

急性呼吸不全と人工呼吸



Society of
Critical Care Medicine
The Intensive Care Professionals





目的



- 急性呼吸不全の病態生理と症状について述べよ。
- 酸素補給戦略を調べよ。
- 非侵襲的陽圧換気(NPPV)を開始するための設定について述べよ。
- 人工呼吸のモードと初期設定を見直す。
- 人工呼吸器誘発性肺損傷とその合併症を回避する方法について概説する。

ケーススタディ



- 咳と鼻閉の3日間の病歴がある8カ月の乳児が喘鳴と呼吸困難で救急外来を受診する。
- 呼吸数80回/分、中等度の(呼吸)窮迫、SpO₂90%
- 患者は呼吸補助筋を使用し、喘鳴を呈している。

この患者について心配な所見は何か？

これらの所見はどのようなことを示唆しているか。



呼吸異常

○ 徴候と症状のスペクトル:

- 呼吸数と呼吸努力
- 呼吸補助筋使用、鼻腔フレアリング
- 低酸素血症、高炭酸ガス血症、アシドーシス

○ 呼吸窮迫、(呼吸機能不全)、呼吸不全?

- 呼吸仕事量
- 酸素化と換気

息切れ、
呼吸仕事量増加

低酸素血症、高炭酸ガス血症、アシドーシス、
非効率的なガス交換

正常

呼吸困難

呼吸不全



ケーススタディ



- 咳と鼻閉の3日間の病歴がある8カ月の乳児が喘鳴と呼吸困難で救急外来を受診する。
- 呼吸数80回/分、中等度の(呼吸)窮迫、SpO₂90%
- 患者は呼吸補助筋を使用し、喘鳴を呈している。

この患者の呼吸異常をどのように分類しますか？

どのような追加データまたは情報が役立つか？



質問

- この患者で最も可能性が高いのは以下の呼吸不全のうちどれか。
 - A. 低酸素性呼吸不全
 - B. 高炭酸ガス血性呼吸不全
 - C. 混合性呼吸不全



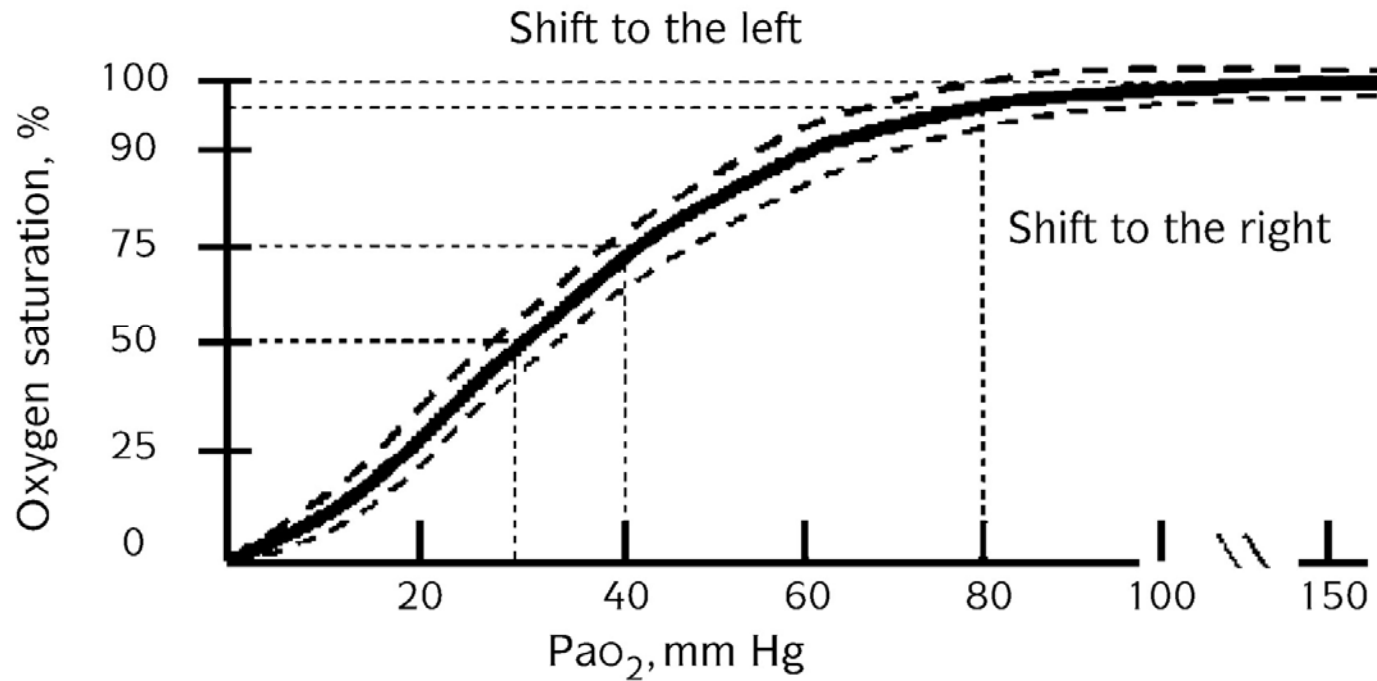
答え

- C この患者で最も可能性が高いのは以下の呼吸不全のうちどれか。
- A. 低酸素性呼吸不全
 - B. 高炭酸ガス血性呼吸不全
 - C. 混合性呼吸不全



呼吸不全

- 低酸素性呼吸不全
 - 室内空気 $\text{PaO}_2 \leq 60 \text{ mm Hg (6.7-8 kPa)}$
 - 異常な $\text{PaO}_2:\text{FIO}_2$ ratio
- 高炭酸ガス性呼吸不全
 - $\text{PaCO}_2 \geq 50 \text{ mm Hg (6.7 kPa)}$ with $\text{pH} < 7.36$
- 混合型(最も一般的)



