

呼吸器グラフィックで考える 人工呼吸：正常編

自治医科大学附属さいたま医療センター 麻酔科・集中治療部
讃井将満

Dept. of Anesthesiology and Critical Care Medicine
Jichi Medical University Saitama Medical Center



目的：グラフィックを通して

- 人工呼吸器の設定
- 呼吸器と患者の
 - 相互作用
 - 不同調の発見と対処

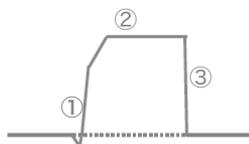
呼吸器はどのように吸気を患者 に与えるか

呼吸器はどのように吸気を患者 に与えるか

- 以下の2つ
 - 1回の吸気はどのようにきまるか：phase variables = trigger、limit、cycle
 - 全体として吸気をどのように与えるか：modes = A/C、SIMV、PSV、CPAP

Phase Variables

1. 吸気の始め方= trigger、rise time
2. 吸気の維持の仕方= limit (\approx control, target)
(volume, pressure, flow)
3. 吸気の終わり方= cycle (volume, time, flow)



Modesのまとめ

modes	一回の換気の決め方	自発の補助
A/C	VCまたはPC	(-)
SIMV	VCまたはPC	\pm PS
PSV	(-)	PS
CPAP	(-)	TC

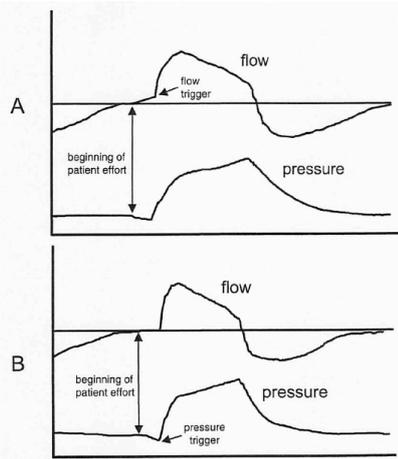
- TC: チューブ補償 (tube compensation)

一回の換気の成り立ち

吸気の始め方

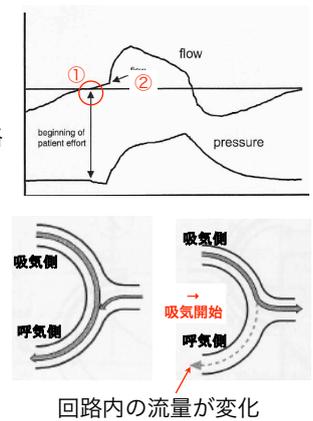
Trigger

- A: フロートリガー
- B: 圧トリガー
- C: 時間トリガー (自発がない場合)



A. フロートリガー

- 回路内の流量の変化を感知
- ① 患者が息を吸い始め、回路内の流量が変化
 - ② 設定された流量変化 (0.5-3L/分) を上回ると送気開始
- *Auto-PEEP患者に適する



B. 圧トリガー

- 吸気努力による陰圧を感知
- ① 患者が息を吸い始め、回路内に陰圧が発生
 - ② 設定圧 (-0.5~-2.0 cmH2O) より低下すると送気を開始

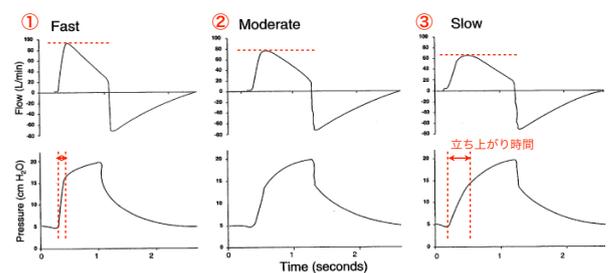


C. 時間トリガー

自発がないとき

立ち上がり時間 (= Rise Time)

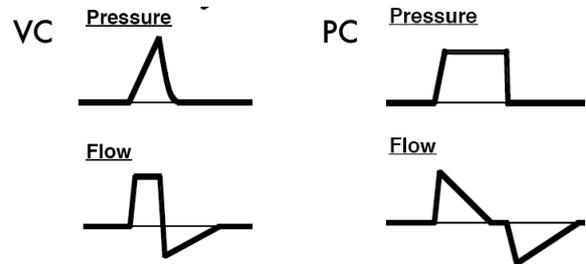
- トリガーから設定圧に達するまでのタイムラグ：吸気の立ち上がり方 (①速い→③遅い)



