

# 病態に合わせた人工呼吸管理の 考え方と実践

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

讚井將満

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



# 本日のお話

- 肺が悪くない患者の人工呼吸の要点
- 肺が悪い患者の人工呼吸の要点
- 具体例
  - ARDS
  - 間質性肺炎
  - 肺炎
  - COPD

**肺だけではなく胸郭の問題も...**

# 本日のお話

- **肺が悪くない患者の人工呼吸の要点**
- **肺が悪い患者の人工呼吸の要点**
- 具体例
  - ARDS
  - 間質性肺炎
  - 肺炎
  - COPD

# 64才男性 CABG術後

- 術後、麻酔が未覚醒のままICUに入室
- 手術は問題なく終了
- 既往は高血圧、高脂血症
- 心機能、腎機能、その他の臓器機能に問題なし
- 身長 165cm、体重 60kg

# 呼吸器を設定しました.....

- 設定：AC/VC、PEEP 5cmH<sub>2</sub>O、FiO<sub>2</sub> 50%、Vt 600 mL、吸気時間 1.2 sec、設定換気回数 10回
- 実測値：呼吸回数トータル10回/分、分時換気量 6.1L/分、ピーク圧 22cmH<sub>2</sub>O、プラトー圧 18cmH<sub>2</sub>O
- HR: 80 /min、BP: 123/67mmHg、尿も良く出ている、SpO<sub>2</sub> 99%
- pH 7.38、PaCO<sub>2</sub> 42mmHg、PaO<sub>2</sub> 196 mmHg、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 25 mmol/L、乳酸 1.4mmol/L

Q. どのように設定の変更をしますか（複数可）？

1. FiO<sub>2</sub>を60%に上げる
2. 一回換気量を400ccに下げる
3. FiO<sub>2</sub>を35%に下げる
4. PEEPを8cmH<sub>2</sub>Oに上げる
5. 換気回数を15回に上げる
6. モードをPSVに変更する

そもそもなぜ  
人工呼吸が必要か？



# 呼吸が悪いからです...

呼吸が悪いとは？





# 呼吸不全とは？

**Airway protection**  
(気道確保) は？

必要

不要

酸素化は？

良い

悪い

換気は？

良い

悪い

のべ8通りのパターン

呼吸不全の病態の把握に有用

# 侵襲的（挿管下）陽圧換気の適応

- 気道確保が必要
  - ✓ 意識障害
  - ✓ ショック
  - ✓ 痰が出せない
- 酸素化が悪い：高い陽圧が必要
- 換気が悪い：無換気・低換気

**この患者さんでは？**

# 呼吸器設定のゴール



# 何をゴールに人工呼吸器を 設定したら良いか

**適切な酸素化、換気**

**もう一つ忘れてはならないものは？**

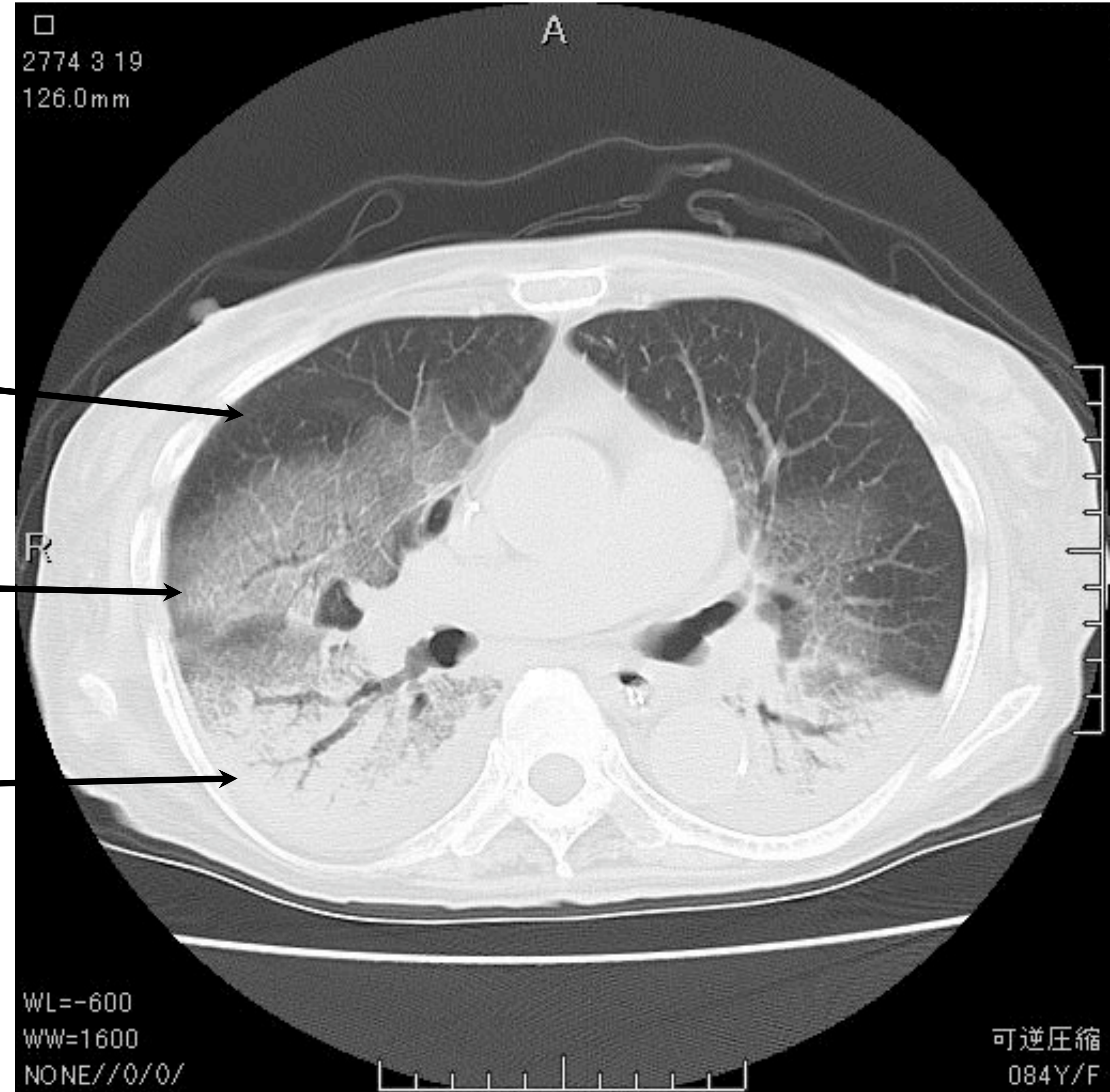
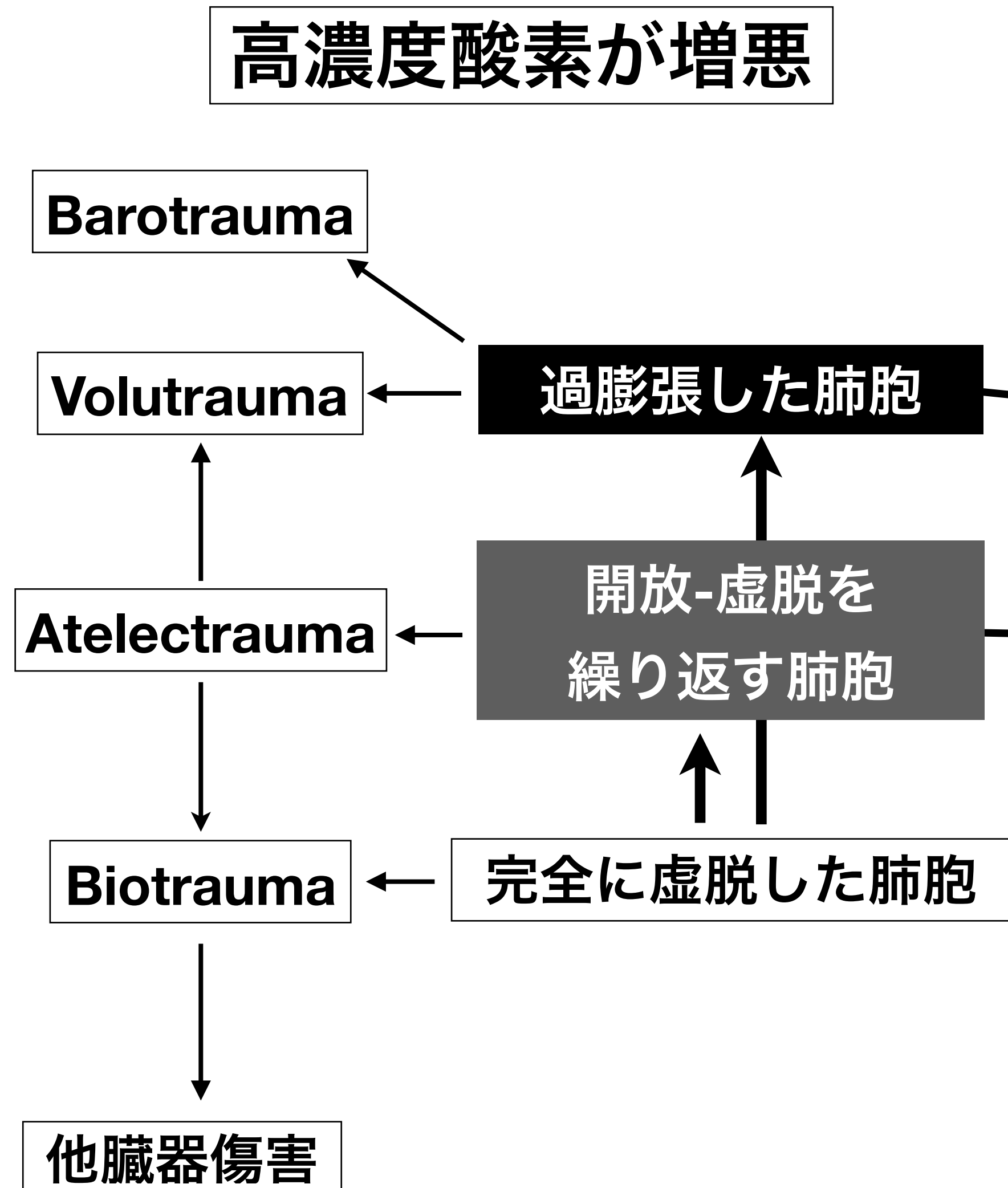
# 人工呼吸は必要悪である



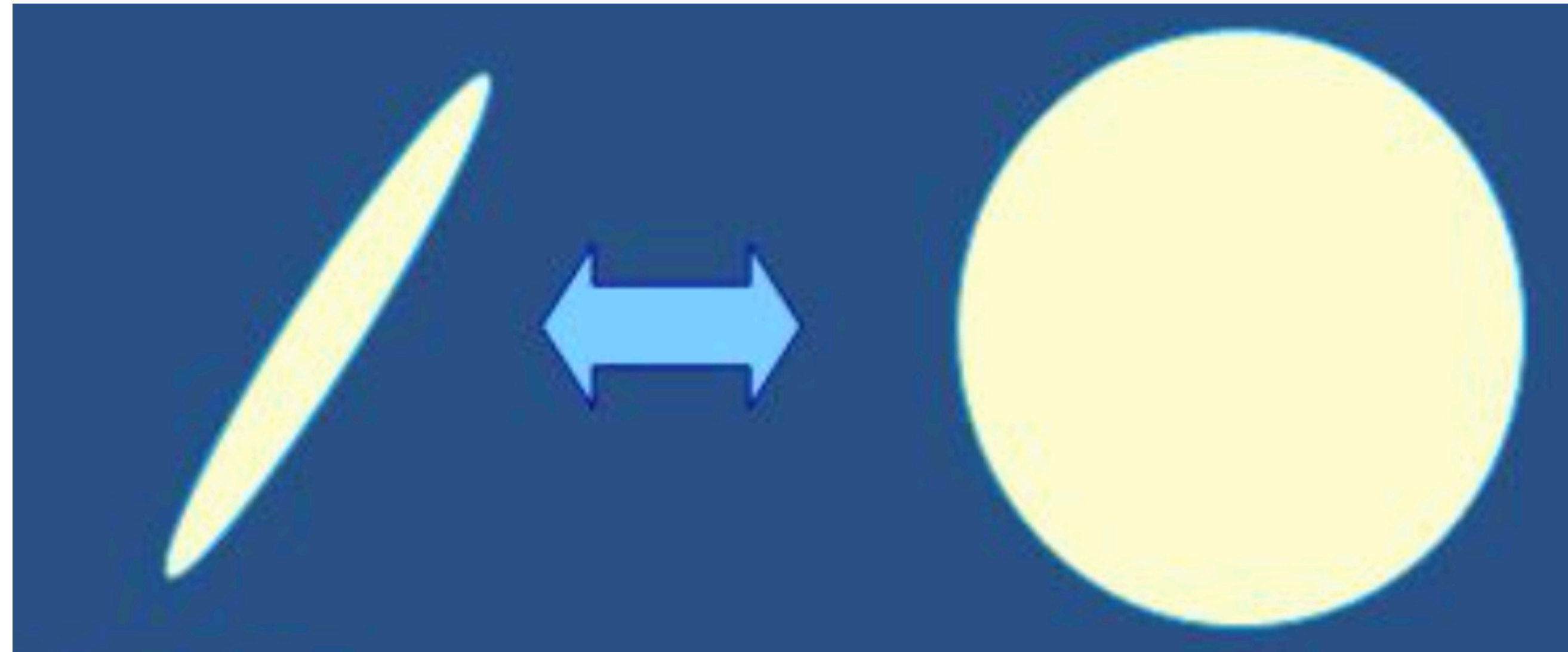
**人工呼吸が肺を痛めつける**

# 人工呼吸器誘発性肺傷害

## Ventilator Induced Lung Injury: VILI

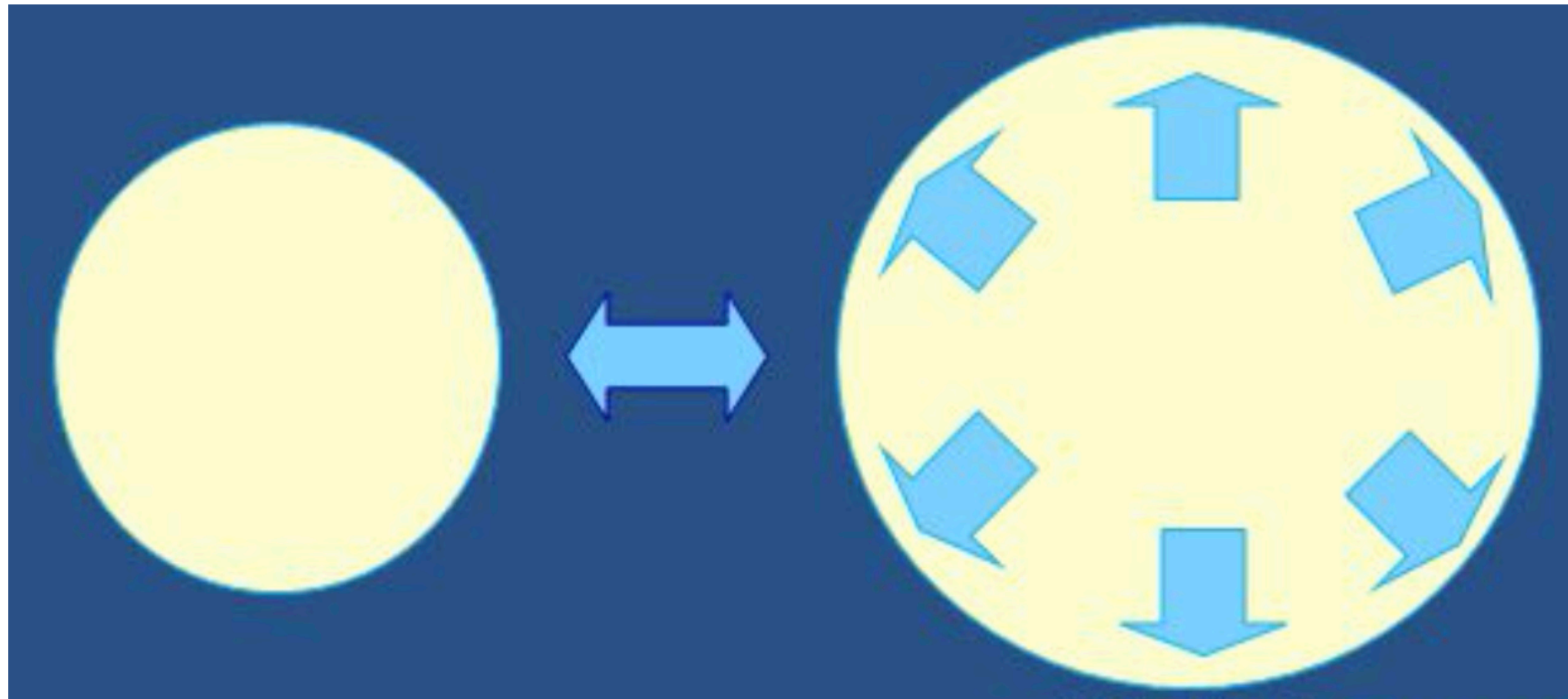


# Atelectrauma : 無気肺損傷



しぼんだり広がったりすることによる肺胞の引き裂きによる炎症

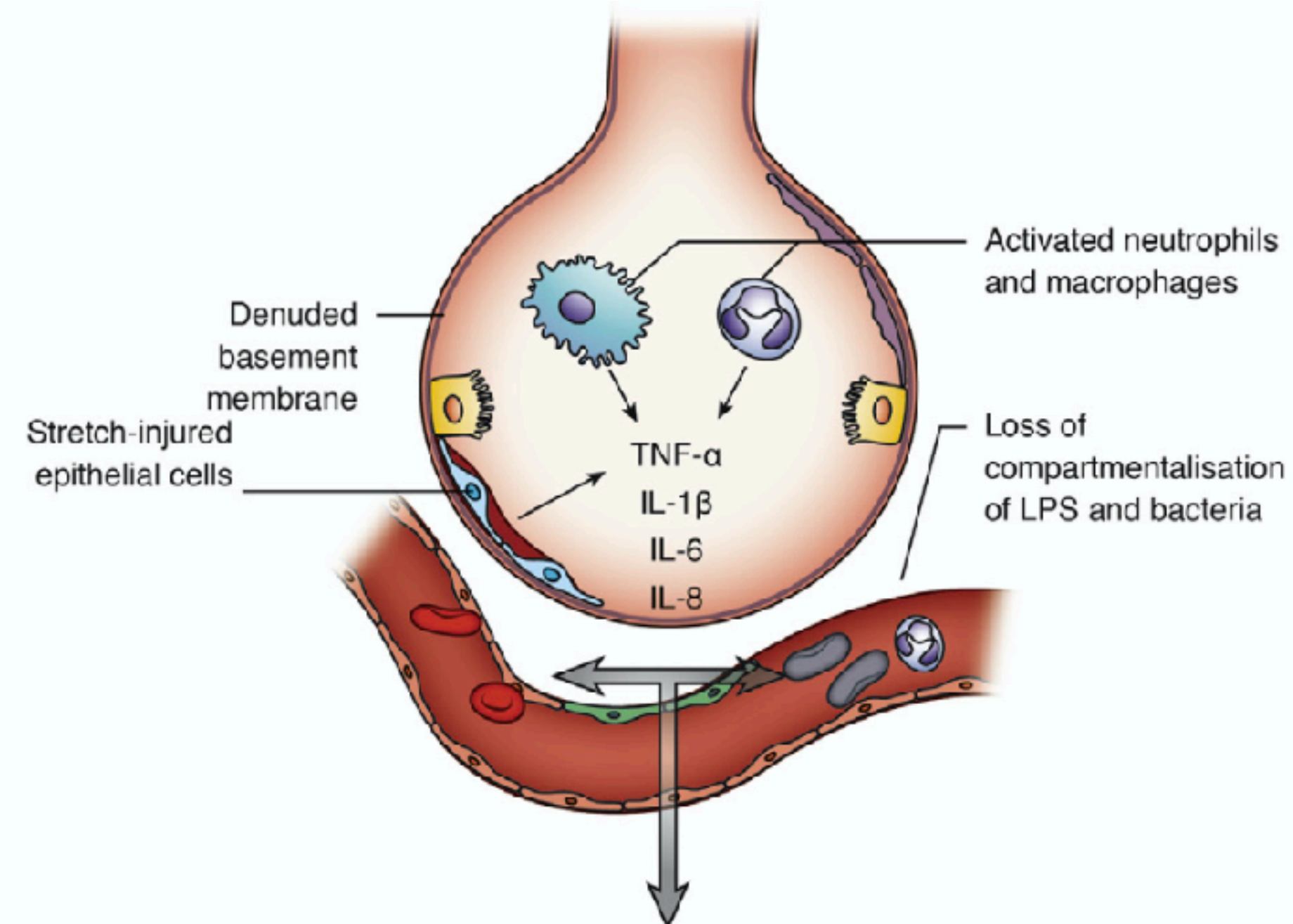
# Volutrauma : 容量損傷



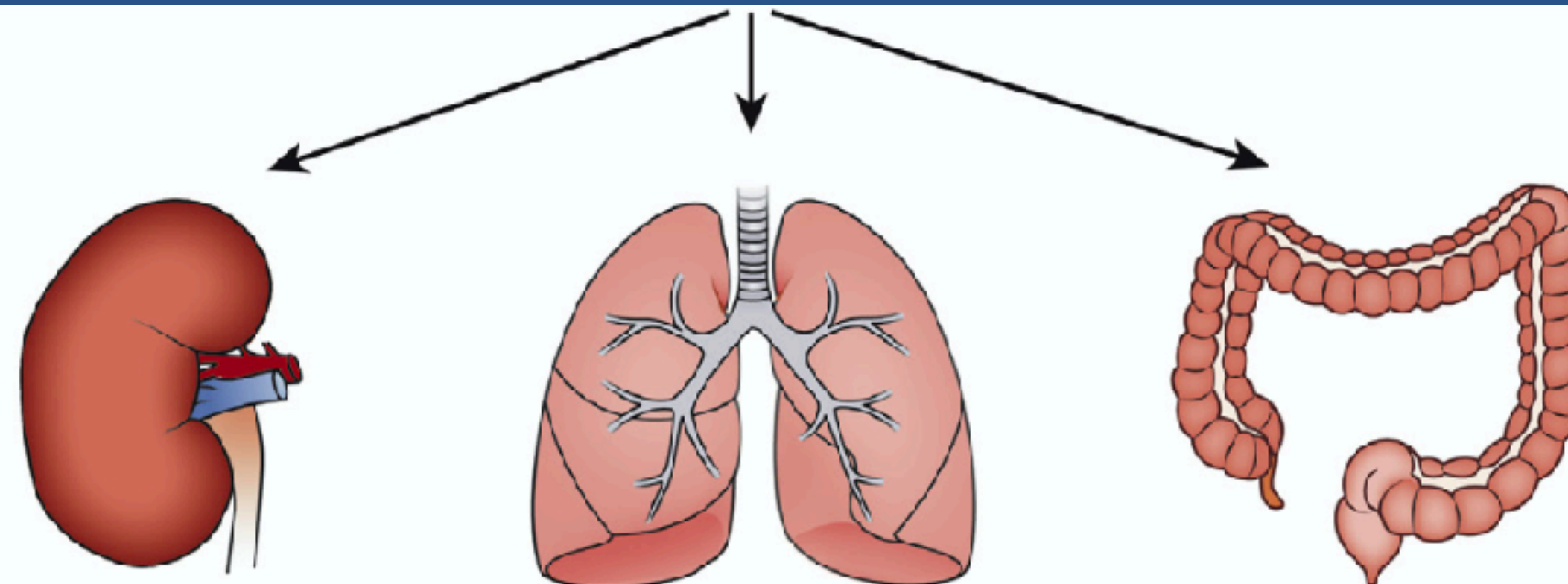
肺胞の過伸展による炎症



# Biotrauma : 生物学的損傷



肺胞の引き裂きや過伸展によるサイトカイン産生・撒き散らし



# Barotrauma : 圧損傷

肺の過膨張



肺胞障害



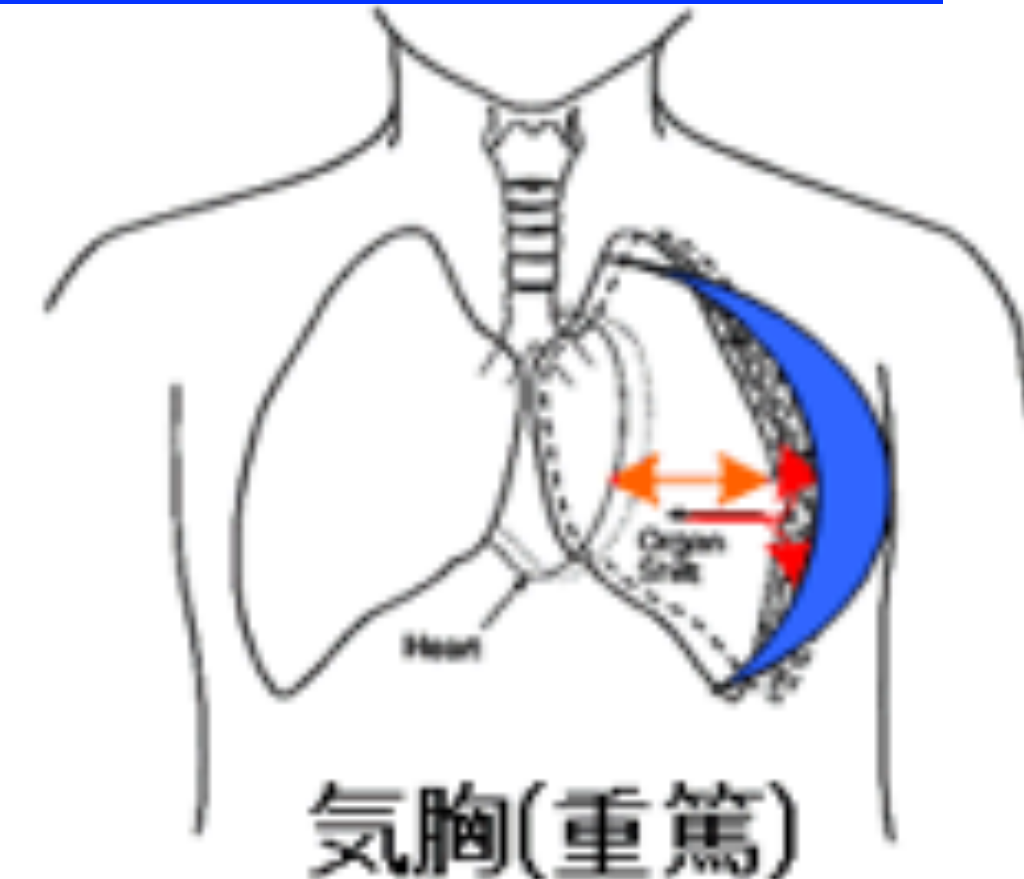
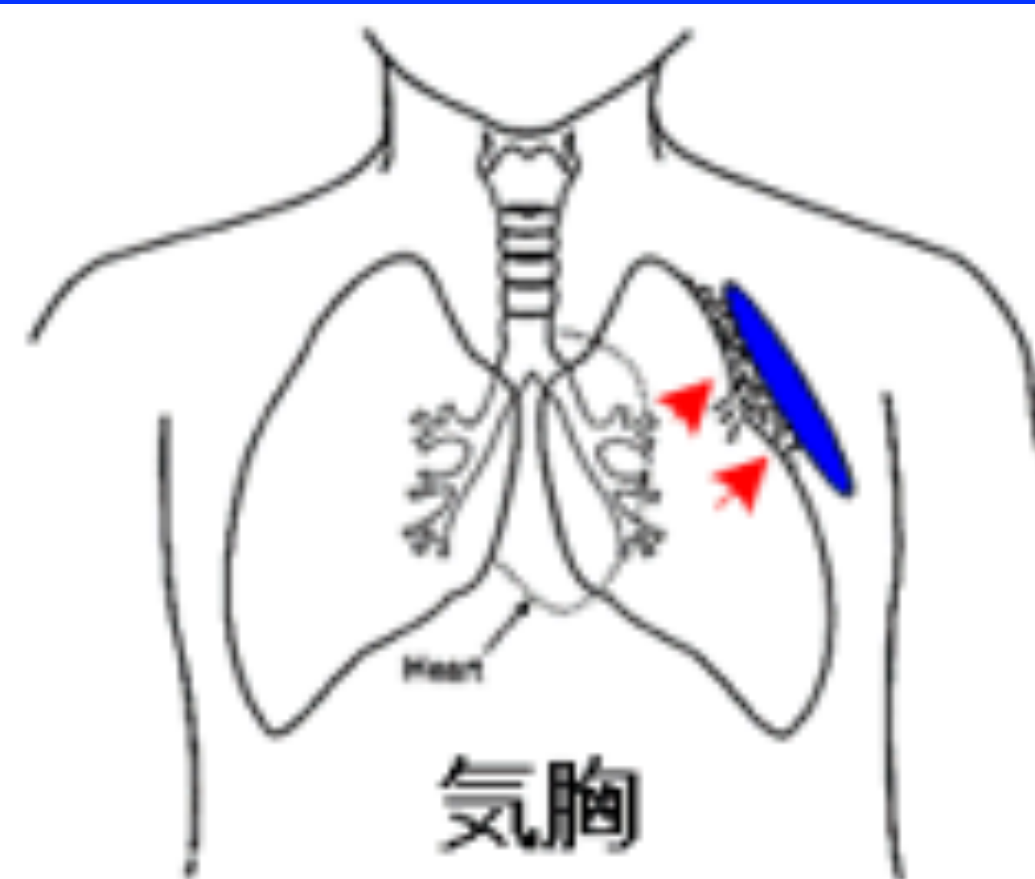
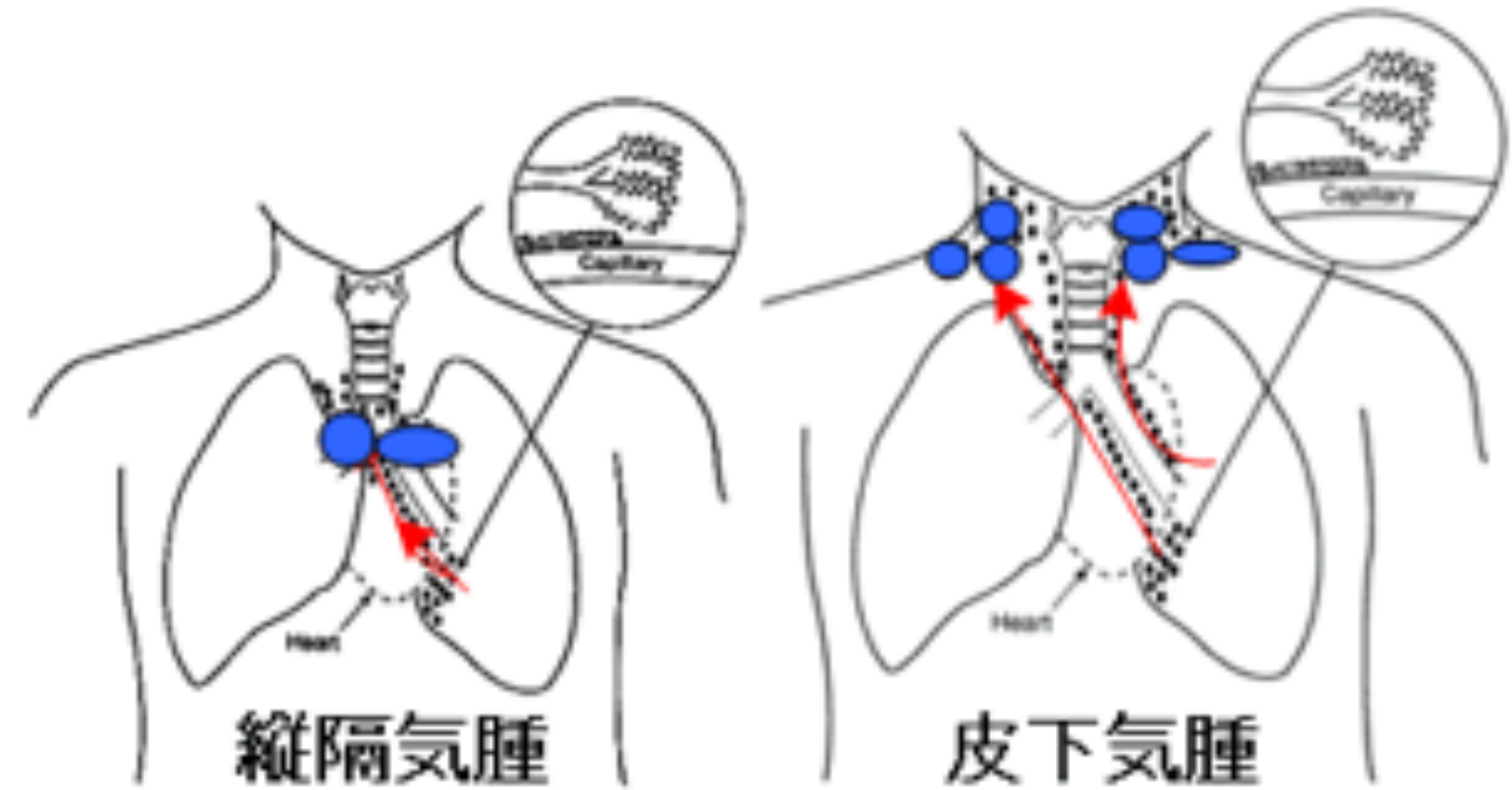
肺間質気腫