PaO ₂ (mm Hg)	SpO ₂ (%)
80	95
60	90
50	80

呼吸生理

O₂(%) PaO₂(mm Hg)

21 90

30 150

40 200

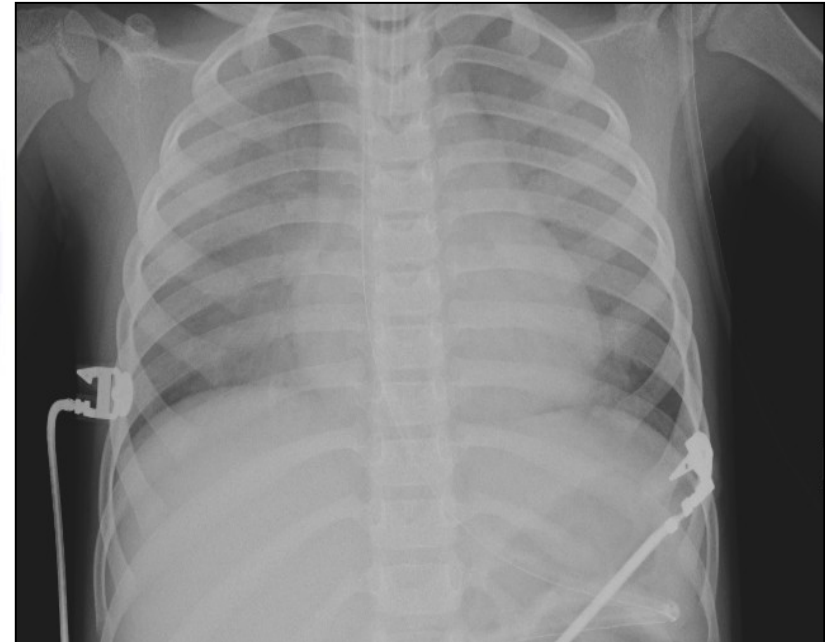
50 250

100 500

○ PaO₂ : FiO₂ 比

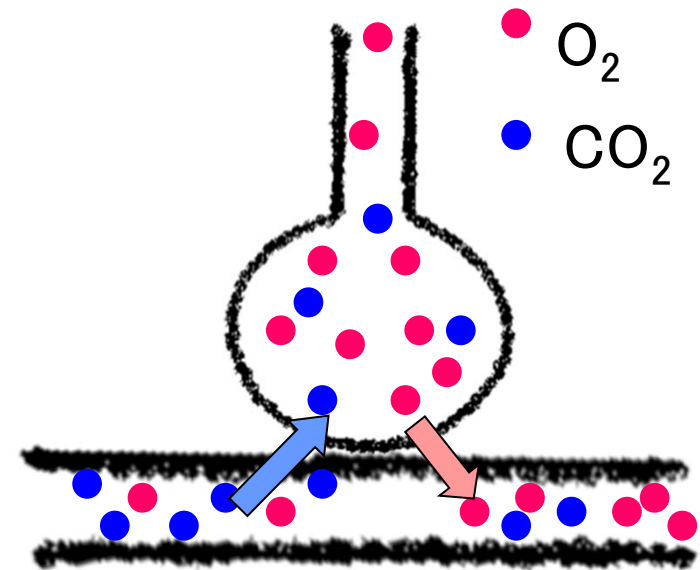
— 正常 > 300

— 重度 < 200

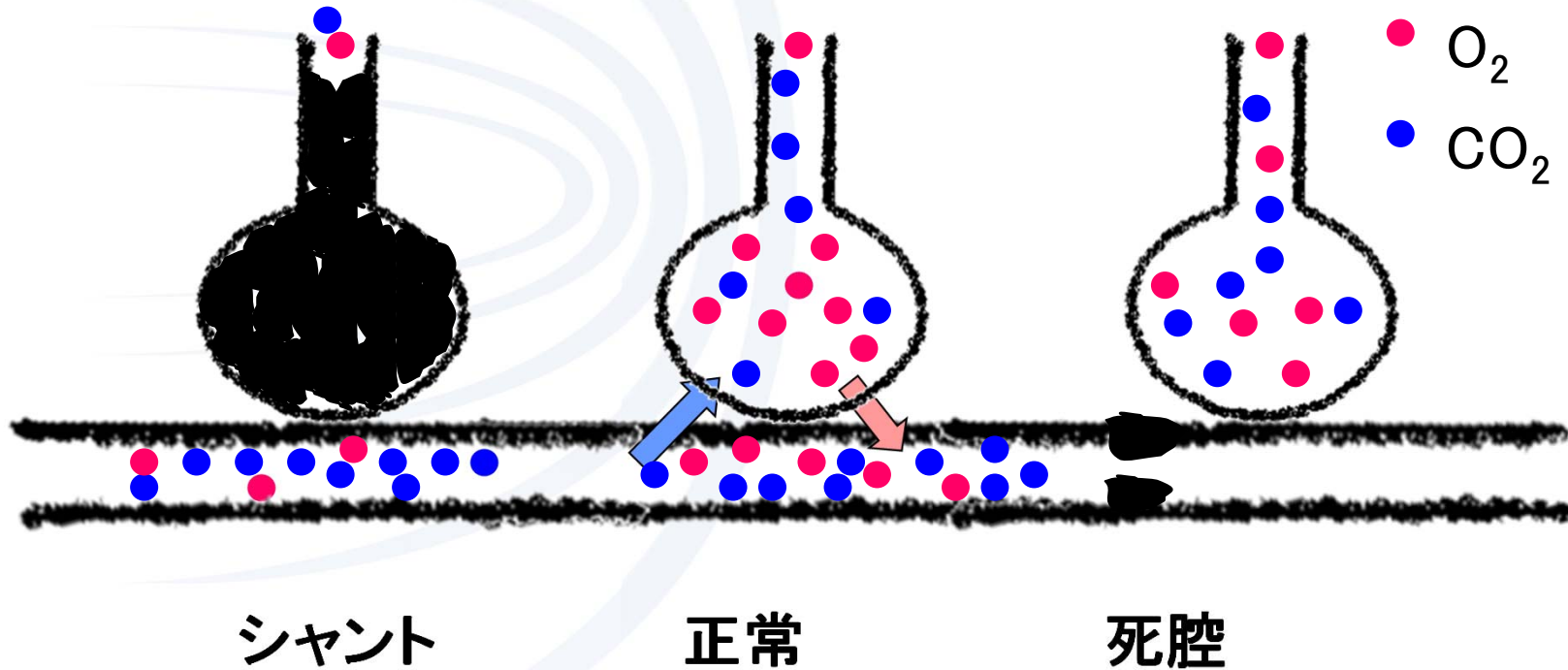


低酸素血症の原因

- 高地
- 肺胞低換気
- ガス拡散障害
