

ECMOチーム等養成研修事業

肺保護換気概論

日本COVID-19対策ECMOnet

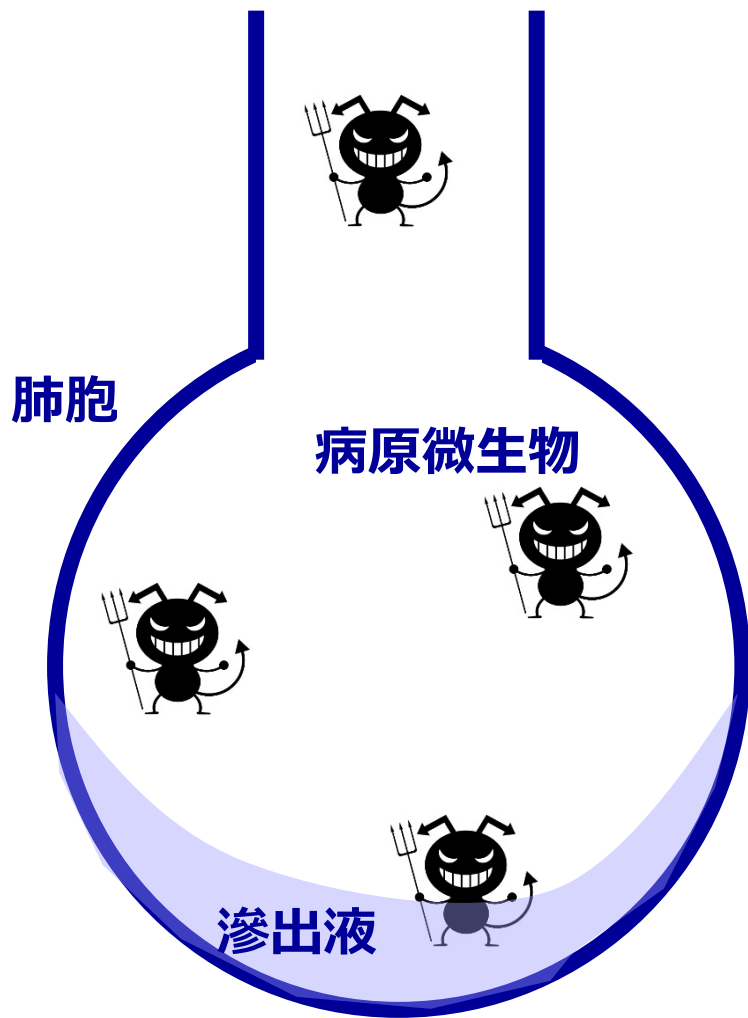
日本呼吸療法医学会

厚生労働省

本解説の内容

1. 人工呼吸管理法の変遷
2. 自発呼吸の有害性
3. COVID-19で推奨される人工呼吸管理法

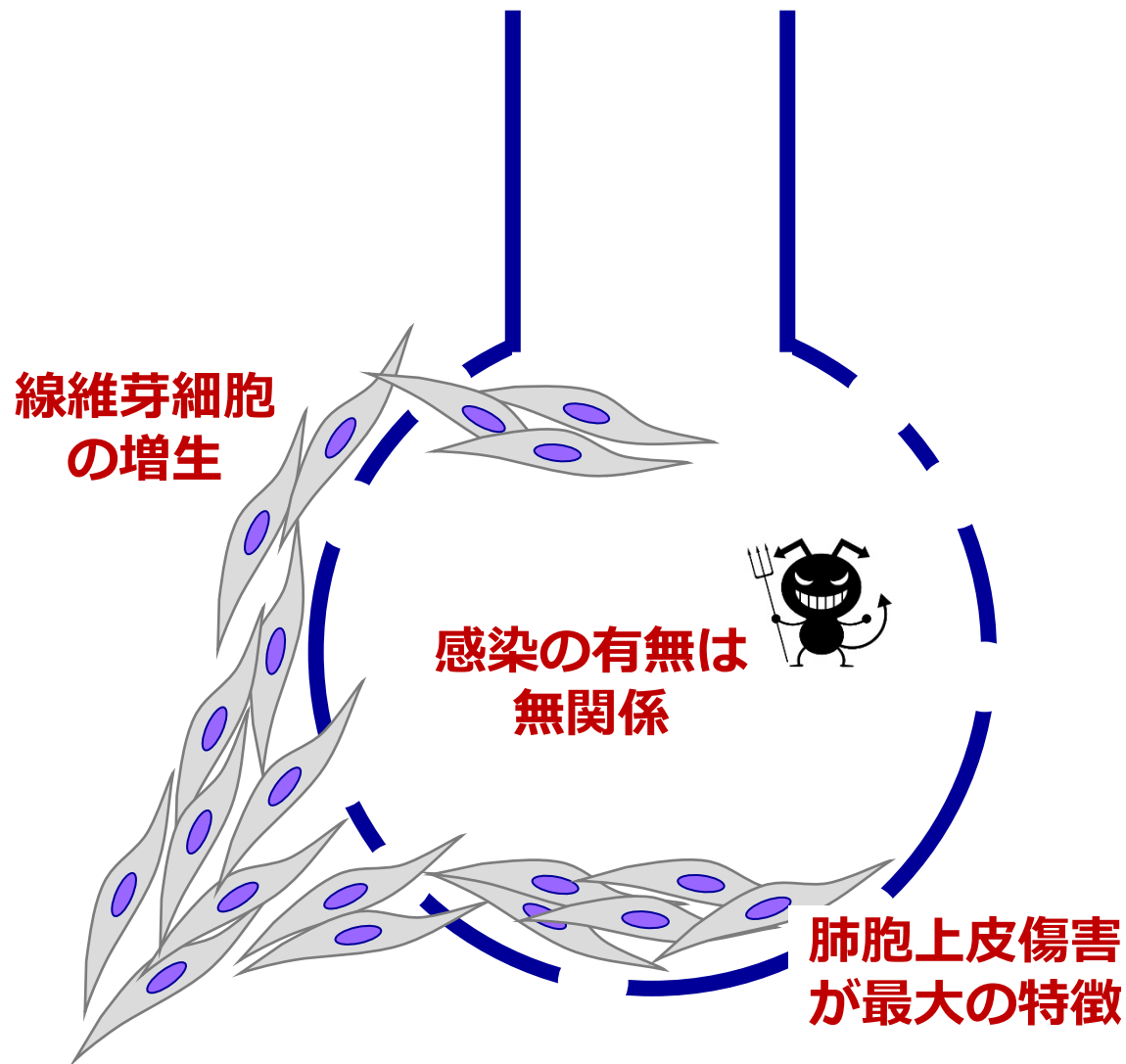
肺炎



と

(ARDS)

肺傷害





人工呼吸管の変遷

人工呼吸管理の変遷

2000年代

2020年

1. 肺保護換気法
2. オープン・ラング戦略
3. 自発呼吸温存
4. 早期離床

相反する管理法



20年が経過しどのような変化があったか？

肺保護換気法

- 一回換気量 **6~8** mL/kg (理想体重)
- プラトー圧 **30** cmH₂O
- 中等症以上は**高め**のPEEP

3 vs 6 mL/kg

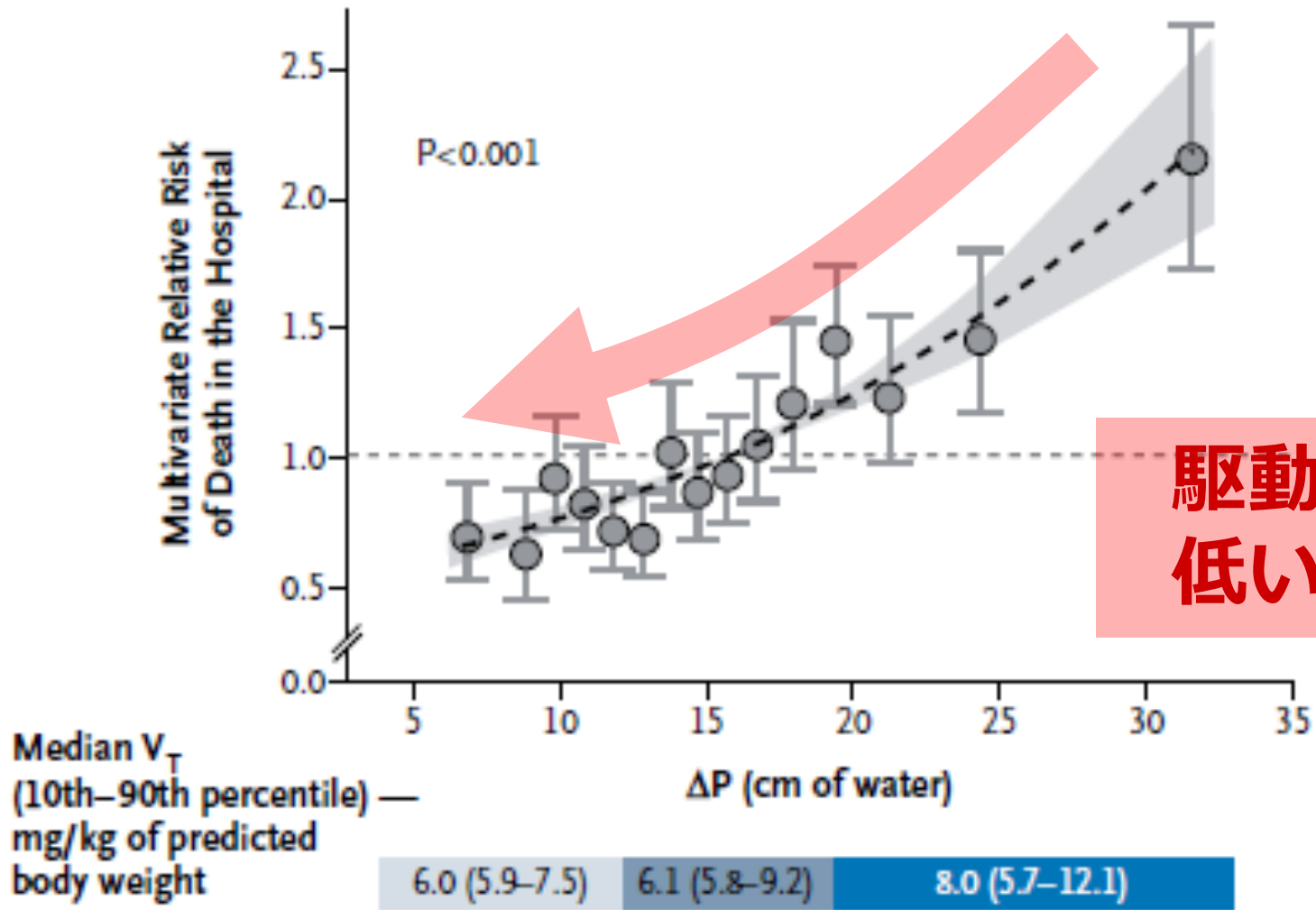
| TNF (pg/ml) | Before begin of the study | 24 h | 48 h | 72 h |
|---|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| avECCO ₂ -R (<i>n</i> = 20) | 19.8 (13.8–23) | 20 (13.2–23.6) | 15.3 (13.7–21.4) | 22.5 (12.8–33.2) |
| Control (<i>n</i> = 15) | 20.5 (14.2–26.8) | 21 (13.9–48.6) | 15.9 (13.6–28) | 15.2 (12.7–25) |
| IL-6 (pg/ml) | | | | |
| avECCO ₂ -R (<i>n</i> = 20) | 163 (86–419) | 85 (50–193) ^{\$} | 53 (20–109) ^{\$\$} | 60 (35–155) ^{\$} |
| Control (<i>n</i> = 15) | 97 (84–214) | 111 (52–171) | 102 (58–166) | 64 (18–90) |
| IL-8 (ng/l) | | | | |
| avECCO ₂ -R (<i>n</i> = 20) | 72 (23–98) | 65 (30–100) | 71 (28–94) | 81 (43–120) |
| Control (<i>n</i> = 15) | 34 (23–49) | 36 (24–126) | 45 (29–529) | 25 (17–191) |