圧によって起こる通常ないところに生じる空気

縦隔気腫

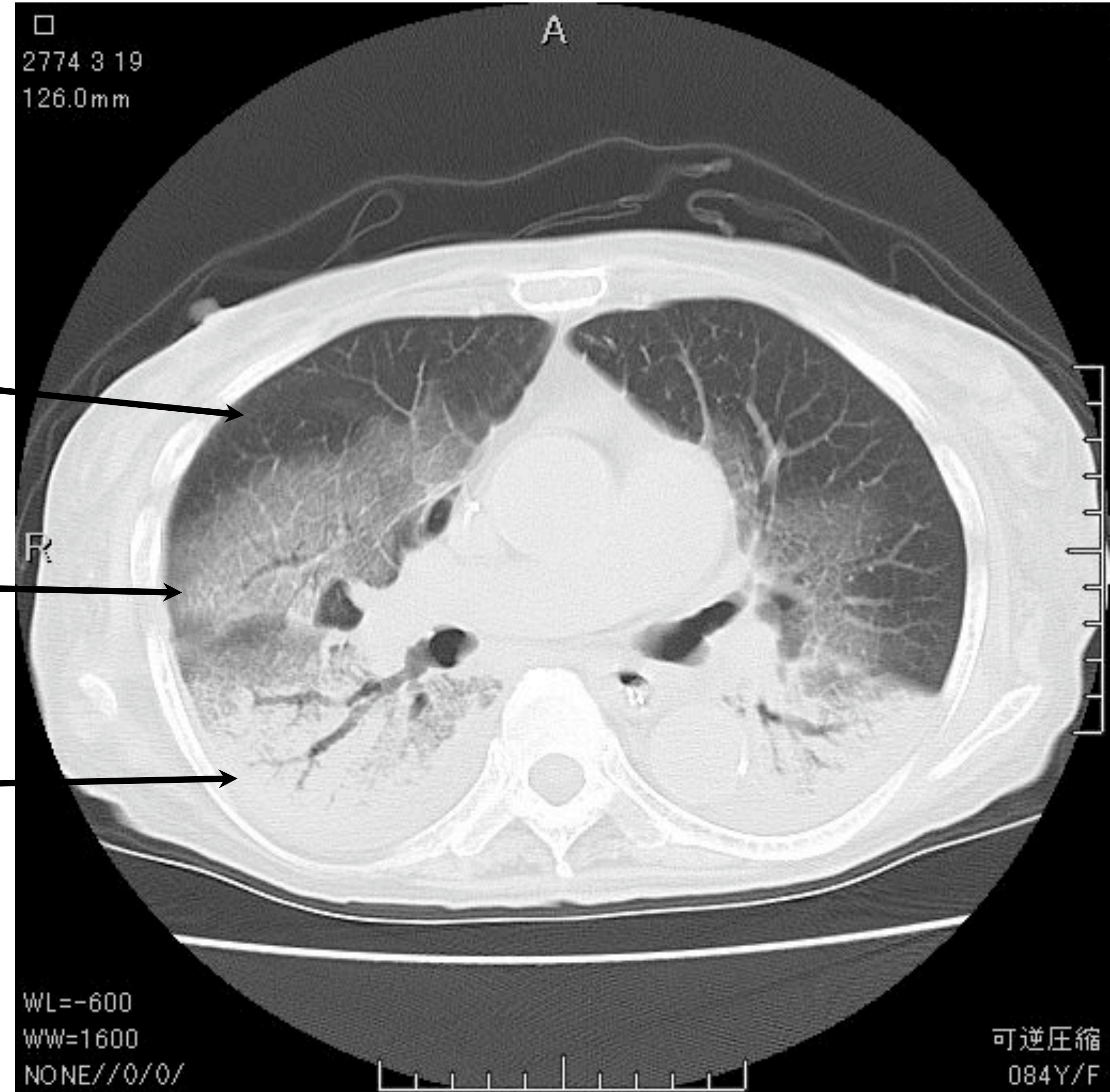
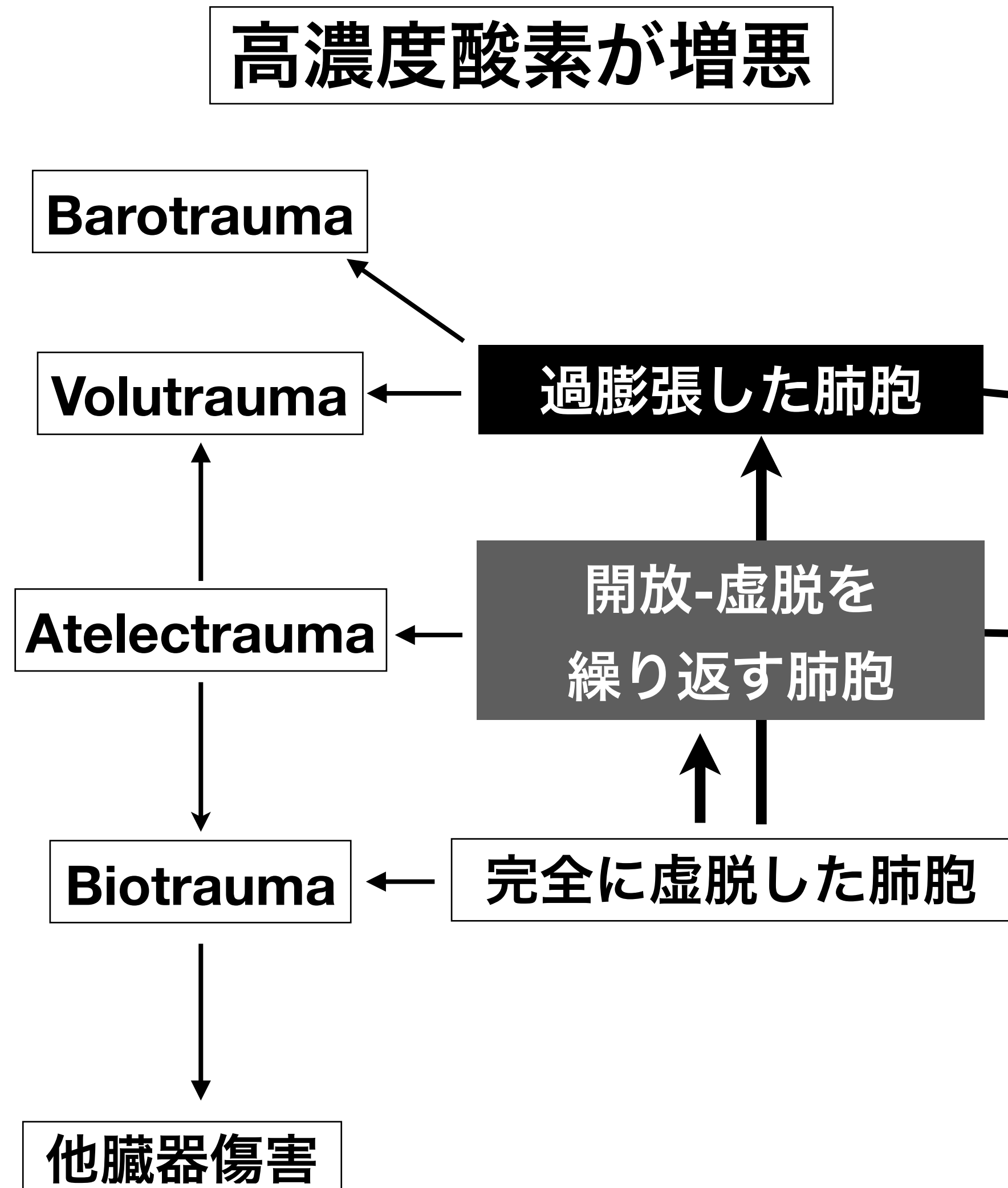
気胸

皮下気腫



# 人工呼吸器誘発性肺傷害

## Ventilator Induced Lung Injury: VILI



# 何をゴールに人工呼吸器を 設定したら良いか

1. 弊害が生じない範囲内のPaO<sub>2</sub>（またはSpO<sub>2</sub>）
2. 弊害が生じない範囲内のPaCO<sub>2</sub>
3. 肺を保護しながら
4. その他の臓器機能に悪影響が出ないように

**適切な酸素化、換気、肺保護**

# 弊害が生じない範囲内の酸素化

肺の良し悪しで使い分ける

# 弊害が生じない範囲内の換気

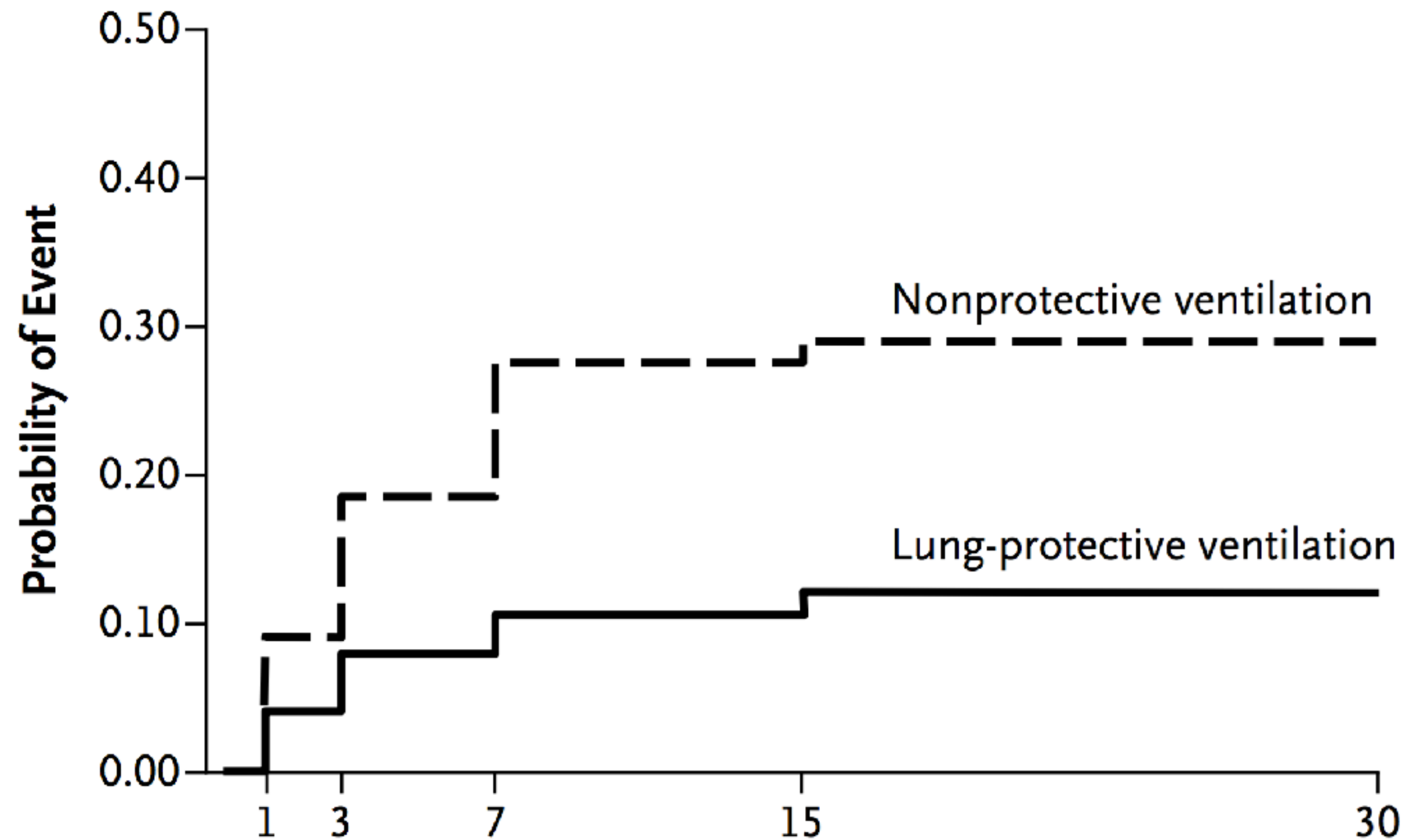
肺の良し悪しで使い分ける

# 肺保護換気

肺の良し悪しに関係なく

# 11 cc/kg vs. 6.5 cc/kg 予測体重

→ 術後呼吸器合併症に差があるか



**低容量換気：肺が悪くない患者にも**



# 弊害が生じない範囲内の酸素化

- 肺に問題がない患者（術後、意識障害など）
  - ✓ PaO<sub>2</sub> 80-100mmHg、SpO<sub>2</sub> 96-98%
- 肺に問題がある患者（ARDS、重症肺炎、COPD、喘息など）
  - ✓ PaO<sub>2</sub> 60-70mmHg、SpO<sub>2</sub> 90-92%

**肺の良し悪しで使い分ける**

# 弊害が生じない範囲内の換気

- 肺に問題がない患者（術後、意識障害など）
  - ✓ PaCO<sub>2</sub> 40±5 mmHg
- 肺に問題がある患者（ARDS、重症肺炎、COPD、喘息など）
  - ✓ PaCO<sub>2</sub> 60±5 mmHg
- 脳圧を上げたくない患者
  - ✓ PaCO<sub>2</sub> 35±5 mmHg

使い分ける

# 具体的な肺保護換気

1. 一回換気量制限：6-7cc/kg予測体重
2. できるだけ低いFiO<sub>2</sub>：≤ 0.5
3. 適切なPEEP

肺の良し悪しに関係なく

# 予測体重 (概算)

**予測体重**  
男性 165cm 60kg  
女性 155cm 50kg

**一回換気量**  
男性 350-450cc  
女性 300-350cc

男性  $50 + 0.91 \times [\text{身長 (cm)} - 152.4]$

女性  $45.5 + 0.91 \times [\text{身長 (cm)} - 152.4]$

男性		女性	
身長 (cm)	体重 (kg)	身長 (cm)	体重 (kg)
150	50	140	35
155	55	145	40
160	55	150	45
165	60	155	50
170	65	160	55
175	70	165	60
180	75	170	60
185	80	175	65

思っているよりももっと小さい

# その他の臓器機能に悪影響が出ないように

**5-10cmH<sub>2</sub>Oは通常安全**

- 特に循環（後述） !!
  - PEEPにより循環が悪くなる可能性あり
    - ✓ 心機能が良好な血管内低容量の患者
  - PEEPにより循環が良くなる可能性あり
    - ✓ 心不全患者

**特に循環への影響を考える**

# 64才男性 CABG術後

- 術後、麻酔が未覚醒のままICUに入室
- 手術は問題なく終了
- 既往は高血圧、高脂血症
- 心機能、腎機能、その他の臓器機能に問題なし
- 身長 165cm、体重 60kg

# 呼吸器を設定しました.....

- 設定：AC/VC、PEEP 5cmH<sub>2</sub>O、FiO<sub>2</sub> 50%、Vt 600 mL、吸気時間 1.2 sec、設定換気回数 10回
- 実測値：呼吸回数トータル10回/分、分時換気量 6.1L/分、ピーク圧 22cmH<sub>2</sub>O、プラトー圧 18cmH<sub>2</sub>O
- HR: 80 /min、BP: 123/67mmHg、尿も良く出ている、SpO<sub>2</sub> 99%
- pH 7.38、PaCO<sub>2</sub> 42mmHg、PaO<sub>2</sub> 196 mmHg、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 25 mmol/L、乳酸 1.4mmol/L

Q. どのように設定の変更をしますか（複数可）？

1. FiO<sub>2</sub>を60%に上げる

2. 一回換気量を400ccに下げる

3. FiO<sub>2</sub>を35%に下げる

4. PEEPを8cmH<sub>2</sub>Oに上げる

5. 換気回数を15回に上げる

6. モードをPSVに変更する



# 本日のお話

- 肺が悪くない患者の人工呼吸の要点
- 肺が悪い患者の人工呼吸の要点
- 具体例
  - **ARDS**
  - 間質性肺炎
  - 肺炎
  - COPD

肺だけではなく胸郭の問題も...

# 58才男性 肺炎、敗血症性ショック

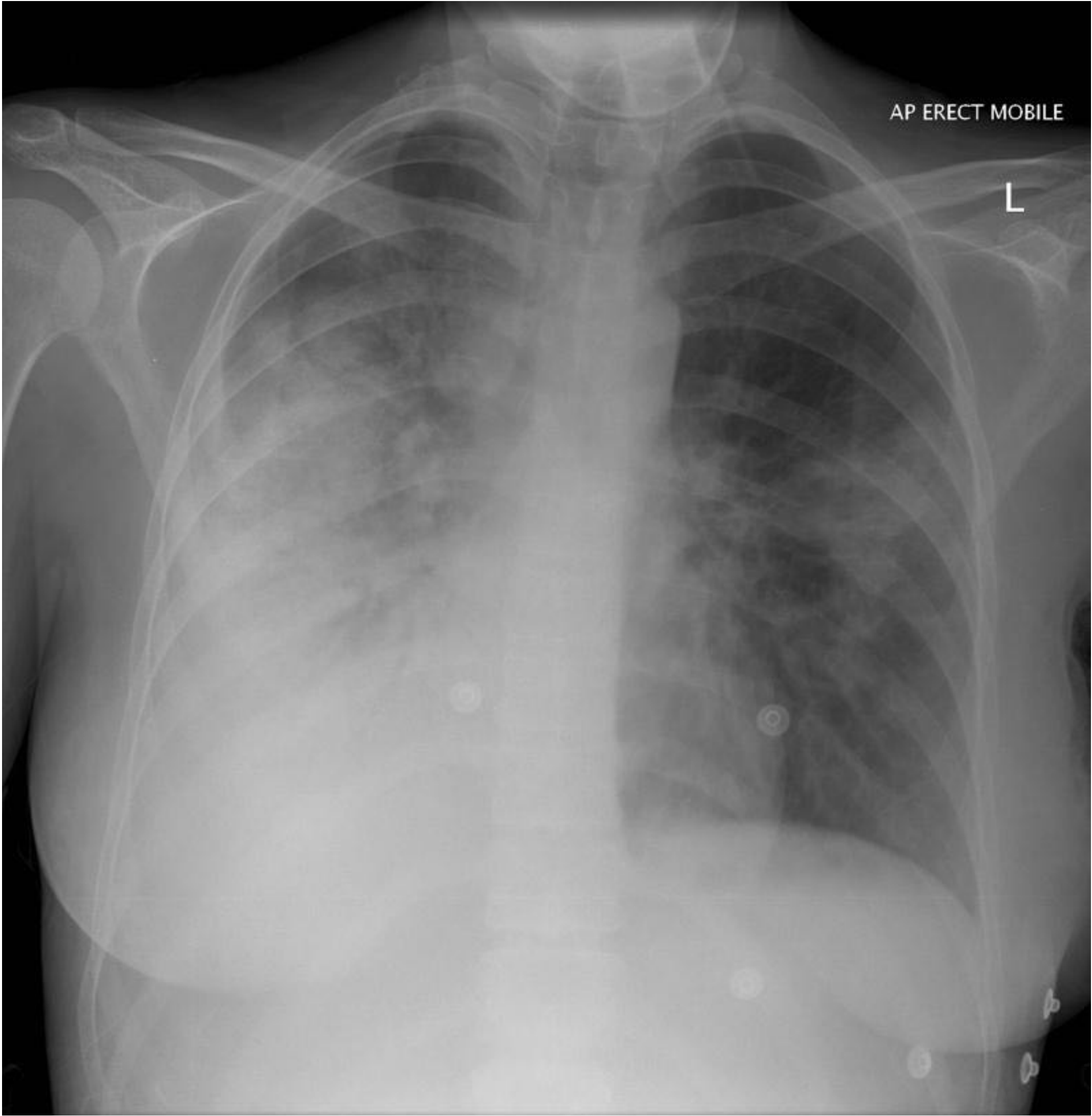
## 24時間後：ガスが悪くなった

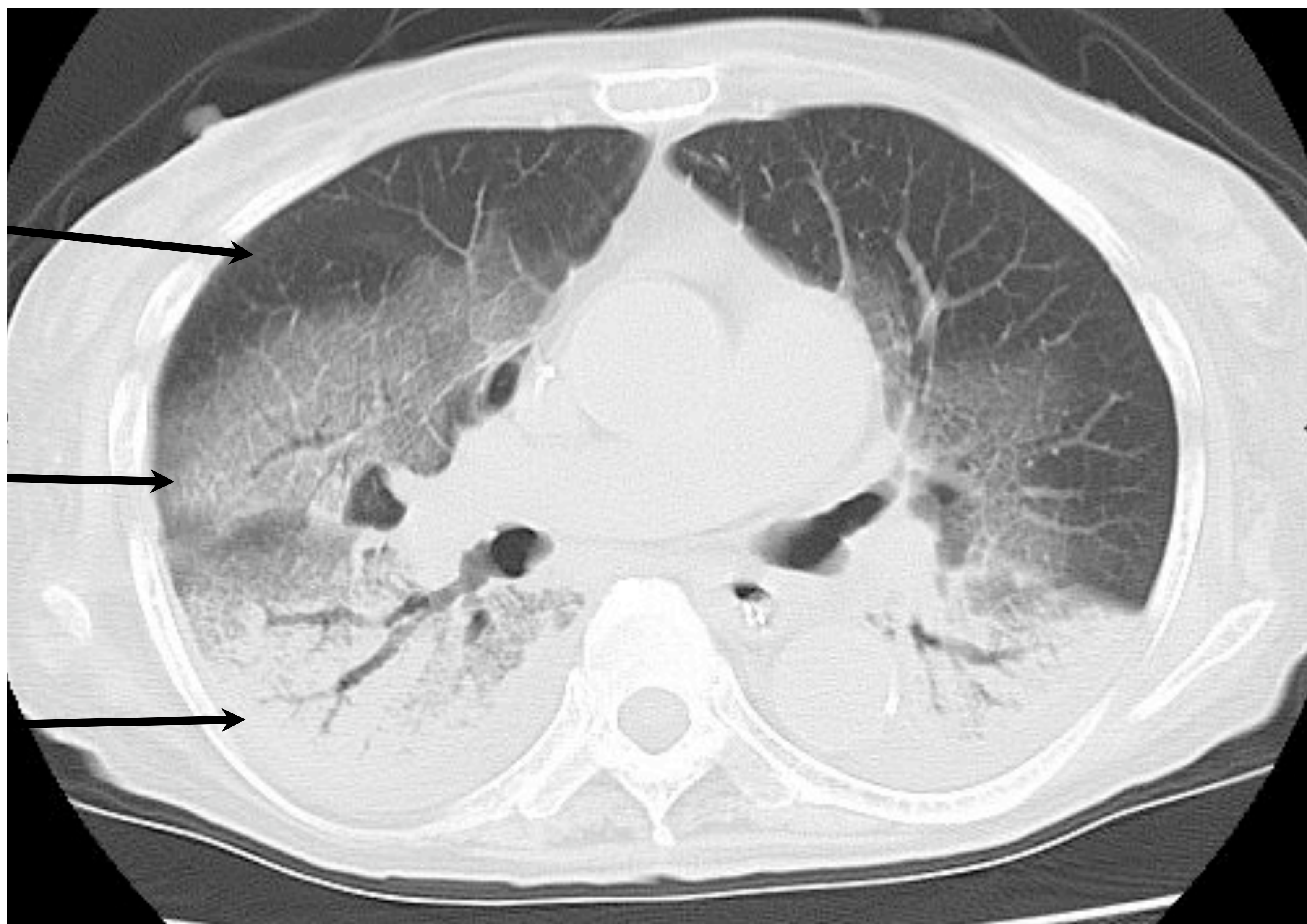
- 敗血症性ショックの循環蘇生、抗菌薬治療を開始し24時間が経過
- SpO<sub>2</sub>は91%、体温38.9°C、フェンタニル50μg/hrで呼びかけで視線を合わせる
- 心拍数113bpm、動脈圧は105/54（平均動脈圧72mmHg）でノルアドレナリン0.3 μg/kg/min、この時点で輸液バランスは+4500mL、尿量は20 ml/時間。
- 予測体重：60kg

# 58才男性 肺炎、敗血症性ショック

## 24時間後：ガスが悪くなった

- 人工呼吸器設定：A/C (VC)、FIO<sub>2</sub> 1.0、PEEP 5、TV 500cc、吸気時間 0.8秒、換気回数20回
- 実測値：呼吸回数 (RR) トータル33回、分時換気量 16.8 L、ピーク圧 41cmH<sub>2</sub>O、プラトー圧 36cmH<sub>2</sub>O
- pH 7.31、PaCO<sub>2</sub> 45mmHg、PaO<sub>2</sub> 70mmHg、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 22mmol/L、乳酸 2.4mmol/Lであった
- 胸部X-Pでは、右中下肺野の浸潤影に加え、両側のスリガラス様の陰影を認める
- 心エコー上も左室壁運動は良好





# ベルリン基準

発症時期	1週間以内 (既知の臨床的侵襲もしくは呼吸器症状の出現・増悪から)
胸部画像所見	両肺野の陰影 (胸水や無気肺、結節だけではせつめいのつかないもの)
浮腫の成因	呼吸不全(心不全や体液過剰だけでは説明のつかないもの) リスク因子がない場合は静水圧性肺水腫を除外するために 客観的評価(心エコーなど)を要する
酸素化	軽症: $200 \text{ mmHg} < P/F \leq 300 \text{ mmHg}$ (PEEP/CPAP $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ ) 中等症: $100 \text{ mmHg} < P/F \leq 200 \text{ mmHg}$ (PEEP $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ ) 重症: $P/F \leq 100 \text{ mmHg}$ (PEEP $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ )

一行で言えば...

