

【講演 4】

10:55 - 11:55

人工呼吸の換気モード
～理解を深めて使いこなそう～



横浜市立大学附属
市民総合医療センター
副病院長 診療教授

大塚 将秀 先生

人工呼吸の換気モード ～理解を深めて使いこなそう

横浜市立大学附属市民総合医療センター
集中治療部 大塚将秀

本日のMENU

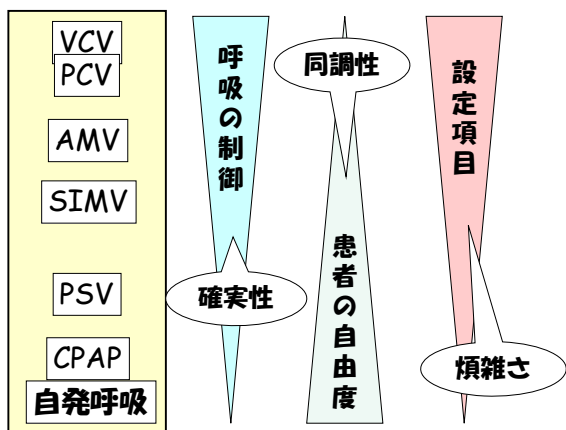
- ・ 唯一絶対のルール
- ・ 何といたっても基本の調節換気
- ・ 自発呼吸が出てきたら・・・
- ・ SIMVはどう使う？
- ・ PSVを極める
- ・ BIPAPを正しく理解していますか
- ・ カリスマのAPRVを分析する
- ・ 新しい換気コンセプト:NAVA

唯一絶対のルール

自発呼吸がないときは、
調節換気とする。

どういうときに忘れがちか・・・

- ・ 中枢神経障害の進行
- ・ 鎮静薬のボース投与
- ・ 定時の睡眠薬の投与



呼吸中枢が正常でない場合は少ない
ほとんどの場合、肺拡張不全・呼吸筋力不足
PSVは、吸気開始・吸い方・吸気終了が自由
PSVは最も同調性が良い



ほとんどの患者はPSVでOK

本日のMENU

- 唯一絶対のルール
- 何といても基本の調節換気
- 自発呼吸が出てきたら・・・
- SIMVはどう使う？
- PSVを極める
- BIPAPを正しく理解していますか
- カリスマのAPRVを分析する
- 新しい換気コンセプト:NAVA

調節換気 CMV

×調節呼吸

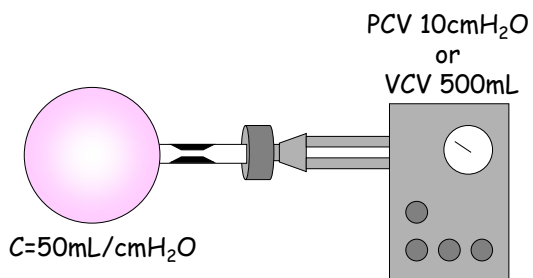
- controlled mechanical ventilation
⇔ assisted mechanical ventilation
- continuous mandatory ventilation
⇔ intermittent mandatory ventilation

VCVは・・・

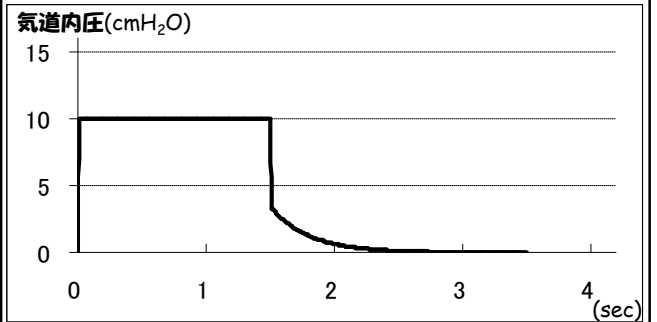
- 換気量が保証される
- PaCO₂が一定
→ 脳血流・冠血流が安定
- 急変時でも換気は確保