^{\$} $p < 0.05$ in comparison with before

^{\$\$} $p < 0.01$ in comparison with before

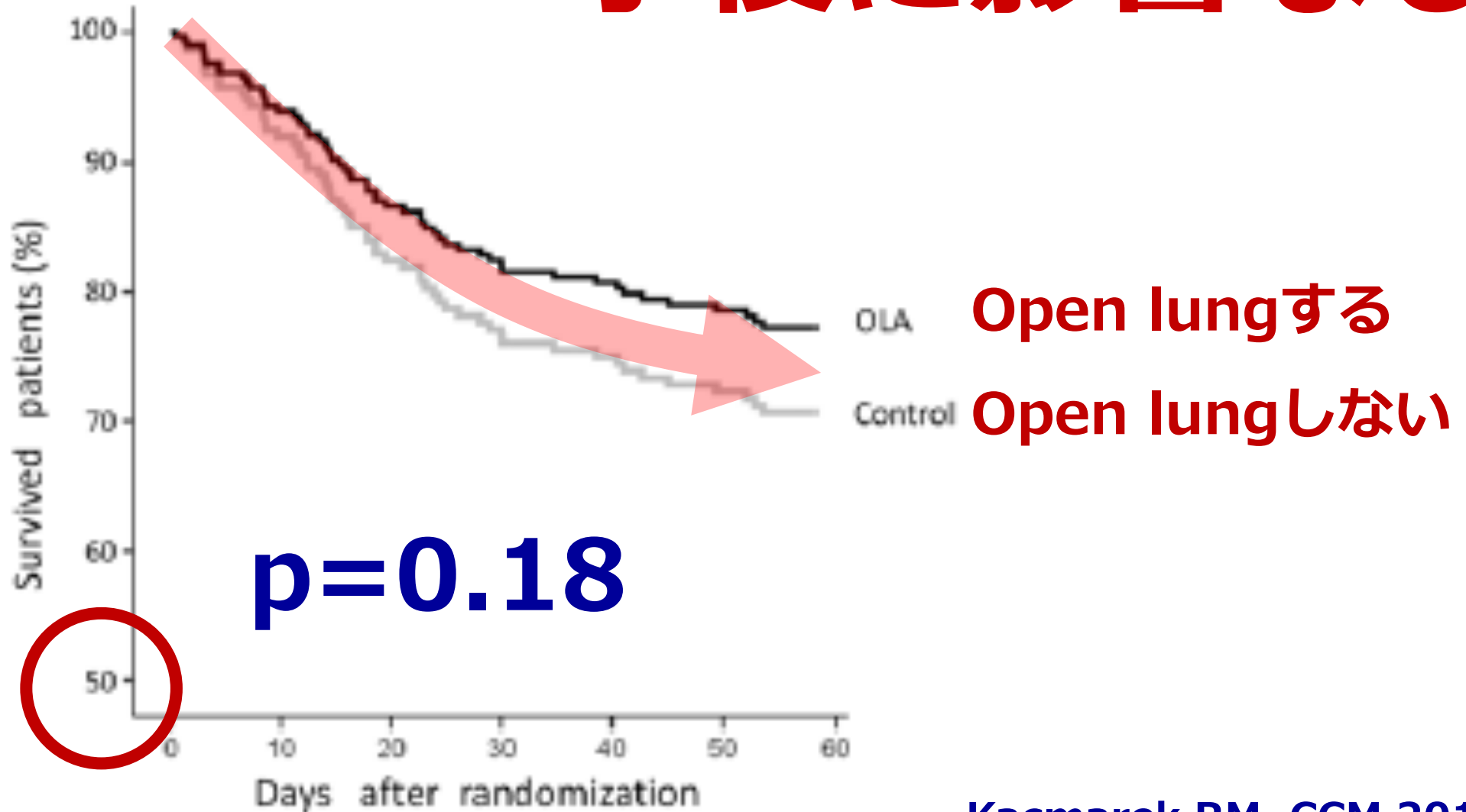
6mL/kgよりさらに小さい
一回換気量の方が良さそう

Driving Pressure
低駆動圧ほど予後良



駆動圧は低ければ低いほど良さそう

Open Lungは
予後に影響なし

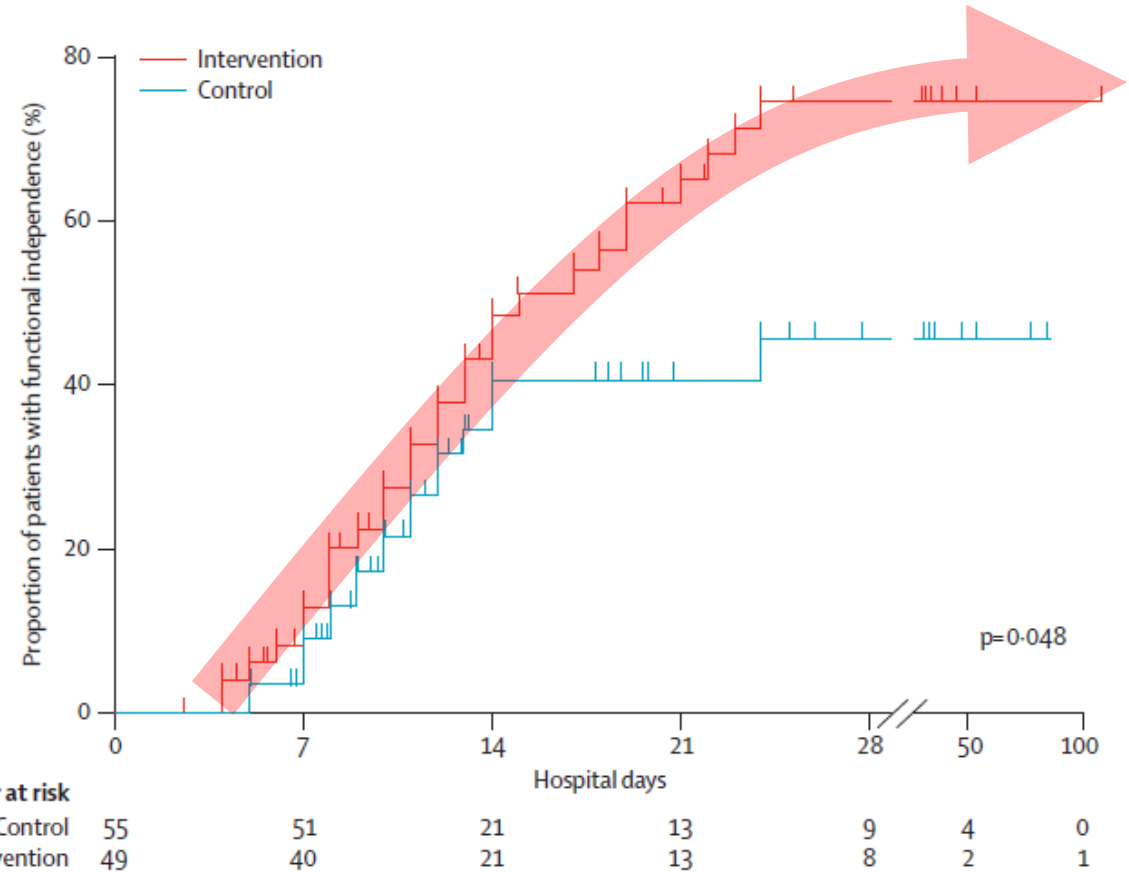


早期離床の有用性を示した論文

| | Intervention (n=49) | Control (n=55) |
|--|---------------------|------------------|
| Age (years) | 57.7 (36.3-69.1) | 54.4 (46.5-66.4) |
| Female | 29 (59%) | 23 (42%) |
| Black race | 30 (61%) | 31 (56%) |
| Barthel Index score | 100 (85-100) | 100 (90-100) |
| Body-mass index (kg/m ²) | 27.4 (25.1-32.4) | 28.0 (23.5-34.1) |
| APACHE II score | 20.0 (15.8-24.0) | 19.0 (13.3-23.0) |
| Sepsis | 42 (86%) | 45 (82%) |
| Diabetes | 18 (37%) | 18 (33%) |
| Primary diagnosis on admission to intensive care | | |
| Acute lung injury | 27 (55%) | 31 (56%) |
| COPD exacerbation | 4 (8%) | 6 (11%) |
| Acute exacerbation of asthma | 5 (10%) | 4 (7%) |
| Sepsis | 7 (14%) | 9 (16%) |
| Haemorrhage | 1 (2%) | 2 (4%) |
| Malignancy | 2 (4%) | 1 (2%) |
| Other | 3 (6%) | 2 (4%) |

Data are number of patients (%) or median (IQR). APACHE II=Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II. COPD=chronic obstructive pulmonary disease. Barthel Index scale 0-100, APACHE II scale 0-71.