# “二次性の非心原性の急性肺水腫”

- 何らかの原因（感染症、外傷、熱傷、膵炎、輸血、etc）があり、続発して生じる = 多臓器不全の部分症
- 血管透過性が亢進して肺組織の炎症が亢進する肺水腫
- 原疾患がコントロールされないと肺障害が進行して、繊維化に至る病態である

人工呼吸が悪くする

# 肺の良し悪しに関係なく守るべきだが...

1. 一回換気量制限：6-7cc/kg予測体重
2. できるだけ低いFiO<sub>2</sub>：≤ 0.5
3. 適切なPEEP

**ARDSでは特に重要**



# 58才男性 肺炎、敗血症性ショック 呼吸器設定をどう変更するか？

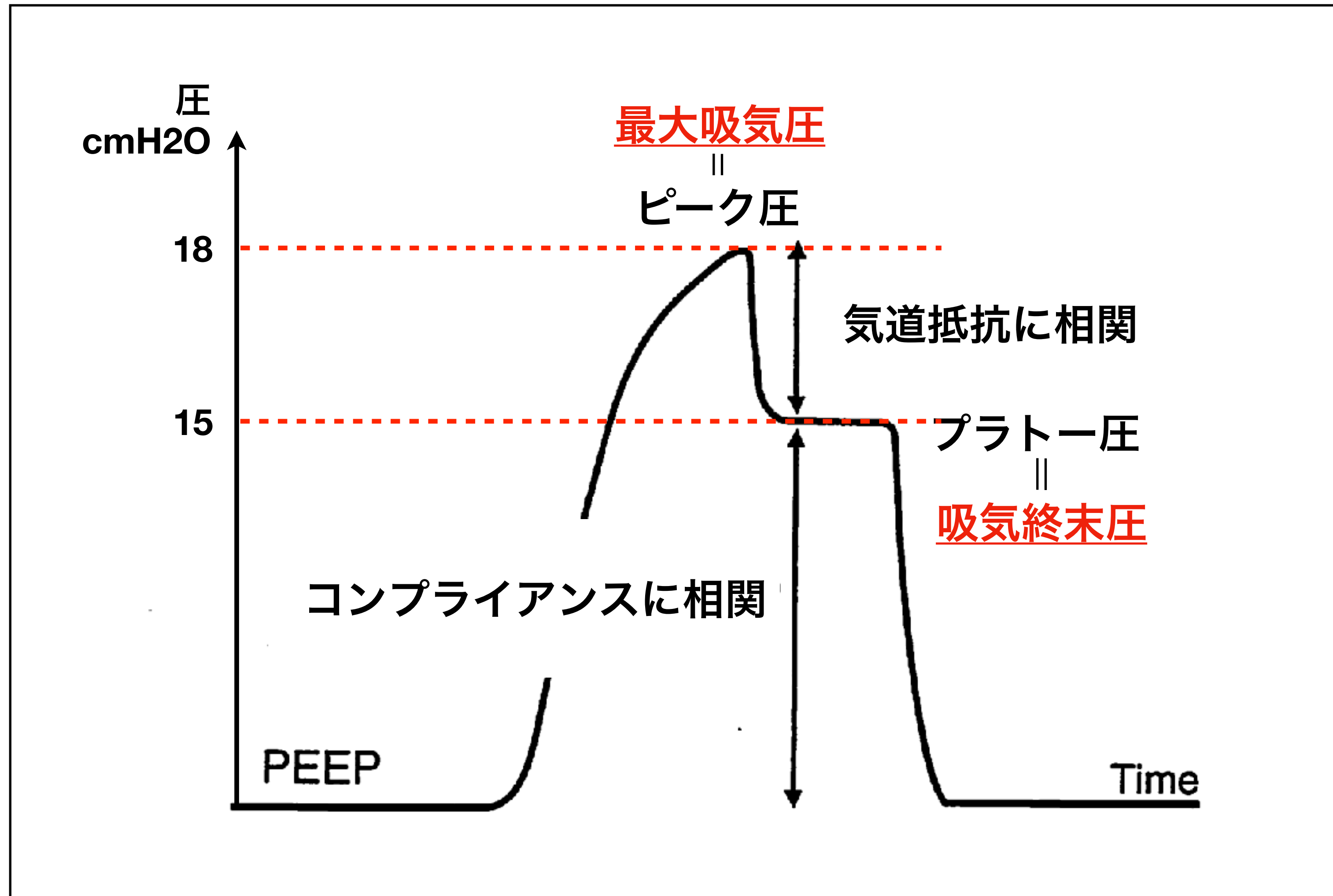
- P/F比は70、心機能障害なく、重症のARDS
- 人工呼吸器設定：A/C (VC)、FIO<sub>2</sub> 1.0、PEEP 5、TV 500cc、吸気時間 0.8秒、換気回数20回
- 実測値：呼吸回数 (RR) トータル33回、分時換気量 16.8 L、ピーク圧 41cmH<sub>2</sub>O、プラトー圧 36cmH<sub>2</sub>O
- pH 7.31、PaCO<sub>2</sub> 45mmHg、PaO<sub>2</sub> 70mmHg、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 22mmol/L、乳酸 2.4mmol/L

# 陽圧換気の抵抗勢力

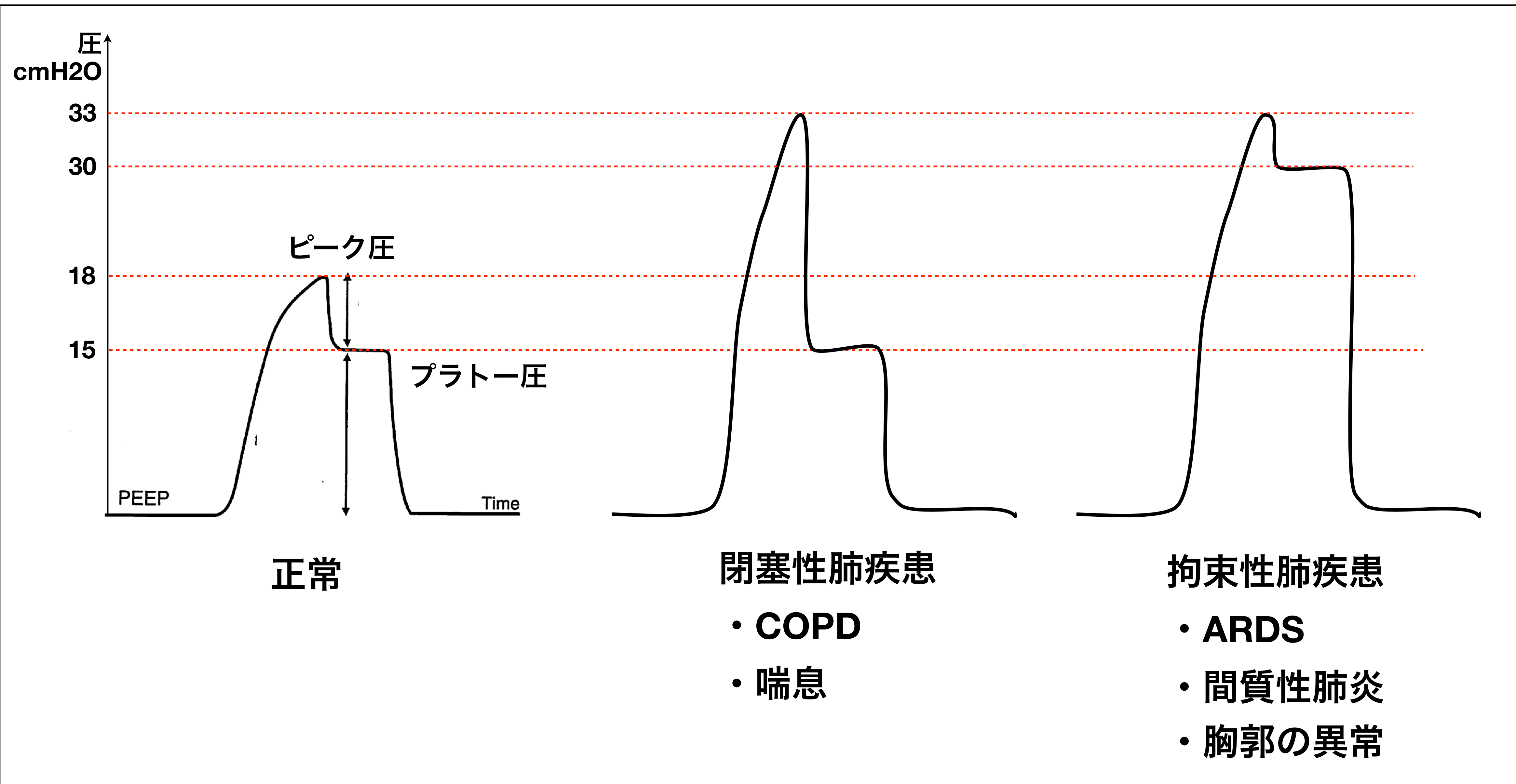


陽圧換気：ストロー (気道) つき風船 (肺胞) を膨らませます

# ピーク圧とプラトー圧



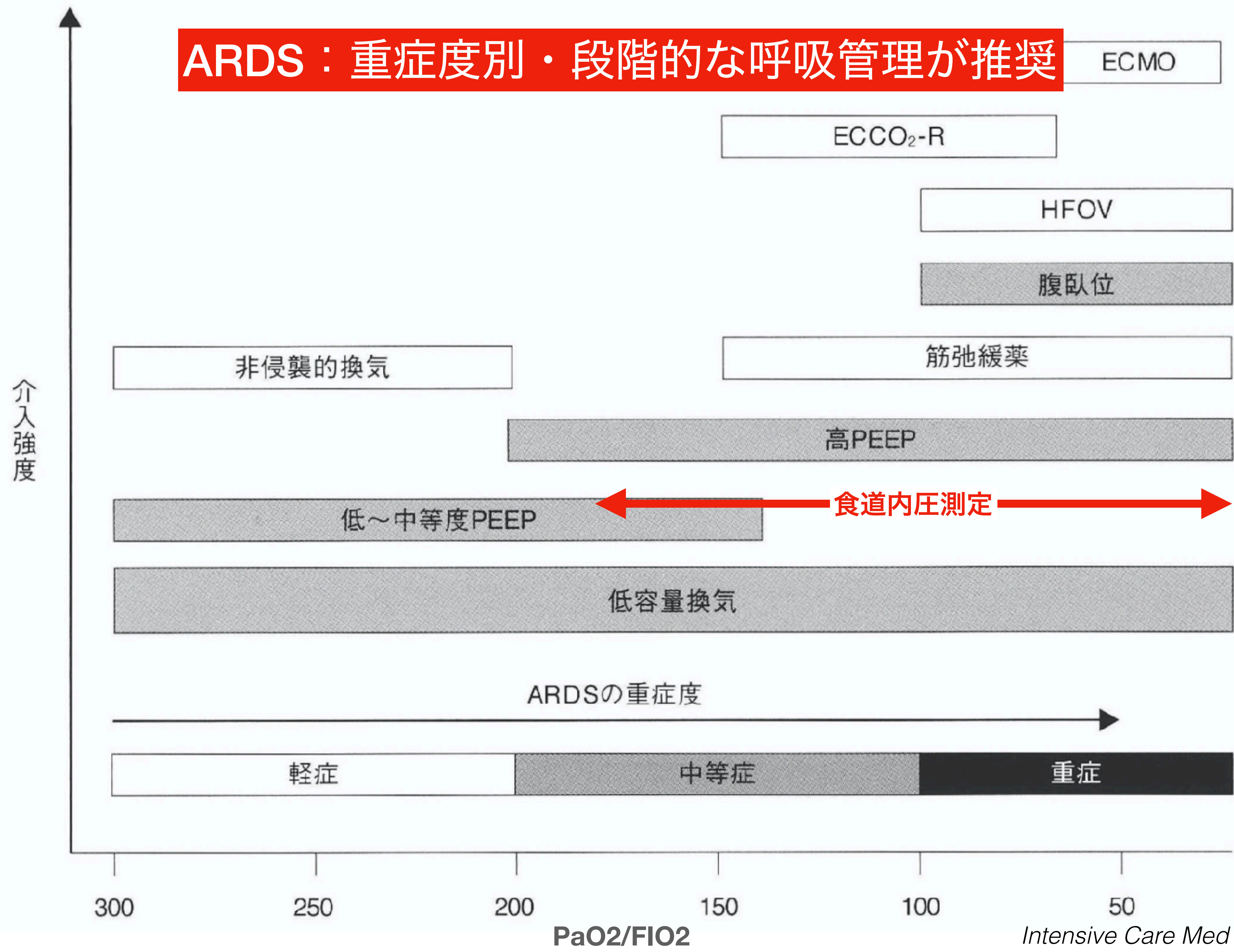
# ピークの異常とプラトーの異常



# 58才男性 肺炎、ARDS

- 目標一回換気量：360cc（予測体重60kg）
- 目標プラトー圧：30cmH<sub>2</sub>O以下
  - 500cc→360ccに数時間かけて少しずつ下げていく
- 目標PaO<sub>2</sub>：60-70mmHg、SpO<sub>2</sub>：90-92%
  - PEEPをあげ（10-15cmH<sub>2</sub>O程度まで）FiO<sub>2</sub>を下げる
- 目標PaCO<sub>2</sub>：60±5 mmHg
  - 分時換気量（現在16.8L/分）が急激に下がらないようによく観察する
  - 呼吸回数：35回/分、吸気時間：0.6-0.8秒

# ARDS：重症度別・段階的な呼吸管理が推奨



# 人工呼吸療法だけで患者は救えない

- 人工呼吸の弊害を最小限にする人工呼吸
- 原疾患のコントロール
- 最適な全身管理

肺炎が治らなければARDSの進行を止められない

全ての重症患者に共通する最適な全身管理を行わないと患者を救えない

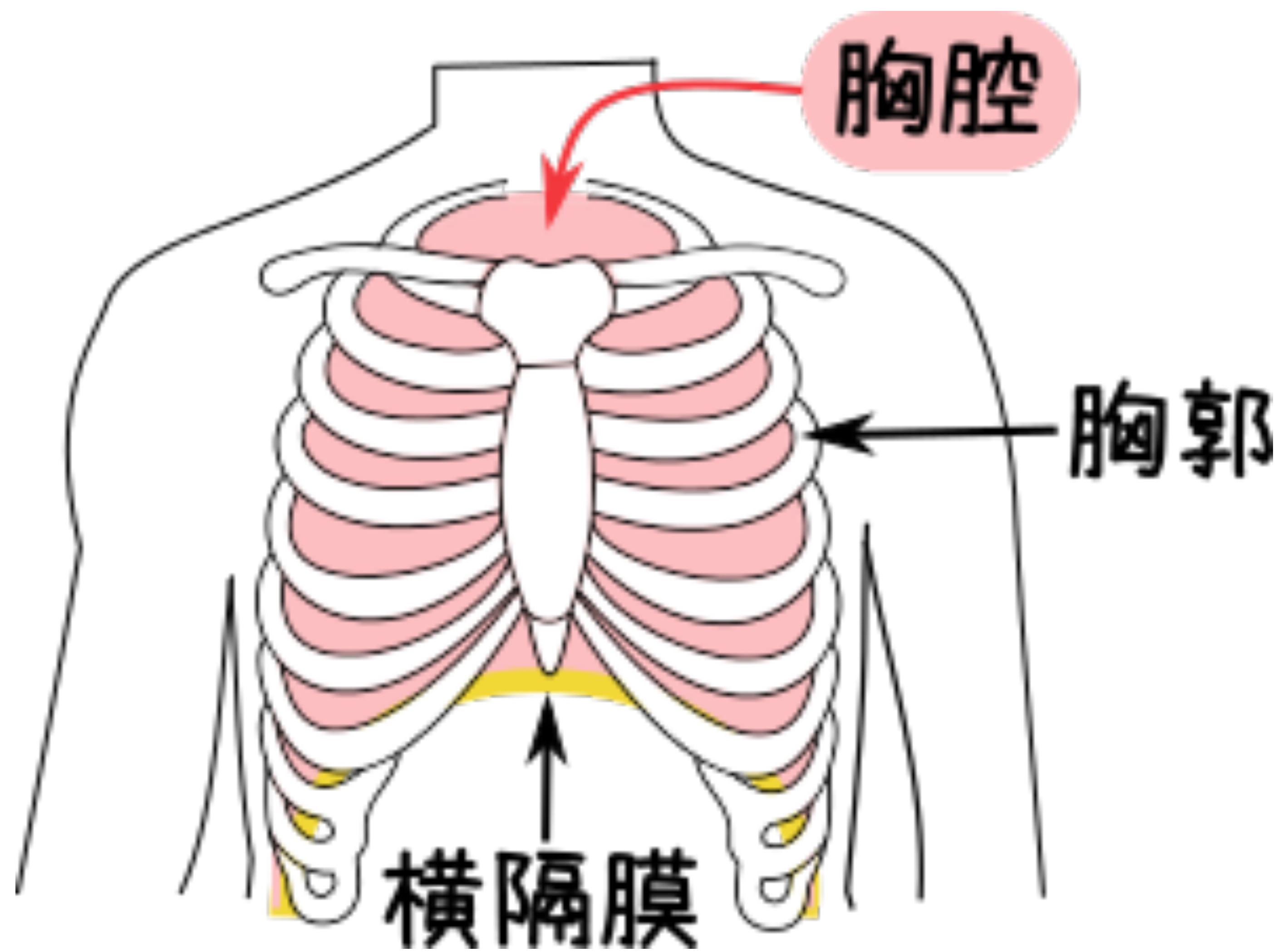
# 最適な全身管理

- 適切な鎮痛・鎮静
- 水分管理（ショックを離脱すれば輸液を絞る）
- 早期経腸栄養
- 消化管出血予防（H2ブロッカーまたはPPI）
- 血糖管理（180mg/dl以下）
- 一般的感染対策（VAP、CRBSIなどの予防と治療）
- 深部静脈血栓予防（ヘパリン、フットポンプ）
- 早期離床（人工呼吸器をつけたまま散歩）

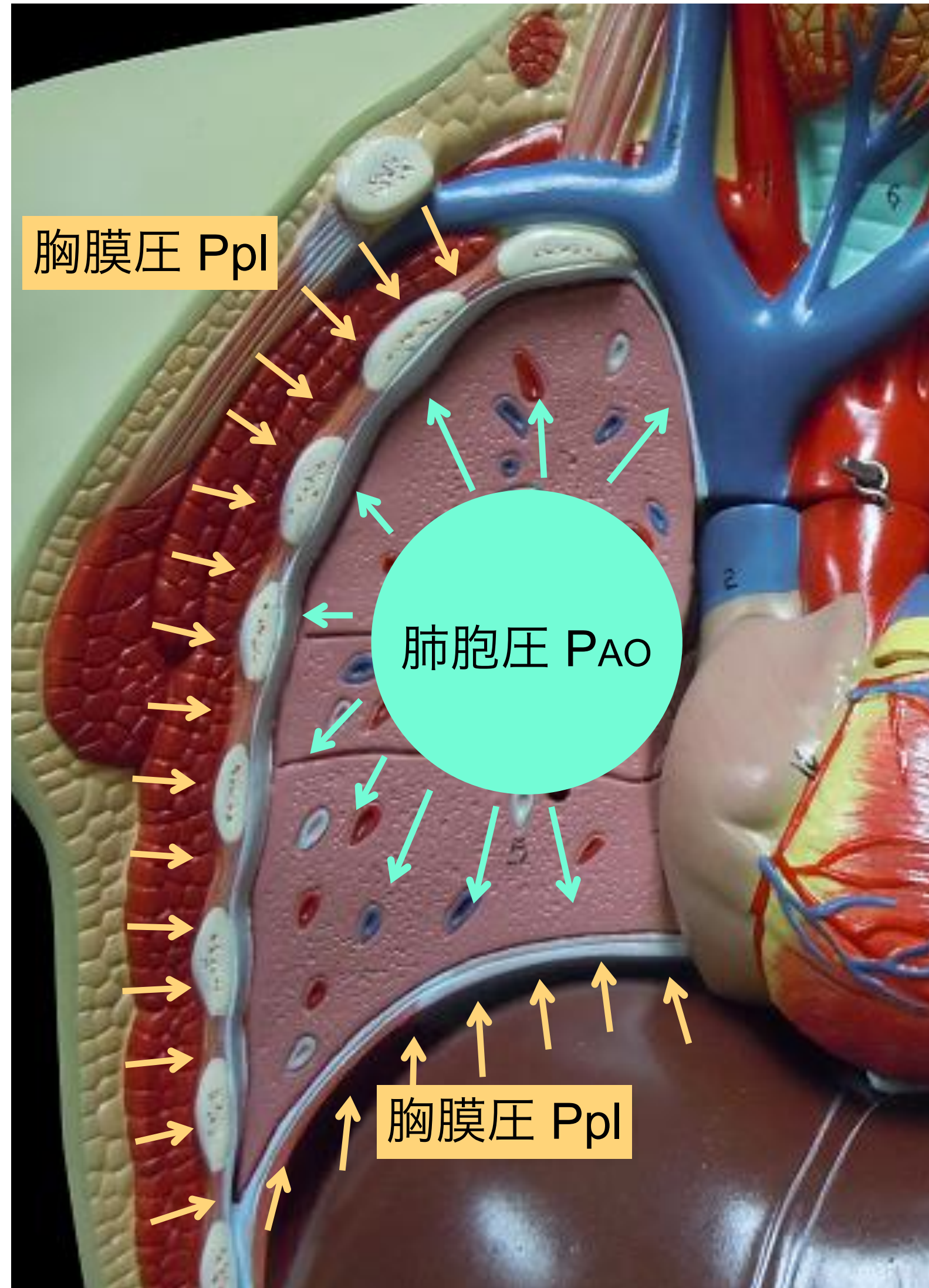


肺だけではなく胸部の問題も...

# 胸郭



# 胸腔内圧と経肺圧の関係

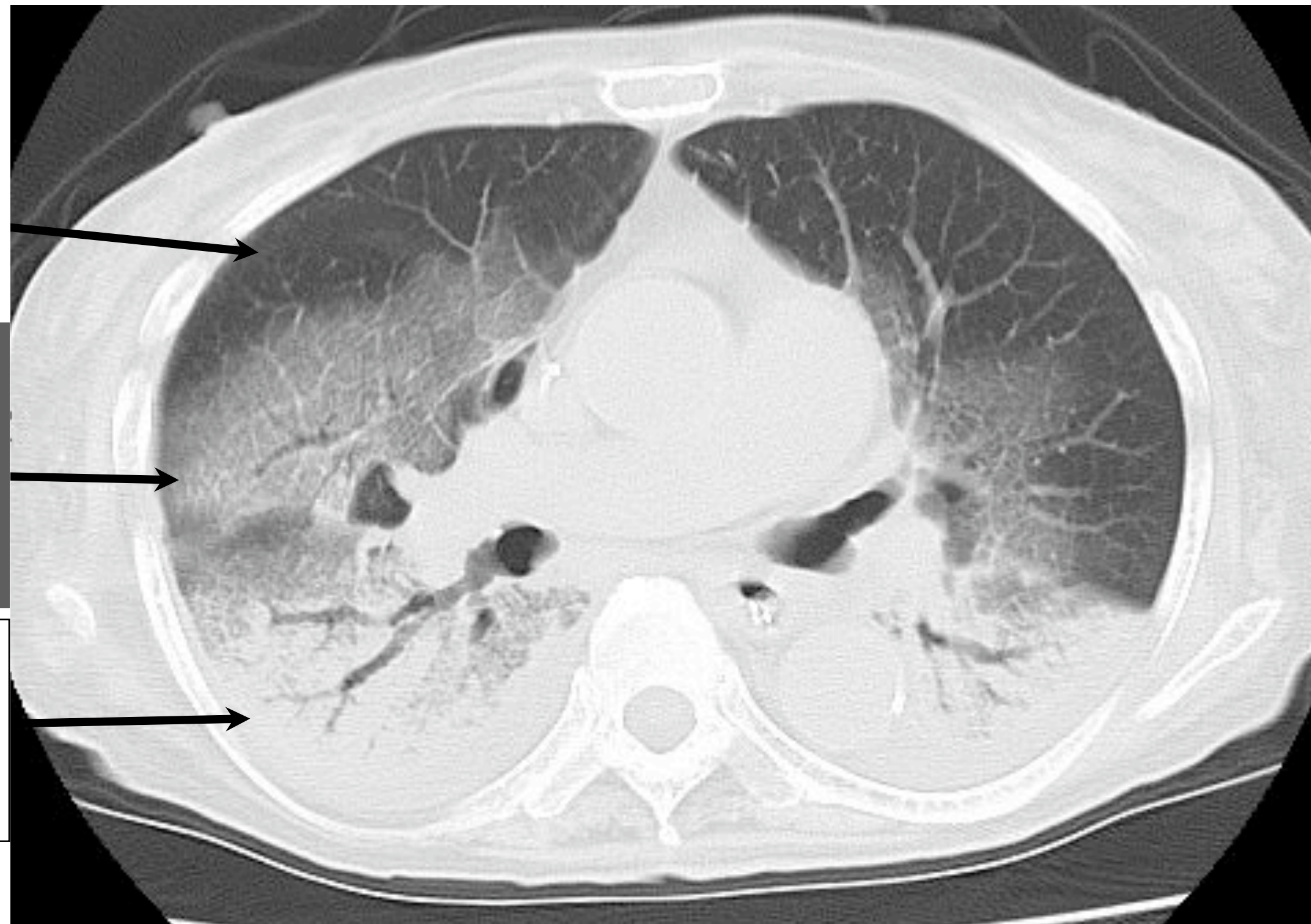


- 胸腔内圧 (Ppl) : 胸壁 (胸郭+腹部)によって押される肺外からの内向きの力
- 肺胞圧 (PAO) : 気道内圧によって生じる外向きの力
- $P_L$  (経肺圧) =  $P_{AO} - P_{pl}$ 
  - ✓ 真に肺胞を広げておく力=肺の大きさを決める力
  - ✓ トランペット奏者の気道内圧は200 cmH<sub>2</sub>Oを超えるが、胸腔内圧が高く、経肺圧が低く、肺は過膨張していない (Fiz JA, Chest 1993)。