吸気の維持の仕方

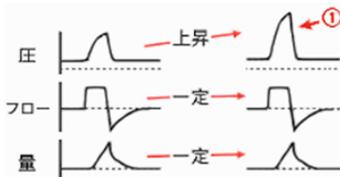
Volume Control vs. Pressure Control

- VC：量を規定＝従量式
- PC：圧を規定＝従圧式



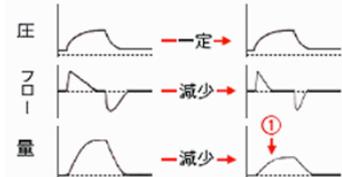
VC：従量式

- 一回換気量を設定
- 吸気量が保証されている (VCの利点)
- フロー (流速、流量) が一定 (VCの欠点)
- コンプライアンス↓ ⇒ 圧↑ (VCの欠点) ①



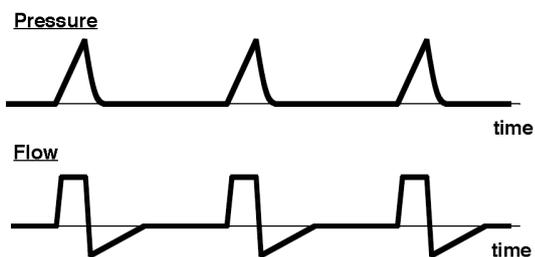
PC：従圧式

- 最高吸気圧、または 吸気時にPEEPに加える圧 (PC above PEEP、 ΔP) を設定。
- 吸気圧が保証されている (PCの利点)
- フロー、一回換気量は状況で変化 (PCの利点)
- コンプライアンス↓ ⇒ 一回換気量↓ (PCの欠点) ①