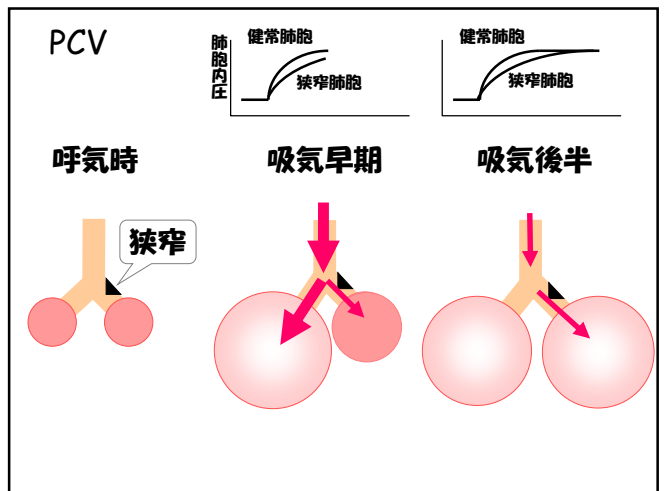
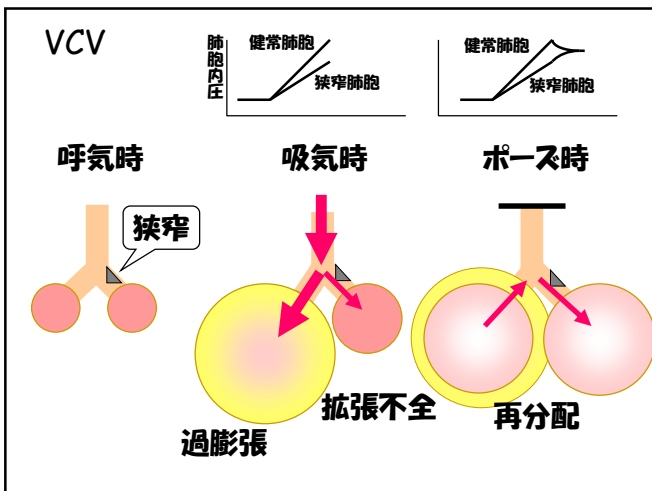
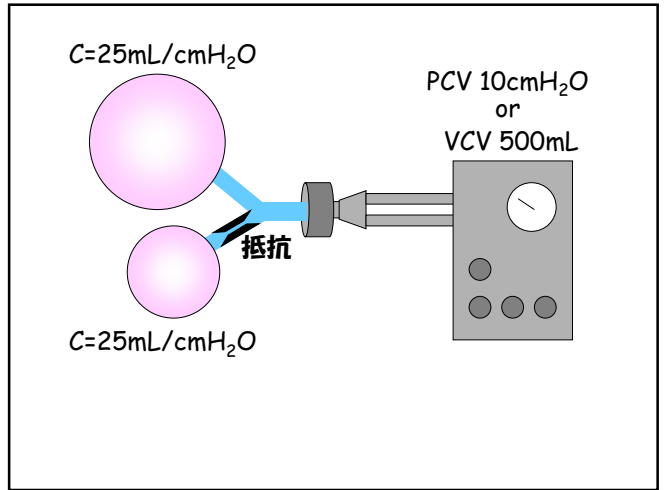
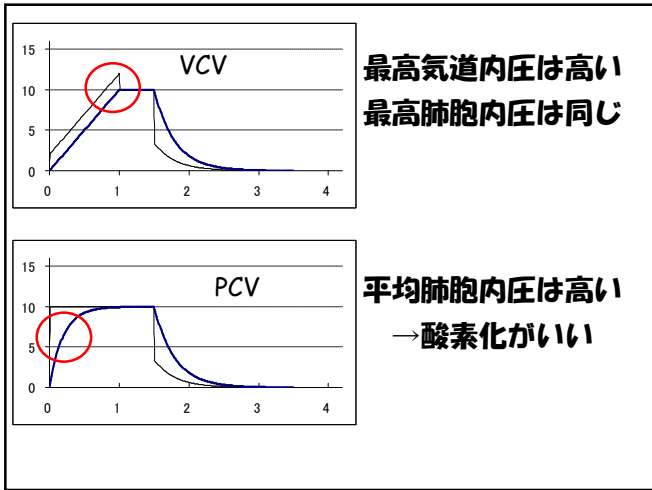
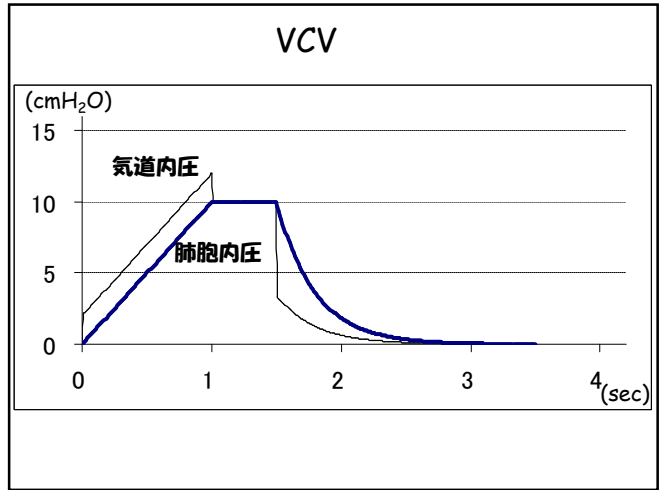
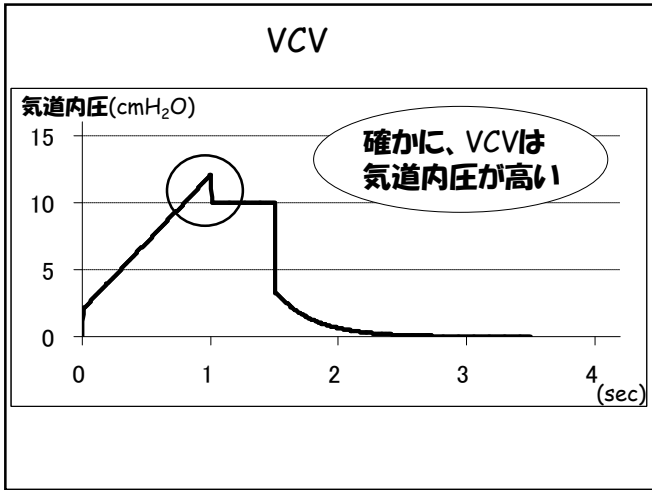
PCVは・・・

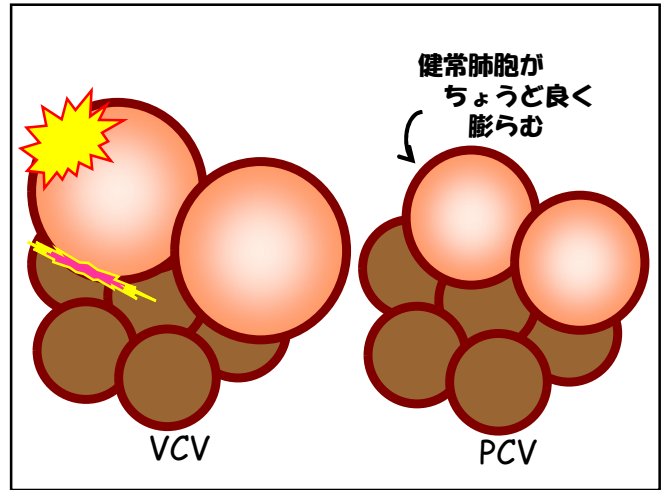
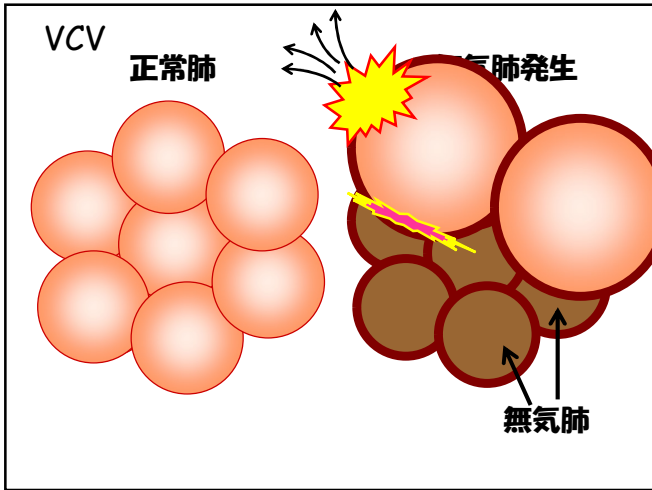
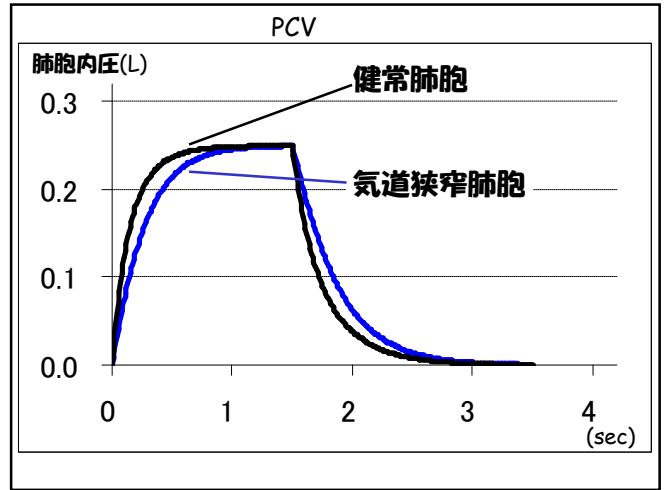
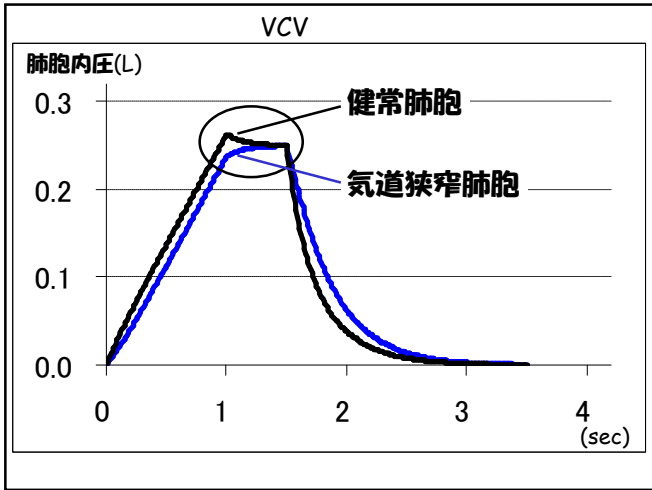
- 気道内圧を低くできる？
- 酸素化がいい？
- 肺保護的？



