

レクチャーノート

2024年6月5日（水）

救急・集中治療科

井上 茂亮



講義内容

- 呼吸療法
 - NPPV
 - Nasal high flow oxygen therapy
- 人工呼吸器の基本

NPPV（非侵襲的陽圧換氣）



Nasal high flow oxygen

高流量（30-60L/分）で
高濃度酸素投与が可能な鼻カニューラ



呼吸療法・人工呼吸器の目的

◆酸素化の改善



◆換気の改善

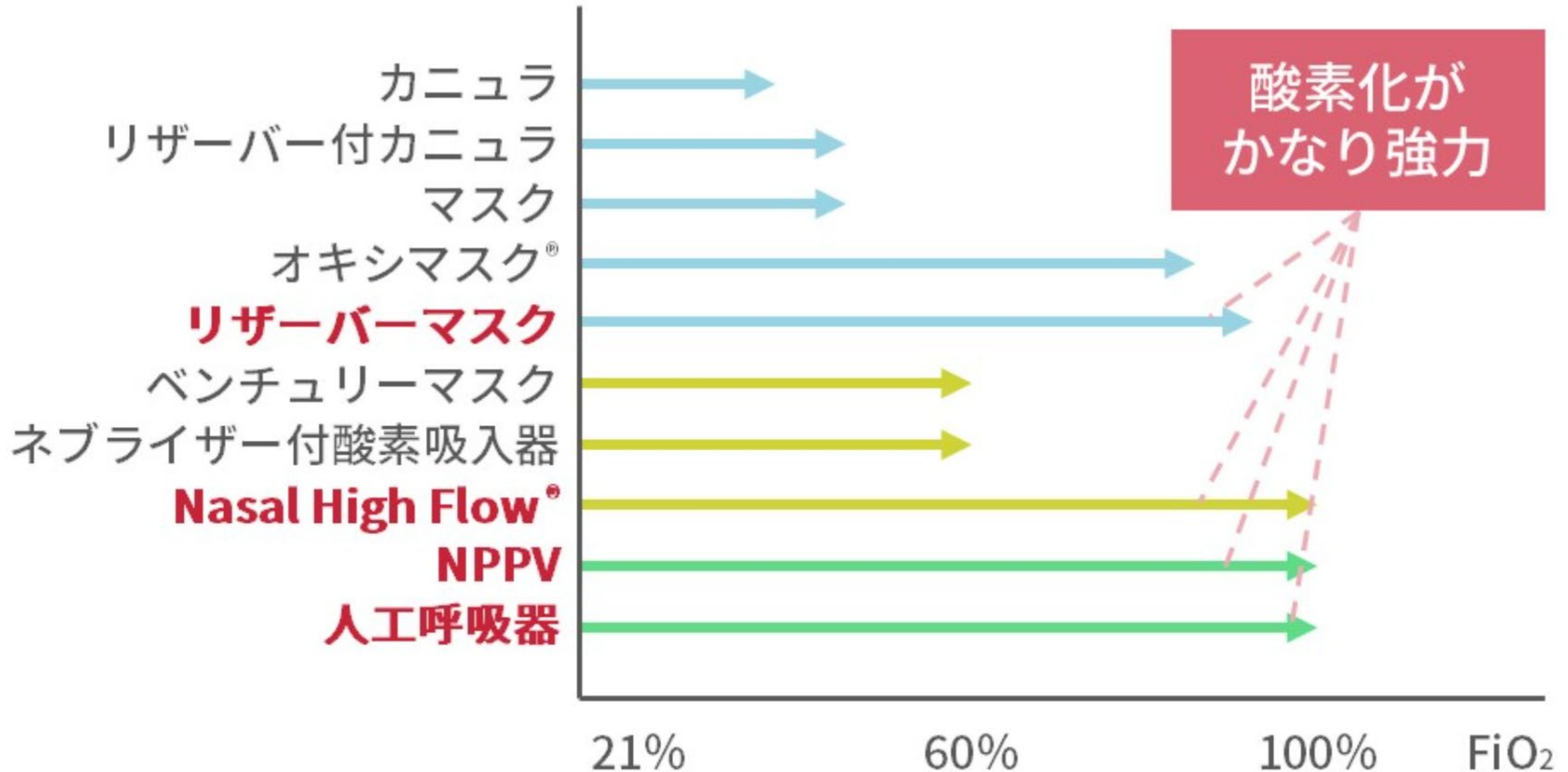


◆呼吸仕事量の軽減

◆気道確保(挿管時)

酸素化と換気を分けて考える

とにかく酸素化したいとき



各呼吸療法・人工呼吸器の特徴

			CO ₂ を吐かせる	酸素の供給力
肺炎 (軽度)	リザーバーマスク	一般病棟でも扱いやすい 他に比べると威力は落ちる	不可能	弱 ↓ 強
	Nasal High Flow [®]	口が開くので飲食ができる QOLが高い	不可能	
心不全	NPPV	急性心不全にはいい適応 DNARで挿管を望まないひと	可能	
意識障害 ARDS	人工呼吸器	一番強力	可能	

人工呼吸器の基本

人工呼吸器の基本①

～酸素化～

酸素化を改善する方法

① FiO_2 を上げる

…P/F比を用いて評価する。

② PEEPを上げる

…ARDS Networkの換算表を用いる。

P/F比 = PaO₂ ÷ FiO₂

P/F比を用いることで酸素濃度に合わせて評価ができる。

健常人	…400以上
軽症ARDS	…300以下
中等症ARDS	…200以下
重症ARDS	…100以下

	酸素流量L/min	FiO ₂
鼻カヌー	1	0.24
	2	0.28
	3	0.32
	4	0.36
	5	0.4
	6	0.44
酸素マスク	5~6	0.4
	6~7	0.5
	7~8	0.6
リザーバー付きマスク	6	0.6
	7	0.7
	8	0.8
	9	0.8以上
	10	0.8以上