- 換気/血流の不均衡

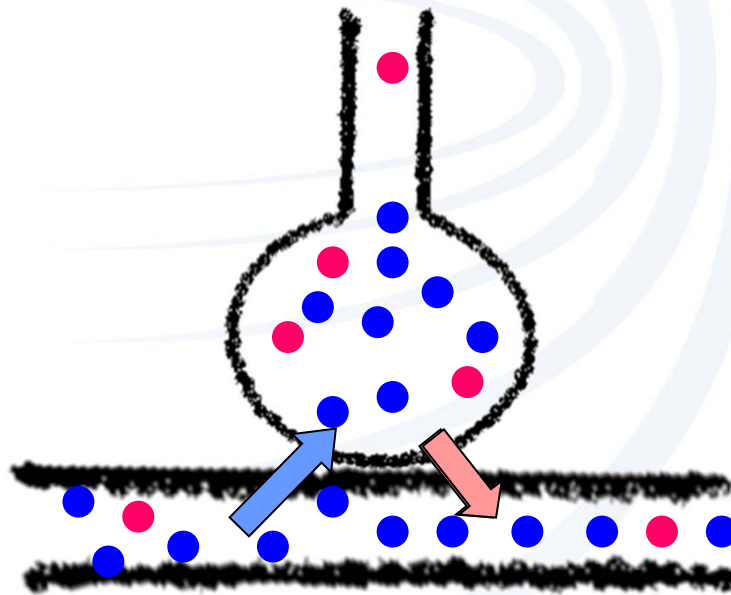


換気/血流の不均衡

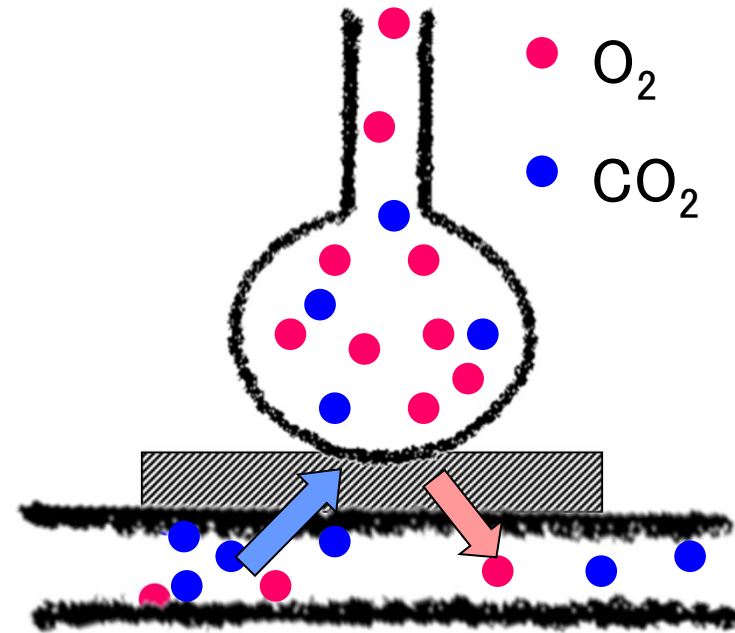


低酸素血症の原因

- ガス拡散障害
- 肺胞低換気
- 高地



肺胞低換気



拡散障害



ケーススタディ



- 呼吸困難、低酸素血症および喘鳴を呈する生後8カ月の乳児
- 動脈血ガス(室内空気): pH7.32、PaCO₂ 58mm Hg、PaO₂ 50mm Hg

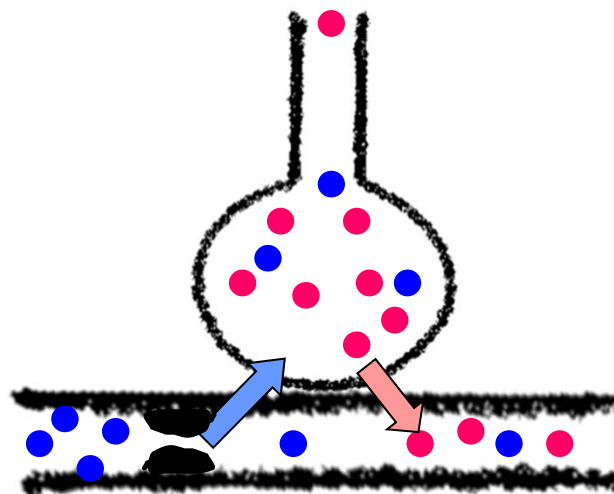
この患者はなぜ高炭酸ガス血症であるのか?