PCV



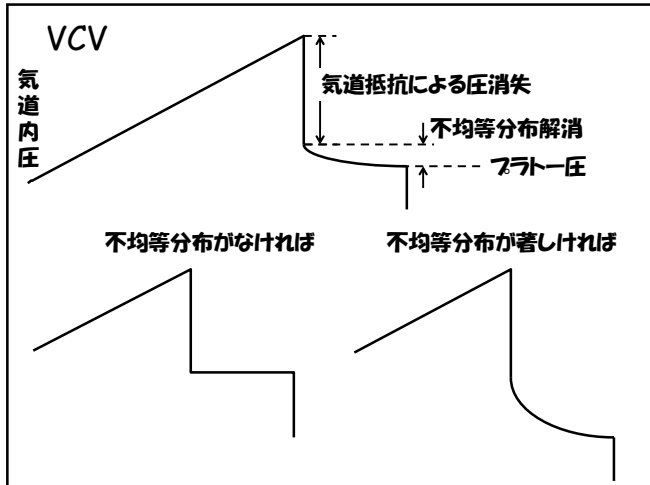




不均等分布肺では...

VCVで健常肺胞が過膨張

不均等分布の多寡を知る



PCV vs VCV

- Edibam C: AJRCCM 2003; 167:702-7
- Esteban A: Chest 2000; 117:1690-6
- Prella M: Chest 2002; 122:1382-8
- Roth H: Acta Anaesthesiol Scand 2004; 48:851-61

PCV vs VCV : 文献のまとめ

- 同じ換気量なら、气道内圧はPCVで低い
- 循環動態、血ガスに差はない
- 予後には差がなさそう？

まとめ: VCV vs PCV

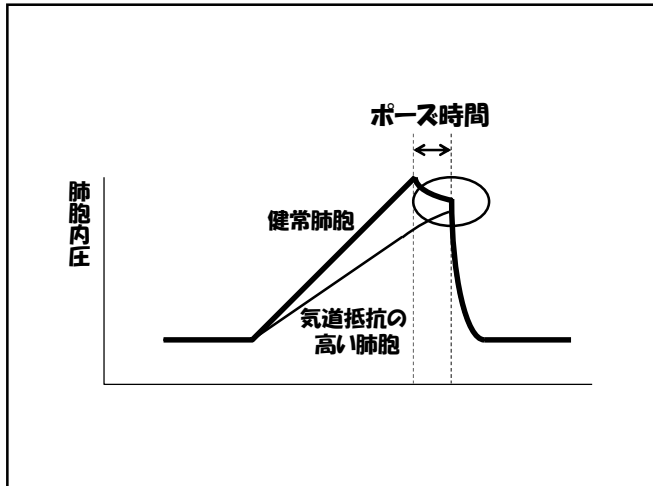
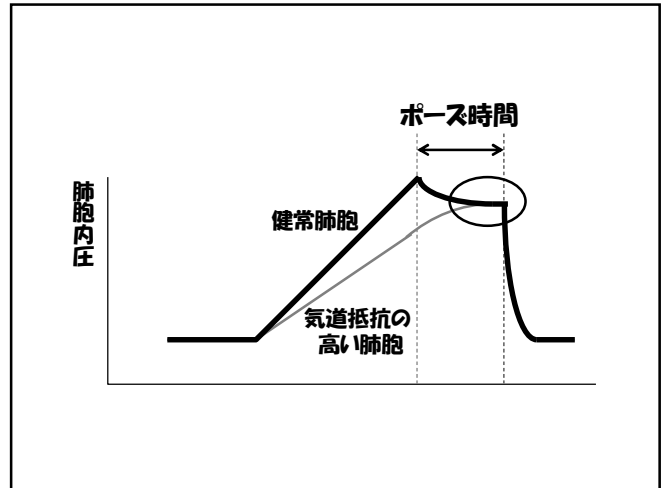
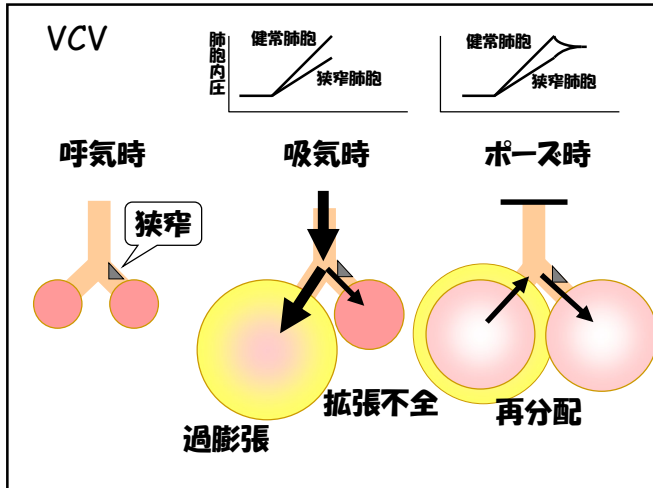
VCV : 換気量安定、PaCO₂安定
 PCV : 理論的には肺保護的
 予後の改善を示したデータはない
 使い慣れているモードを用いる

VCV・PCVの適応病態

VCV : 換気量安定、PaCO₂安定
 → 頭蓋内病変、冠動脈狭窄、肺高血圧
 PCV : 理論的には肺保護的
 → 肺傷害患者

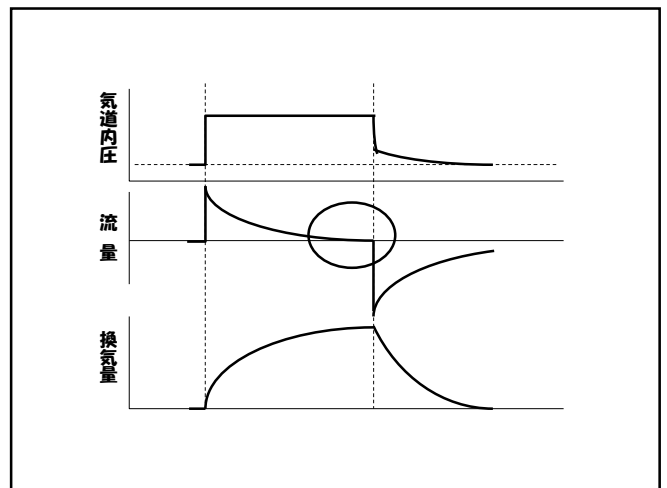
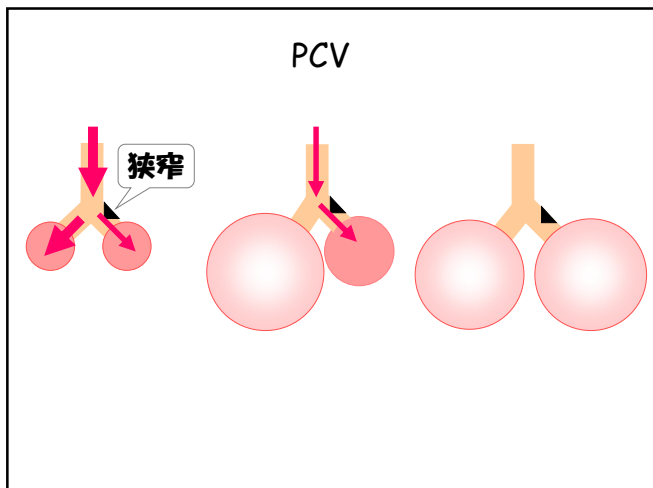
CMVの設定のコツ あれこれ