$$P_{\text{(経肺圧)}} = P_{\text{AO}}(\text{気道内圧}) - P_{\text{pl}}(\text{胸腔内圧})$$

開放-虚脱を  
繰り返す肺胞

完全に虚脱した  
肺胞



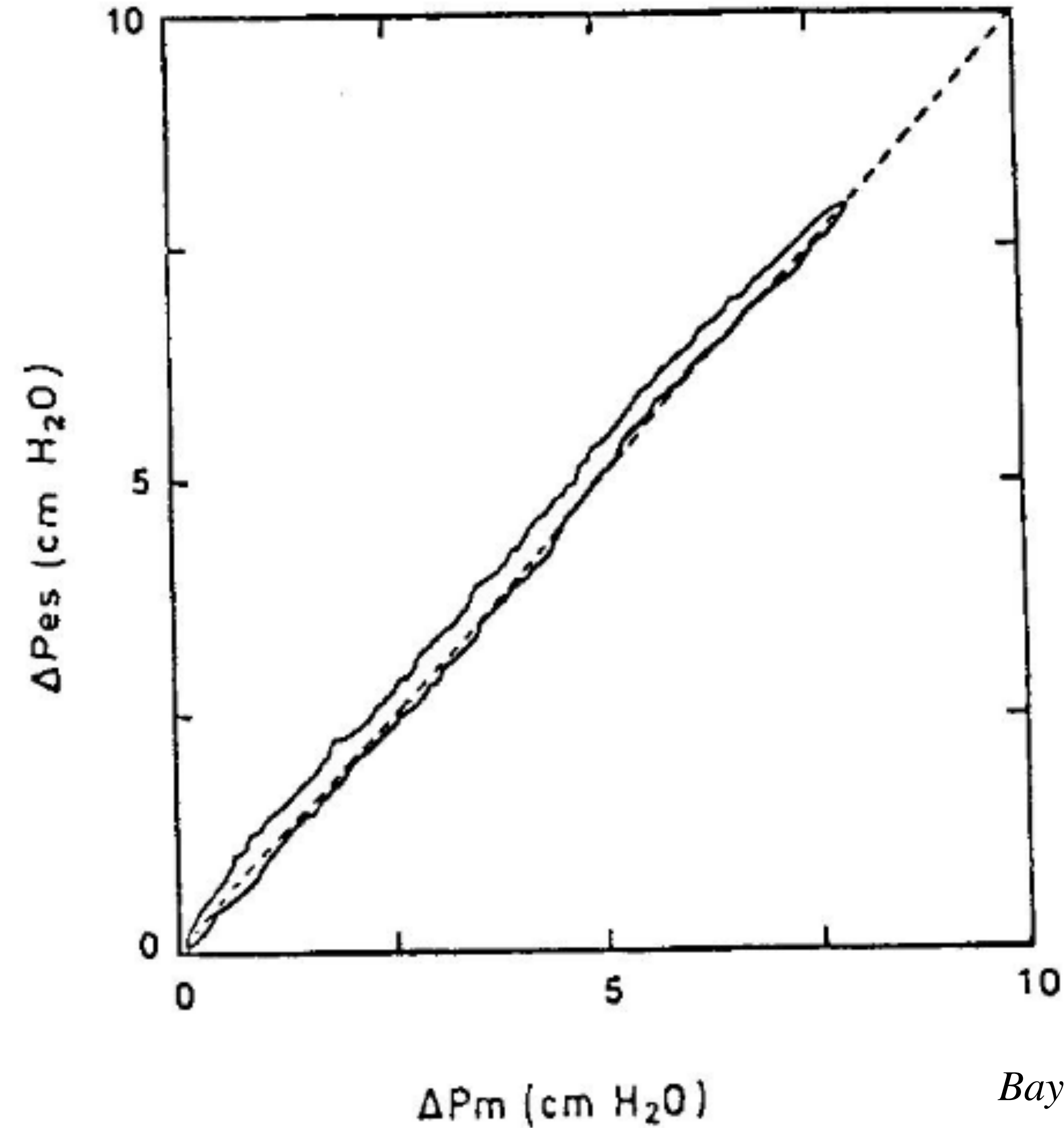
呼気終末に  
気道内圧 < 胸腔内圧

||  
経肺圧 (肺胞伸展圧) が  
ゼロ以下

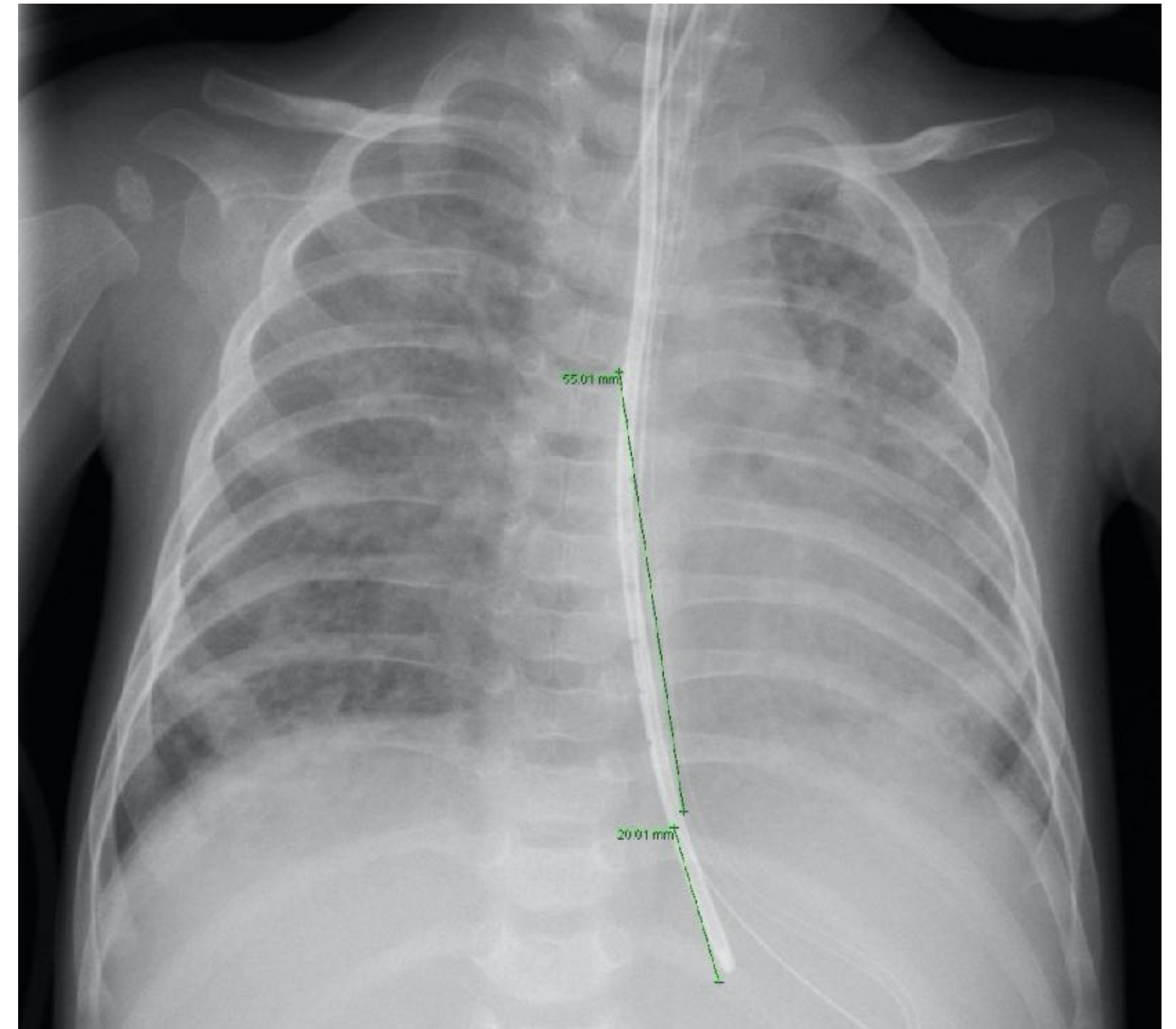
||  
肺胞虚脱

どうやって胸腔内圧をモニターするのか？

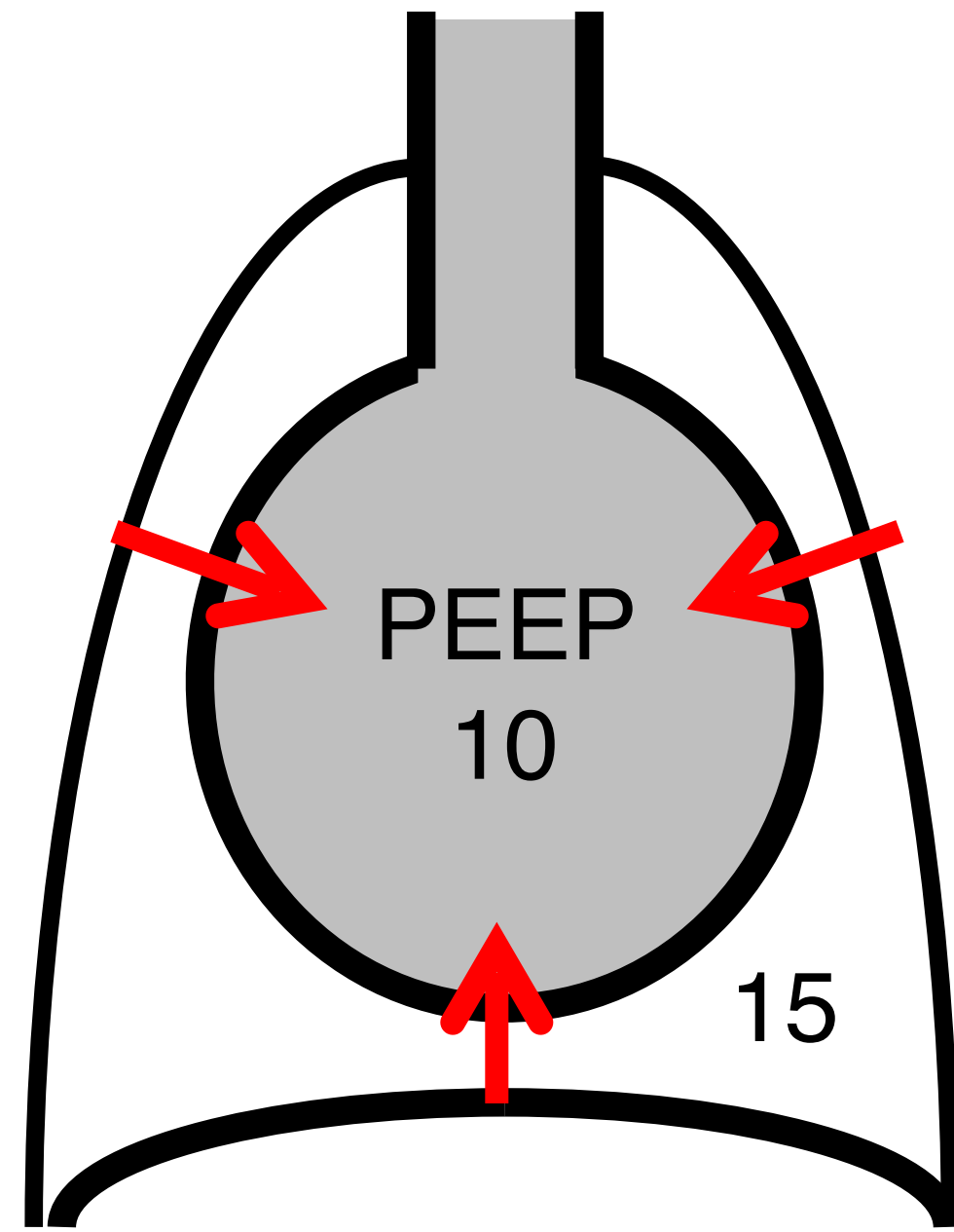
# 胸腔内圧と食道内圧の変化は等しい



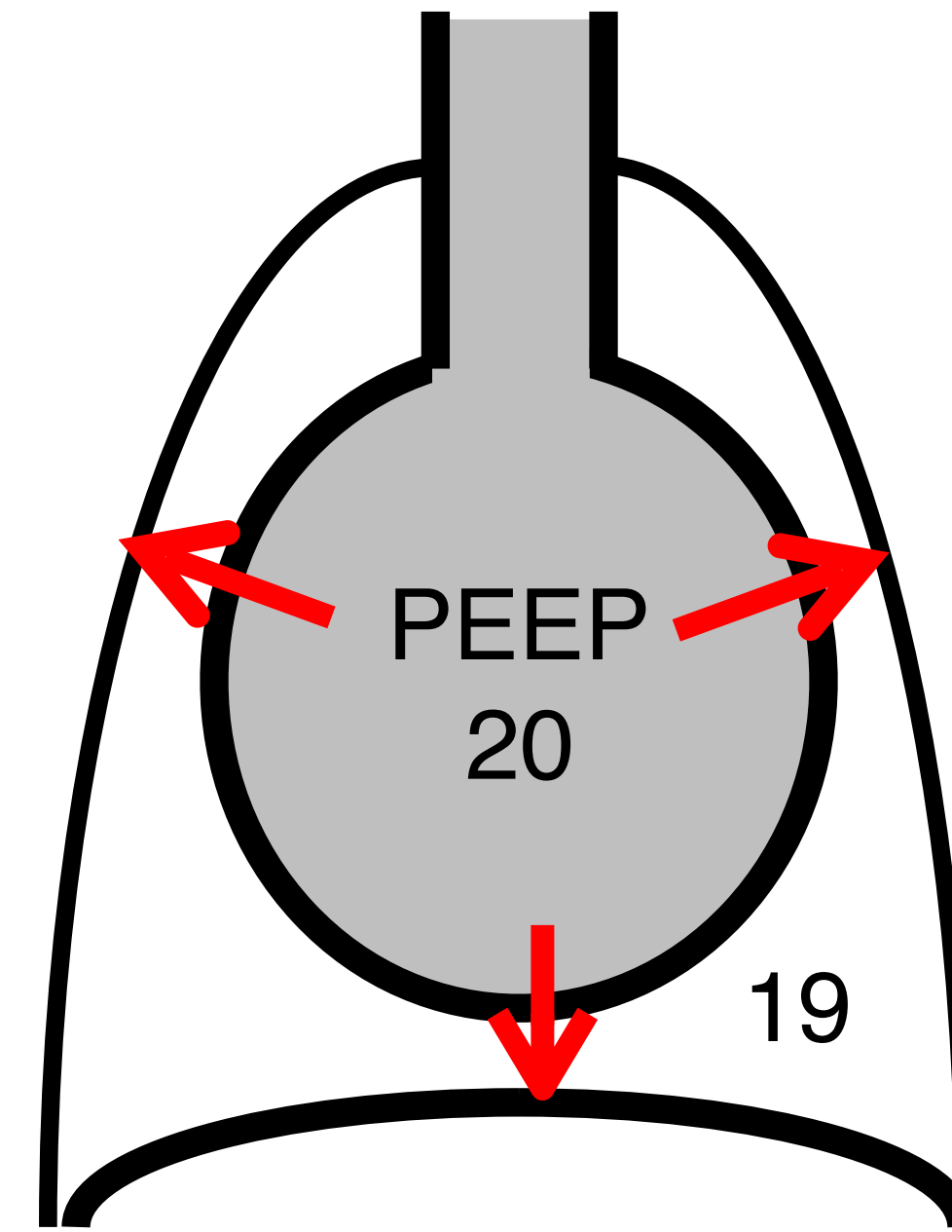
バルーンつきカテーテルを食道に挿入することで  
食道内圧を測定し、経肺圧を計算できる



# 食道内圧を測定して適切なPEEPを決定



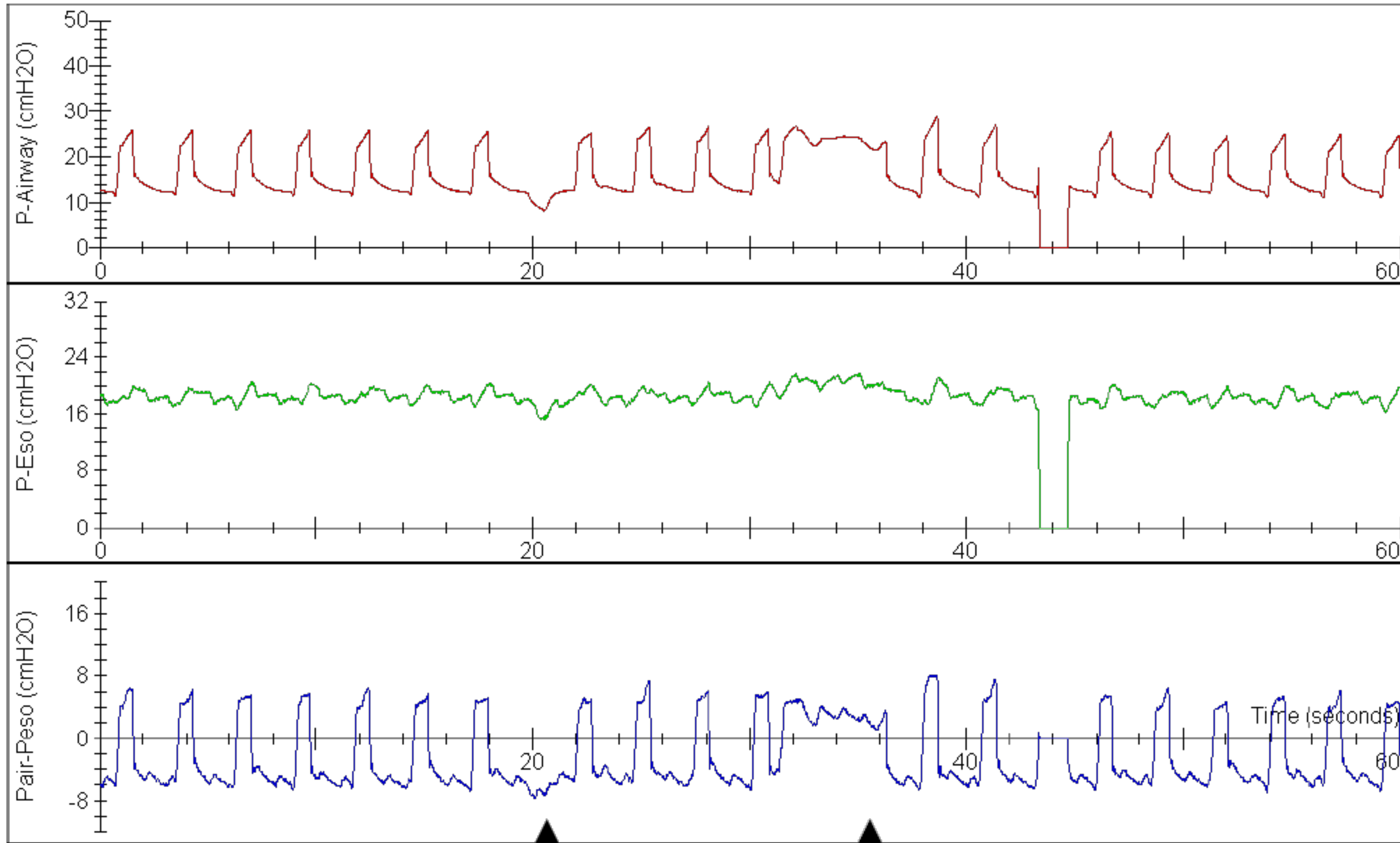
- a) 呼気経肺圧 =  $10 - 15 = -5$   
肺胞の中より外の圧が高い  
つまり肺胞は虚脱する



- b) 虚脱を防ぐためにPEEP↑  
呼気経肺圧 =  $20 - 19 = 1$   
これで肺胞虚脱を避けられる

**呼気経肺圧ゼロ以上を維持する**

# 食道内圧ガイドのPEEP設定



$V_T = 400$

$P_{PLAT} = 24$

$PEEP = 12$

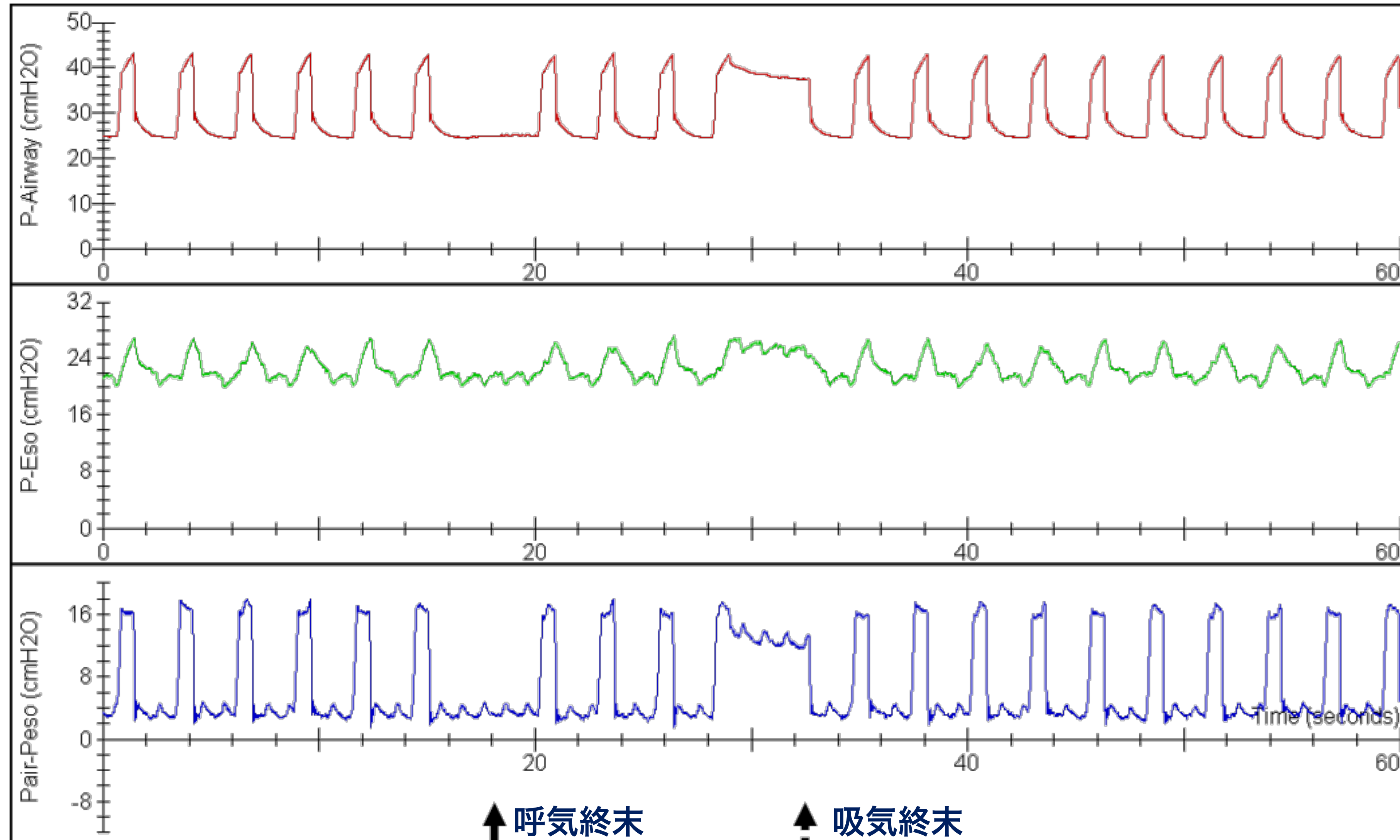
$FiO_2 = 70\%$

$PL$  吸気終末 = 4

$PL$  呼気終末 = -6



# 食道内圧ガイドのPEEP設定



$V_T = 400$

$P_{PLAT} = 36$

**PEEP = 24**

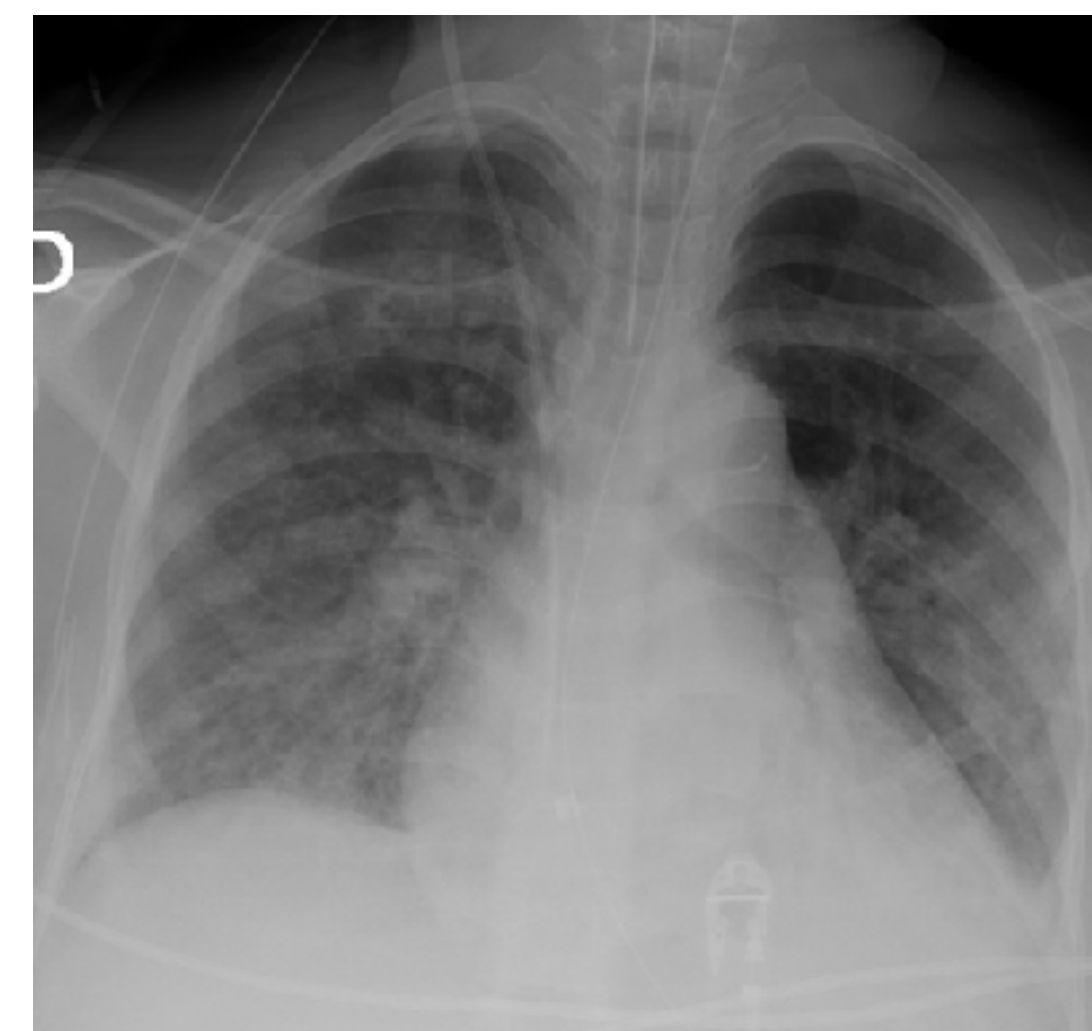
**FiO<sub>2</sub> = 40%**

**P<sub>L</sub> 吸気終末 = 12**

**P<sub>L</sub> 呼気終末 = 3**

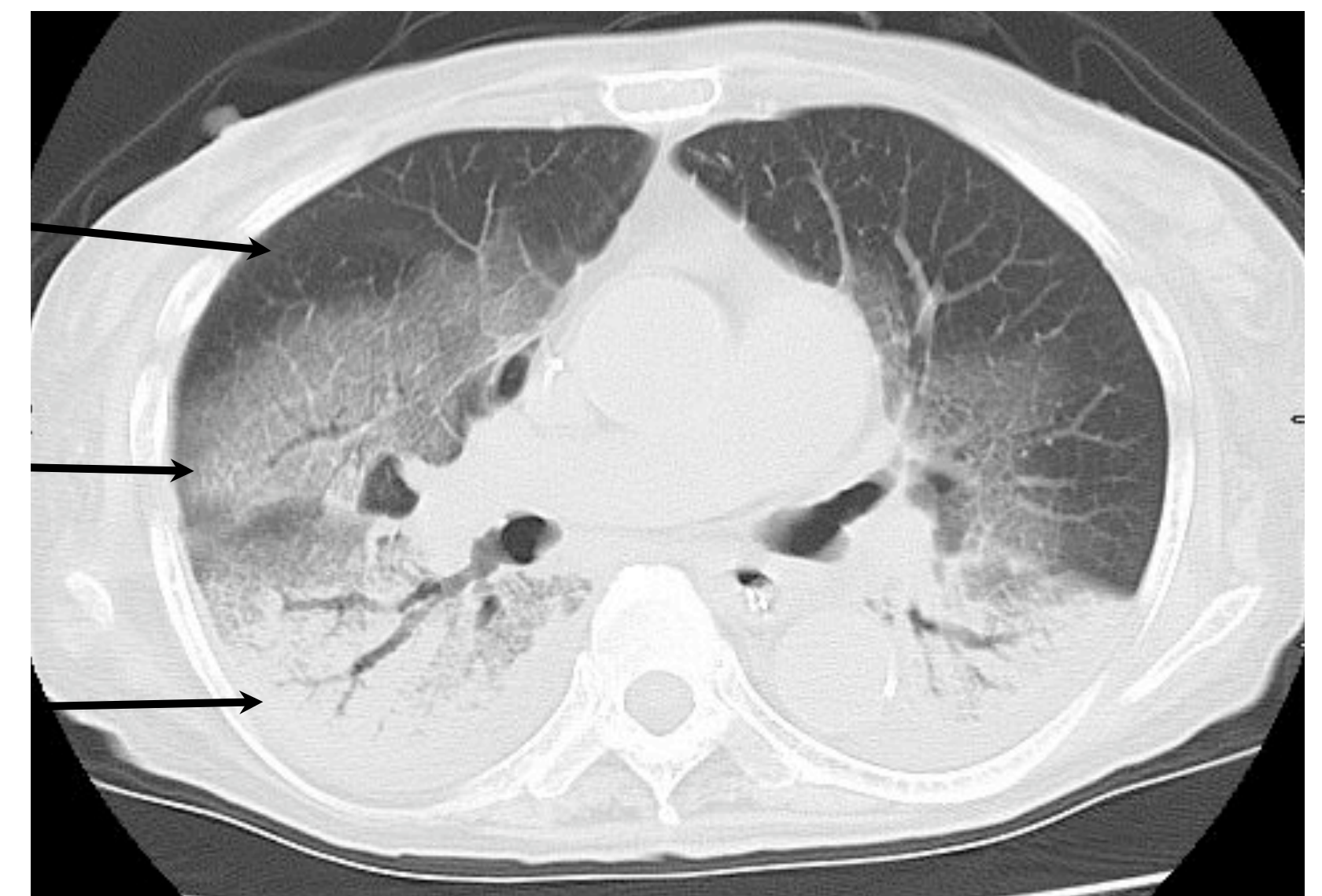
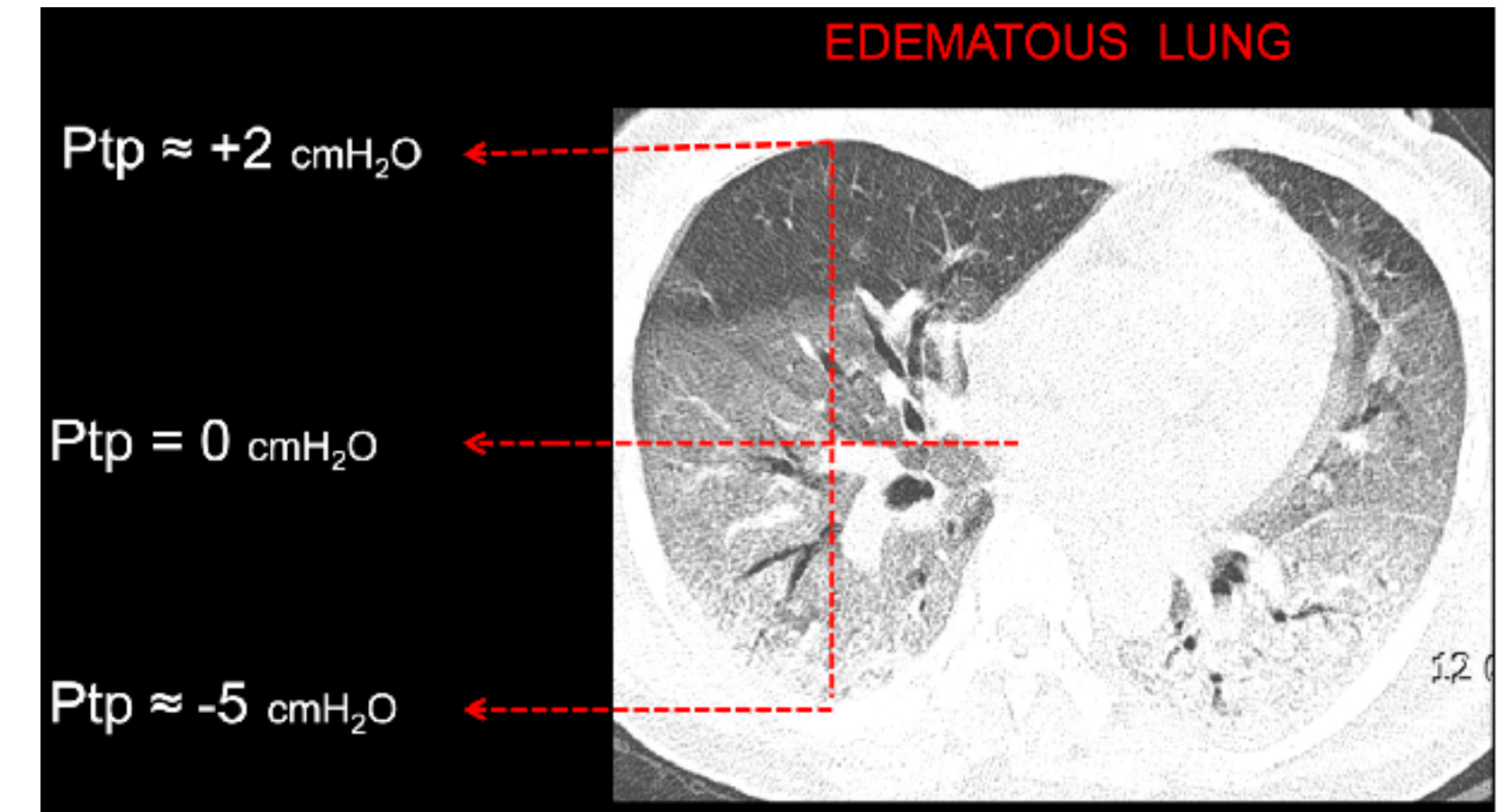
	設定変更前	設定変更後
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	12	24
FiO <sub>2</sub> (%)	70	40
V <sub>T</sub> (mL)	400	400
RR (回/分)	23	25
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	87	378
P <sub>PLAT</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	24	36
ΔP (cmH <sub>2</sub> O)	12	12
P <sub>L</sub> 吸気終末 (cmH <sub>2</sub> O)	4	12
P <sub>L</sub> 呼気終末 (cmH <sub>2</sub> O)	-6	3
ΔP <sub>L</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	10	9