高炭酸ガス血症の原因

- 肺胞低換気
- 死腔の増加

死腔の増加の原因は何か。

- 循環血液量減少
- 心拍出量減少
- 肺塞栓
- 高い気道内圧





- 呼吸困難、低酸素血症および喘鳴を呈する生後8カ月の乳児
- 動脈血ガス(室内空気): pH7.32、PaCO₂ 58mm Hg、PaO₂ 50mm Hg

低酸素血症はどのように治療しますか?

- 酸素補給
- 基礎疾患を治療する

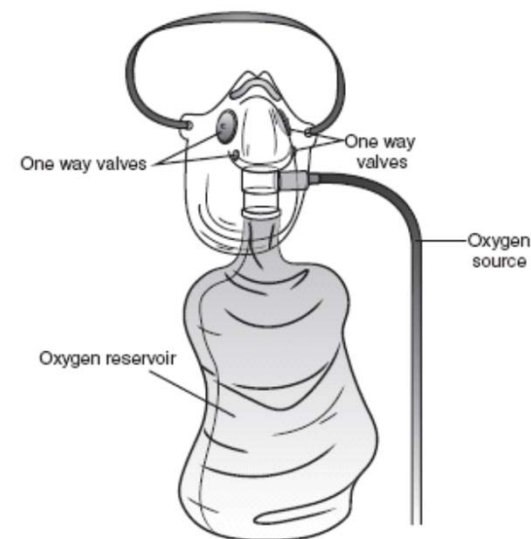
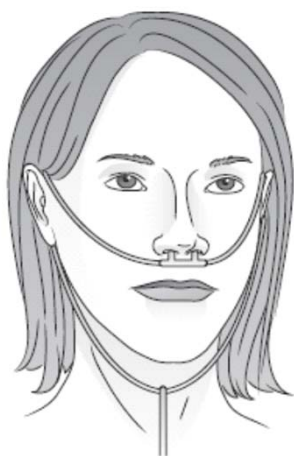
酸素補給装置

○ O₂濃度

- 高
- 中等度
- 低

○ 流量

- 高
- 中等度
- 低





NPPVと人工呼吸の目標

- 十分なガス交換
- 呼吸仕事量を最適化する
- 患者の快適性を最大化する
- 患者と人工呼吸器の相互作用を最適化する
- (酸素)毒性を最小限に抑える



非侵襲的換気

- 気管内気道の合併症を避けながら、酸素化と換気を増強する
- 敏捷で協力的な患者で最もよく使用される
- 開始後48～72時間以内に患者が改善することが予測される
- 用語
 - 持続気道陽圧(CPAP)
 - 非侵襲的陽圧換気(NPPV)
 - バイレベル気道陽圧(BiPAP)



非侵襲的換気 初期設定

年齢	初期設定
12カ月未満の乳児	経鼻CPAP 5cm H ₂ O
幼児1～2歳	IPAP: 8 cm H ₂ O EPAP: 4cmのH ₂ O FiO ₂ : 1.0 年齢や疾患に適した補助回数
2歳以上の小児	IPAP: 10 cm H ₂ O EPAP: 5 cm H ₂ O Fio ₂ : 1.0 年齢や疾患に適した補助回数



非侵襲的陽圧換気(NPPV)

○ 低酸素性呼吸不全

- IPAP 10 cm H₂O, EPAP 5 cm H₂O
- EPAPを2cmずつ漸増する
- IPAP-EPAP勾配を同じに保つ

○ 高炭酸ガス血性呼吸不全

- IPAP 10 cm H₂O, EPAP 5 cm H₂O
- IPAPを2cmずつ漸増する
- IPAP-EPAP勾配を増大させる

○ 混合性呼吸不全

- 必要であれば、まず酸素化に対処する
 - SpO₂/PaO₂の目標を達成するためにEPAPを増やす
 - その後、IPAP-EPAP勾配を目標まで増加させる



非侵襲的換気 利点

- 喉頭損傷のリスク低下
- 感染症の減少:
 - 人工呼吸器関連肺炎
 - 気管炎
- 鎮静・鎮痛剤投与量の減少
- 鼻マスクを使用すれば、患者は喋ることや咳ができ、肺トイレ(肺洗浄)に協力できる



非侵襲的換気 デメリット

- 患者は綿密なモニタリングを必要とする
- 患者が協力しなければならない
- 鼻梁上の皮膚損傷のリスク増大
- 胃拡張による誤嚥のリスク増大
- 特に小さな患者では、マスクがきつく適合しない、および/
または効果的な換気が得られないことがある
- 最適なマスク設置を維持するためにしばしば必要とされる
活動または鎮静の制限
- 気管吸引にはフェイシャルマスクの抜去が必要であり、呼
吸代償不全につながる可能性がある



ケーススタディ

- 症例は6歳男児で、2日前に胸膜膿ような開胸排膿術を施行した。
- 左胸部造瘻チューブを留置した。手術経過は良好であった。術後1日目に難なく抜管した。
- 今朝、フェイスマスクを介して5-L O₂で呼吸仕事量、SpO₂92%を増加させた。
- 胸部X線写真は左肺の完全無気肺を示す。

**この患者は 非侵襲的陽圧換気のよい候補であるか？
どのような初期設定を用いるべきか？**



ケーススタディ

- 現在安定しており、SpO₂100%
- NIV開始。最新の設定: IPAP 12cm H₂ O、EPAP 6cm H₂ O、Fio₂ 0.5。
- 4時間後に得られた胸部X線写真を繰り返すと、左肺のほぼ完全な再膨張が認められる。