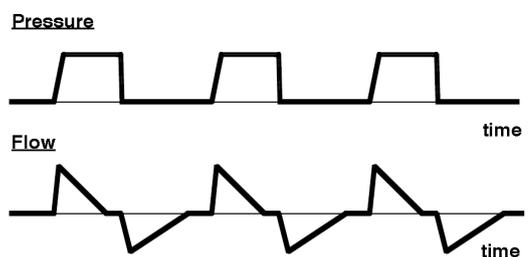
Volume Control vs. Pressure Control

- VC、PCどちらでしょう？ 答：VC



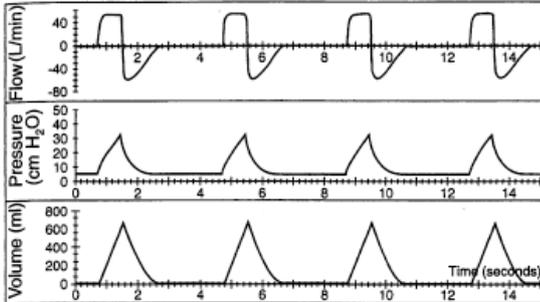
Volume Control vs. Pressure Control

- VC、PCどちらでしょう？ 答：PC



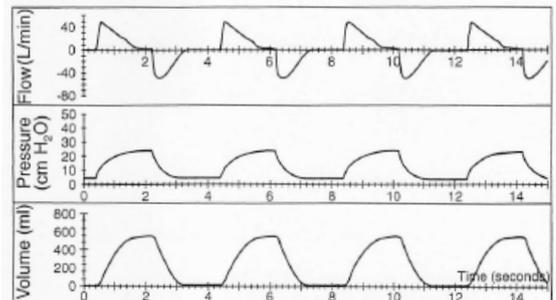
Volume Control vs. Pressure Control

- VC、PCどちらでしょう？ 答：VC



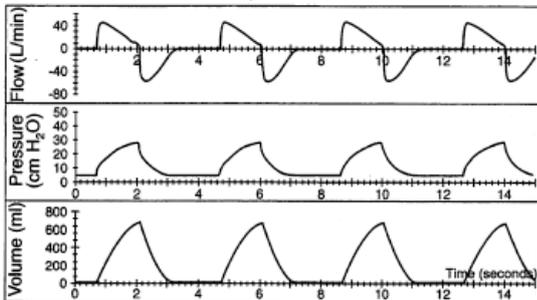
Volume Control vs. Pressure Control

- VC、PCどちらでしょう？ 答：PC



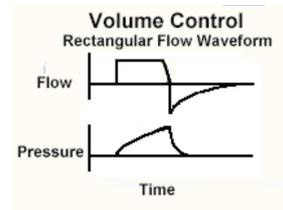
Volume Control vs. Pressure Control

- VC、PCどちらでしょう？ 答：VC

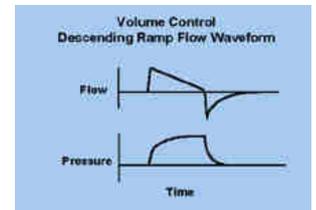


Flow Patterns in Volume Control

- フローのパターンに種類がある



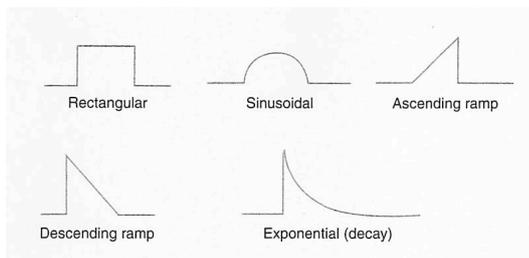
矩形波



漸減波

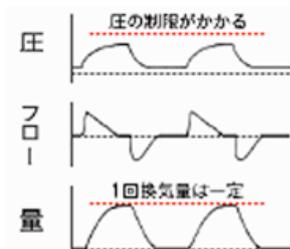
Flow Patterns

- フローのパターンに種類がある



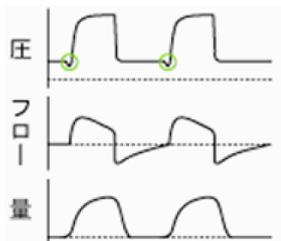
圧制御容量換気 (PRVC)

- VCでありながら圧制御ができる換気
- 波形はPCに似る。容量が保証される利点
- 別名：オートフロー、デュアルモード



Pressure Support (圧支持: PS)

- PCと同様に吸気圧を設定
- 吸気圧が一定 (PSの利点)
- フロー、容量が自由 (PSの利点)



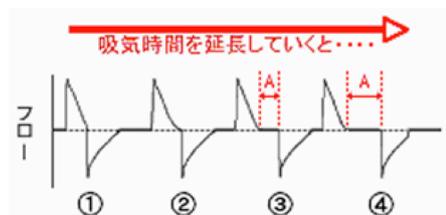
吸気の終わり方

Cycle: 吸気の終わり方

- 単純に考える
- Volume cycle: 量が入れば終了 (VCの基本)
- Time cycle: PC (多くのVCも)
- Flow cycle: PS

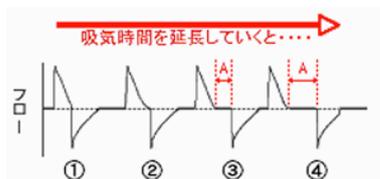
Time Cycle

- 吸気時間 (またはI:E比) を設定
- 時間が経過すると吸気が終了 (PCで使用)
- 吸気時間延長 (①→④) ⇒ 余分な吸気時間 (A) が増える。PCではフローがゼロになる②が基本形



I:E 比はいつも1:2?

- 安静時の呼吸回数15回 ⇒ 1呼吸サイクル4秒
- 安静時の吸気時間は約1秒、0.2秒ポーズ、呼気も1秒、残りは何もしていない
- 多くの人工呼吸患者 (呼吸不全患者) では吸気時間を1秒以内にする必要あり



Flow Cycle

- フローの低下を感知する
- 流量がある一定量 (サイクルオフ。25%が基本形) まで低下すると吸気が終了 (PSで使用)
- サイクルオフをあげていくと吸気時間が短くなる

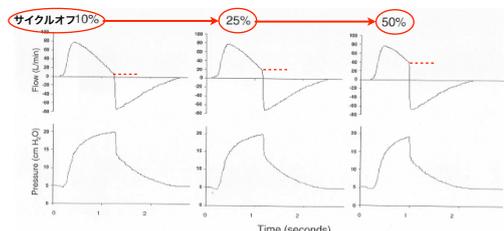


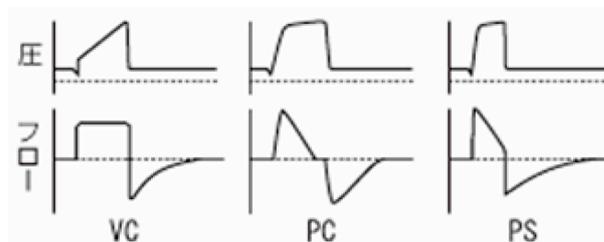
Fig 5-11. Examples of pressure support ventilation with termination flows of 10%, 25%, and 50% of peak flow.

一回換気パターン：まとめ

一回換気パターン	どのモードで使用されるか	吸気中保証される(一定の)パラメータ	終わり方(サイクル)
VC	自発補助または強制(AC or SIMV)	Flow(volume)	Volume Time
PC	自発補助または強制(AC or SIMV)	Pressure	Time
PS	PSV	Pressure	Flow

一回換気パターン：まとめ

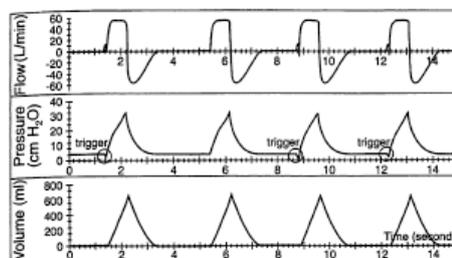
- グラフィックでもう一度



Modes

Assist / Control (A/C)