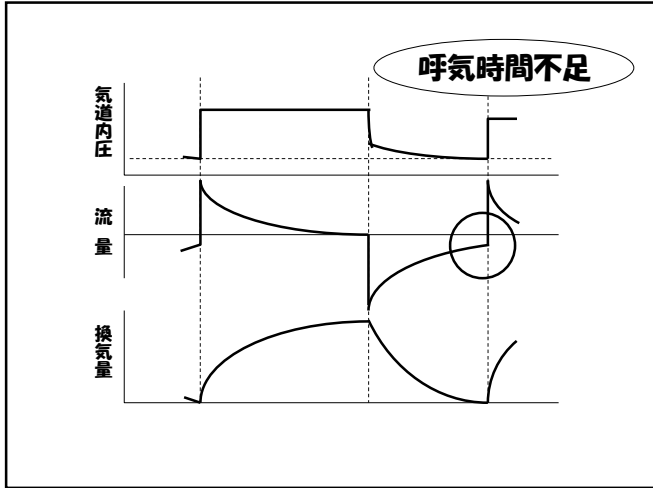
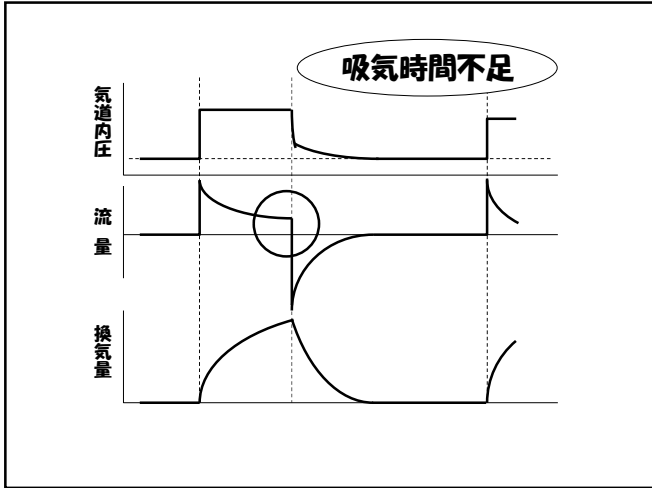
VCVの吸気ポーズ時間



CMVの設定のコツ あれこれ

PCVの吸気時間





二重規定換気(DCV)とは
 dual controlled ventilation

Dual controlled ventilation DCV
 ・ 量と圧の両方を制御する換気 ???

換気量 = コンプライアンス × 吸気圧
 (肺の柔らかさ)

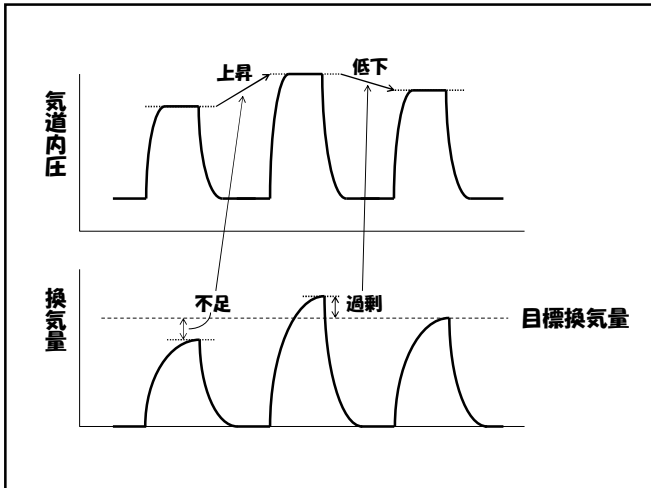
量を決めて送る(VC) ⇒ 肺の状態で圧が決まる
 圧を決めて送る(PC) ⇒ 肺の状態で量が決まる

Dual controlled ventilation DCV

- ・ 最も優先されるのは「換気量」
- ・ 量規定換気の種類
- ・ 「流量一定」ではなく、「圧一定」となるように吸気を送る (波形はPCVと同じ)

Dual controlled ventilation DCV

- ・ 毎回の換気は設定換気量にならないかもしれない
- ・ 前の換気から換気量の過不足を判断
- ・ 次の換気で吸気圧を増減させて目標の換気量を得るようにする
- ・ 吸気圧は毎回変化する



Dual controlled ventilationの特徴

- VCVとPCVの良いところ取り
- 量規定なので、分時換気量・PaCO₂が安定
- 圧規定で送気するので、健常肺胞の過膨張が起きにくい

各社のDCVの呼び名

- Pressure regulated volume control (Maquet)
- Volume target pressure control (Newport)
- Adaptive pressure ventilation (Hamilton)
- Auto-flow (Draeger)
- Volume control+ (Bennett)
- Variable pressure control (Venturi)

Dual controlled ventilationの問題点

- 局所的な気道抵抗上昇には肺保護的
- 局所的な肺コンプライアンス低下時
 - DCV: 圧が上昇して健常肺胞が過膨張
 - PCV: 自動的に換気量が減少して肺保護
- 必ず吸気圧の上限を決めて使用

本日のMENU

- 唯一絶対のルール
- 何といても基本の調節換気
- 自発呼吸が出てきたら・・・
- SIMVはどう使う？
- PSVを極める
- BIPAPを正しく理解していますか
- カリスマのAPRVを分析する
- 新しい換気コンセプト:NAVA