他にどのような検査や評価が役立つか？

非侵襲的人工呼吸器設定はどのように管理されるべきか？



機械的人工換気 適応症

○ 換気異常

- 呼吸筋機能不全
- 呼吸筋疲労
- 胸壁異常
- 神経筋疾患
- 換気駆動力の減少
- 気道抵抗の増加および/または閉塞



機械的人工換気 適応症

- 酸素化異常
 - 難治性低酸素血症
 - 肺水腫や肺出血のような呼気終末陽圧(PEEP)の必要性
 - 過度の呼吸仕事量

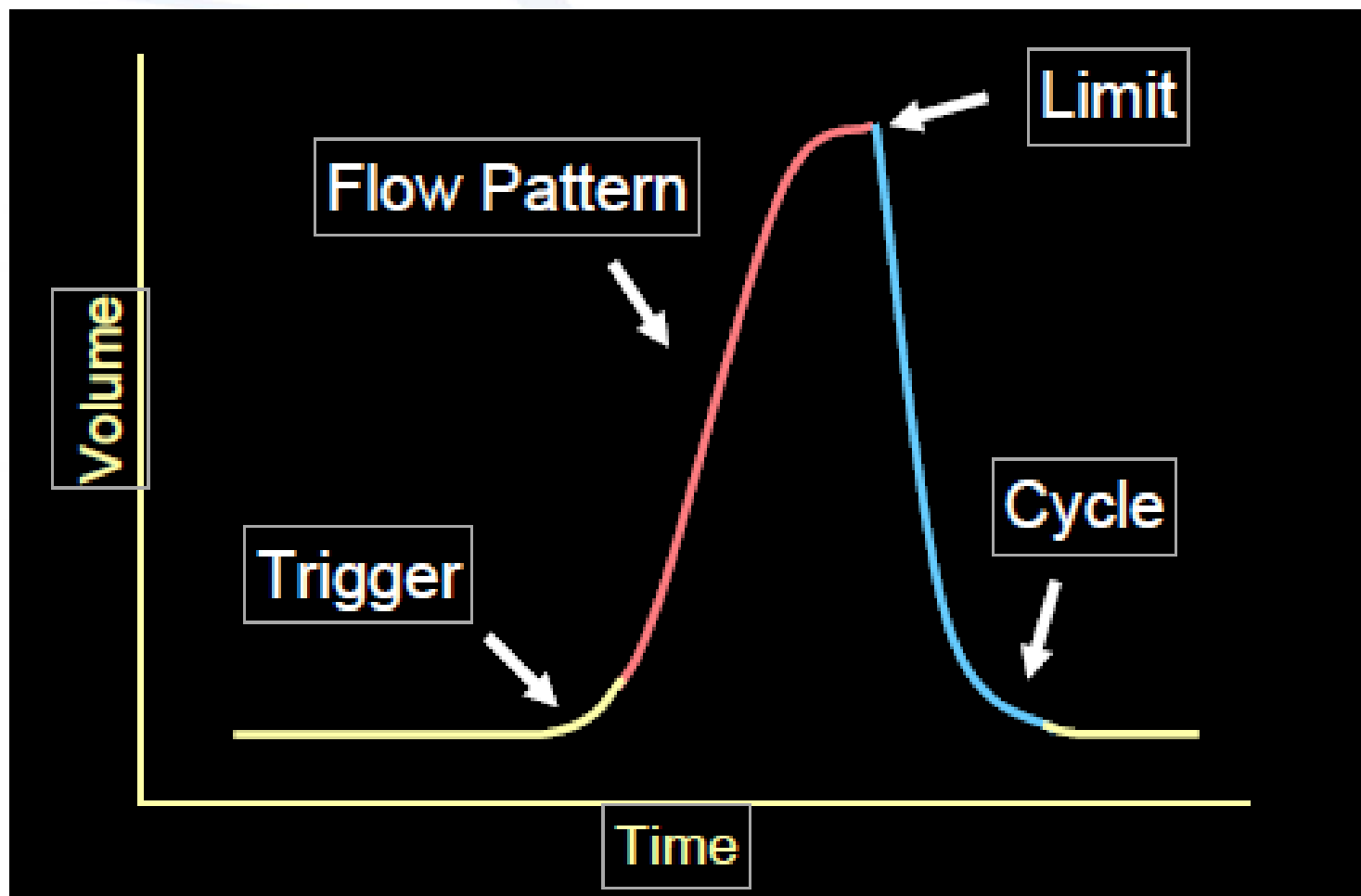


機械的人工換気 適応症

○ その他の目的

- 中等度から深部の鎮静および/または神経筋遮断を許容する
- 全身および心筋の酸素消費量を減少させる
- 重篤な頭蓋内圧上昇に対して一過性の過換気を可能にする
- 肺胞の動員を促進し、無気肺を予防する
- 不十分な酸素供給/需要状態(ショック、敗血症、心肺停止)に関連する状態における酸素供給の改善
- 異常な気道保護反射のある患者の誤嚥を防ぐ

人工呼吸器のフェーズ変数





換氣方法

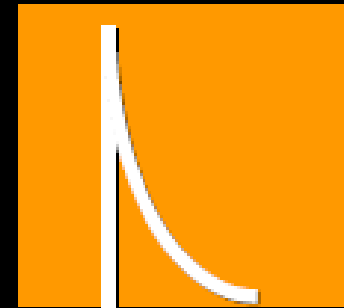
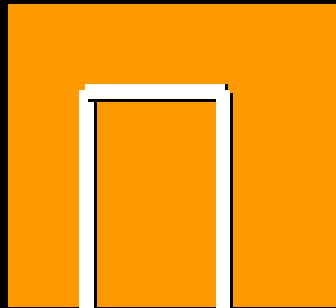
- 調節機械式換氣(CMV)
- 補助—調節換氣(AC)
- 同期式間欠的強制換氣(SIMV)
- 補助—調節 從压式補助
- 補助—調節 從量式補助
- Pressure-regulated volume control (PRVC)