## 重症 ARDS



# 食道内圧によるPEEP決定の諸問題

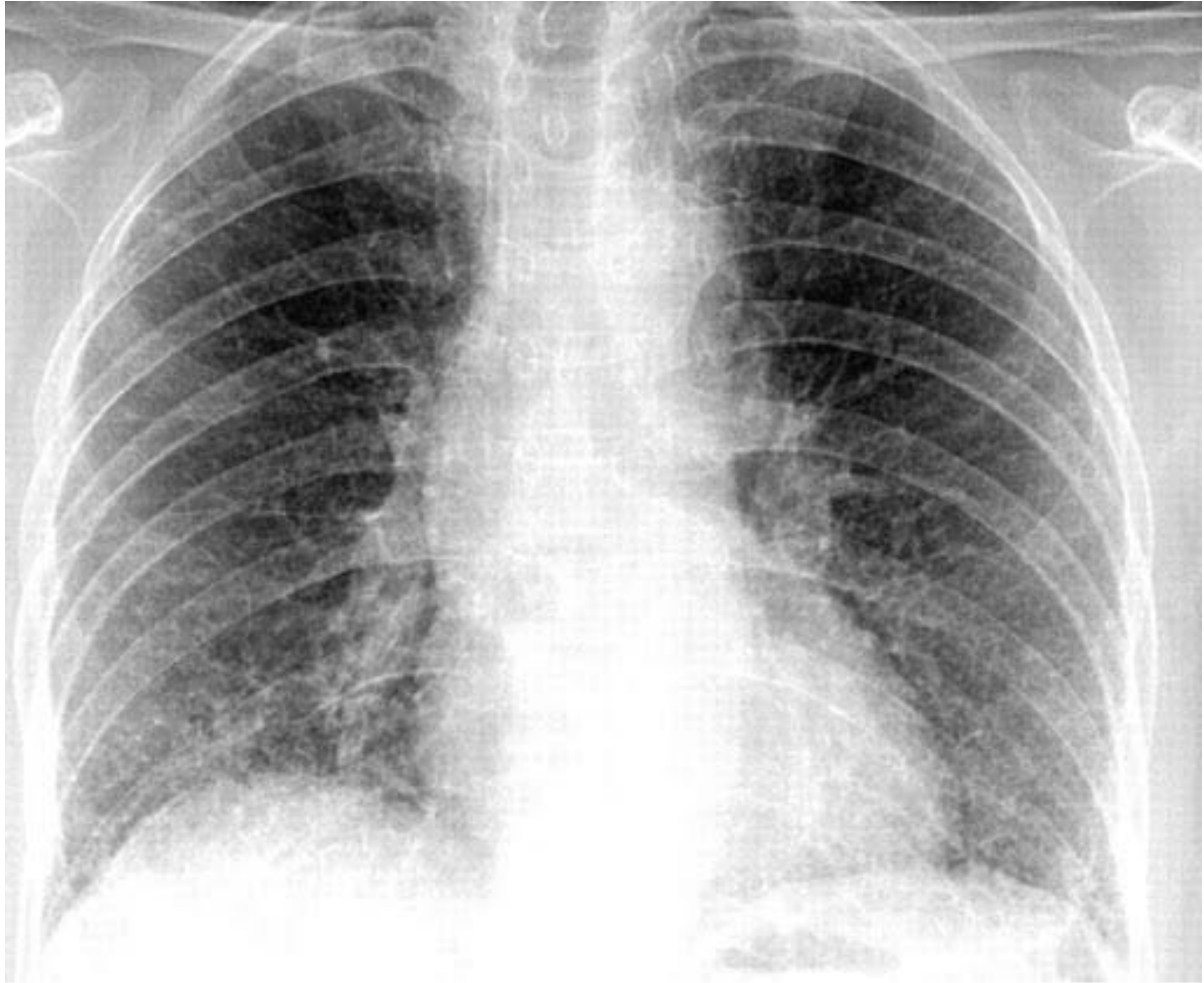
- 食道内圧の絶対値は当てにならない。
- 食道内圧は胸腔内圧の平均値を表しているだけ。局所の情報はわからない。
- 過膨張となる領域はわからない。
- 実際はその他の方法も参考にPEEPを決定
  - ➡ P/F比、CT、肺エコー、コンプライアンス、PVループ etc...

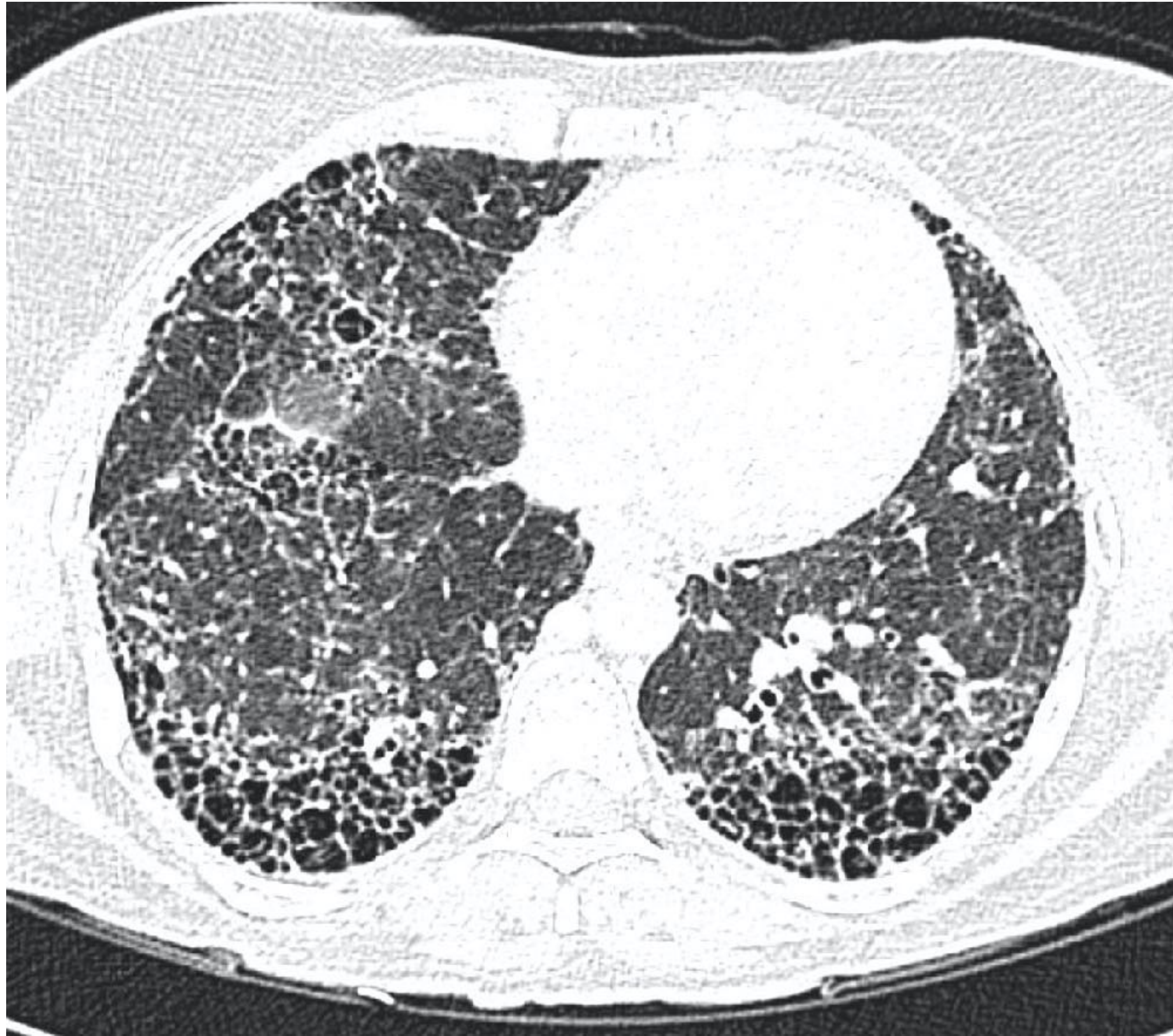


# 本日のお話

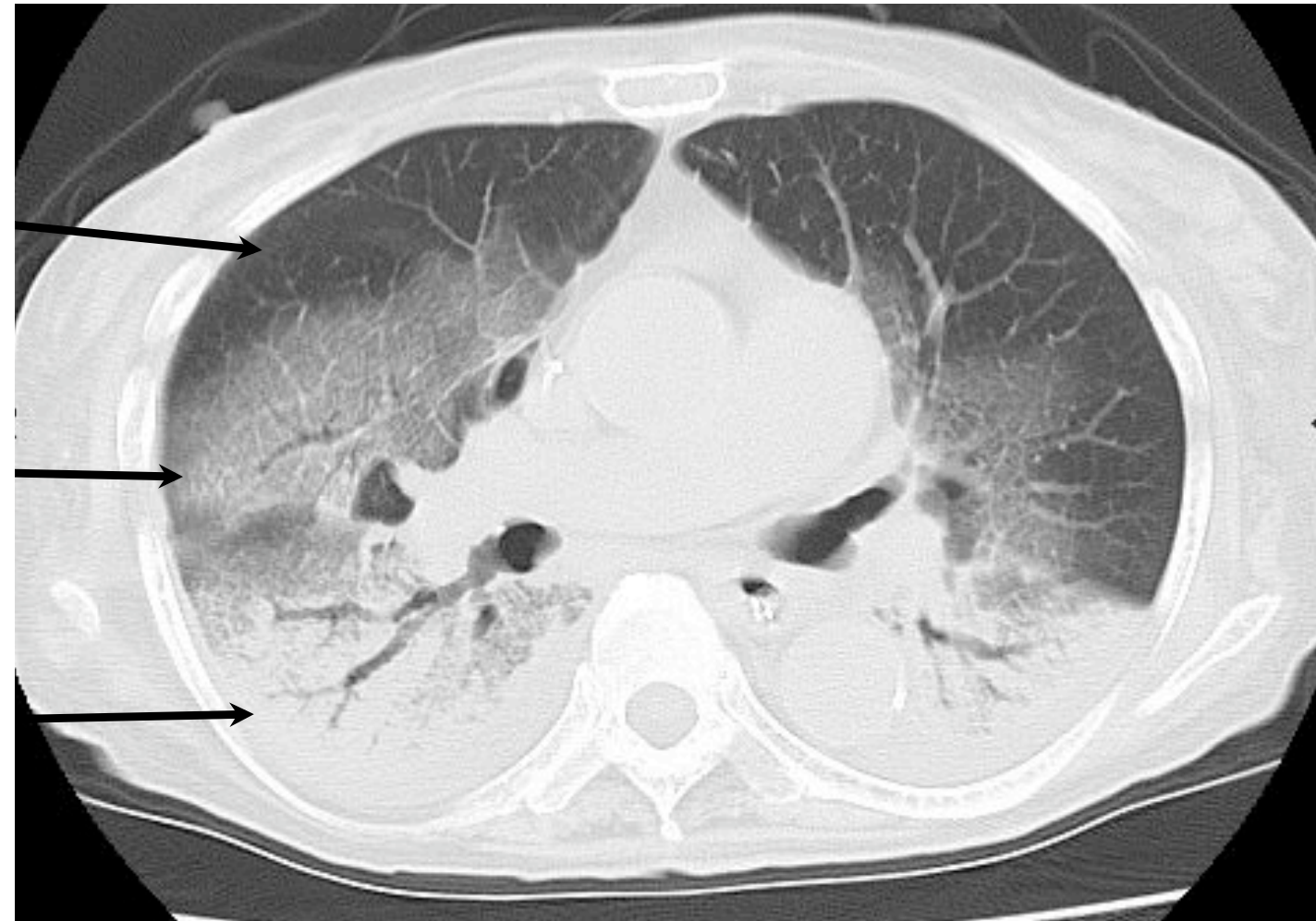
- 肺が悪くない患者の人工呼吸の要点
- 肺が悪い患者の人工呼吸の要点
- 具体例
  - ARDS
  - **間質性肺炎**
  - 肺炎
  - COPD

**典型的には間質性肺炎の急性増悪**

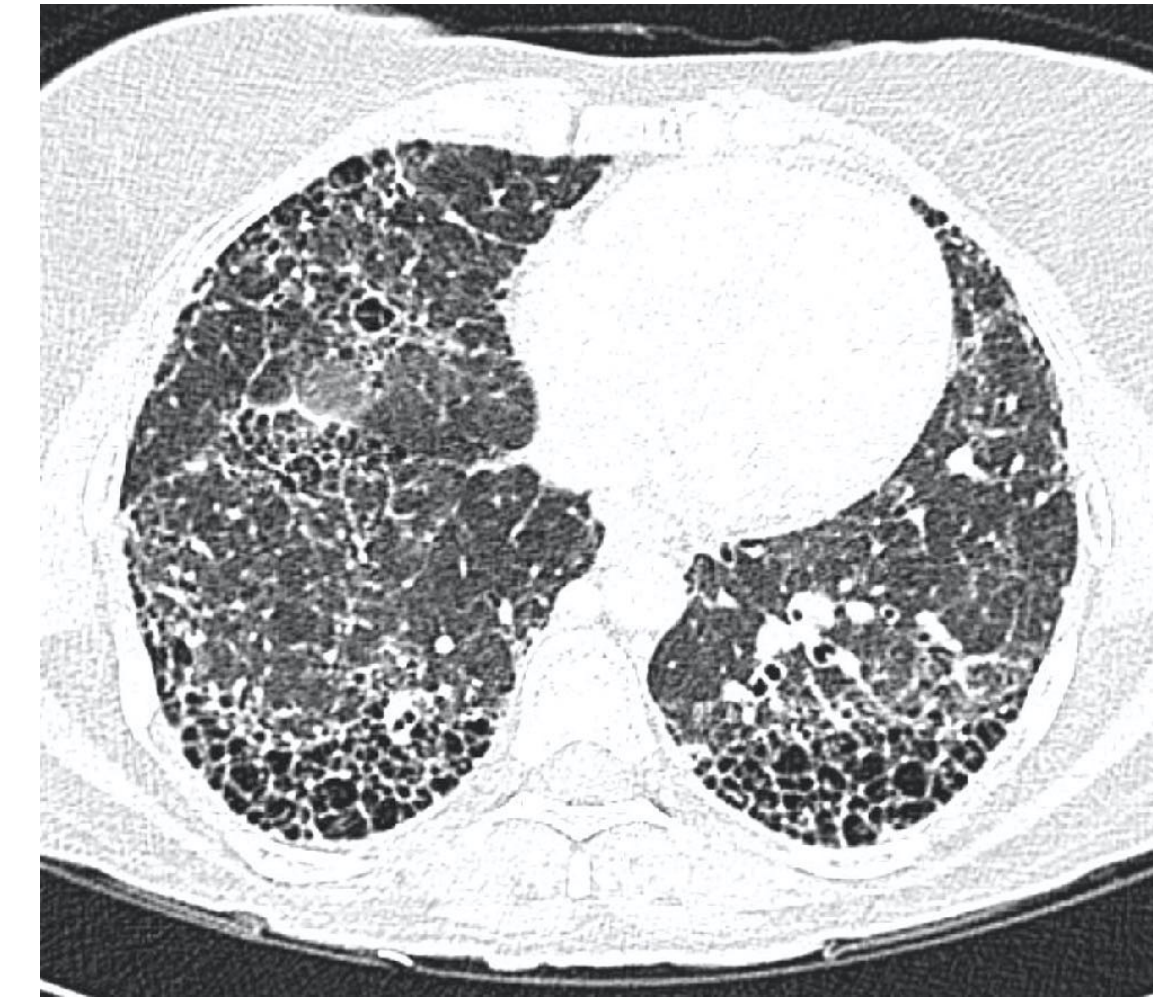




# ARDS



# 間質性肺炎

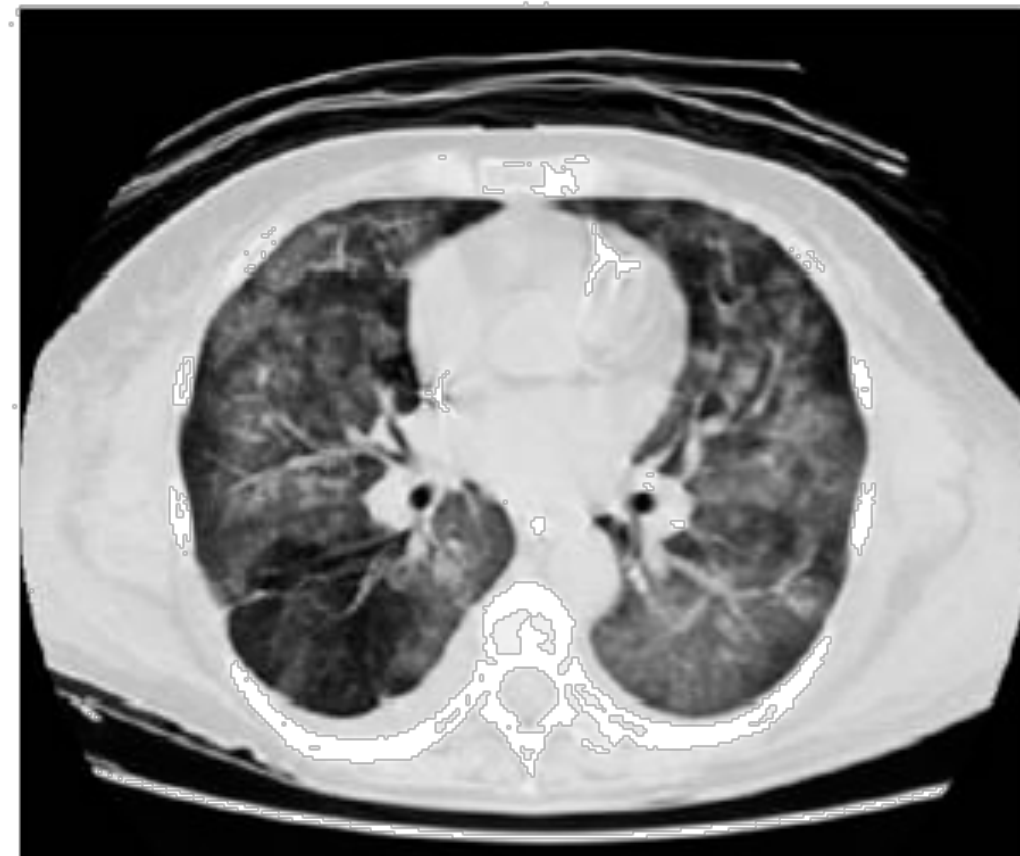
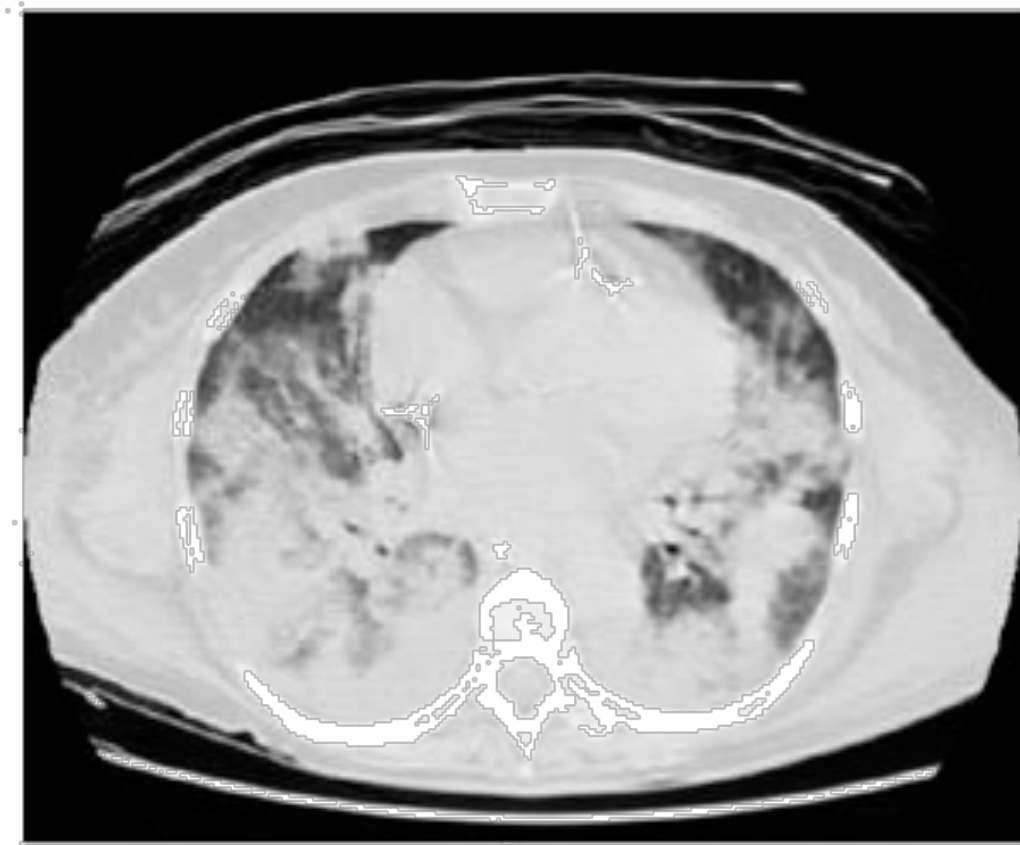