VCVで自発呼吸が出たら？

1. SIMVにする
2. PSVにする
3. PCVにする
4. VCVのまま

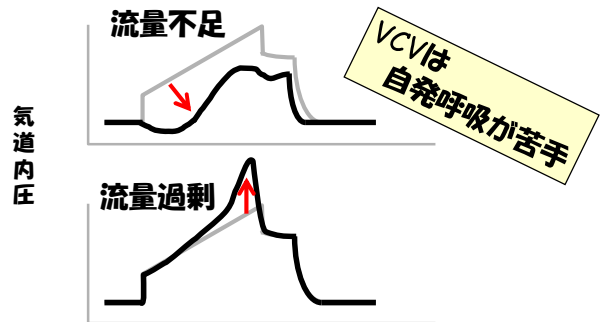
VCVは調節換気である

換気周期(60秒÷換気回数)ごとに
強制換気を行う

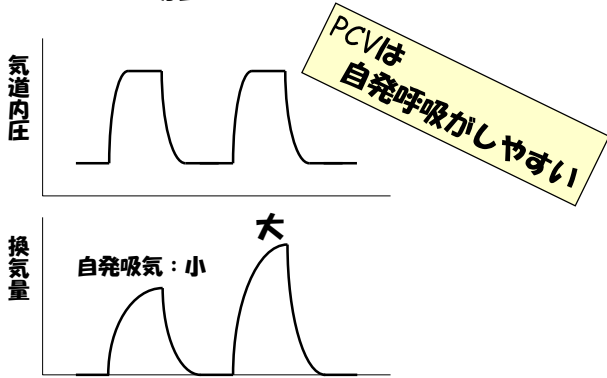
もし自発吸気があれば、
それに合わせて補助換気を行う

そのままの設定でも、
自発呼吸に不都合はない

しかし、VCVは吸気流量が一定!

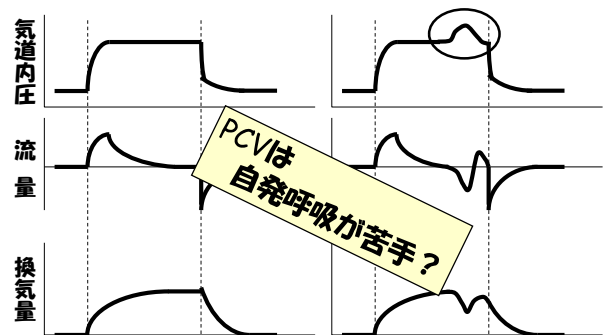


PCVの場合...

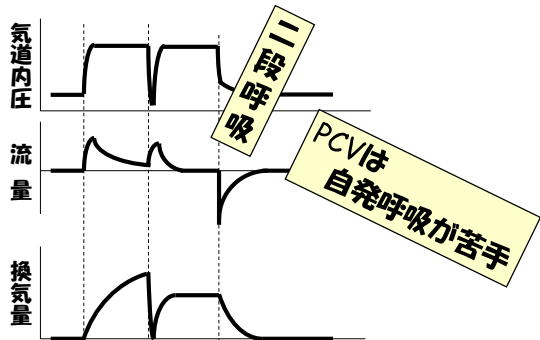


PCV: 弱い自発

努力呼吸+

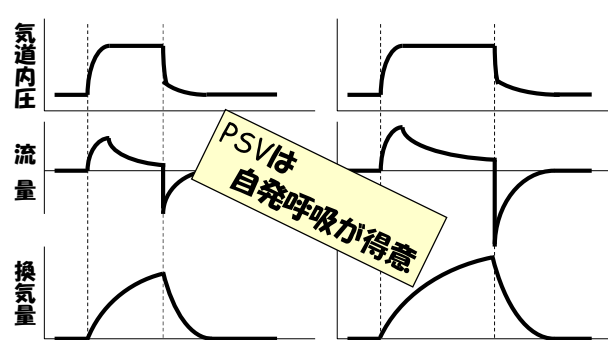


PCV: 強く長い吸気



PSV: 吸気 (弱・短)

PSV: 吸気 (強・長)



病態と換気モード

	VCV	PCV	PSV
自発なし	○	○	×
弱い自発	△	○	○
しっかりした自発/スム	×	×	○

人工呼吸の目的は？

- 呼吸中枢がダメ
⇒調節換気(VCV, PCV, DCV)とする
- 吸気力が弱い
⇒PSVでよい
- 不足する吸気力を補助すればPaCO₂は自分で調節できる

VCVで自発呼吸が出たら？

1. SIMVにする
2. PSVにする
3. PCVにする ⇒PC-AMV
4. VCVのまま⇒VC-AMV

本日のMENU

- 唯一絶対のルール
- 何といたっても基本の調節換気
- 自発呼吸が出てきたら・・・
- SIMVはどう使う？
- PSVを極める
- BIPAPを正しく理解していますか
- カリスマのAPRVを分析する
- 新しい換気コンセプト:NAVA

自発呼吸がなければ・・・

SIMVとA/Cの動作は同じ！

自発呼吸が出ると・・・

- SIMV ⇒補助換気+PS自発
- A/C ⇒補助換気

ノイズでオートトリガーすると…

- SIMV ⇒ ノイズはほとんど無視
- A/C ⇒ 毎回補助換気 ⇒ PaCO₂ ↓

IMVの使い方

IMVの特徴

- 規定回数の強制換気
 - 最低限の換気を保障
- 自発呼吸は自由に可能
 - しかも pressure support可能

IMVの問題点

- 規定回数の強制換気
 - ⇒ 自発呼吸が強いと強制換気が邪魔
- 自発呼吸は自由に可能
 - Pressure support可能
 - ⇒ 強制換気とPS二つの設定が必要

IMVは…

じつは、設定が面倒？

IMVに関する迷信 ①

- 設定IMV回数10/分で、実際の呼吸回数が15/分の場合…
 - 強制換気が10/分で自発換気が5/分
 - 15回すべてが自発トリガー
 - 補助換気が10/分で自発換気が5/分

IMVに関する迷信 ②

- ・ 設定IMV回数10/分で、実際の呼吸回数が15/分の場合、ウィーニングでIMV回数は、10→8→6→4 と減らす

IMV回数は、10→0 で OK!

ただし、必要にして十分な PSをかける

IMV 8→6→4はPSが無い時代のやいかた

自発呼吸がある

⇒呼吸中枢に問題なし

PaCO₂は呼吸中枢が管理できる

ウィーニングにおいて…

呼吸中枢機能と換気パワーは
分けて考える

IMVの出番は…

意外と少ない?

IMVの適応病態は?

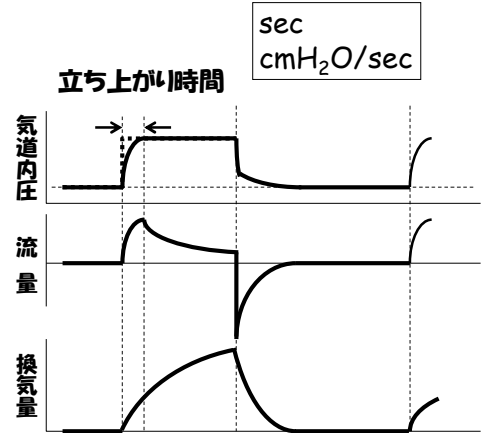
- ・ 呼吸中枢の機能が不安定(ときに無呼吸)
- ・ 鎮静薬などのボース投与がある
- ・ 夜間に睡眠薬を使う
- ・ 換気リズムが不規則で、人工呼吸器の無呼吸・低分時換気量アラームが鳴る

本日のMENU

- ・ 唯一絶対のルール
- ・ 何といたっても基本の調節換気
- ・ 自発呼吸が出てきたら…
- ・ SIMVはどう使う?
- ・ PSVを極める
- ・ BIPAPを正しく理解していますか
- ・ カリスマのAPRVを分析する
- ・ 新しい換気コンセプト:NAVA

PSVの設定は・・・

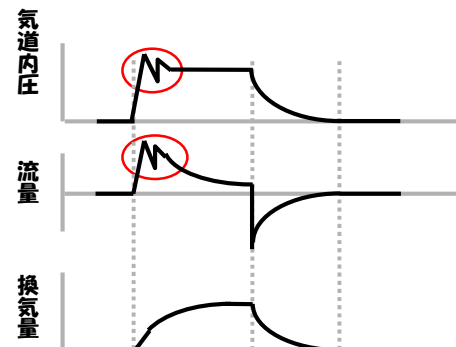
PS圧だけではない!