Flow & Airway Pressure

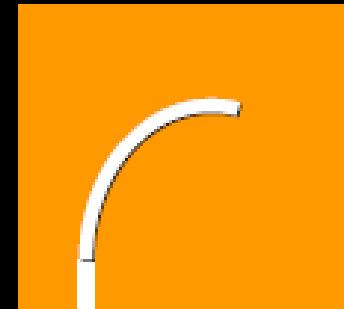
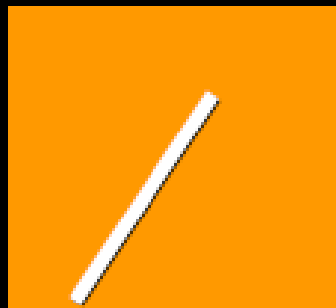
Constant Flow

Decelerating Flow

Flow



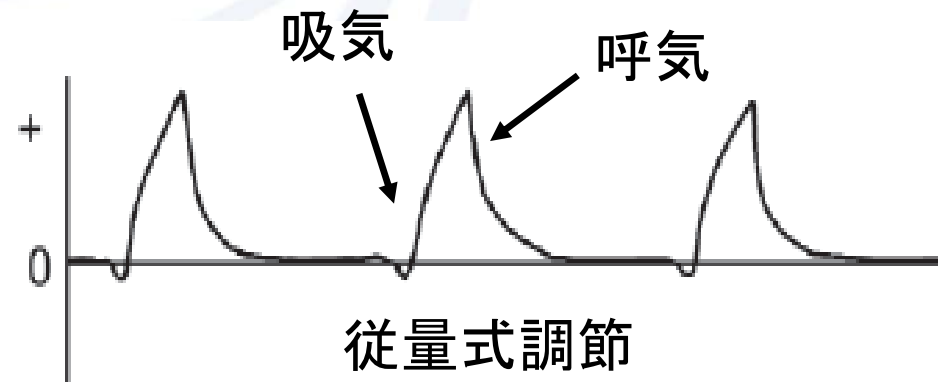
Airway Pressure





補助-調節呼吸

- 患者の呼吸努力とより同調する;完全な換気補助
- 機械呼吸および患者誘発呼吸による1回換気量
- 不安、頻呼吸患者は過換気を起こすことがある





機械的人工換気モード

○ 同期式間欠的強制換気(SIMV)

- 患者の努力と同期した、あらかじめ設定されたレートでの機械的呼吸
- 自発呼吸は完全に患者が発生する。圧補助換気は自発呼吸を増大させることができる。



○ 同期式間欠的強制換気+圧補助換気





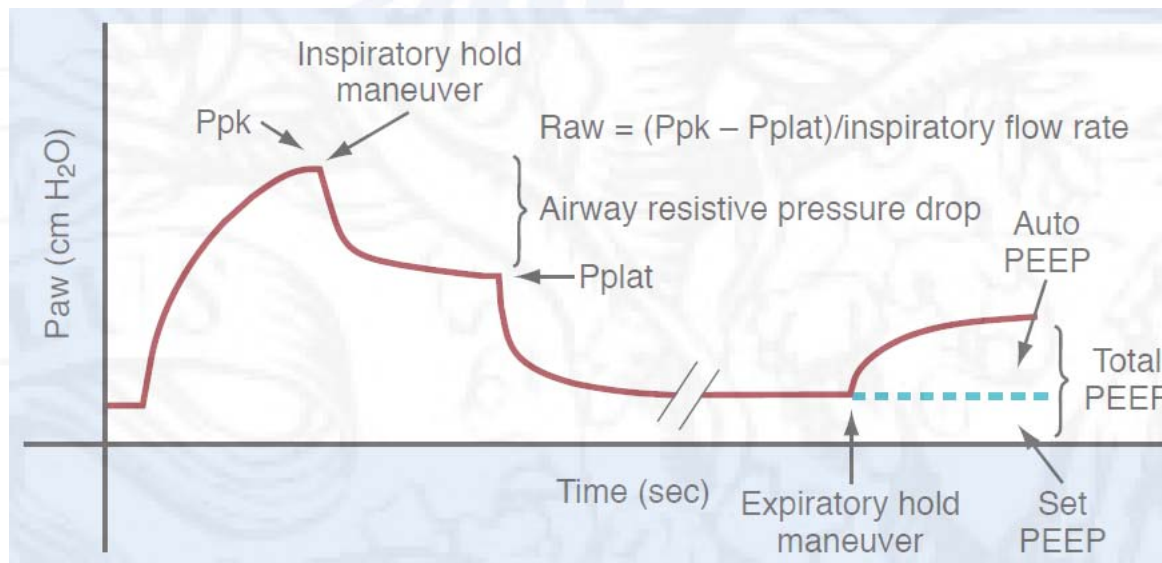
初期設定

- $F_{iO_2} = 1.0$ (100%酸素)
- ボリュームプリセットモード:アシストコントロールまたはSIMV
- 1回換気量:6~8mL/kg
 - 肺損傷、ARDSを調整する
- 率:年齢や疾患の経過によって異なる