Table of the study population

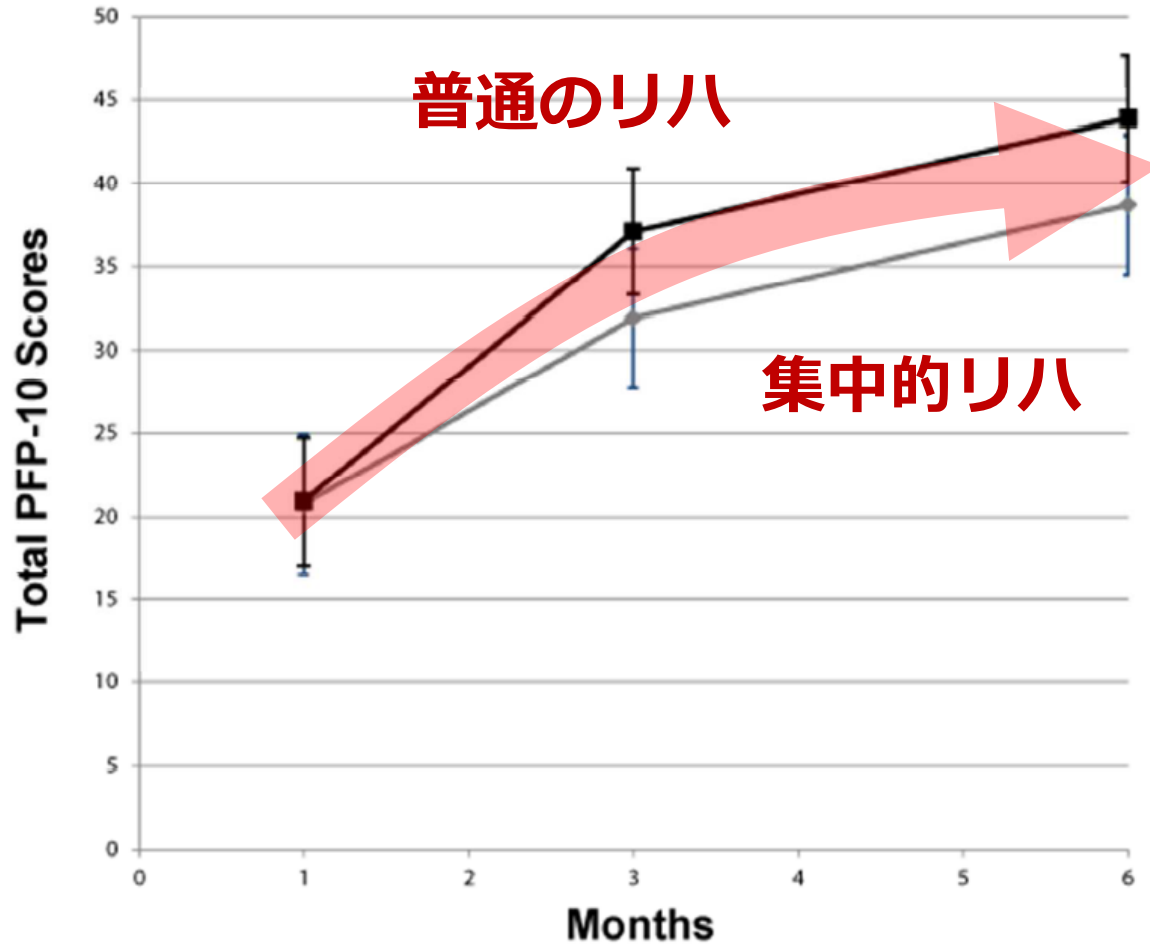


ただし

比較的若年

半数はARDSでない

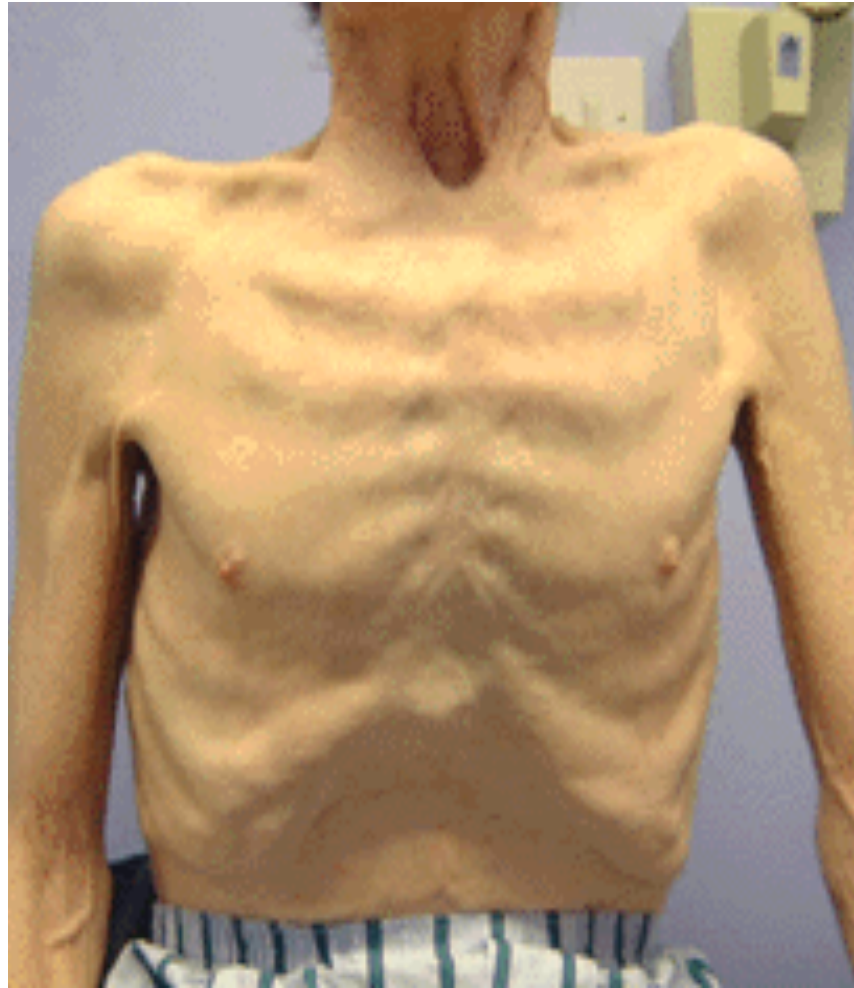
機能予後は**改善しない**





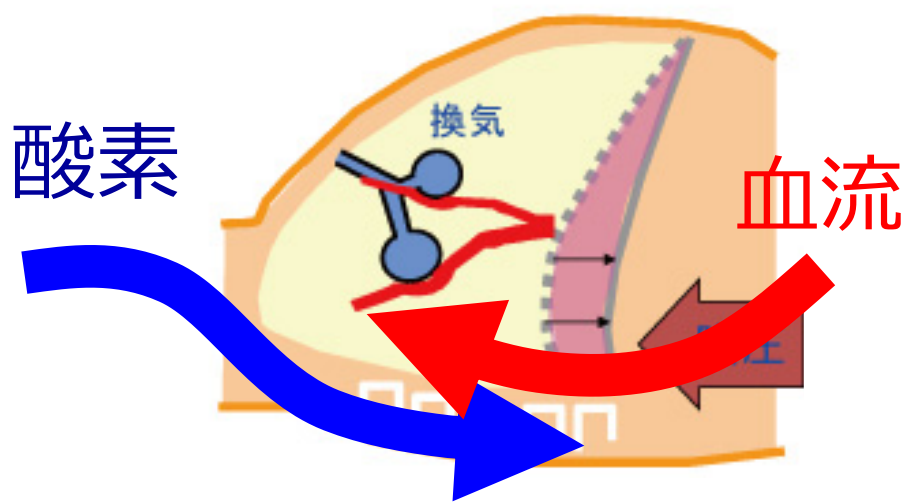
自発呼吸温存 のメリット

自発呼吸を
休みすぎると **筋肉がやせる**

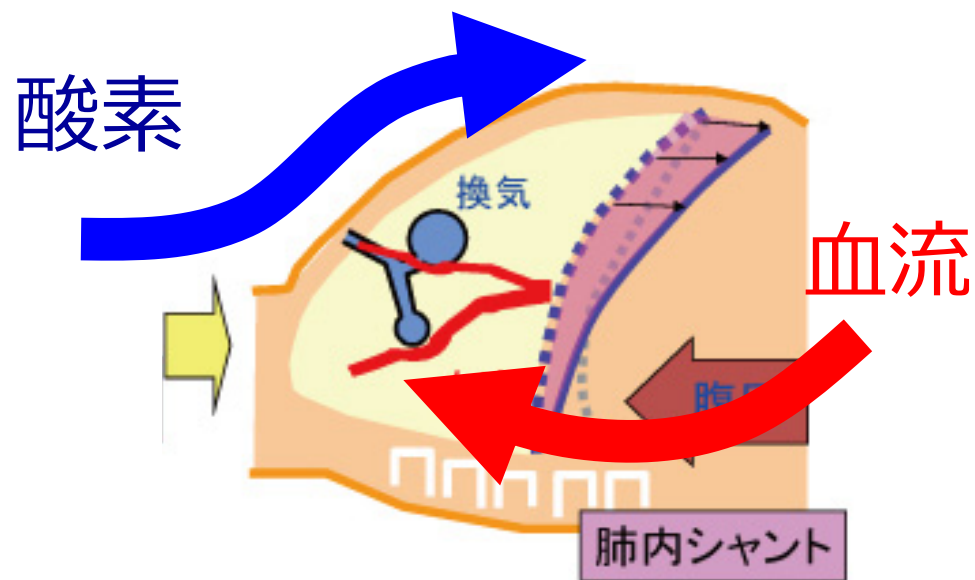


換気血流不均等を改善

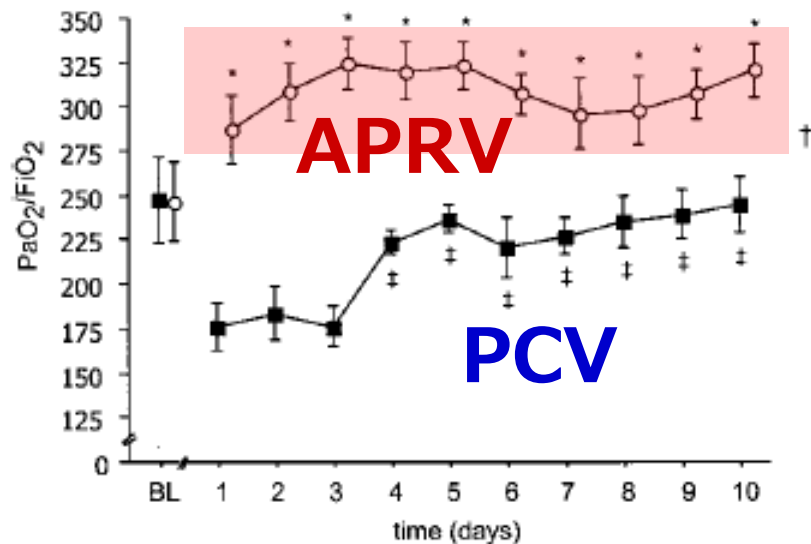
自発呼吸



人工呼吸



自発呼吸温存すると 臨床的アウトカムも良さそう



自発呼吸温存 APRV vs PCV (P/F < 300)