	ARDS	間質性肺炎
発症形式	続発性	一次性
病像	肺水腫	繊維化
病変の不均一性	強い	弱い
リクルート可能性	高い	低い

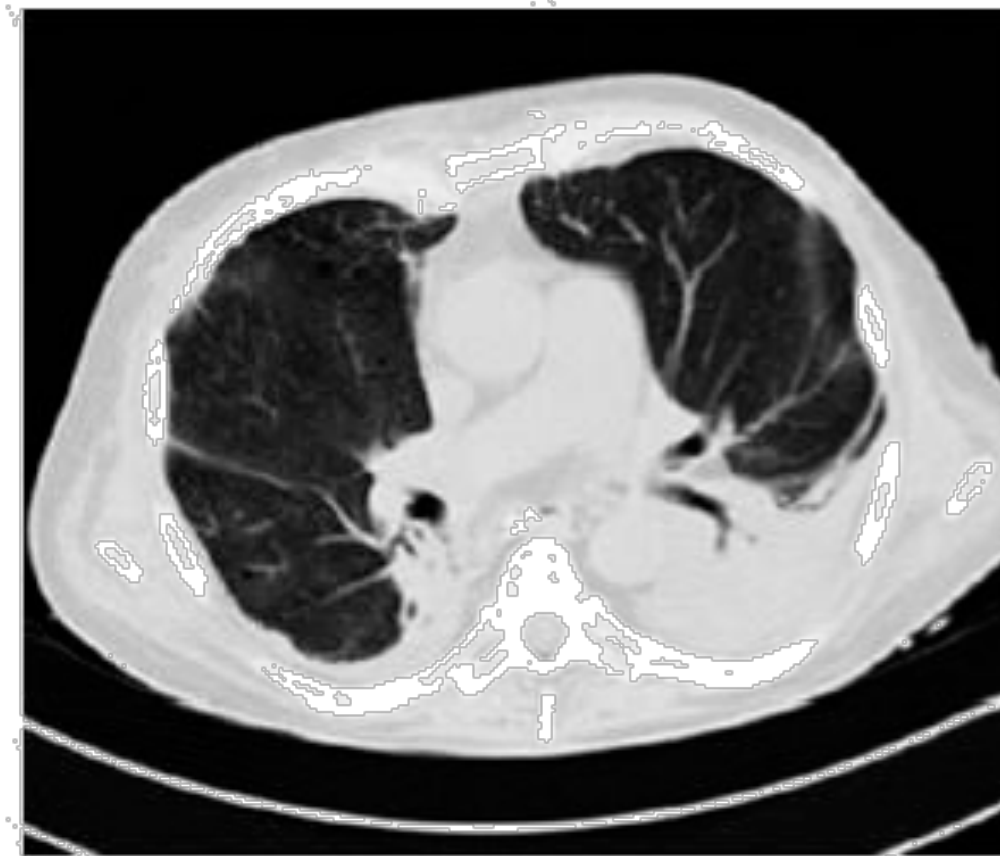
リクルート ≡ 虚脱した肺胞を広げて換気可能にすること

# リクルート可能か

High recruitability



Low recruitability

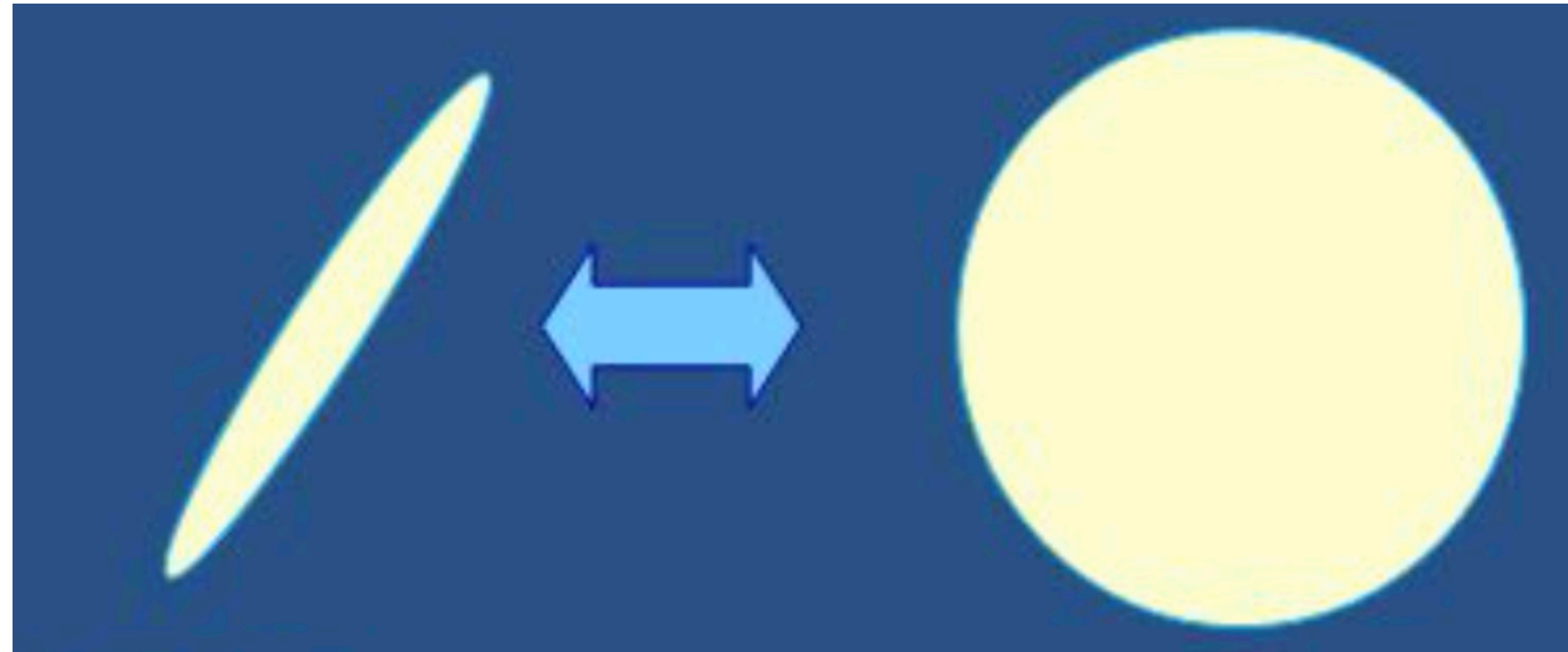


5 cm H<sub>2</sub>O

45 cm H<sub>2</sub>O

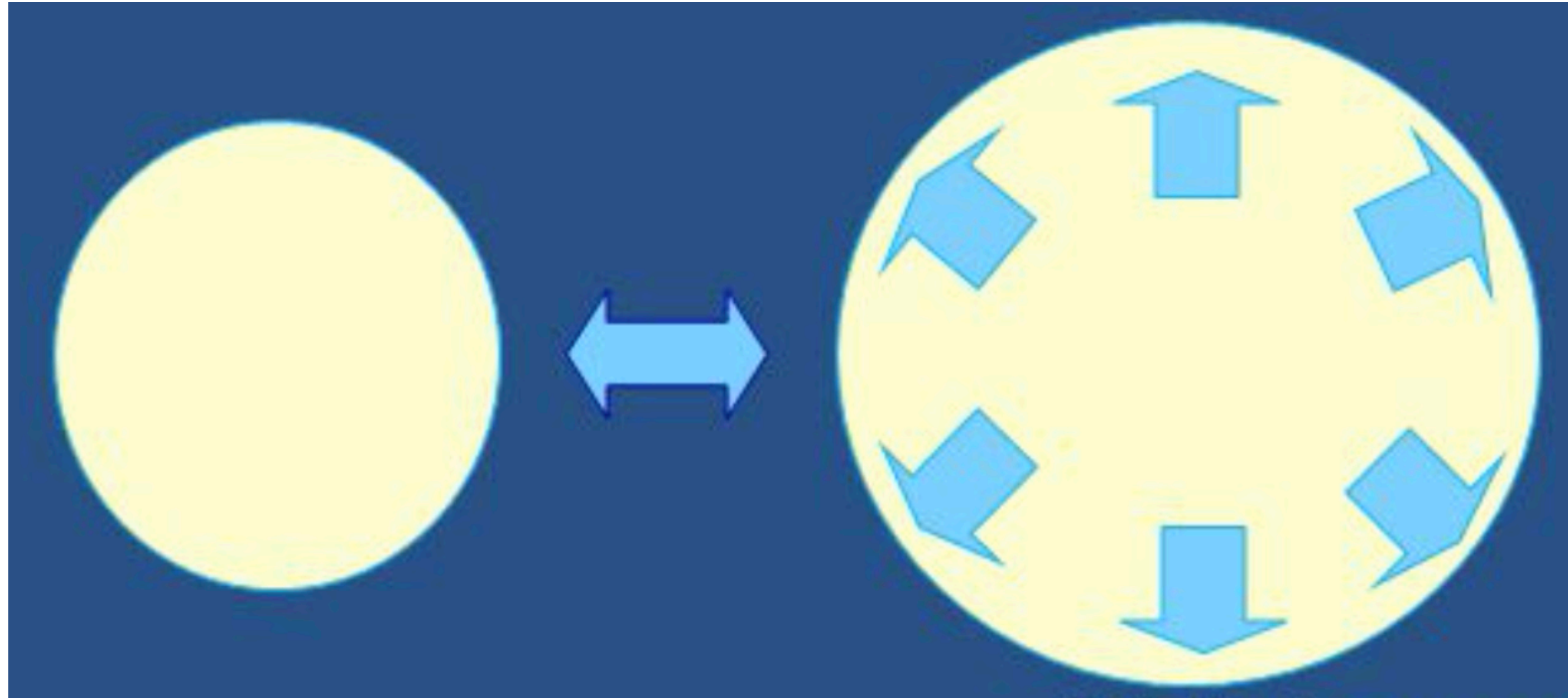


# Atelectrauma : 無気肺損傷



しぼんだり広がったりすることによる肺胞の引き裂きによる炎症

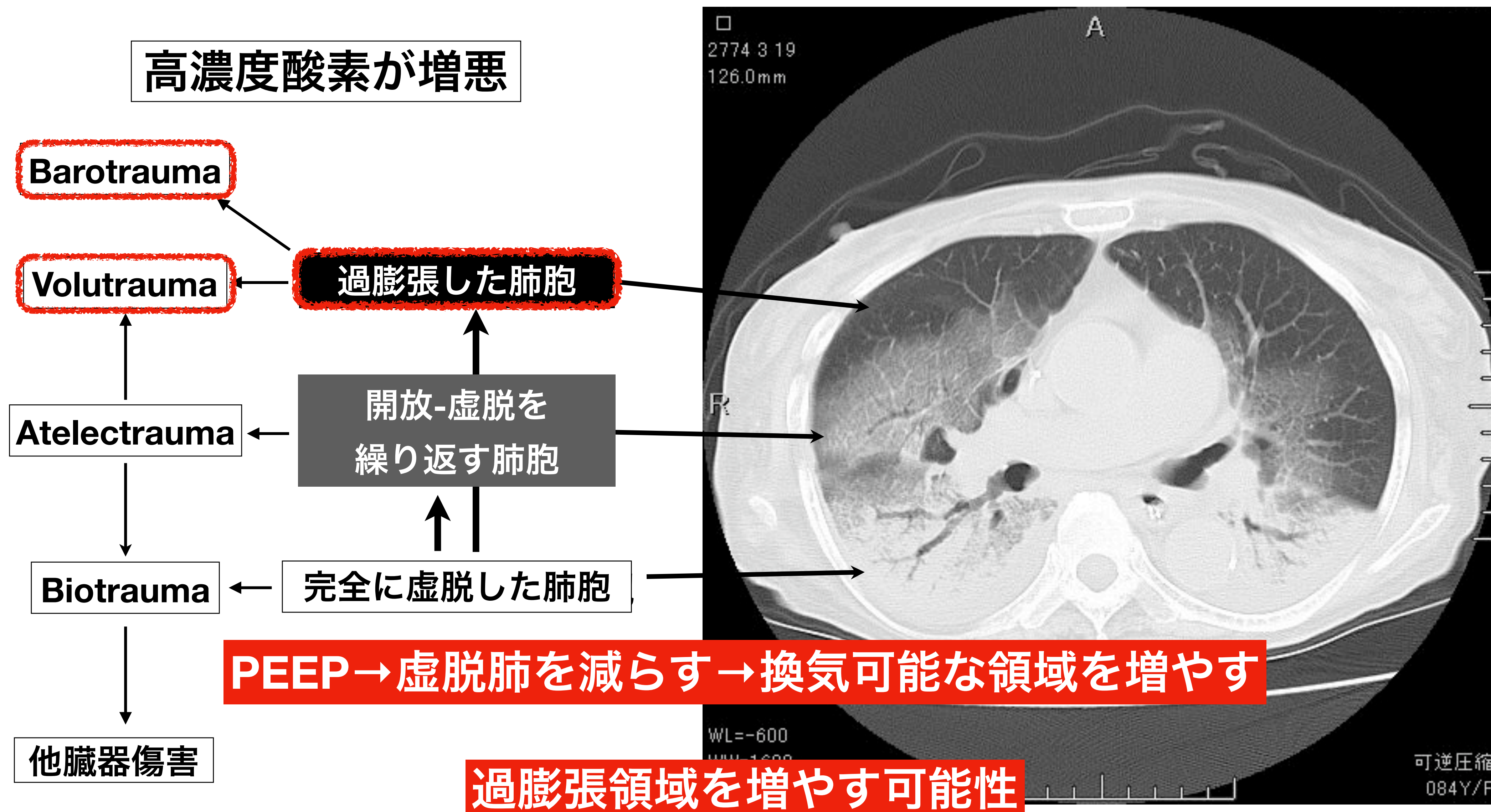
# Volutrauma : 容量損傷



肺胞の過伸展による炎症

# 人工呼吸器誘発性肺傷害

## Ventilator Induced Lung Injury: VILI



# 具体的な肺保護換気

1. 一回換気量制限：6-7cc/kg予測体重
2. できるだけ低いFiO<sub>2</sub>：≤ 0.5
3. 適切なPEEP

**適切なPEEPはどのように設定？**

# 間質性肺炎の換気戦略

- まずリクルート可能性をチェック（P/F比、CT、肺エコー、コンプライアンス、PVループ etc...）

➡方法：リクルートメント手技、お試し高PEEP

- PEEPの効果なければ

➡5 - 10cmH<sub>2</sub>Oに

# 目標：弊害が生じない範囲の酸素化・換気

- 肺に問題がある患者共通
  - ✓ PaO<sub>2</sub> 60-70mmHg、SpO<sub>2</sub> 90-92%
- 肺に問題がある患者共通
  - ✓ PaCO<sub>2</sub> 60±5 mmHg

# 人工呼吸療法だけで患者は救えない

- 人工呼吸の弊害を最小限にする人工呼吸
- 原疾患のコントロール
- 最適な全身管理

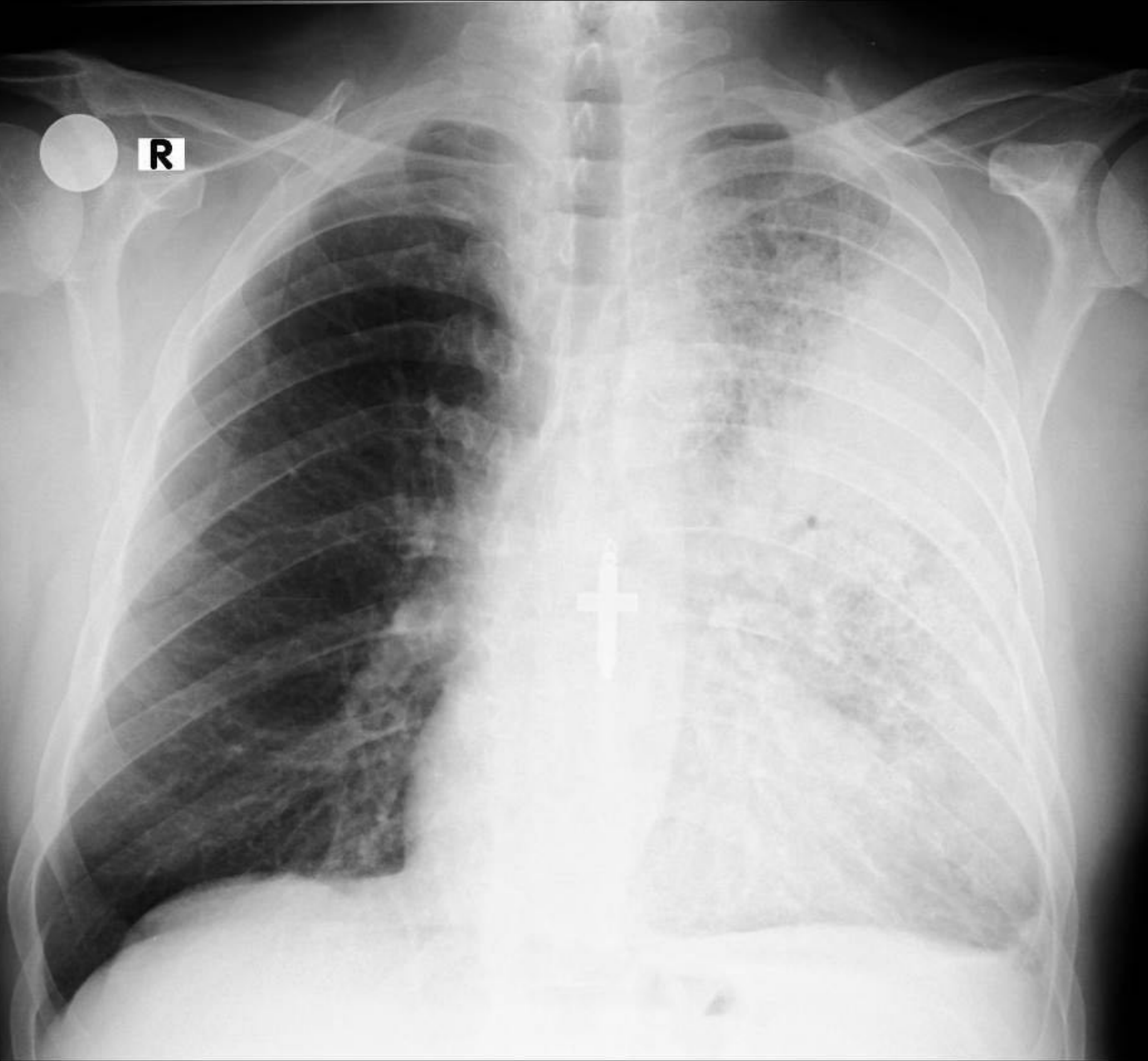
急性増悪の原因に対する適切な治療

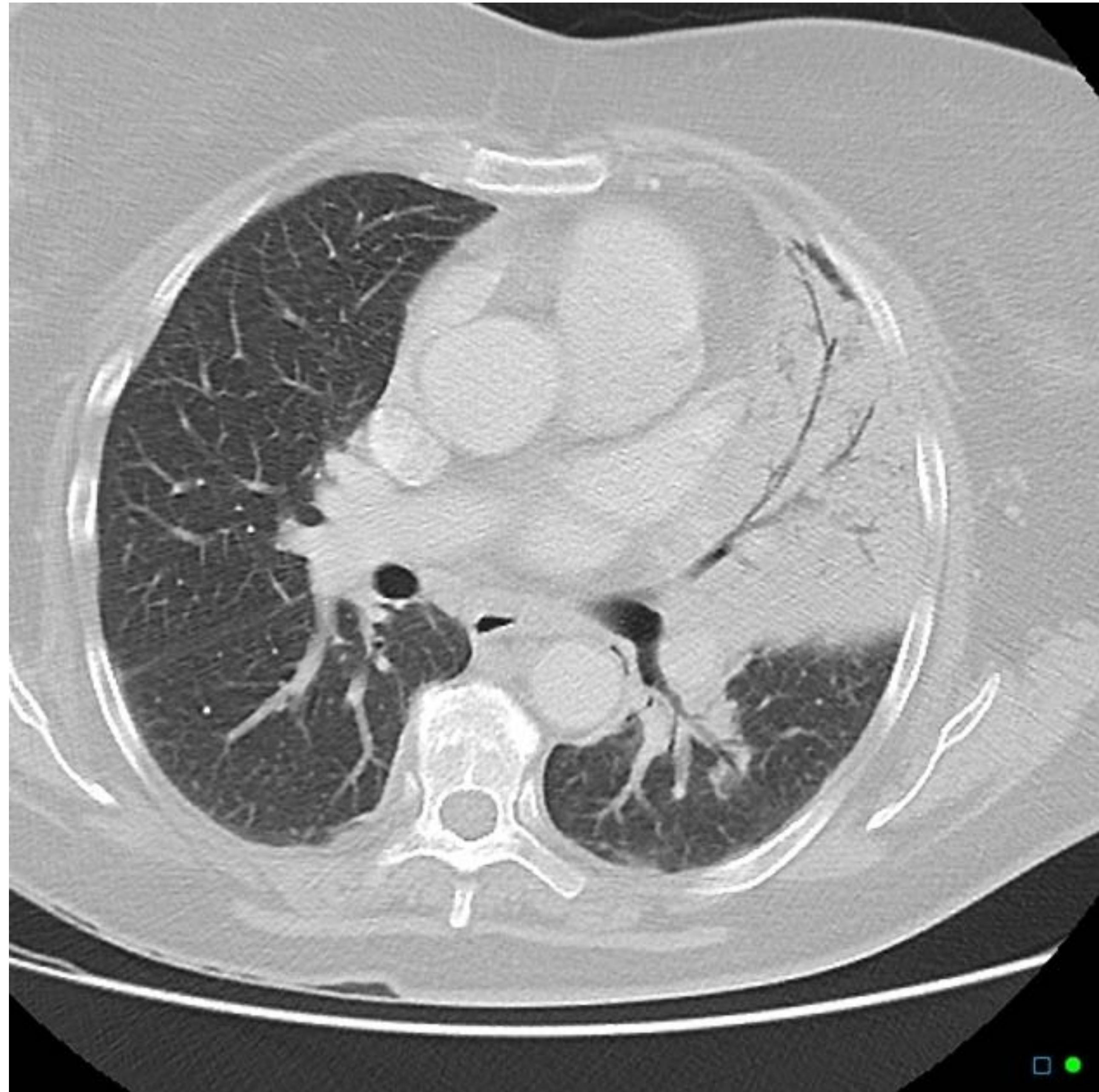
全ての重症患者に共通する最適な全身管理を行わないと患者を救えない

# 本日のお話

- 肺が悪くない患者の人工呼吸の要点
- 肺が悪い患者の人工呼吸の要点
- 具体例
  - ARDS
  - 間質性肺炎
  - **肺炎**
  - COPD







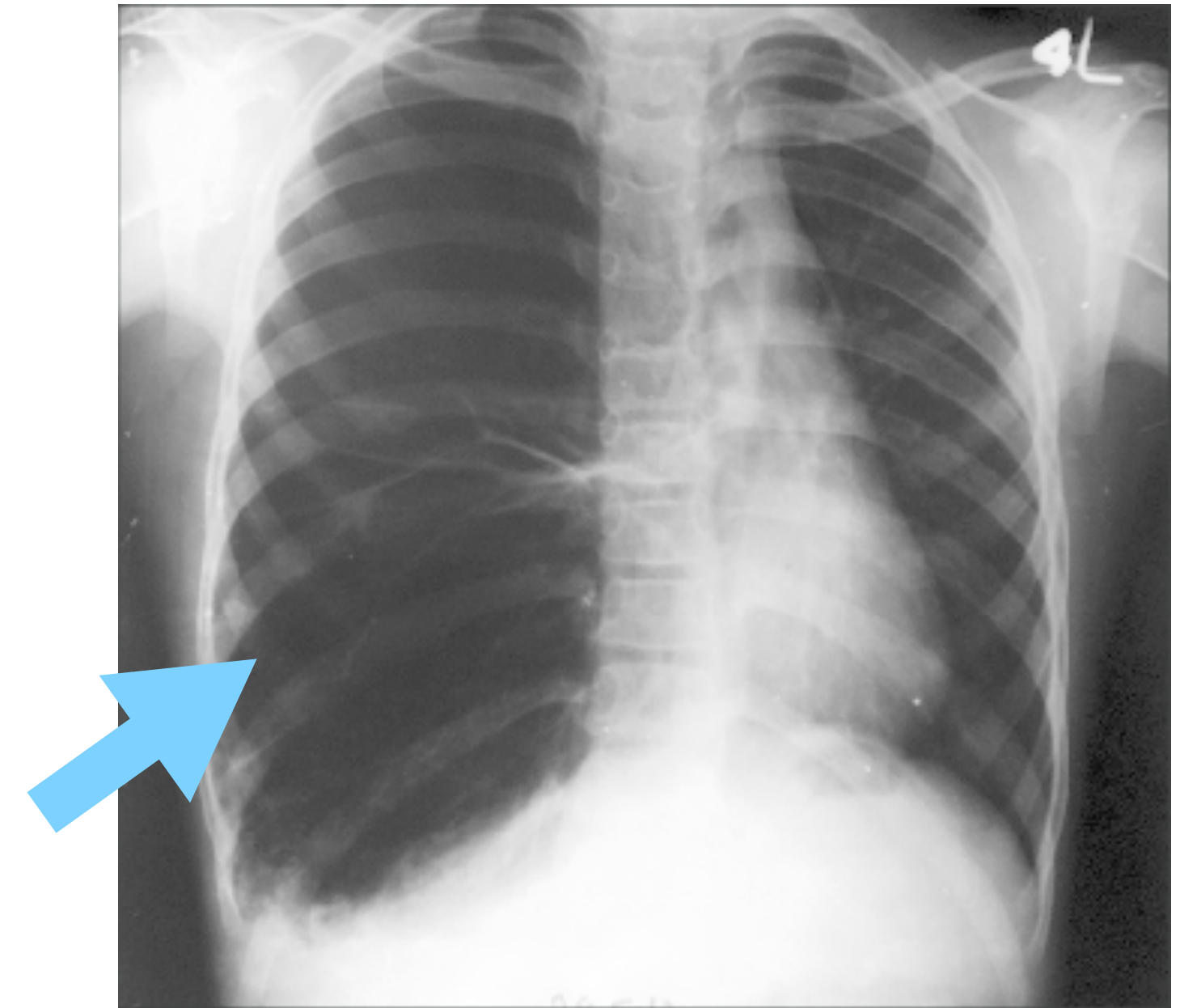
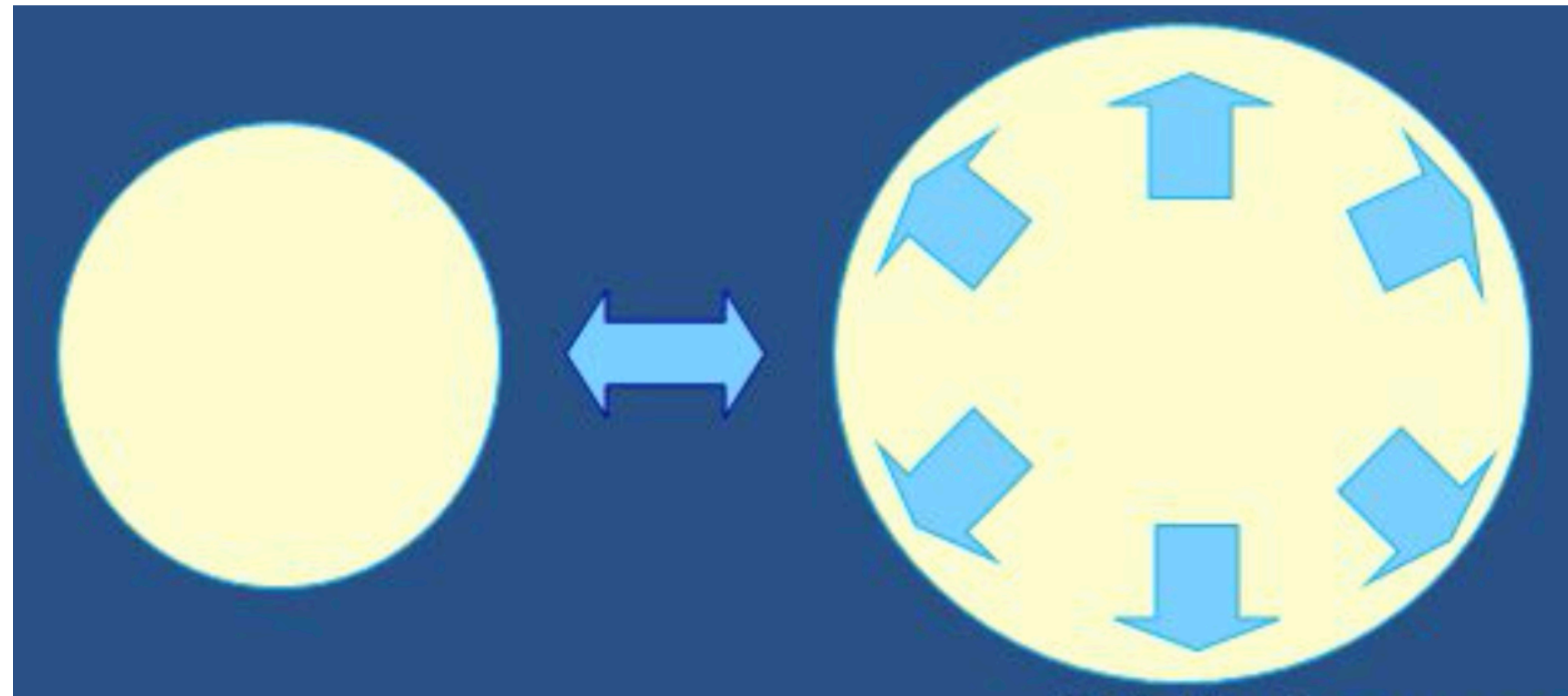
# 肺炎とは...



- 肺胞の炎症→肺胞内に浸出液、肺胞壁の浮腫
- 二次性に両側性の肺水腫を起こせば、ARDSを起こしうる

**肺炎を起こした領域はPEEPで広がらない（リクルート可能性低い）**

# Volutrauma : 容量損傷



肺炎を起こしていない領域のみ広がる

肺胞の過伸展を生じやすい

バロトラウマも!!