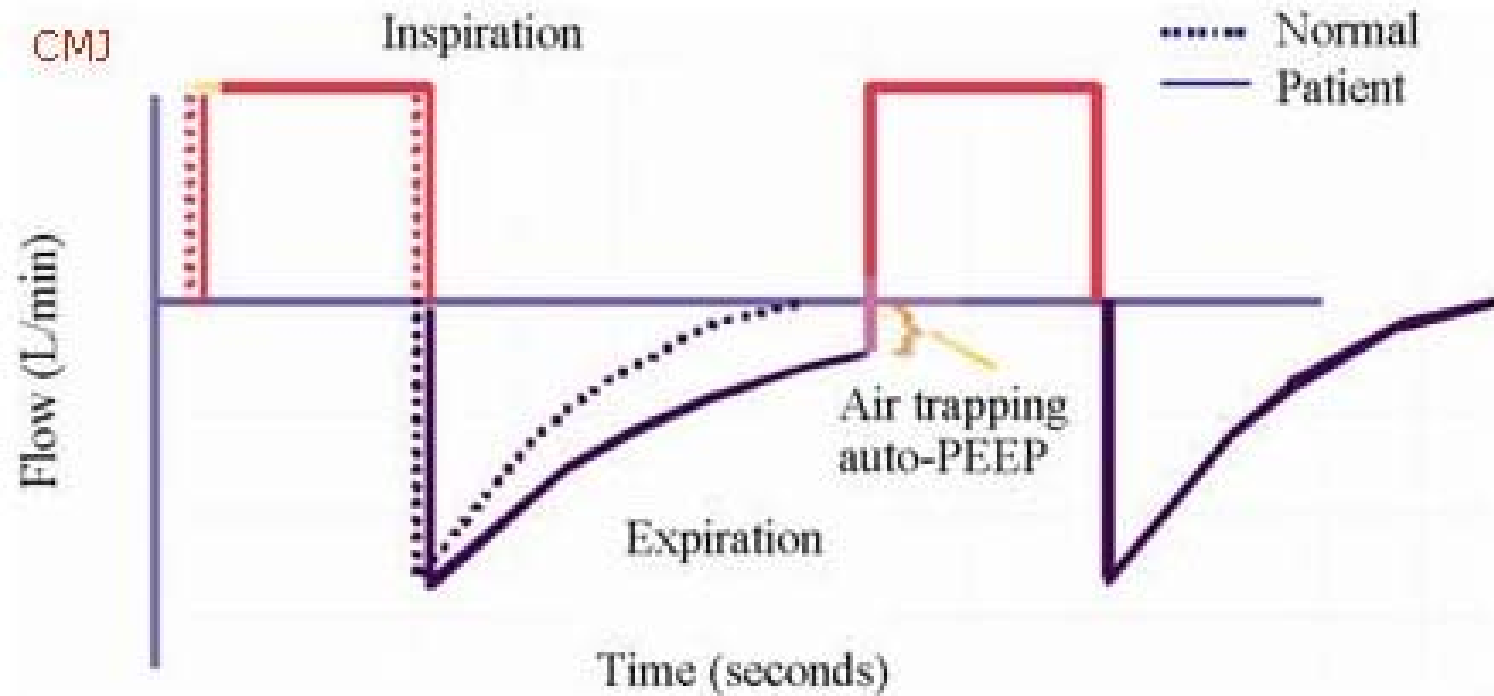
< 6 months	24-30 呼吸/分
6カ月~2年	20-24 呼吸/分
> 2 years	20回/分で開始し、pHまで滴定する
- PEEP
 - 肺胞を動員し、開いた状態に保つ 3~5cm H₂O
- 圧補助 : 5~10cm H₂O

吸気:呼気比

- 容量換気による吸気時間の決定因子
 - 一回換気量
 - 吸気速度
 - 吸気波形
- 不十分な呼気時間
 - 不完全呼気
 - 呼吸積層



Auto-PEEP



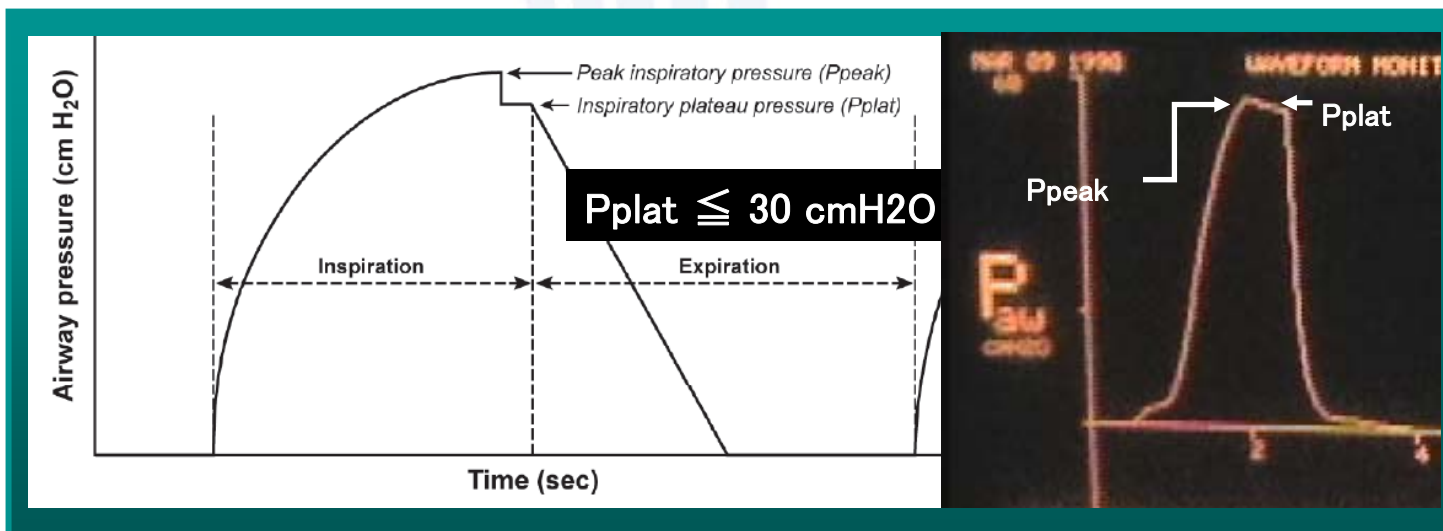


Auto-PEEP

- 結果
 - 吸気圧
 - 低血圧
 - 酸素化の悪化
- auto-PEEPを低下させるための介入
 - 呼吸数の低下
 - 一回換気量の低下
 - ガス流量を増加