| | APRV Group | PCV Group | p Value |
|--|------------|-----------|---------|
| Number of patients, n (%) | 15 (100) | 15 (100) | - |
| Survivors, n (%) | 12 (80) | 11 (74) | ns |
| ARDS, n (%) | 3 (20) | 11 (74) | 0.015 |
| ALI non ARDS, n (%) | 8 (53) | 4 (27) | 0.019 |
| Extrapulmonary organ failure, n (%) [†] | | | |
| 1 | 8 (53) | 10 (67) | ns |
| 2 | 6 (38) | 7 (47) | ns |
| ≥ 3 | 1 (9) | 0 (0) | ns |
| Sepsis, n (%) | 9 (75) | 10 (30) | ns |
| Length of ventilatory support, d | 15 ± 2 | 21 ± 2 | 0.032 |
| Length of intubation, d | 18 ± 2 | 25 ± 2 | 0.011 |
| Length of ICU stay, d | 23 ± 2 | 30 ± 2 | 0.032 |

P/F ↑
人工呼吸期間 ↓
ICU滞在期間 ↓
ただし生命予後は
改善しない

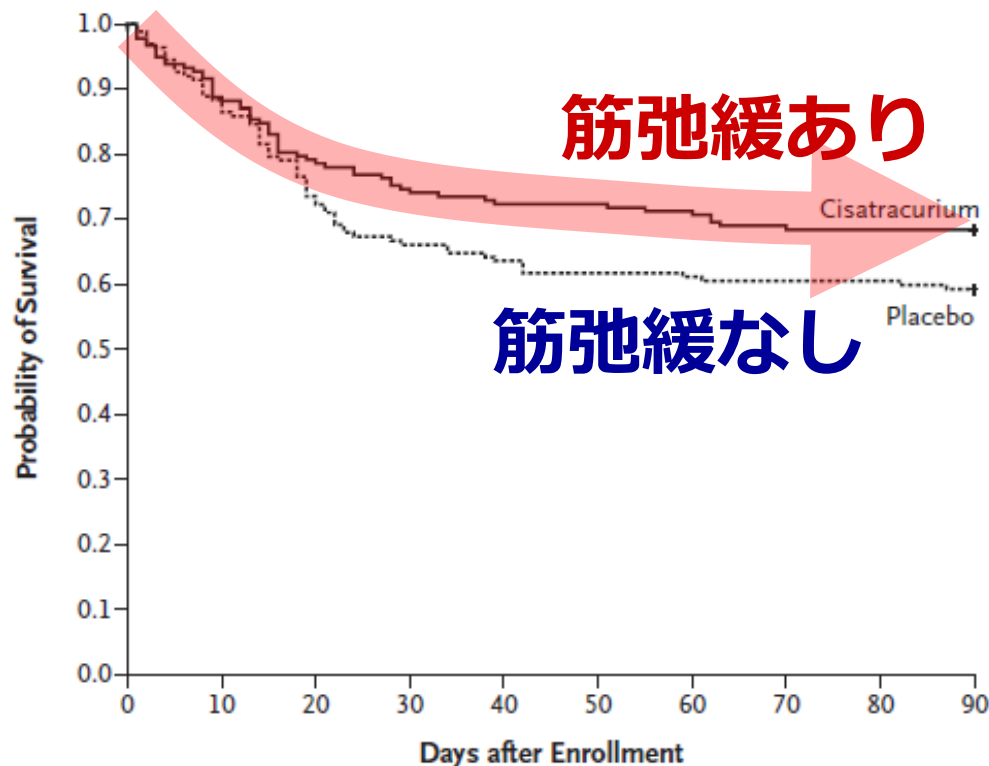


自発呼吸温存 のデメリット

重症例では自発呼吸温存
しないほうが

生命予後が良い

(P/F<150)



