーム : (Set) high airway pressure など
- (3) 設定低 PEEP アラーム : (Set) low PEEP など
- (4) 設定高 PEEP アラーム : (Set) high PEEP など
- (5) 設定 1 回換気量低下アラーム : (Set) low tidal volume など
- (6) 設定 1 回換気量上昇アラーム : (Set) high tidal volume など
- (7) 設定分時換気量低下アラーム : (Set) low minute volume など
- (8) 設定分時換気量上昇アラーム : (Set) high minute volume など
- (9) 設定呼吸回数過多アラーム : (Set) high respiratory rate など
- (10) 設定無呼吸アラーム : (Set) apnea など
- (11) 設定酸素濃度上限アラーム : (Set) high FiO_2 など
- (12) 設定酸素濃度下限アラーム : (Set) low FiO_2 など

7. おわりに

これまで述べた人工呼吸器の機種による用語の違いは、医療スタッフなど使用者に混乱を生じている現状が明確となった。換気条件の設定にあたっては、ときに熟練を要する人工呼吸器となっているように思われる。人工呼吸器の機種間用語統一にあたっては、メーカーサイドが決めた用語をユーザが使うのではなく、ある一定のルールの中かでユーザ内統一に変更できるような柔軟なシステムにしてもよいのではないだろうか。

ここで、メーカーサイドに望むことは、1日も早く人工呼吸器の機種全般で用語の統一が図られること、頻繁に鳴るアラームに対しアラームの種類が明確になるような用語統一や音色の違いができるようにすること、ユーザが選ぶ危険度別設定が容易にできて患者監視装置やナースコール連動ができるようすること、などである。いづれにしても機器の通信や表示項目には、人工呼吸器に関連する用語統一

が必要である。

最後に、われわれ臨床工学技士は、平成 20 年の改正医療機器業公正取引規約立会い基準施行と大きく変化し、追い風となっている一方で重大な責任を背負うことになった。診療報酬点数においても人工呼吸器の安全管理のために臨床工学技士を常勤させている場合には、医療機器安全管理料 1 が付加されることになった。今後、日本呼吸療法医学会や日本集中治療医学会など関連学会や関連団体と協力し用語統一の議論が進み、日本臨床工学技士会で策定中の「(仮称) 臨床工学技士のための人工

呼吸器保守点検ハンドブック」などに使用し標準化に寄与したいと考える。

引用文献

- 1) 臨床医 vol.27 no.7 2001 中外医学社 人工呼吸器の種類と機能 新井正康 相馬一刻
- 2) Critical Care Ventilators の ISO/IEC 規格 2007 年 2 月版の委員会草案「COMMITTEE DRAFT ISO/CD IEC ISO/WD1 80601-2-12」