吸気圧

- 最大吸気圧
- 吸気プラトー圧
 - 肺胞拡張の指標





Pplatの有害作用 > 30cmのH₂O

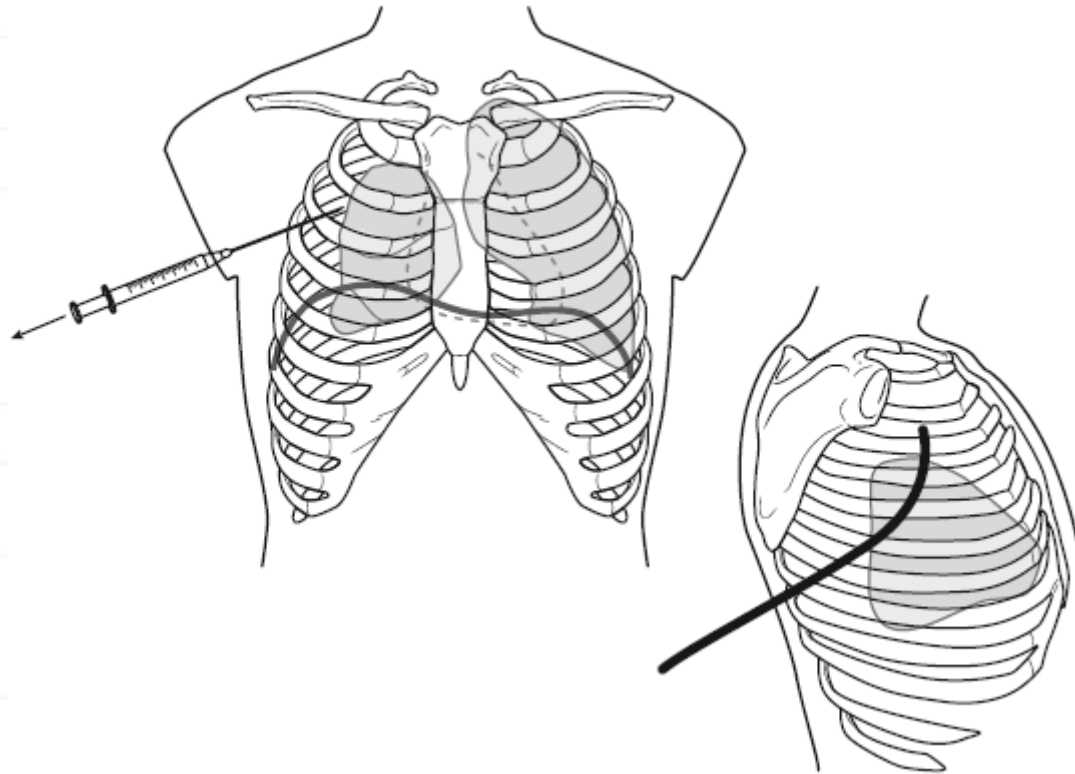
- 圧損傷
- 量損傷
- 不安定な血行動態
- プラトー圧(Pplat)の減少
 - PEEPを下げる
 - 一回換気量の減少



機械的人工換気の合併症:緊張性気胸

- 人工呼吸開始後に血行動態が不安定な患者では考慮する。
- 身体診察:呼吸音の消失または非対称、頻脈、頻呼吸、SpO₂の低下。
- 緊張性気胸は医学的緊急事態である。
 - 大口径のカテーテルまたは針で減圧する。
 - X線検査による確認の前に必要となることがある。
 - 再発防止のために胸腔瘻チューブを留置すること。

針減壓術





機械的人工換気の合併症:静脈還流の減少

- 心拍出量の低下につながるおそれがある。
- 軽度の体液量減少患者は、陽圧換気の開始後に体液量の補充を必要とする症候性低血圧を発症することがある。
- カテコールアミンが枯渇しているか、循環予備能が欠乏している患者は、心肺停止に進行することがある。



キーポイント



- 急性呼吸不全は、低酸素血症、高炭酸ガス血症、または混合型に分類される。
- 低酸素血症性急性呼吸不全の最も一般的な原因は、換気/血流不均衡である。
- 高炭酸ガス血症性急性呼吸不全は分時換気量の減少による。
- 酸素補給は低酸素血症の治療に用いられる。



キーポイント



- NPPV/人工呼吸の目標:
 - 酸素化と換気の補助
 - 呼吸仕事量の減少
- NPPVは以下の患者に最もよく用いられる:
 - 敏捷性と協力
 - 48～72時間以内に改善すると予測される
- 人工呼吸を開始する際にガイドラインを使用し、モニタリングに基づいて調整する。



キーポイント



- 最もよく知っている換気方法を選びなさい。
- 十分な呼気とauto-PEEPの回避ができるように、人工呼吸器の設定を調整する。
- プラトー圧を30cm H₂O未満に保つことにより、肺胞の過膨張を避ける。