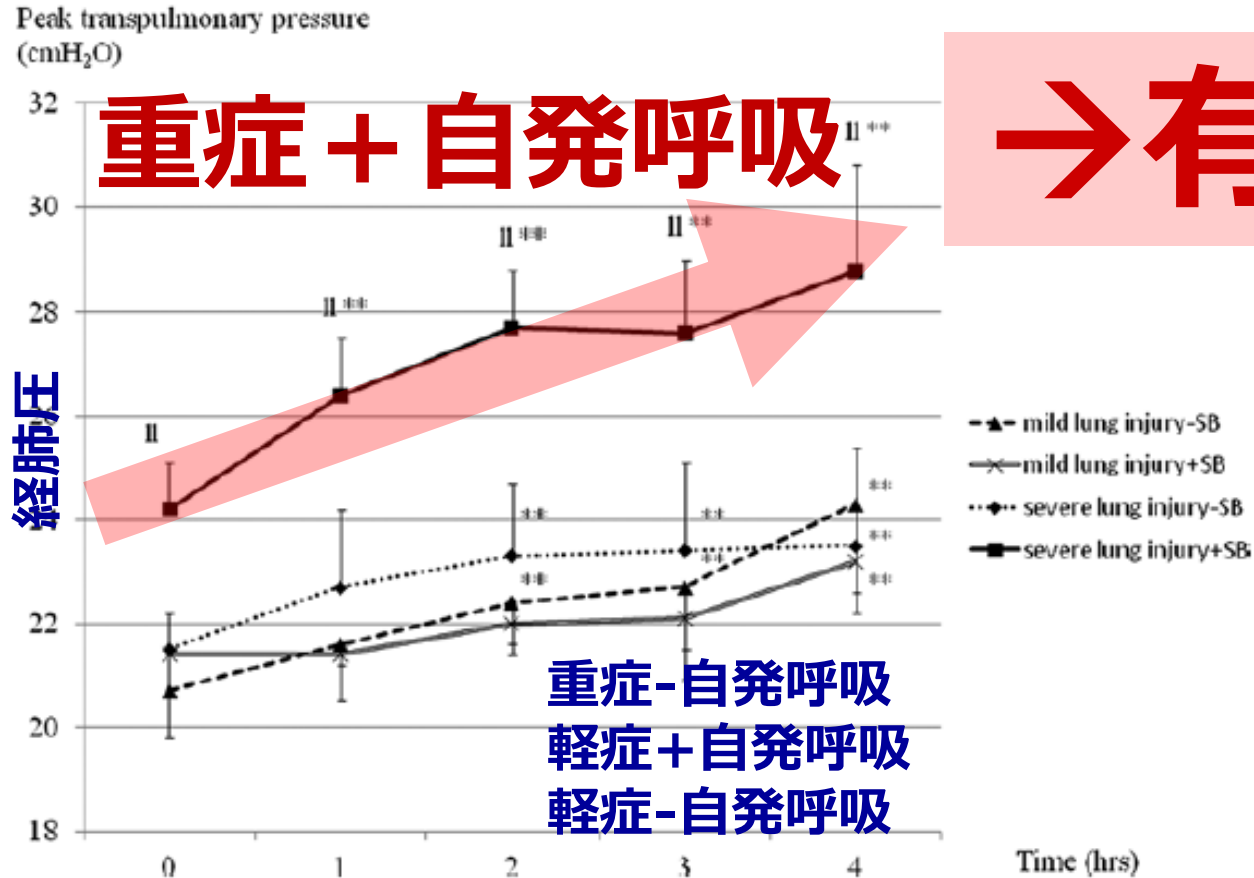
90日死亡率 **-32%**

28d-VFD **11** vs 9日

90d-VFD **53** vs 45日

気胸 **4** vs 12%

結果は重症度で異なる

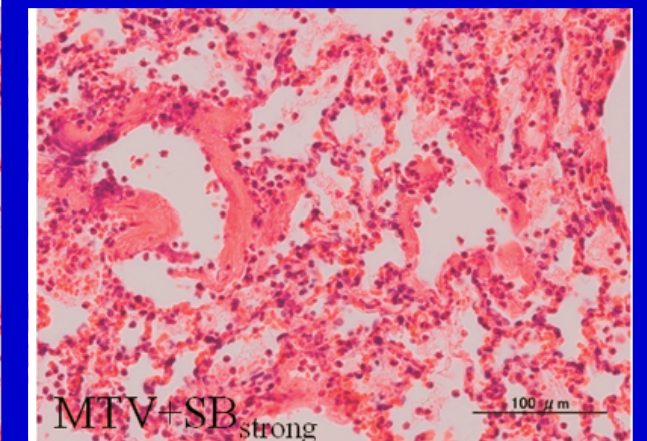
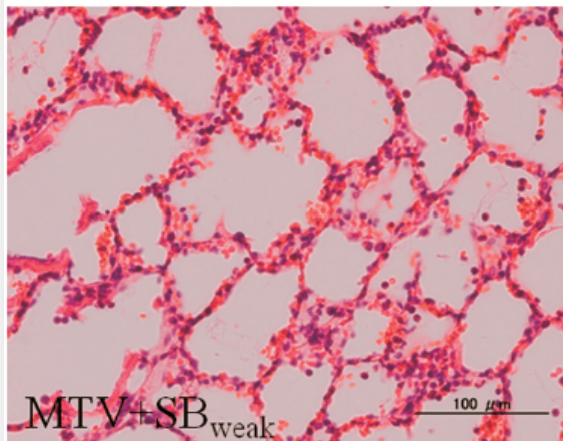
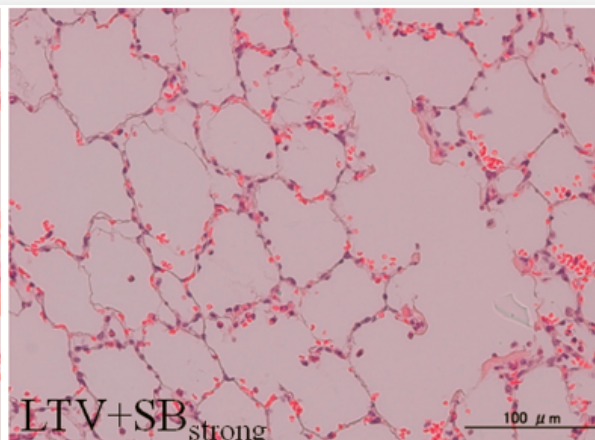
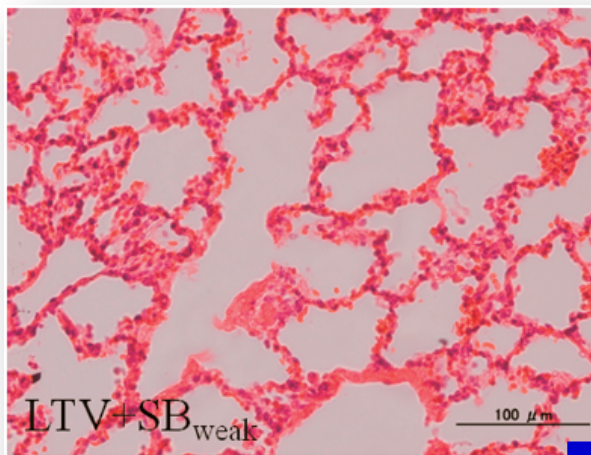


軽症なら自発呼吸
残しても良いかも

強い自発呼吸は有害

自発呼吸 弱

強



低一回換気を守らず
自発呼吸をすると
もっとも肺傷害強い

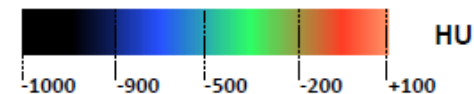
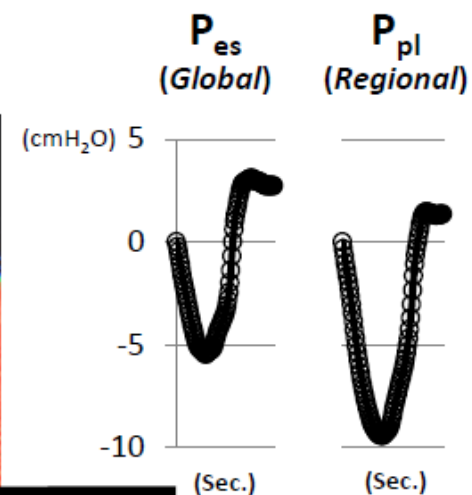
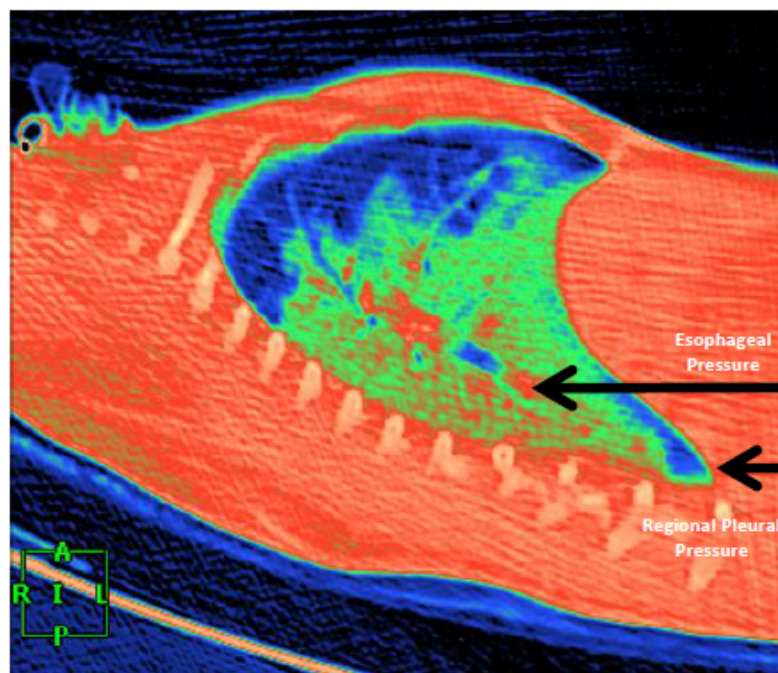
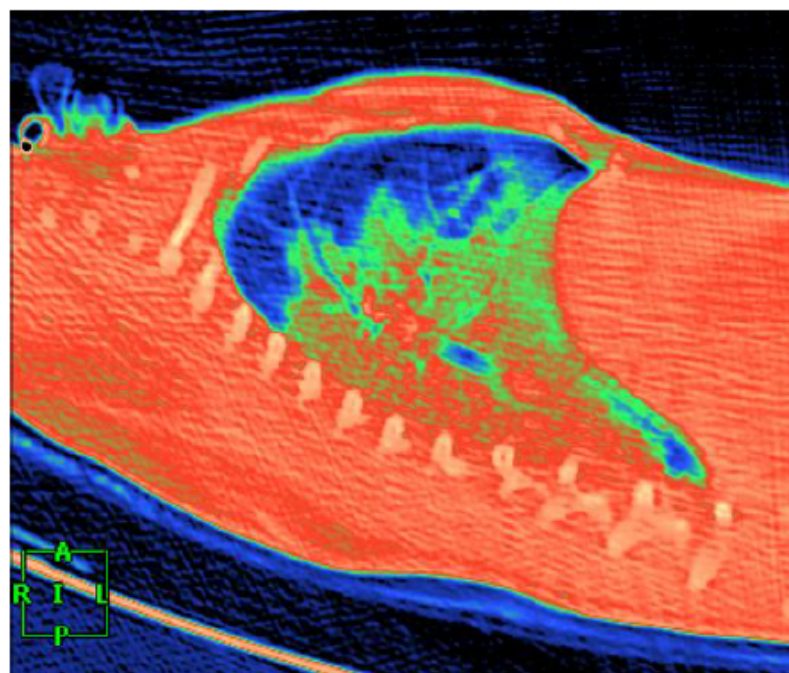
低用量TV