- 患者の自発がある場合にはトリガーし、ない場合には時間経過でVCまたはPCで送気する
- 全ての一回換気を同じパターンで送気



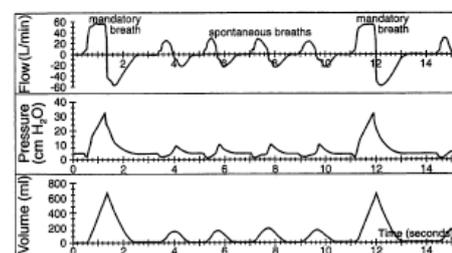
A/C

- 呼び名に注意が必要 !!
- 古典的なCMV (完全調節呼吸) とは異なる

吸気で保証される因子	トリガー	サイクル	別名
量 (VC)	圧 or フロー (or 自発がない場合には時間)	量 (時間)	VC, VCV, CMV, IPPV, VCアシスト
圧 (PC)		時間	PC, PCV, BIPAPアシスト

SIMV

- 患者の自発がある場合にはトリガーし、ない場合には時間経過でVCまたはPCで送気する
- 設定回数以上は補助しない



A/C vs. SIMV

- A/Cは全ての一回換気が同じパターンなので同調性はよい
- A/Cは呼吸仕事量が最も小さい

	自発呼吸に対する呼吸器の反応	例: 自発呼吸回数が18/min	
		呼吸器設定: TV 500ml RR 12/min	呼吸器設定: TV 500ml RR 25/min
A/C	全部トリガーして押し	MV=500x18cc	MV=500x25cc
SIMV	設定した回数だけトリガーして押し	MV=500x12+(自発の分)cc	MV=500x25cc

SIMV

- VCまたはPCで行う
- 通常自発はPSで補助する
- 2種類の換気パターンが混在することになる

吸気で保証される因子	トリガー	サイクル	別名
量 (VC)	圧 or フロー (or 自発がない場合には時間)	量 (時間)	SIMV(量)+PS
圧 (PC)		時間	SIMV(圧)+PS, BIPAP

PSV

- 自発呼吸をPSで補助するモード
- 最も患者の自由度が高い
- フローも量も患者が決定
- NIVでも使用される
- 拘束性、閉塞性換気障害の急性期には不向き

吸気で保証される因子	トリガー	サイクル	別名
圧 (PS)	圧 or フロー	フロー	CPAP+PS

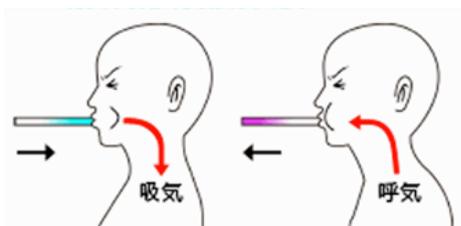
CPAP

- モードとは言わないという人もいる
- 気管チューブによる気道抵抗を打ち消すために4~8cmH₂OのPS、またはTC (チューブ補償) を加える
- NIVでも使用される

吸気で保証される因子	トリガー	サイクル	別名
原則として吸気の補助はないが、TCで補助することあり			CPAP+TC

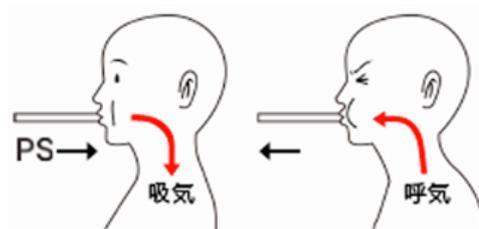
CPAPにおける気道抵抗

- 気管チューブ越しに吸ったり吐いたりするのは苦しい



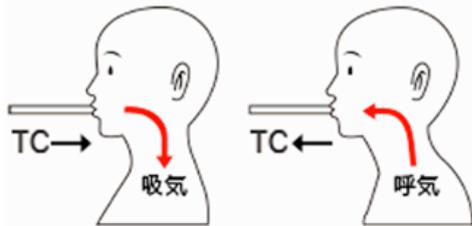
CPAP + PS

- PSによる補助は吸気時のみ



CPAP+TC

- TCによる補助は吸気・呼気の双方
- 気管チューブの内径を呼吸器に入力
- フローから口元圧と気管チューブ先端圧を推定



PSとTCのフロー波形

- TC : tube compensation
- 吸気および呼気を補助する。吸い込む換気
- フロー波形は正弦波
- PSでは吸気補助のみかつ陽圧換気であり押し込む換気である
- フロー波形は減衰波

吸入Flow波形



PS



Take Home Messages

- グラフィックを見るときは、生体情報モニター見て、患者を見て触りながら