立ち上がり時間・・・

遅すぎる→吸えない!
速すぎる→圧迫感

速すぎる立ち上がりは・・・



病態に合わせた立ち上がり時間

促迫呼吸→速く
安静呼吸→やや遅く

气道内圧が振動しない範囲で、
できるだけ速く
患者の感じ方も参考に!

病態に合わせた立ち上がり時間

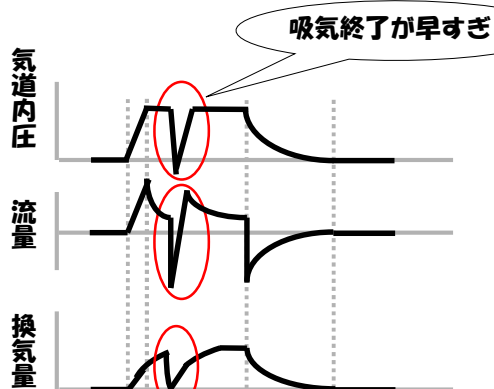
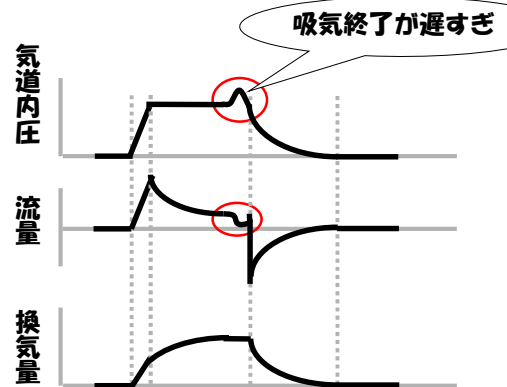
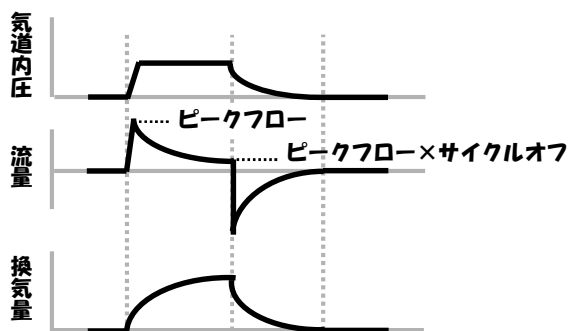
吸気開始時の肋間陥凹
= 立ち上がりが遅すぎ

病態に合わせた立ち上がり時間

吸気開始時のムセ込み
= 立ち上がりが速すぎ

グラフィックモニターで見る
PSVの設定

PSVは、いつ吸気を終了するか



Termination Criterion 45%



H. Tokioka: Anesth Analg 2001;92:161

病態に合わせたターミネーション

拘束性換気障害

- = 吸気時間を長く
- = サイクルオフ小さく

病態に合わせたターミネーション

閉塞性換気障害

- = 吸気時間を短く
- = サイクルオフ大きく

病態に合わせたターミネーション

吸気後半に腹筋の緊張

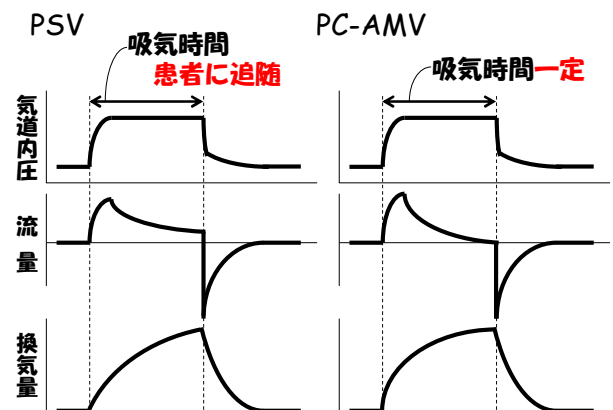
- = 吸気時間長すぎ
- ⇒ サイクルオフを大きく

二段呼吸対策

- サイクルオフを小さく (吸気を長く)
- 回路コンプライアンスを小さく
- 立ち上がりを遅く
- ダメならPCVに

大塚将秀、他：麻酔 2004;53(12):1369-1376

PSVとPC-AMVの違い



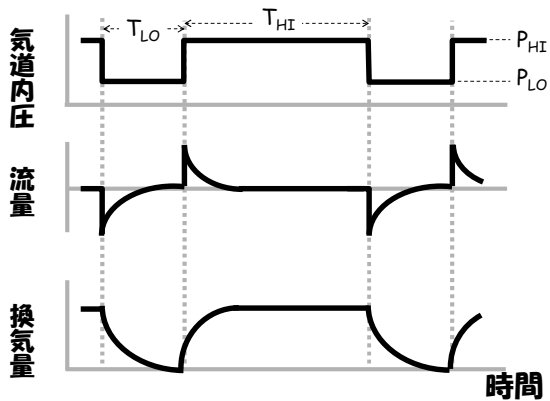
本日のMENU

- 唯一絶対のルール
- 何といても基本の調節換気
- 自発呼吸が出てきたら・・・
- SIMVはどう使う？
- PSVを極める
- BIPAPを正しく理解していますか
- カリスマのAPRVを分析する
- 新しい換気コンセプト:NAVA