中用量TV

自発呼吸による 胸腔内圧の不均一性

自発呼吸あり
呼気終末

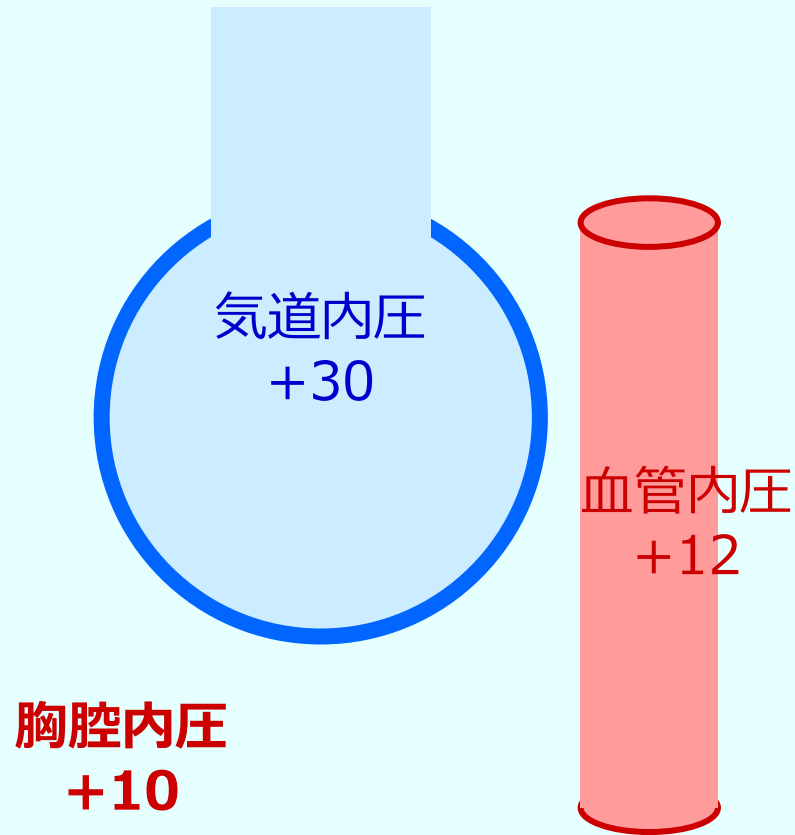
自発呼吸あり
吸気終末



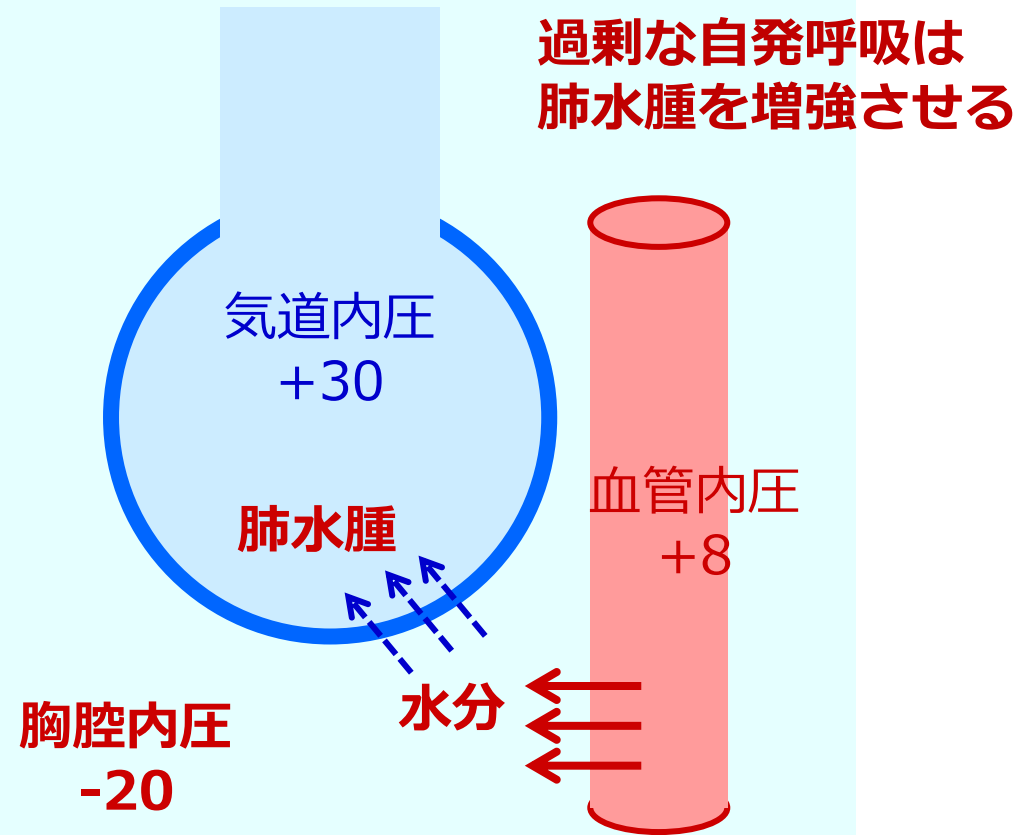
経肺圧が良くても
肺の全部位が良いとは言えない

経血管壁圧 (Transvascular pressure)

自発呼吸なし

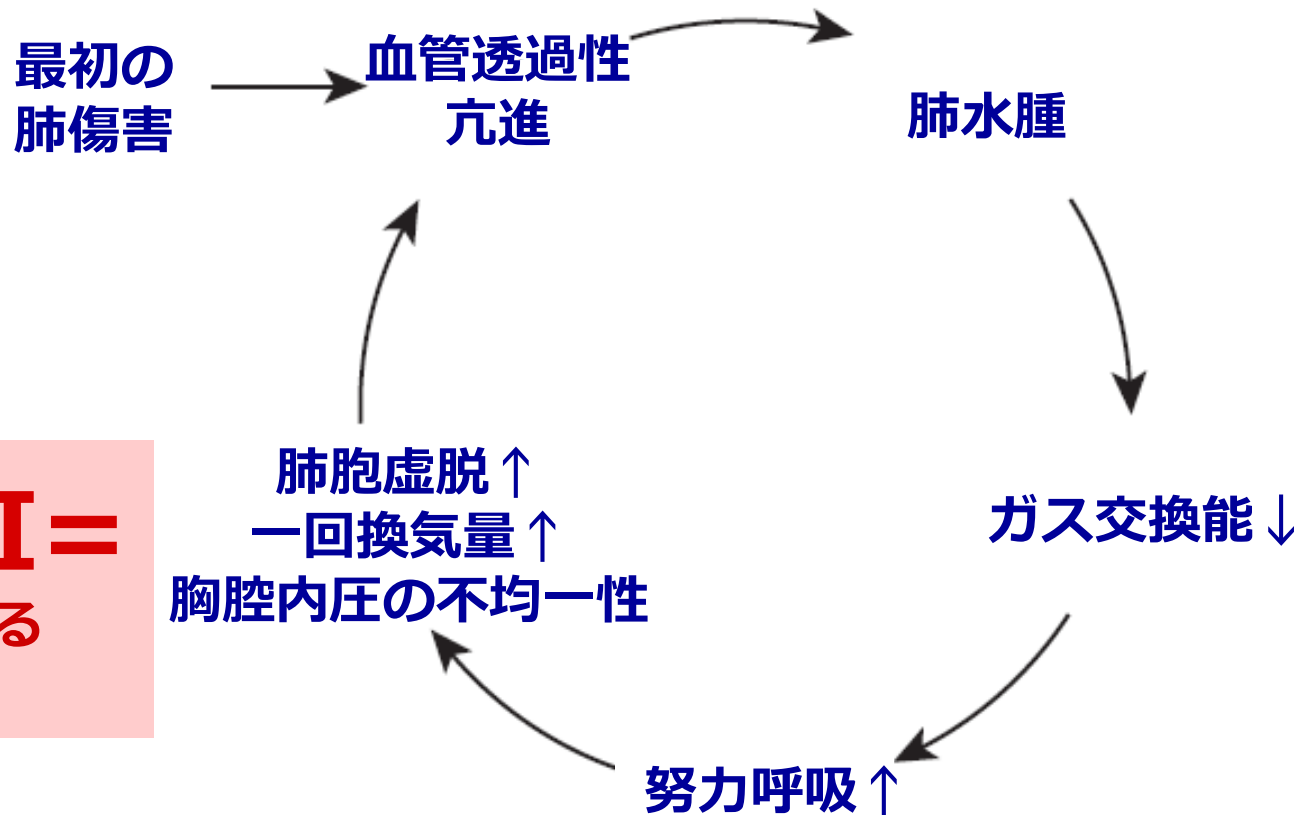


自発呼吸あり



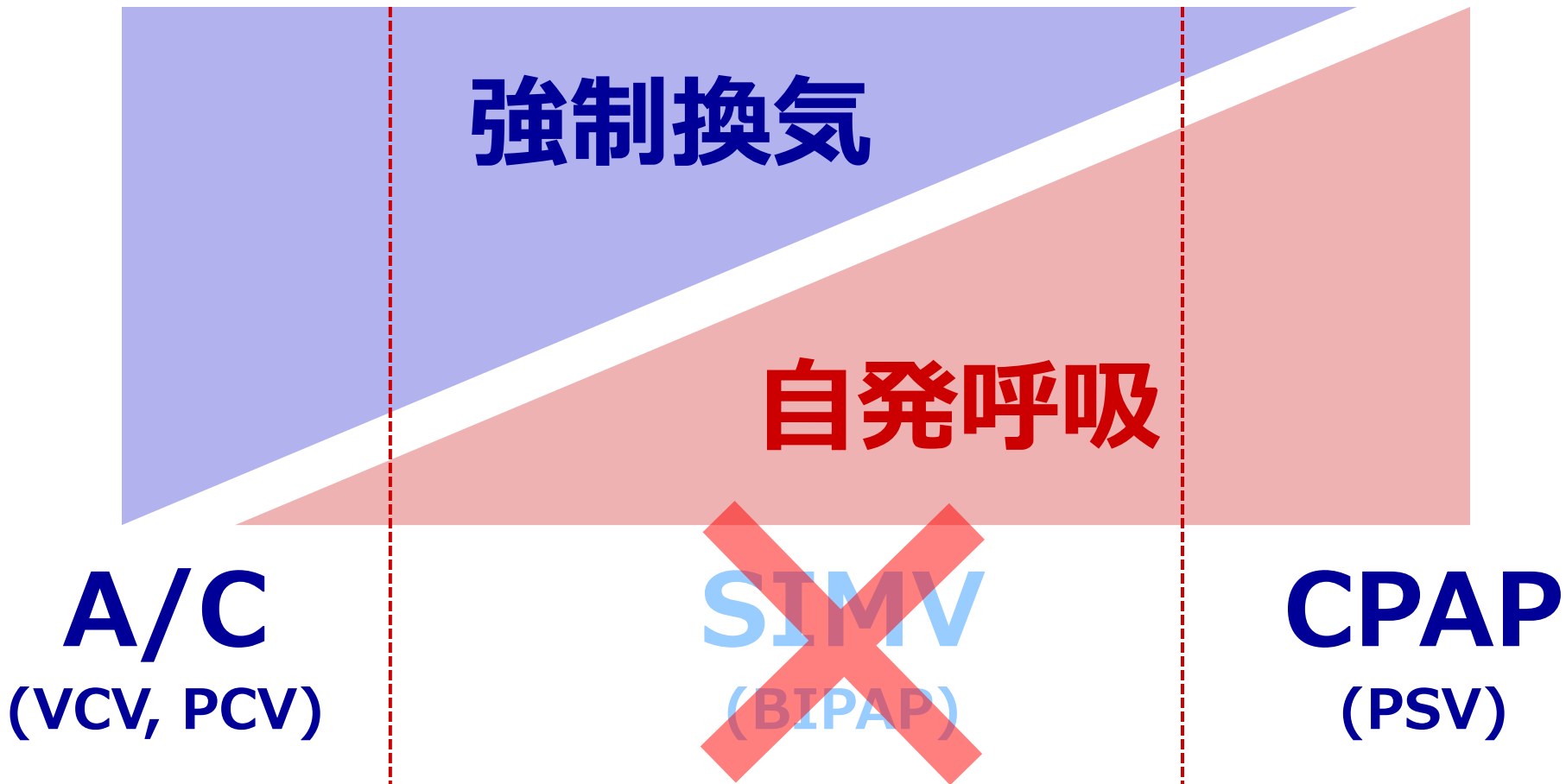
P-SILIとは?