# 具体的な肺保護換気

1. 一回換気量制限：6-7cc/kg予測体重
2. できるだけ低いFiO<sub>2</sub>：≤ 0.5
3. 適切なPEEP

**適切なPEEPはどのように設定？**

# 肺炎の換気戦略

- まずリクルート可能性をチェック（P/F比、CT、肺エコー、コンプライアンス、PVループ etc...）

➡方法：リクルートメント手技、お試し高PEEP

- 過膨張の徴候があれば（P/F比、画像、コンプライアンス etc...）

➡PEEPを下げる

# 目標：弊害が生じない範囲の酸素化・換気

- 肺に問題がある患者共通
  - ✓ PaO<sub>2</sub> 60-70mmHg、SpO<sub>2</sub> 90-92%
- 肺に問題がある患者共通
  - ✓ PaCO<sub>2</sub> 60±5 mmHg

# 人工呼吸療法だけで患者は救えない

- 人工呼吸の弊害を最小限にする人工呼吸
- 原疾患のコントロール
- 最適な全身管理

肺炎に対する適切な治療

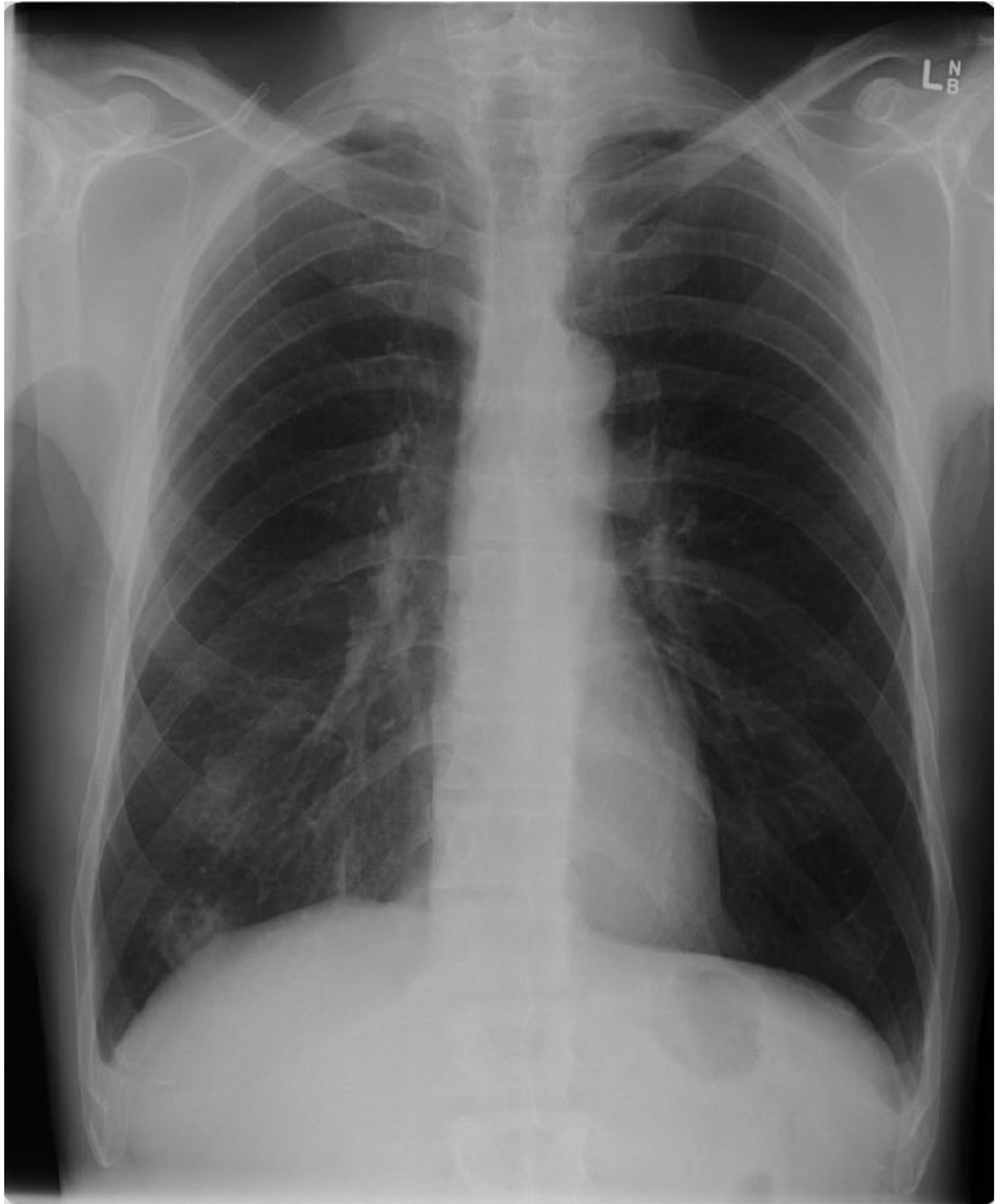
全ての重症患者に共通する最適な全身管理を行わないと患者を救えない

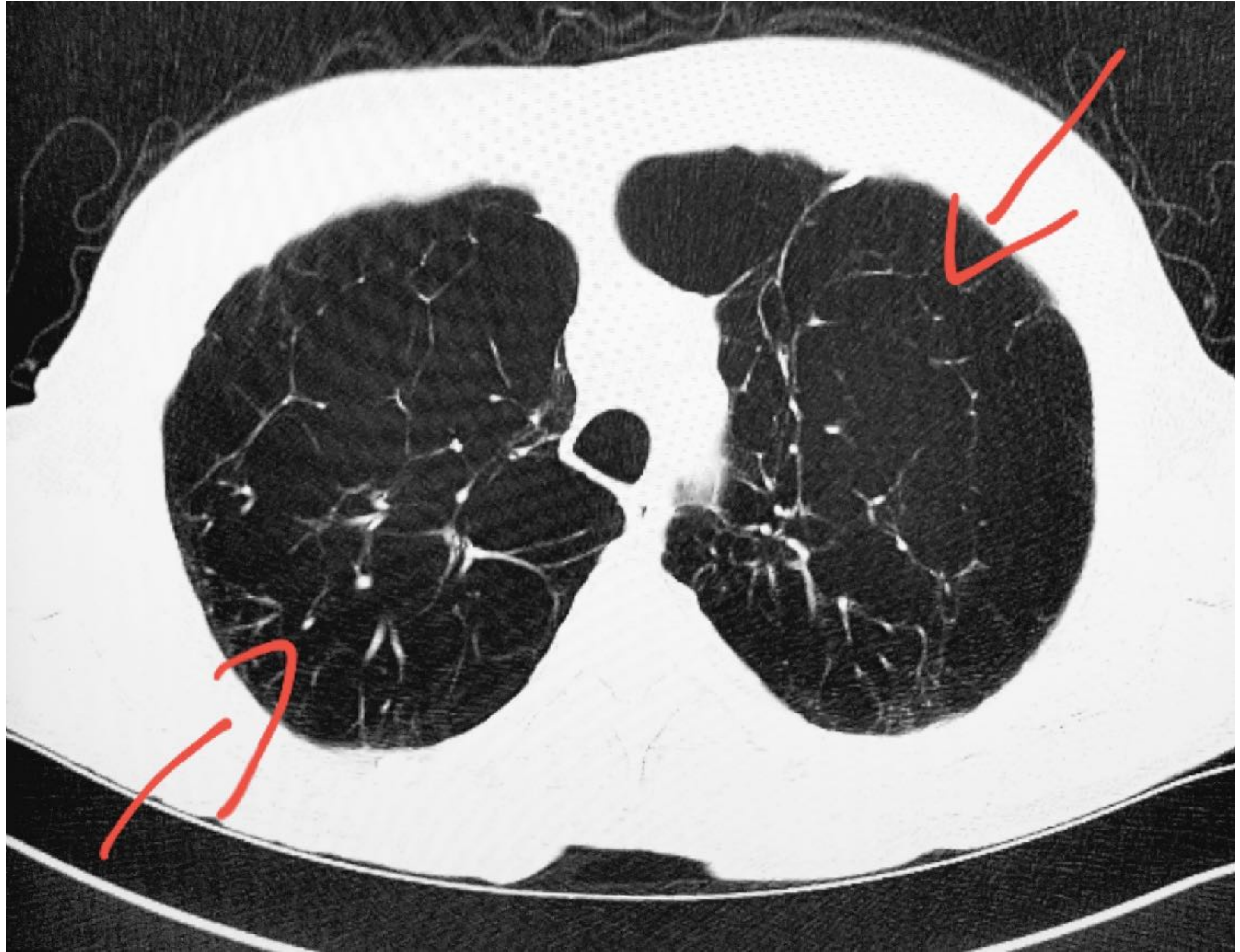


# 本日のお話

- 肺が悪くない患者の人工呼吸の要点
- 肺が悪い患者の人工呼吸の要点
- 具体例
  - ARDS
  - 間質性肺炎
  - 肺炎
  - **COPD**

人工呼吸が必要になるのはCOPDの急性増悪





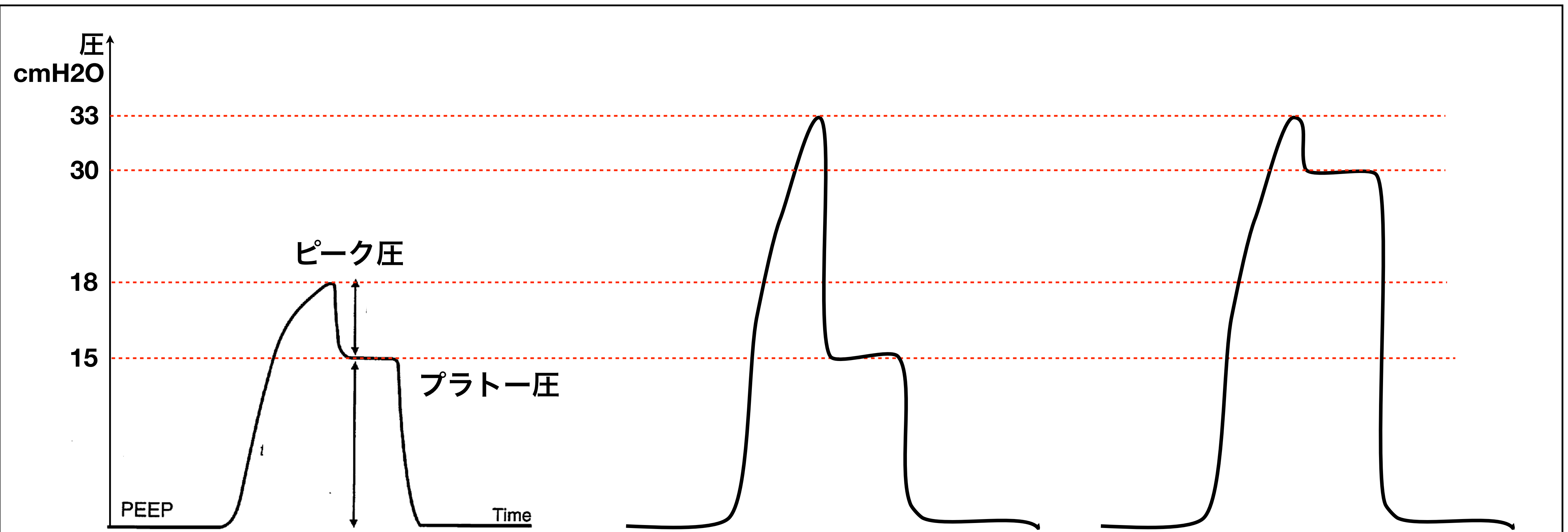
# COPDとは...



- 肺胞が柔らかい、縮みにくい、吐き出しにくい、呼気に時間がかかる
- 肺胞が破れやすい、バロトラウマを起こしやすい

最初はもちろんNPPVですが、もし侵襲的陽圧換気が必要なら...

# ピークの異常とプラトーの異常



正常

閉塞性肺疾患

拘束性肺疾患

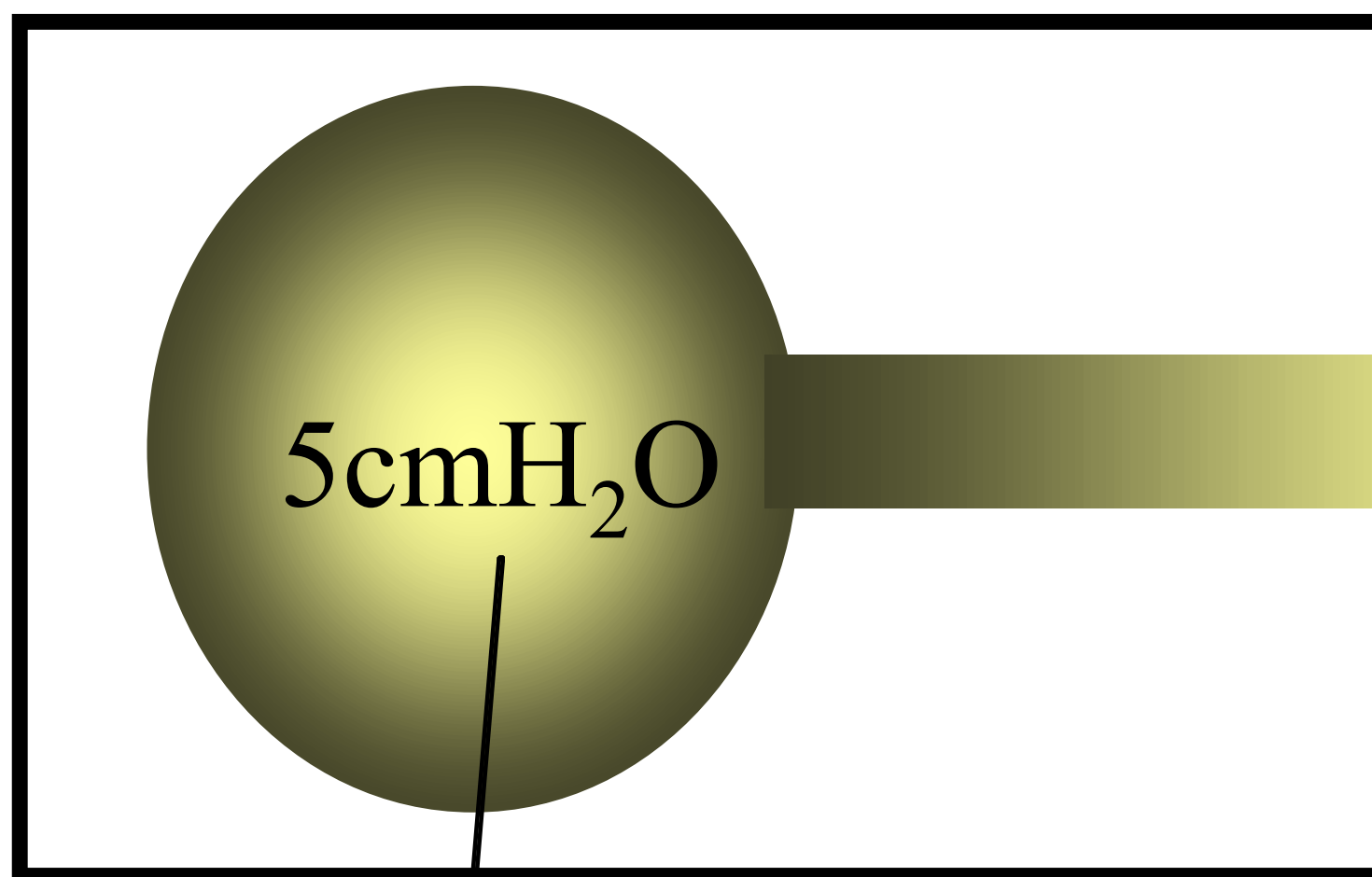
- COPD
- 喘息

- ARDS
- 間質性肺炎
- 胸郭の異常

**COPD : 高いピーク圧を許容**

# Auto-PEEP

正常

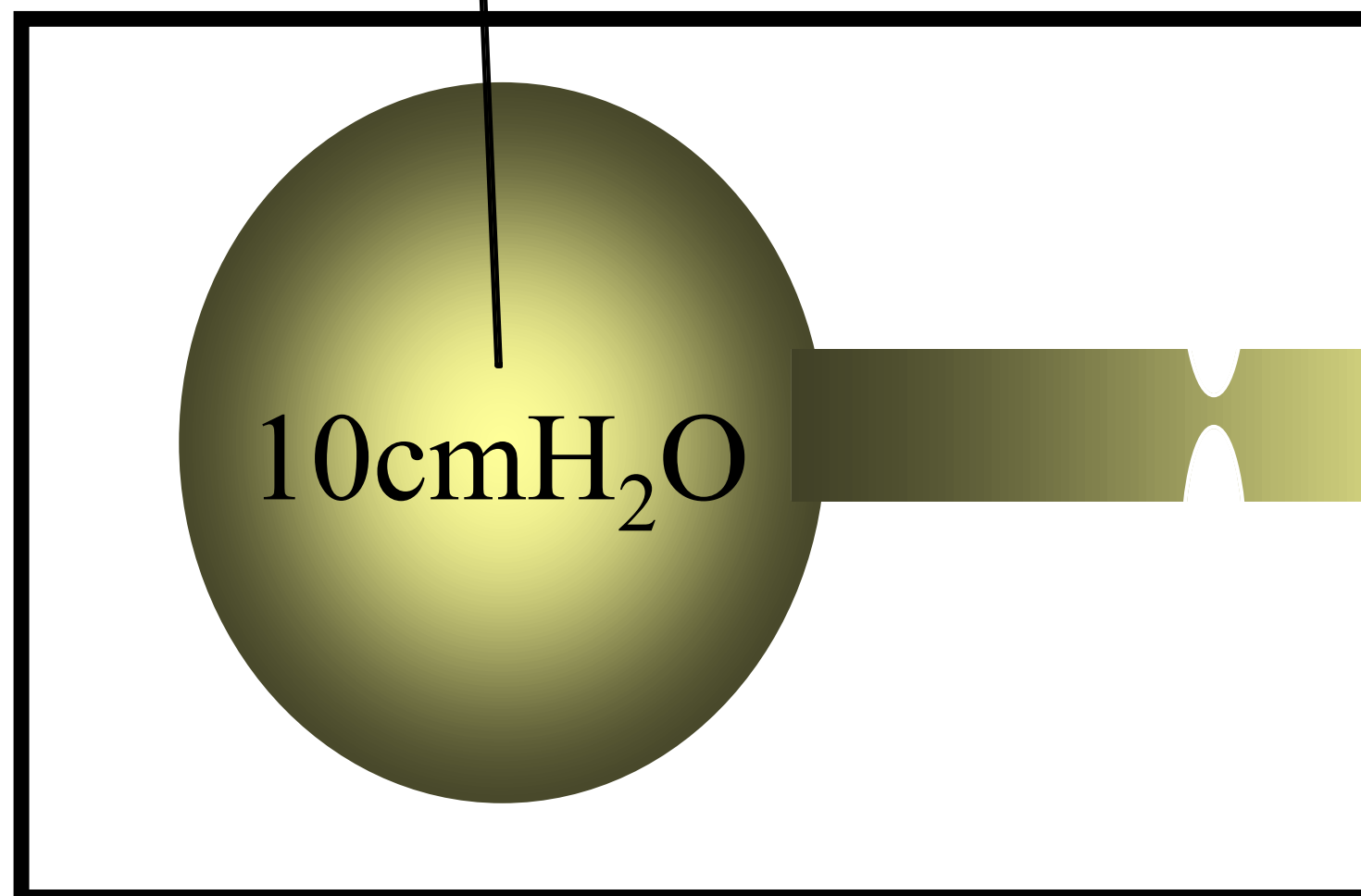


口元圧

PEEP  
 $5\text{cmH}_2\text{O}$

肺胞内圧

$5\text{cmH}_2\text{O}$ の  
auto-PEEP  
が存在

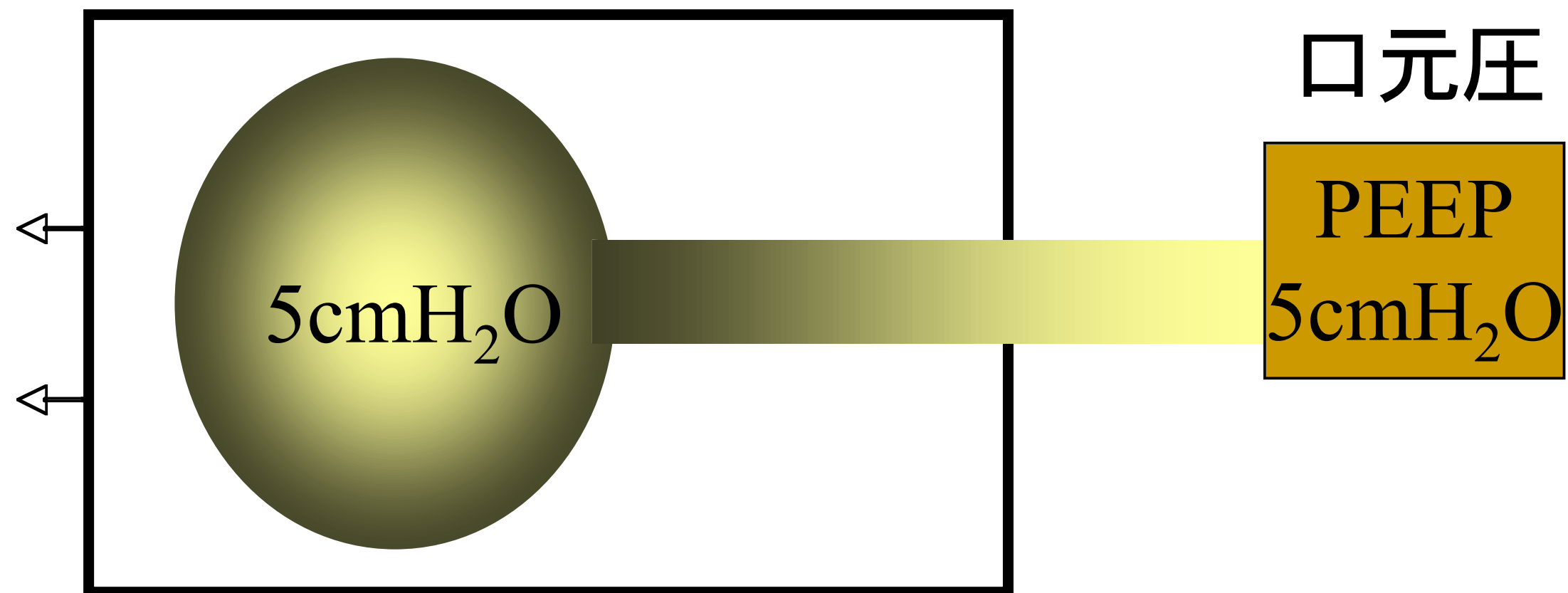


口元圧

PEEP  
 $5\text{cmH}_2\text{O}$

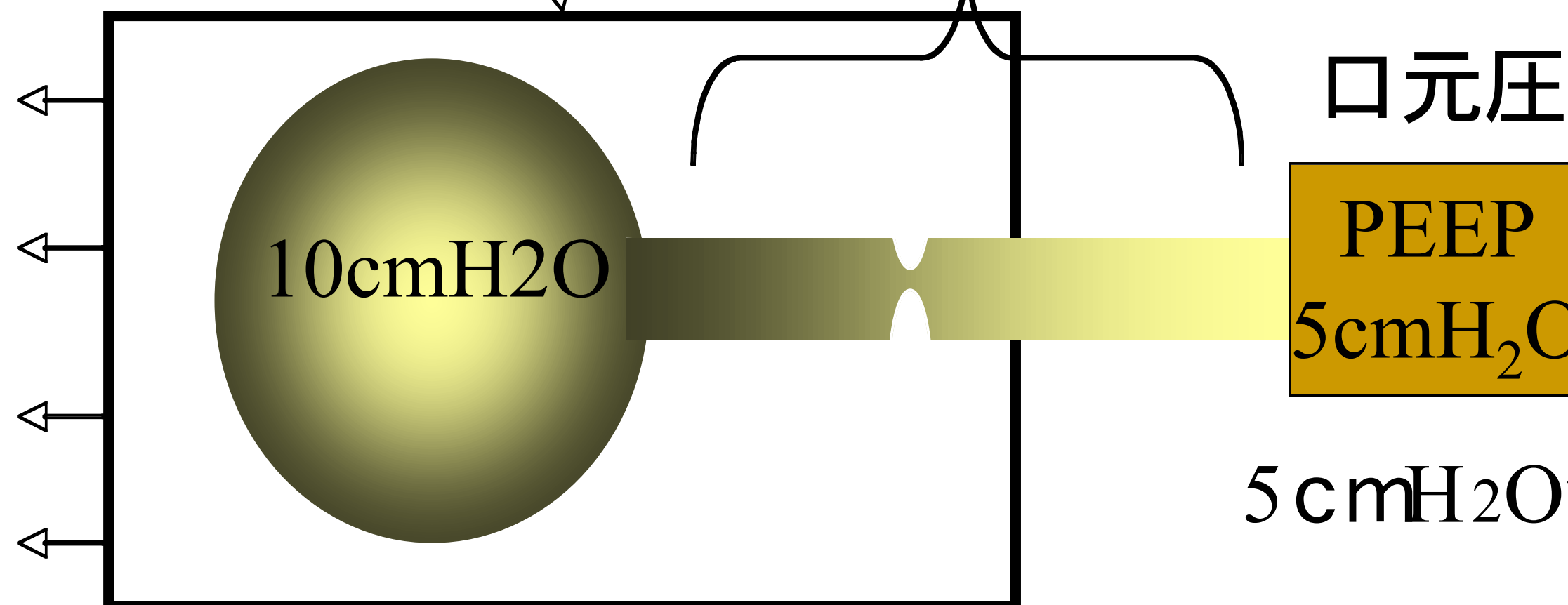
# Auto-PEEP

正常



患者胸郭が広がり胸腔が陰圧側へ

5cmH<sub>2</sub>Oの  
auto-PEEP  
が存在

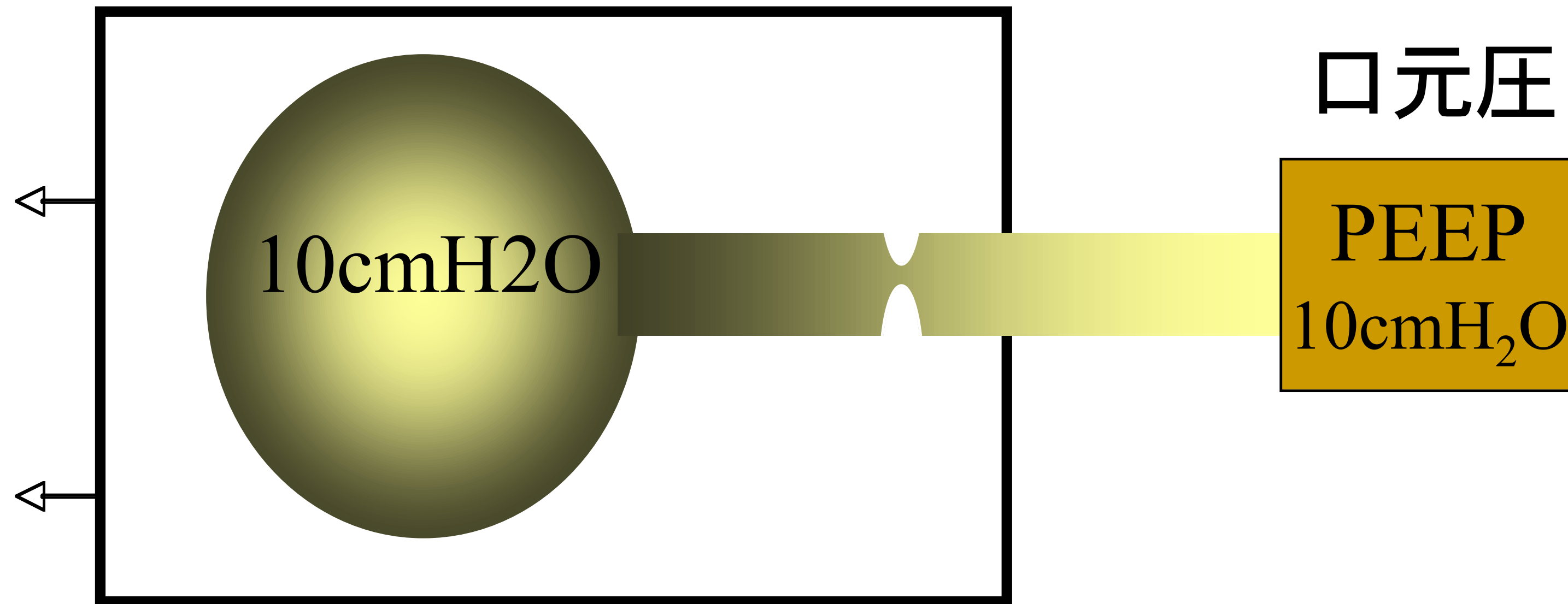


残っている圧格差をまずなくしてから  
吸気として感知される

5 cmH<sub>2</sub>O余分に吸気努力が必要

# Auto-PEEPに外因性PEEPは有効？

5 cmH<sub>2</sub>Oの余分な圧が肺胞内に残っていた。  
外から圧をかけて口元との圧格差をなくすと・・・



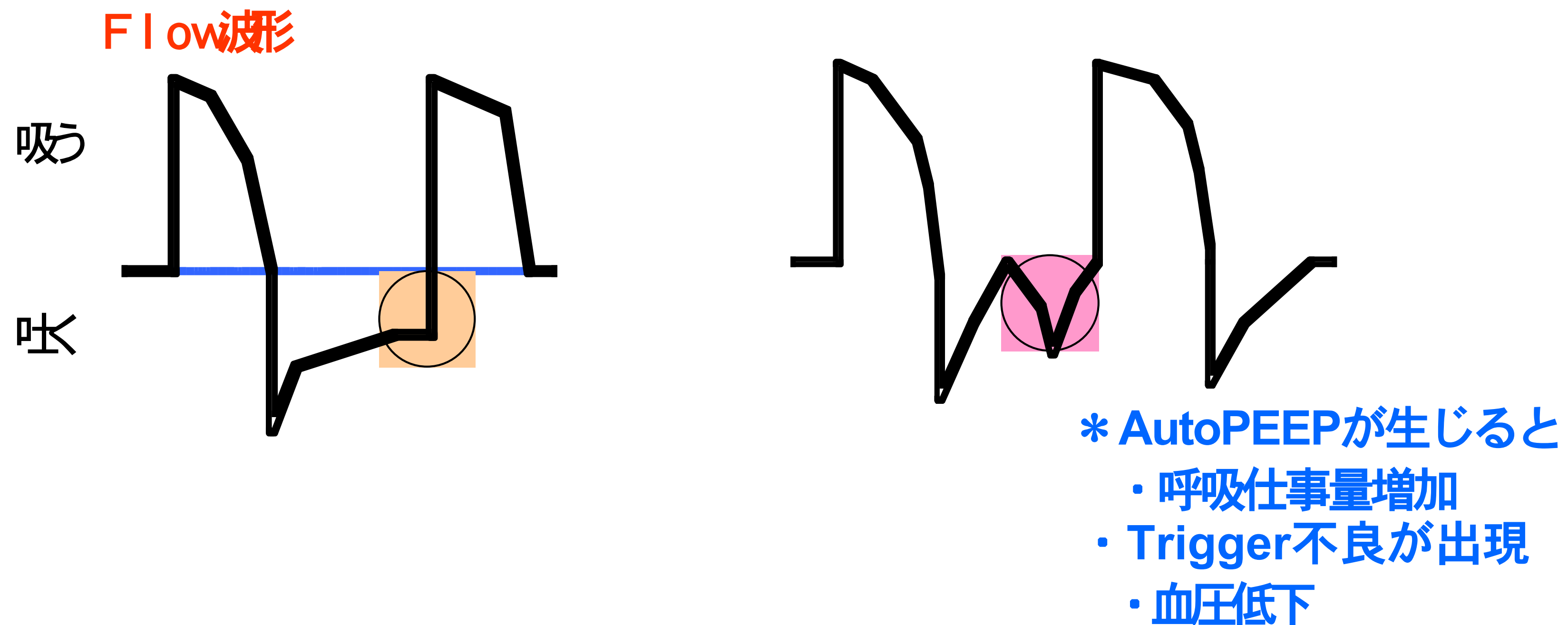
PEEPでauto-PEEPが相殺された。  
余分な吸気努力がなくなかった。



# Auto-PEEP：見つけ方と対処

考えるときは・・・

- 閉塞性肺病変 →気管支拡張薬など原疾患のコントロール
- 呼吸数が増加している →鎮静・（筋弛緩）：呼吸数を減らす
- Trigger不良がある →外因性のPEEPを増やす
- グラフィック 流速波形で基線に呼気に戻る前に吸気開始
- グラフィック 呼気波形がバウンドするような形態