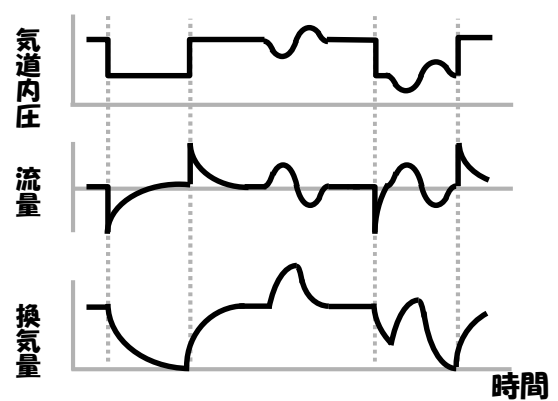
BIPAP

biphasic positive airway pressure
 ≠BiPAP®
 bilevel positive airway pressure

BIPAP biphasic positive airway pressure



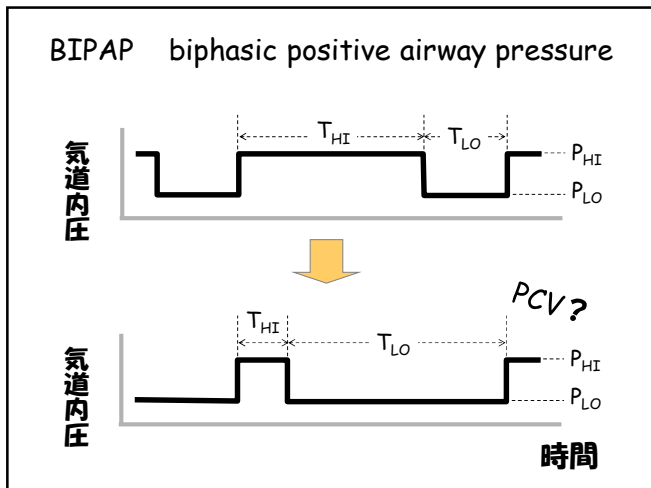
BIPAP biphasic positive airway pressure



BIPAPの歴史

- 1980年代 重症呼吸不全に高CPAPが推奨された
 - 高CPAPでは心拍出量減少・血圧低下
 - 当時、大量輸液は推奨されていなかった
 - 高CPAPの循環抑制を抑えるため、高いCPAPと低いCPAPを交互に繰り返すモードが提唱された
- ⇒ BIPAP
 Baum M: Anaesthetist 1989; 38:452

BIPAPとPCVはどう違うのか？



BIPAPとPCVの違い

- ・PCVでは、吸気時間中に呼気ができない
- ・BIPAPでは、高圧相でも吸呼気ができる
∴高圧相もCPAPだから
- ・BIPAPの開発当時は、デマンド式吸気弁の性能が悪く、定常流を流しつつ圧制御を行うBIPAPが高く評価されていた。

BIPAPのその後

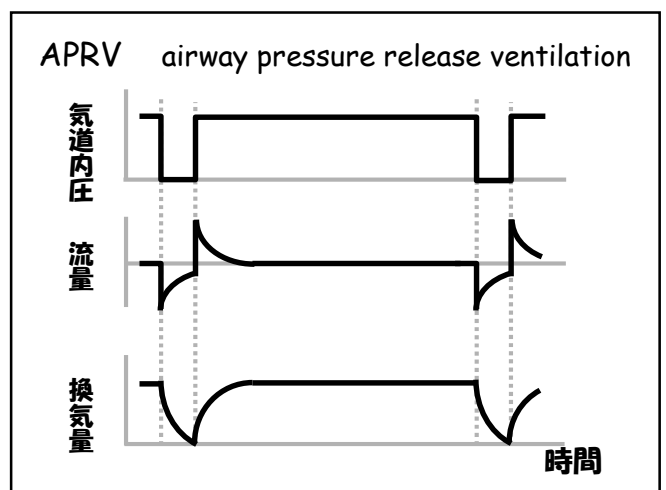
- ・デマンド式吸気弁の性能が向上
- ・自発呼吸を補助しないCPAPは衰退
→BIPAPはPCVとして使用
- ・ $P_{HI}/P_{LO}/T_{HI}/T_{LO}$ がわかりにくい
→ $P_{insp}/PEEP/T_{insp}/RR$ に変更
- ・BIPAPではAssist-PCVができない
→BIPAP-assistの開発

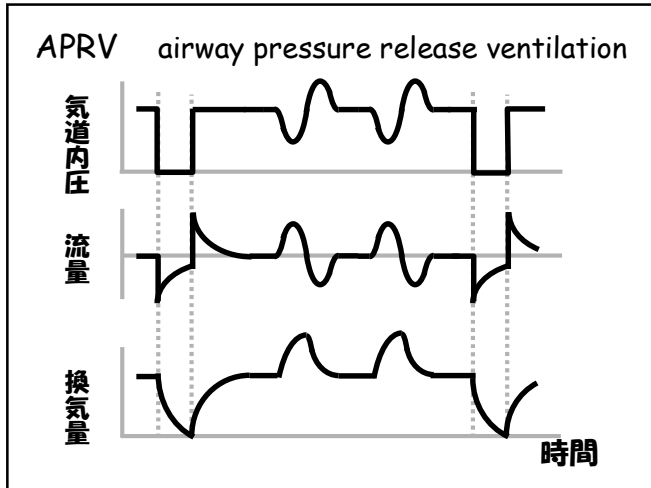
BIPAPは、結局・・・

自発呼吸がなければ
PC-IMVと同じ!

本日のMENU

- ・唯一絶対のルール
- ・何といても基本の調節換気
- ・自発呼吸が出てきたら・・・
- ・SIMVはどう使う?
- ・PSVを極める
- ・BIPAPを正しく理解していますか
- ・カリスマのAPRVを分析する
- ・新しい換気コンセプト:NAVA



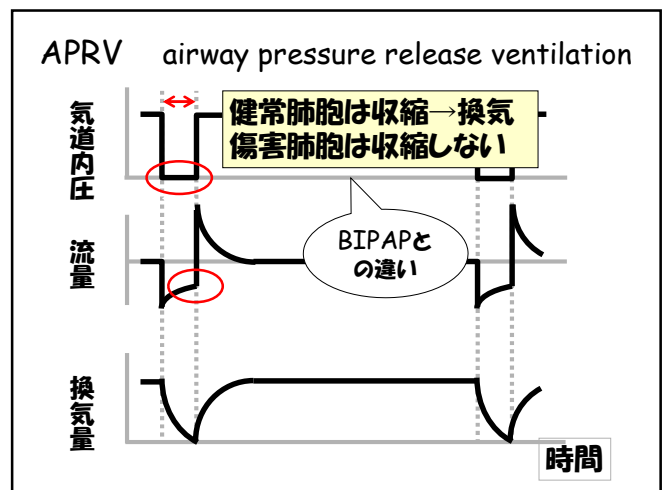
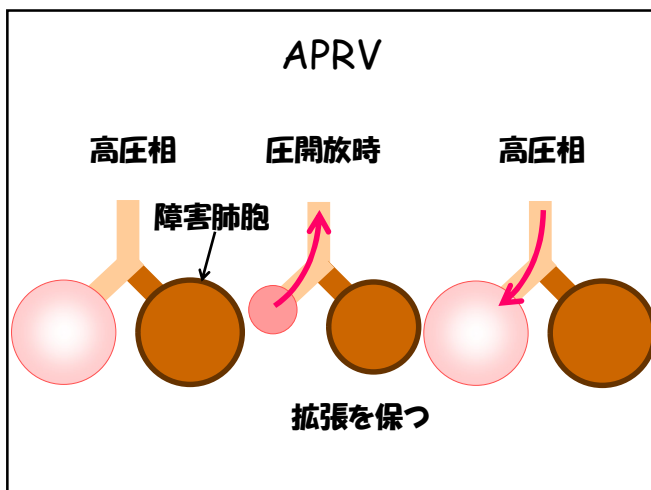
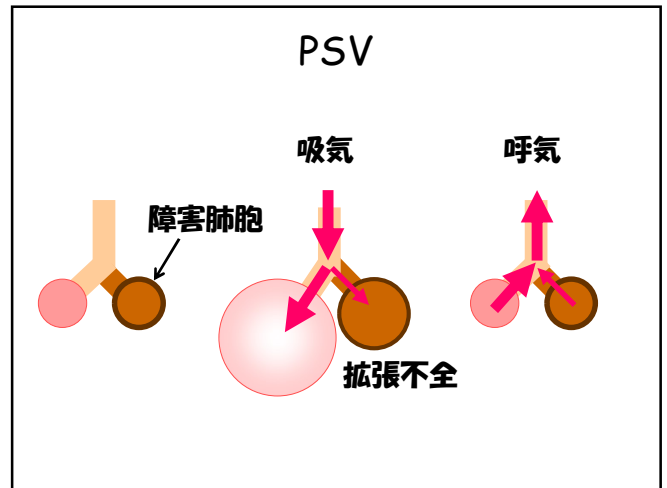