Patient self-inflicted lung injury



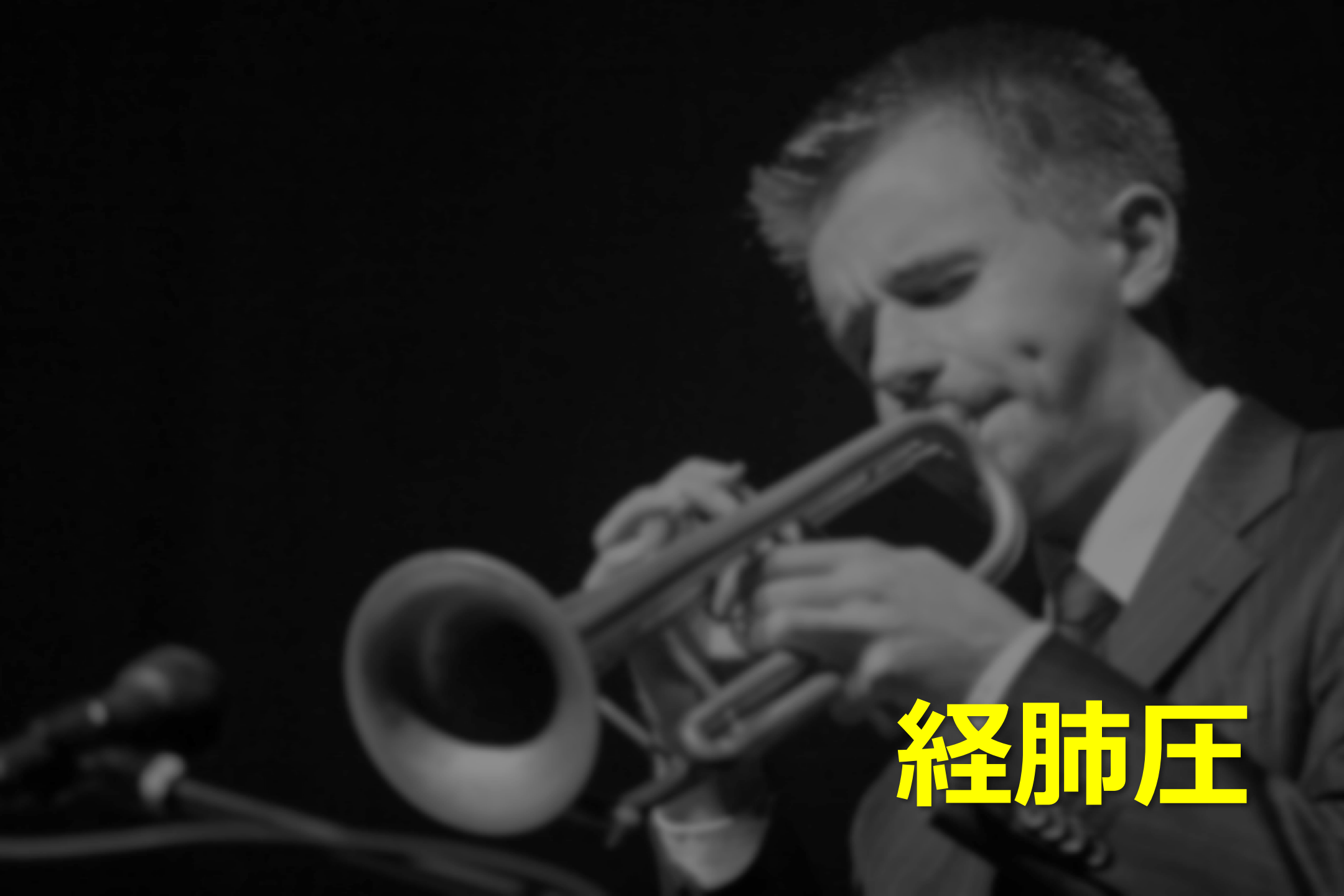
P-SILI =
自発呼吸による
肺傷害

呼吸仕事量軽減が重要



※**SIMVの使用は推奨されない**

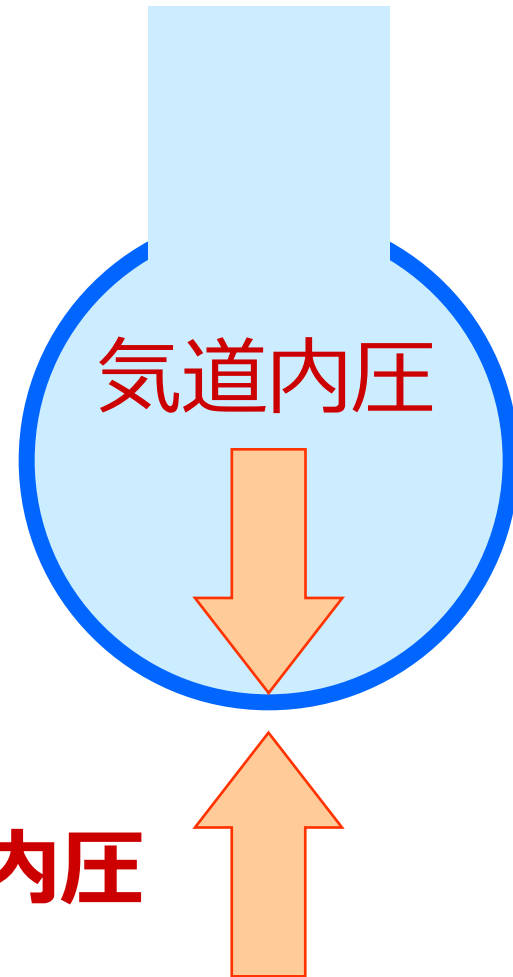
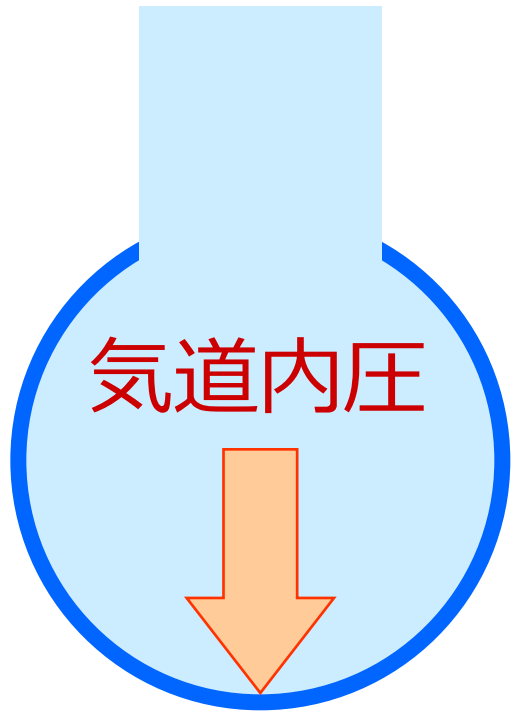
(強制換気と自発呼吸がランダムに発生する結果
患者の呼吸仕事量がむしろ増加するリスク)



経肺圧

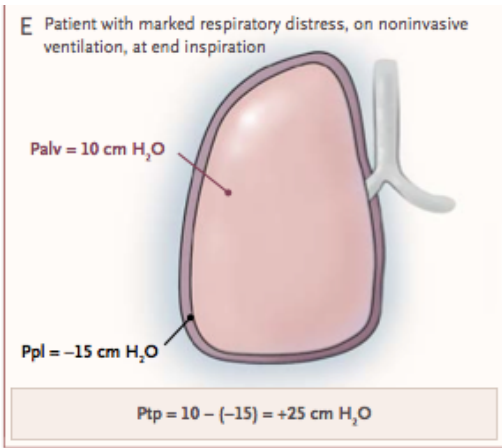
肺胞にかかる圧 \neq 気道内圧

肺胞



経肺圧

(Transpulmonary Pressure: TPP)