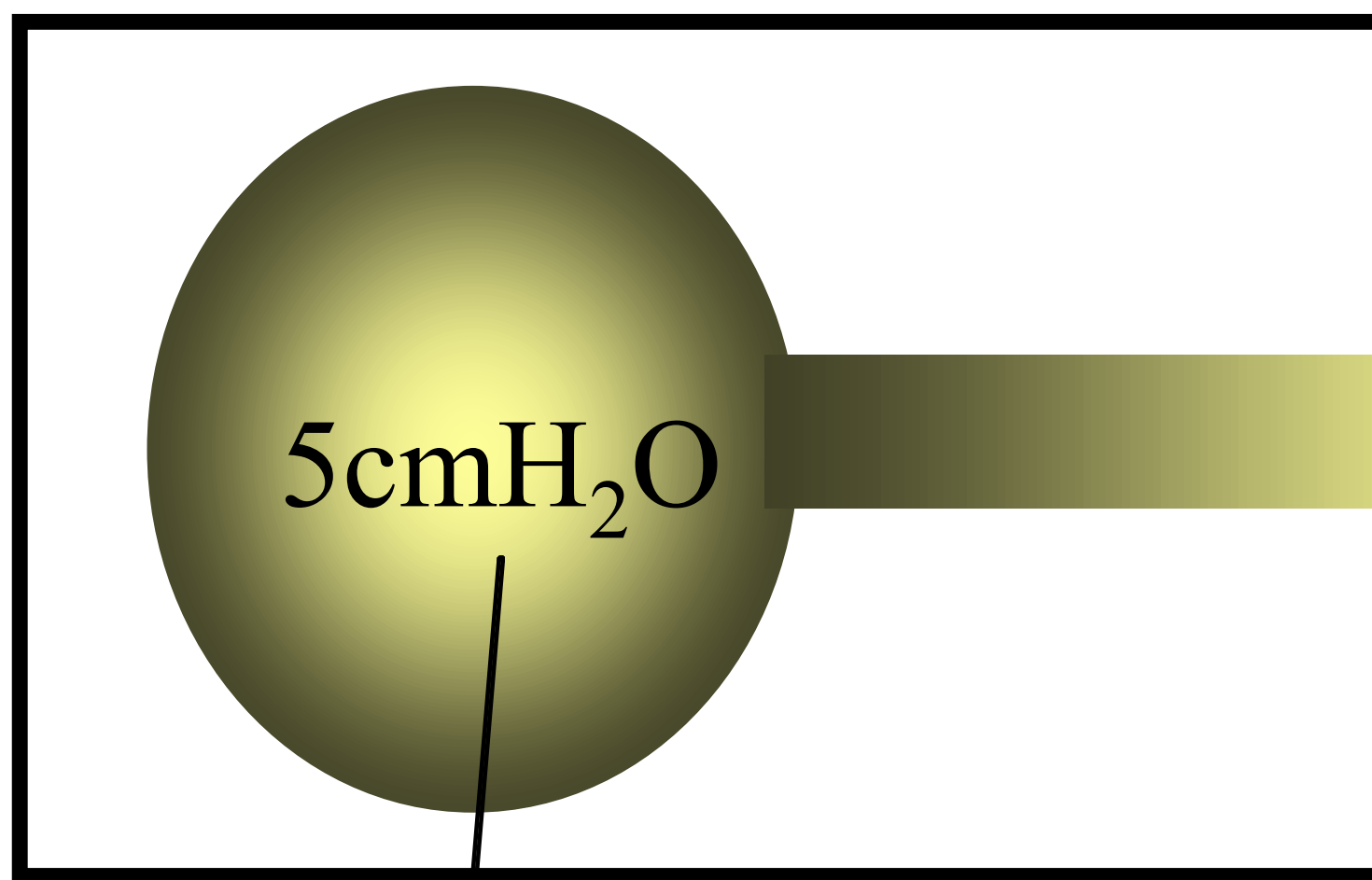
# 具体的な肺保護換気

1. 一回換気量制限：7-8cc/kg 予測体重
2. できるだけ低いFiO<sub>2</sub>：≤ 0.5
3. 適切なPEEP

**適切なPEEPはどのように設定？**

# Auto-PEEP

正常

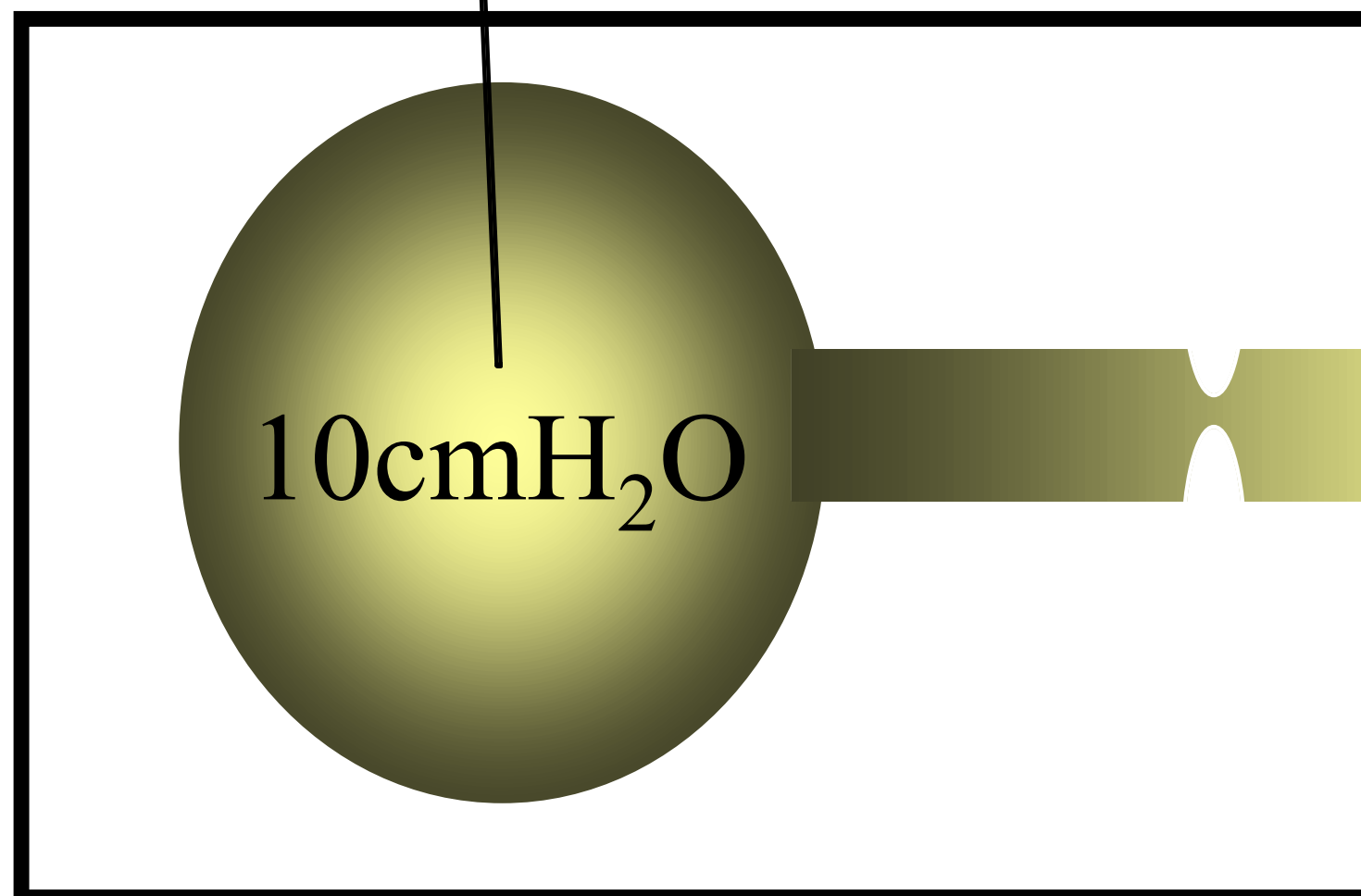


口元圧

PEEP  
 $5\text{cmH}_2\text{O}$

肺胞内圧

$5\text{cmH}_2\text{O}$ の  
auto-PEEP  
が存在

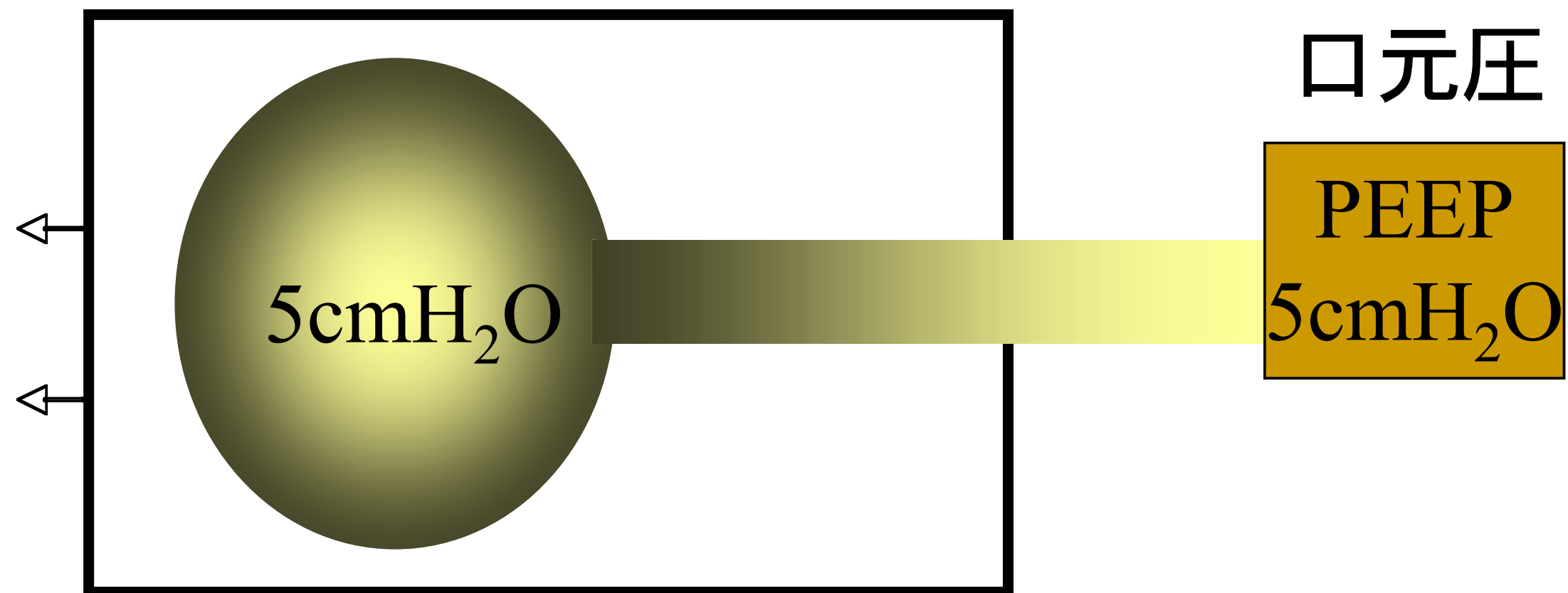


口元圧

PEEP  
 $5\text{cmH}_2\text{O}$

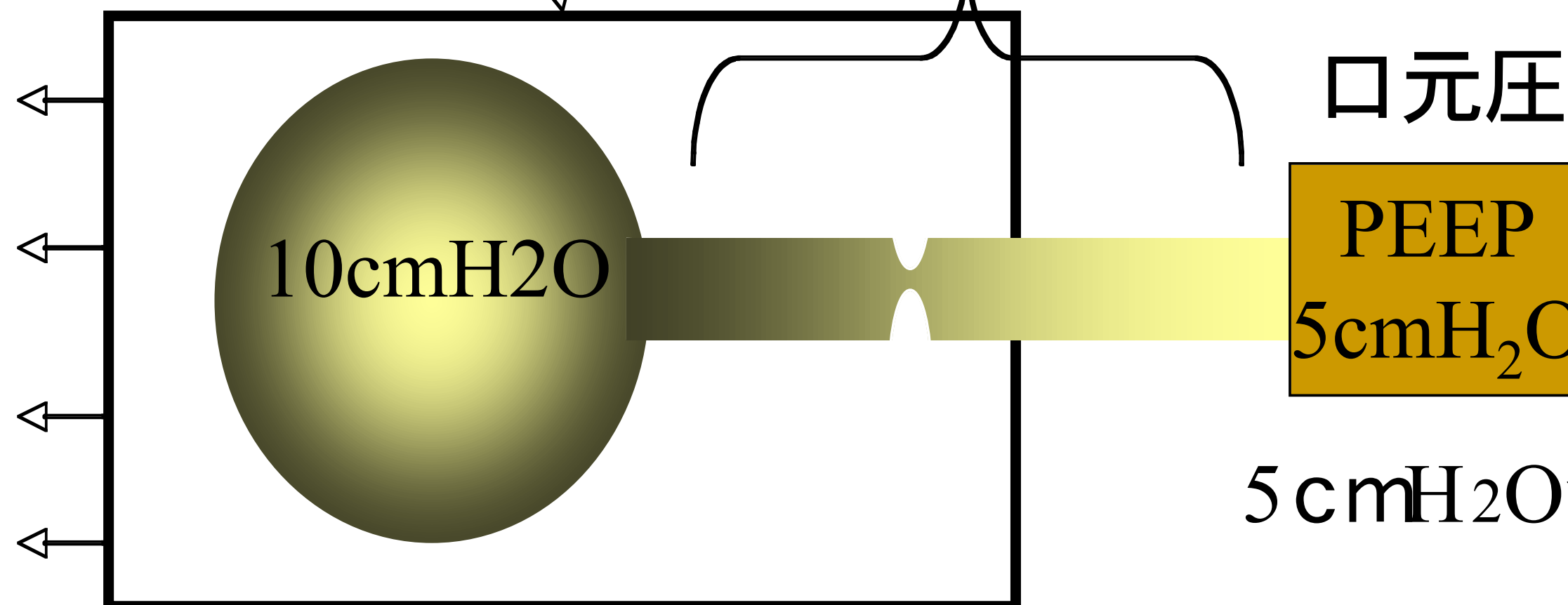
# Auto-PEEP

正常



患者胸郭が広がり胸腔が陰圧側へ

5cmH<sub>2</sub>Oの  
auto-PEEP  
が存在

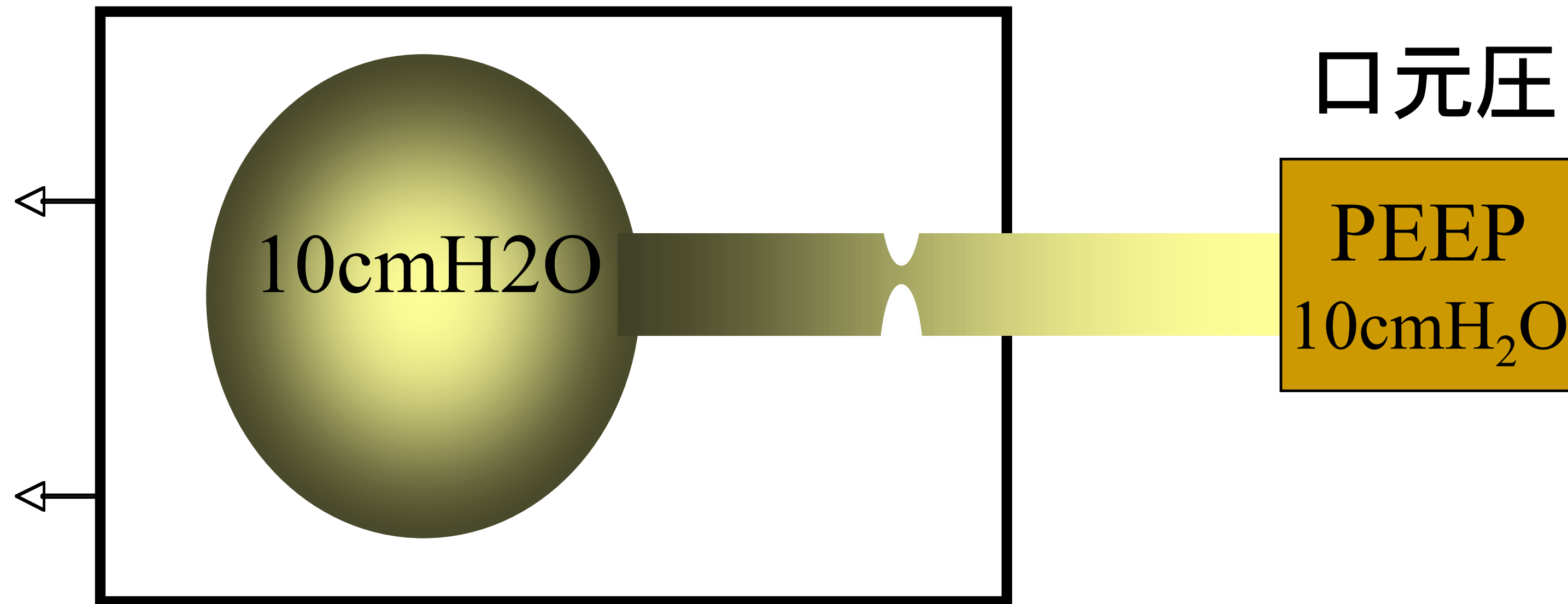


残っている圧格差をまずなくしてから  
吸気として感知される

5 cmH<sub>2</sub>O余分に吸気努力が必要

# Auto-PEEPに外因性PEEPは有効？

5 cmH<sub>2</sub>Oの余分な圧が肺胞内に残っていた。  
外から圧をかけて口元との圧格差をなくすと・・・

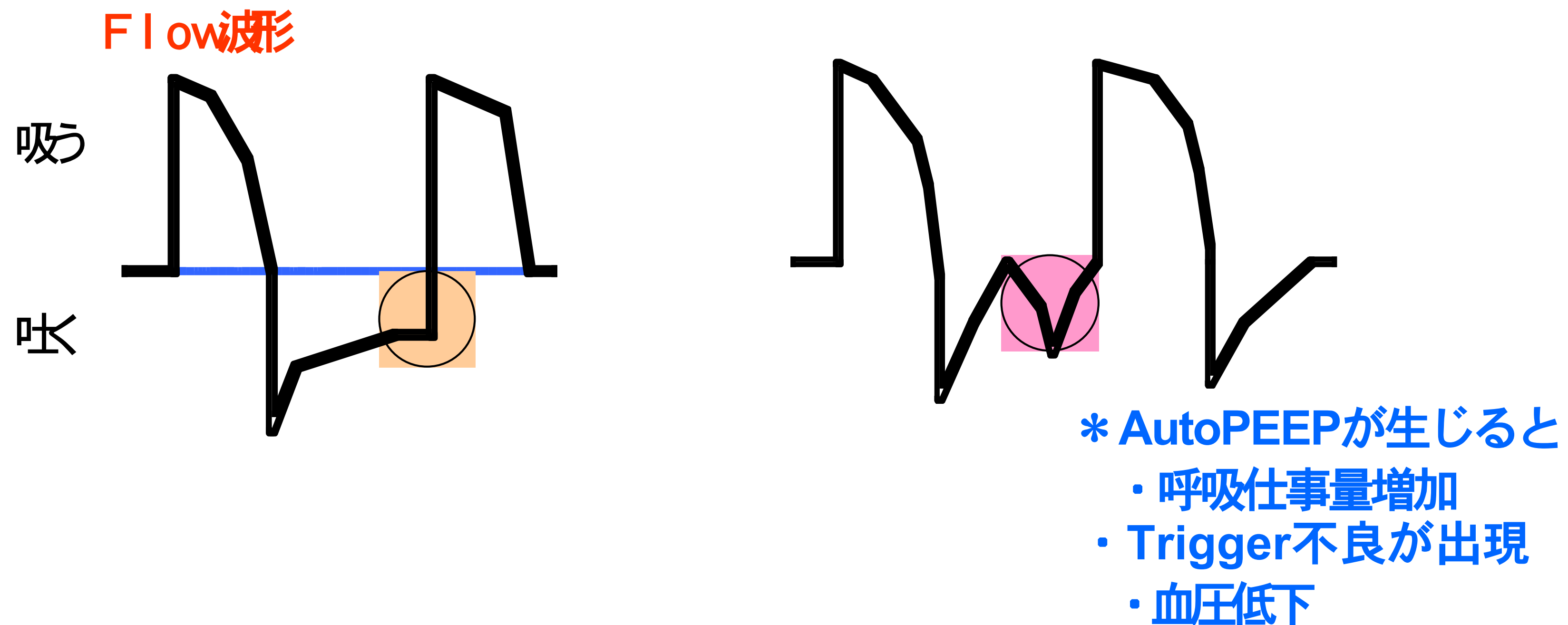


PEEPでauto-PEEPが相殺された。  
余分な吸気努力がなくなった。

# Auto-PEEP：見つけ方と対処

考えるときは・・・

- 閉塞性肺病変 →気管支拡張薬など原疾患のコントロール
- 呼吸数が増加している →鎮静・（筋弛緩）：呼吸数を減らす
- Trigger不良がある →外因性のPEEPを増やす
- グラフィック 流速波形で基線に呼気に戻る前に吸気開始
- グラフィック 呼気波形がバウンドするような形態



# COPDの換気戦略

- 呼気時間を十分に
  - ➡方法：吸気時間を十分に短く
- Auto-PEEPの徴候があれば
  - ➡PEEPを調整（通常は5～10cmH<sub>2</sub>O）

# 目標：弊害が生じない範囲の酸素化・換気

- 肺に問題がある患者共通
  - ✓ PaO<sub>2</sub> 60-70mmHg、SpO<sub>2</sub> 90-92%
- 肺に問題がある患者共通
  - ✓ PaCO<sub>2</sub> 60±5 mmHg



# 人工呼吸療法だけで患者は救えない

- 人工呼吸の弊害を最小限にする人工呼吸
- 原疾患のコントロール
- 最適な全身管理

急性増悪の原因に対する適切な治療

全ての重症患者に共通する最適な全身管理を行わないと患者を救えない

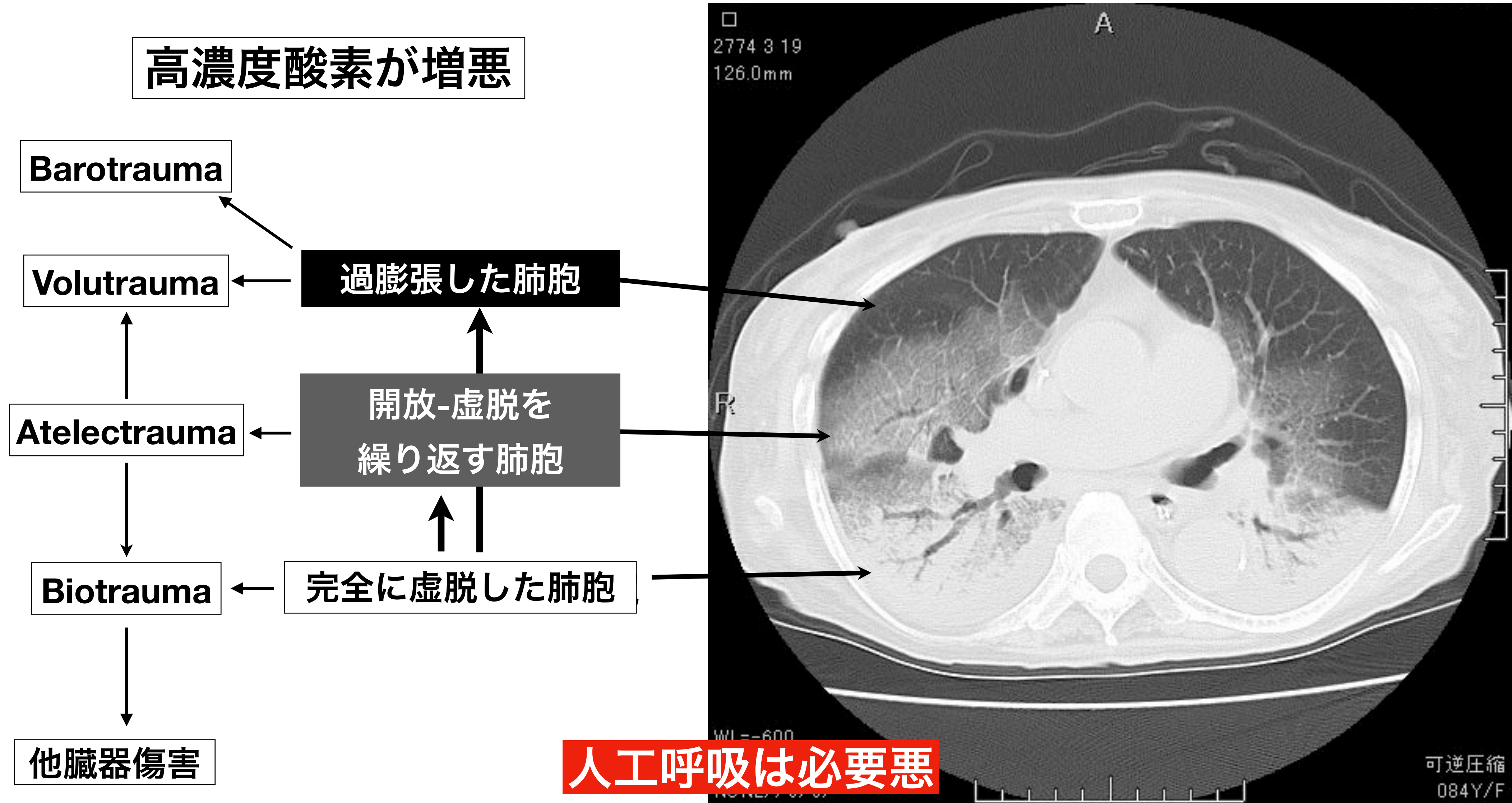
# 本日のお話

- 肺が悪くない患者の人工呼吸の要点
- 肺が悪い患者の人工呼吸の要点
- 具体例
  - ARDS
  - 間質性肺炎
  - 肺炎
  - COPD

**肺だけではなく胸郭の問題も...**

# 人工呼吸器誘発性肺傷害

## Ventilator Induced Lung Injury: VILI



# 何をゴールに人工呼吸器を 設定したら良いか

1. 弊害が生じない範囲内のPaO<sub>2</sub>（またはSpO<sub>2</sub>）
2. 弊害が生じない範囲内のPaCO<sub>2</sub>
3. 肺を保護しながら
4. その他の臓器機能に悪影響が出ないように

**適切な酸素化、換気、肺保護**

# 弊害が生じない範囲内の酸素化

- 肺に問題がない患者（術後、意識障害など）
  - ✓ PaO<sub>2</sub> 80-100mmHg、SpO<sub>2</sub> 96-98%
- 肺に問題がある患者（ARDS、重症肺炎、COPD、喘息など）
  - ✓ PaO<sub>2</sub> 60-70mmHg、SpO<sub>2</sub> 90-92%

**肺の良し悪しで使い分ける**

# 弊害が生じない範囲内の換気

- 肺に問題がない患者（術後、意識障害など）
  - ✓ PaCO<sub>2</sub> 40±5 mmHg
- 肺に問題がある患者（ARDS、重症肺炎、COPD、喘息など）
  - ✓ PaCO<sub>2</sub> 60±5 mmHg
- 脳圧を上げたくない患者
  - ✓ PaCO<sub>2</sub> 35±5 mmHg

使い分ける

# 具体的な肺保護換気

1. 一回換気量制限：6-7cc/kg予測体重
2. できるだけ低いFiO<sub>2</sub>：≤ 0.5
3. 適切なPEEP

肺の良し悪しに関係なく

# 人工呼吸療法だけで患者は救えない

- 人工呼吸の弊害を最小限にする人工呼吸
- 原疾患のコントロール
- 最適な全身管理