APRVの歴史

- ・1980年代 重症呼吸不全に高CPAPが推奨された
- ・高CPAPの循環抑制を抑えるため、ときどき气道内圧を下げるCPAPが提唱された ⇒ APRV
- Stock MC, Downs JB: Crit Care Med 1987;15:462

APRVの歴史(続)

- ・CPAPは呼吸仕事量軽減効果が少なく、 $\text{PaCO}_2 \uparrow$
⇒ 高PEEP/CPAPの衰退
- ・高性能のデマンド式吸気弁の採用
⇒ PSVの全盛期
- ・1990年代 PEEPの肺保護効果、低Vtの推奨
- ・2000年代 APRVが再度脚光

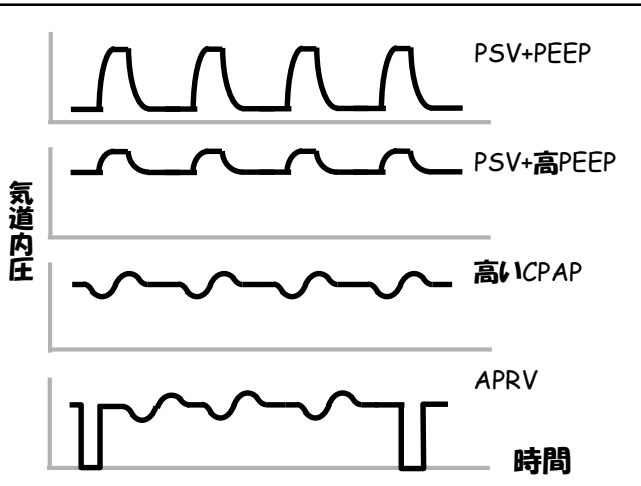


APRVの特徴

- ・高PEEPによる「open lung」戦略が可能
- ・自発呼吸がなくても強制換気可能
 - 健常な肺胞のみを利用して換気
 - 傷害肺胞は拡張を維持
- ・自発呼吸も可能
 - そのままウィーニングが可能
 - 同調性が良い

一般に、 肺の酸素化障害が増悪したら...

- PSV+PEEP
 - ↓ 肺胞虚脱が著しいとき
- PSV+高いPEEP
 - ↓ 吸気努力が十分なら
- 高いCPAP
 - ↓ 換気補助を加えたいとき
- APRV

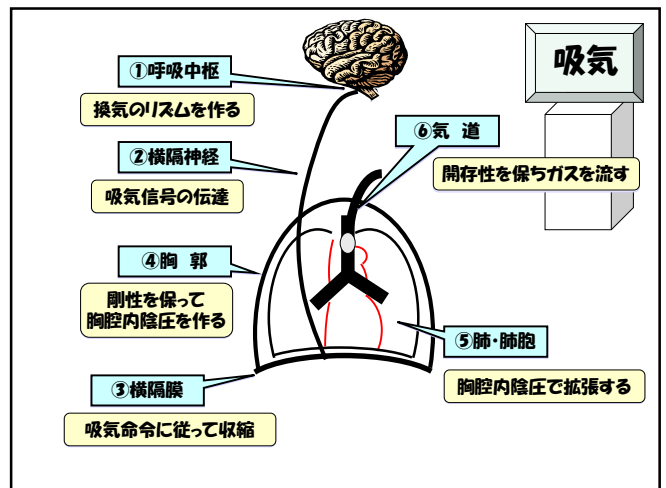


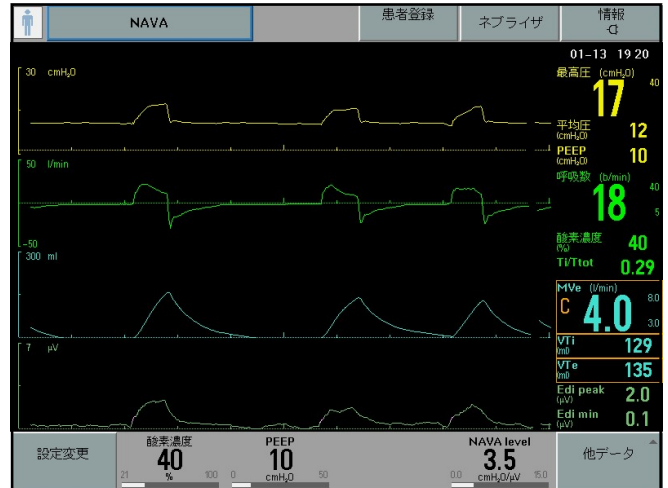
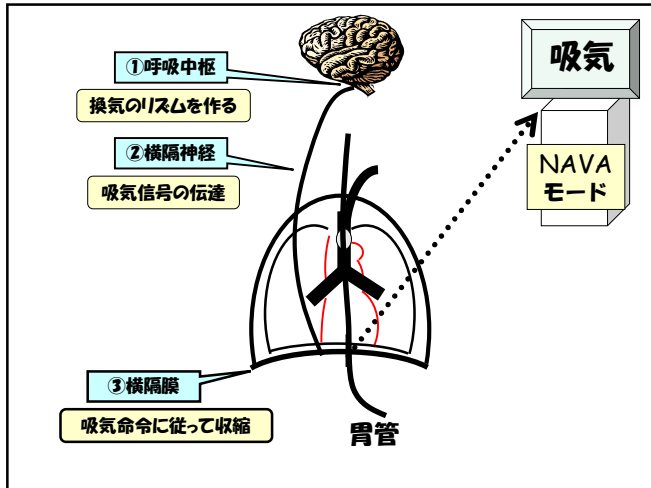
APRVは ...



本日のMENU

- ・唯一絶対のルール
- ・何といても基本の調節換気
- ・自発呼吸が出てきたら...
- ・SIMVはどう使う?
- ・PSVを極める
- ・BIPAPを正しく理解していますか
- ・カリスマのAPRVを分析する
- ・新しい換気コンセプト:NAVA





NAVAの特徴が生かされる病態

- 胸郭の異常 (骨折、動揺胸郭、変形)
- 高度の肺疾患 (COPD、肺線維症)
- NPPV
- 頻呼吸
- 小児

今日のまとめ

- 調節換気 (VCV・PCV・DCV) について
- IMV について
- PSV の使い方
- BIPAP・APRV について
- 全く新しい吸気トリガー NAVA について