気道内圧 - 胸腔内圧 = 経肺圧

正常

0

-8

+8

ARDS

30

25

+5

トランペット奏者

150

140

+10

強い吸気努力

15

-15

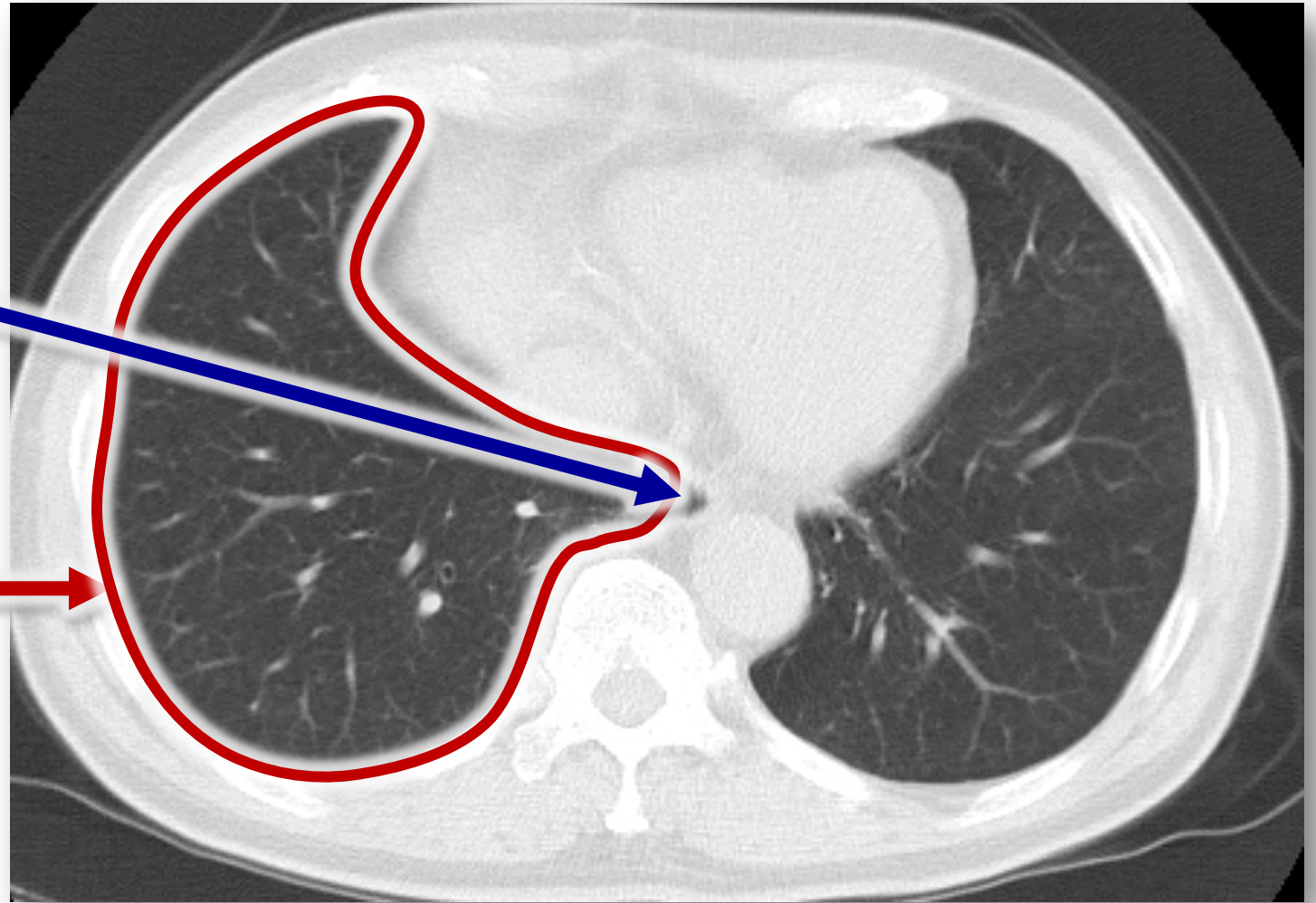
+30

経肺圧 > 30 cmH₂O → 危険

食道内压 \div 胸腔内压

食道

胸腔



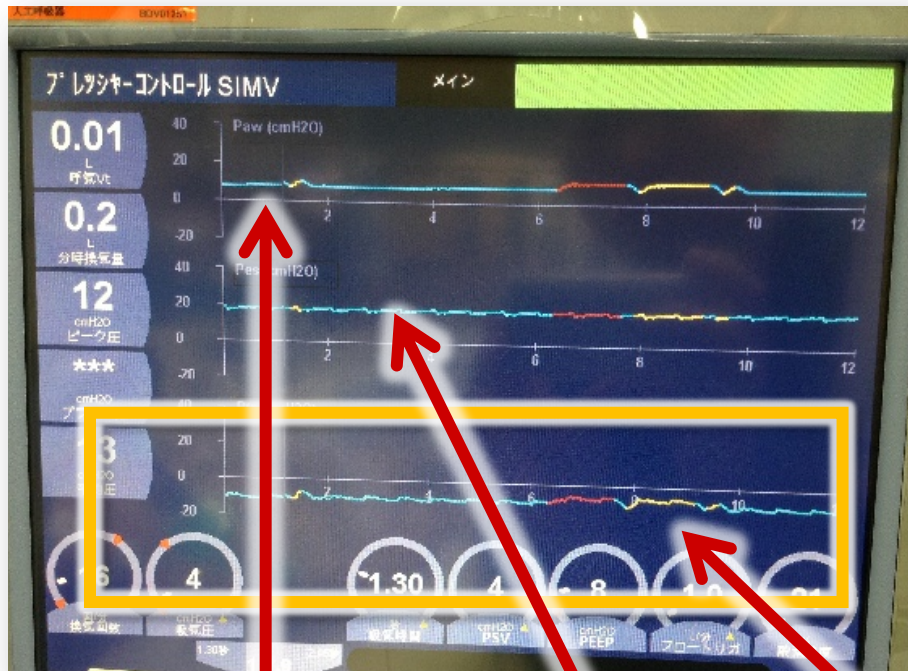
経肺圧モニタリング



適正PEEPの設定

PEEP 8

PEEP 20



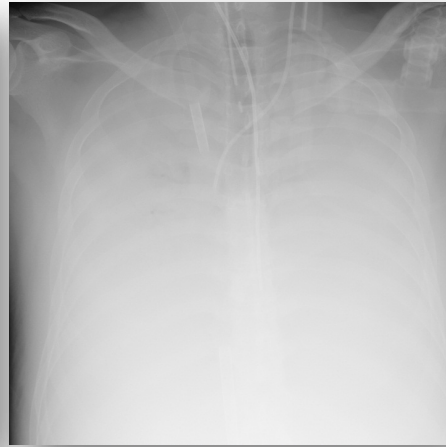
気道内圧 - 食道内圧 = 経肺圧

適正PEEP

体位・病期で適正PEEPは**変化**



入院時
PEEP 20
TV 500



White-out
PEEP 20
TV 150



BF吸痰
PEEP 18
TV 250

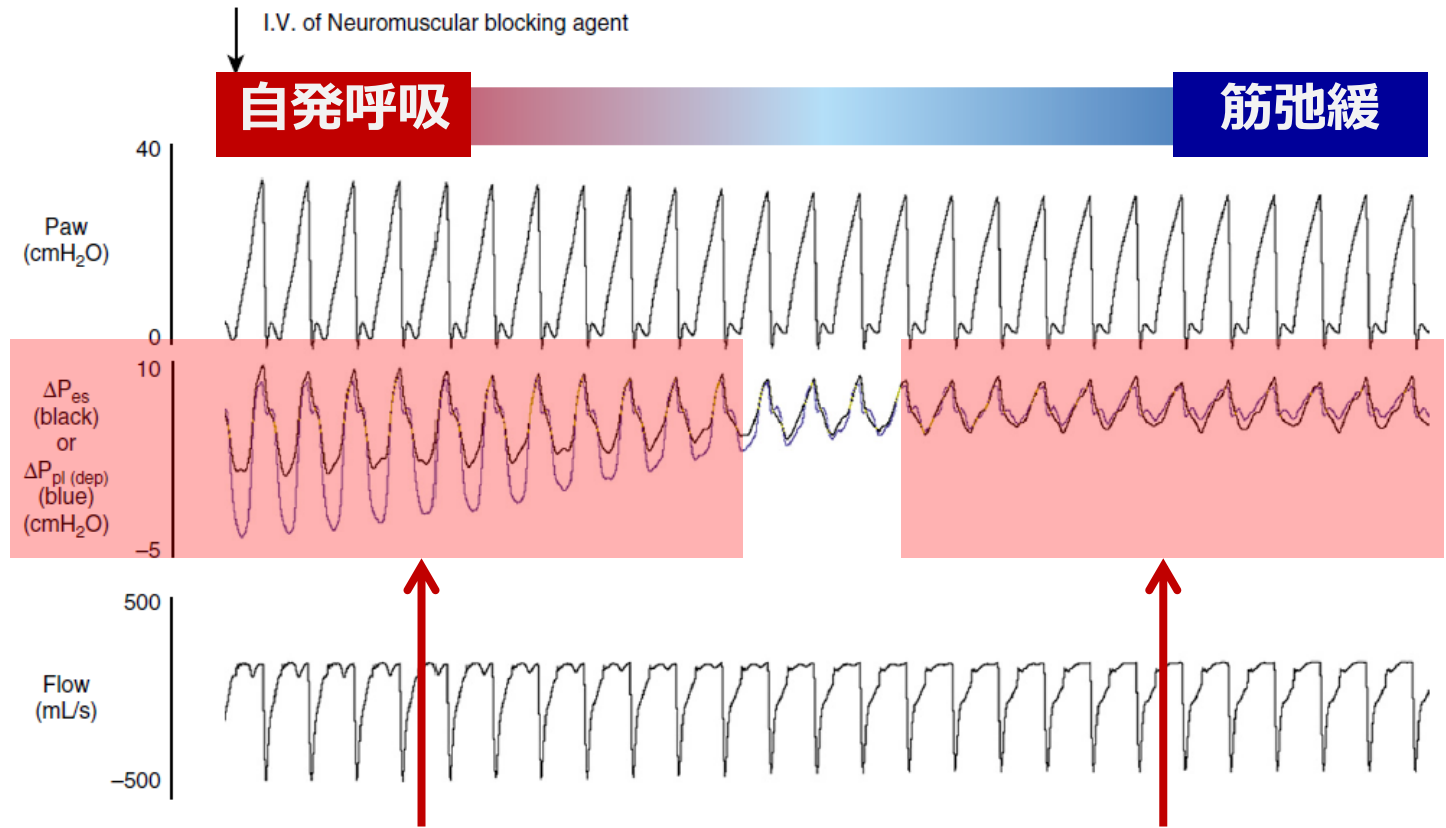


側臥位
PEEP 12
TV 250



ECMO離脱
PEEP 16
TV 350

自発呼吸を すると **病変部に強いストレス**



**病変部の経肺圧が
とくに大きい**

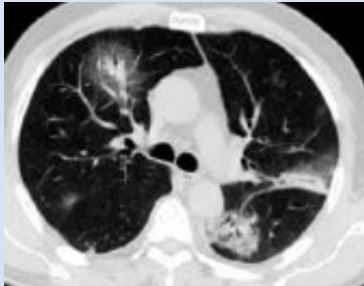
**経肺圧の絶対値も
較差も減る**

A grayscale electron micrograph showing several spherical virus particles with a distinct outer shell and a darker core, characteristic of coronaviruses. The particles are scattered across the frame, with some appearing more sharply than others.

COVID-19における 人工呼吸管理

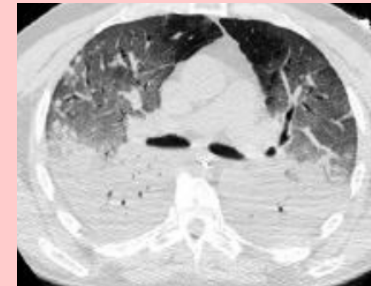
COVID-19フェノタイプ

Type L



- ↓ 弾性抵抗 (やわらかい)
- ↓ 換気血流比 = 低酸素血症
- ↓ 肺重量
- ↓ リクルート可能領域

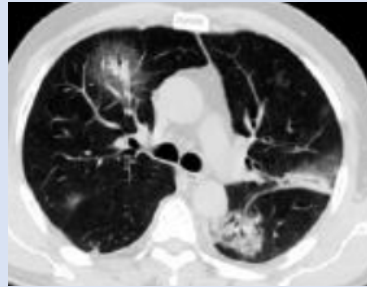
Type H



- ↑ 弾性抵抗 (かたい)
- ↑ シャント = 低酸素血症
- ↑ 肺重量
- ↑ リクルート可能領域

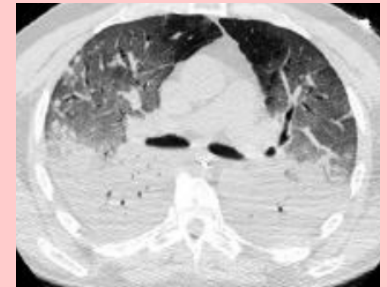
フェノタイプ^oに応じた管理法

Type L



- 低酸素血症・努力呼吸が主体
- P-SILI回避重要
(CPAP/PSV/NPPV/HFNC
→不適)
- 早めの気管挿管
- 高PEEP不要 (5-10 cmH₂O)
- 駆動圧 <15 cmH₂O目標

Type H



- 従来の重症ARDSと同様の管理
- 高PEEP必要 (>10 cmH₂O)
- 腹臥位も有効かも
- P-SILI回避・駆動圧制限は
type Lと同様

本解説のまとめ

1. 重症例ではより厳密な肺保護換気が重要
2. 自発呼吸が有害になるリスク
3. COVID-19発症早期 (Type L) の呼吸管理はARDSと異なる