酸素化の目標

PaO₂ : 70mmHg になるようにFiO₂を設定する。

目標のPaO₂にするためのFiO₂が計算できる！

$$P/F\text{比} = PaO_2 \div FiO_2 \quad \rightarrow \quad FiO_2 = PaO_2 \div P/F\text{比}$$

リザーバーマスク L/min

FiO₂ 0.7

PaO₂ 150torr

$$\begin{aligned} P/F\text{比} & 150 \div 0.7 = 214 \\ 70 \div 214 & = \mathbf{0.33} \end{aligned}$$

$$P/F\text{比} = PaO_2 \div FiO_2$$

P/F比を用いることで酸素濃度に合わせて評価ができる。

健常人	…400以上
軽症ARDS	…300以下
中等症ARDS	…200以下
重症ARDS	…100以下

	酸素流量L/min	FiO ₂
鼻カヌー	1	0.24
	2	0.28
	3	0.32
	4	0.36
	5	0.4
	6	0.44
酸素マスク	5~6	0.4
	6~7	0.5
	7~8	0.6
リザーバー付きマスク	6	0.6
	7	0.7
	8	0.8
	9	0.8以上
	10	0.8以上

酸素化を改善する方法

① FiO_2 を上げる

…P/F比を用いて評価する。

② PEEPを上げる

…ARDS Networkの換算表を用いる。

PEEPの設定しかた

PEEPを上げると圧で潰れた肺胞が開く。

ARDS Networkの換算表

FiO ₂	PEEP (cmH ₂ O)
0.3	5
0.4	5~8
0.5	8~10
0.6	10
0.7	10~14
0.8	14
0.9	14~18
1.0	18~24

急性呼吸不全
全般で使える。

適切なPEEPで
FiO₂を下げる。

人工呼吸器の基本②

～換気～

人工呼吸器の目的

- ◆酸素化の改善
- ◆換気の改善
- ◆呼吸仕事量の軽減
- ◆気道確保(挿管時)

換気を改善する方法

換気 = 血中のCO₂を出すこと = $\text{PaCO}_2 \div \text{分時換気量}$

$$= 1\text{回換気量} \times \text{呼吸数}$$

① PaCO_2 を下げたい… 1回換気量 ↑、呼吸数 ↑

② PaCO_2 を上げたい… 1回換気量 ↓、呼吸数 ↓

体格(8~10cc/kg)、
病態で決まるため
コントロールできる幅が少ない

主にこちらで
コントロール

人工呼吸器の基本③

～呼吸仕事量を減らす～

呼吸仕事量が増える原因

①気道抵抗の上昇

人工気道or患者気道。患者気道なら閉塞性肺障害。

②コンプライアンスの低下

肺胞or肺外からの圧迫or胸郭。いずれも拘束性障害。

③呼吸回数増加

疼痛、低酸素血症、発熱、感染、代謝性アシドーシスなど

呼吸仕事量が増える原因

①気道抵抗の上昇

人工気道or患者気道。患者気道なら閉塞性肺障害。

分泌物・液体貯留、気道の狭窄

気管支喘息、COPDなど

②コンプライアンスの低下

肺胞or肺外からの圧迫or胸郭。いずれも拘束性障害。

無気肺、ARDS
肺線維症

気胸、胸水・腹水貯留
腹腔内圧上昇

肋骨・胸骨骨折、疼痛、熱傷、
バストバンドによる圧迫など

③呼吸回数の増加（←交感神経の興奮）

疼痛、低酸素血症、発熱、感染、代謝性アシドーシスなど



これらの原因を除去・治療する

人工呼吸器の基本④

～まとめ～

呼吸器の設定しかた

- ①換気モードを決める。
- ②酸素化・換気設定を決める。
- ③その他はデフォルトでOK。

呼吸器の設定しかた

①換気モードを決める。

…SIMV or CPAP(PS) or CPAP(PA) or CPAP(TC)

②酸素化・換気設定を決める。

…FiO₂、PEEP、1回換気量、呼吸回数

③その他はデフォルトでOK。

…I : E比、アラーム、トリガー感度 etc.

換気モードの設定しかた

- ・SIMV 自発呼吸が足りない人。

…自発呼吸をトリガーに設定回数の強制換気を行う。

- ・CPAP 自発呼吸がある人。

…1回換気量、呼吸回数、吸気時間などは患者さんが決定。

CPAP(PS) …吸気時に圧をかけてサポート。

CPAP(PA) …必要量の%を設定した分だけサポート。

CPAP(TC) …呼吸器の死腔を埋めるだけ。

ガスの目標値

$\text{PaO}_2 > 60 \text{ mmHg}$

$\text{PaCO}_2 < 60 \text{ mmHg}$

$\text{pH} > 7.25$

酸素化、換気の設定しかた

初期設定

その後

	FiO ₂	100%	P/F比確認後、速やかに下げる SpO ₂ 92～94%(PaO ₂ 約70torr)
	PEEP	5～10 cmH ₂ O	FiO ₂ が決まれば、 ARDS Network参照
	1回換気量	8～10 cc/kg	酸塩基平衡を見ながら調節する 調整の目標はPaCO ₂ ではなくpH
	呼吸回数	10～12 回/分	

まとめ

人工呼吸器管理は、
酸素化・換気・呼吸仕事量を正しく評価し、
それぞれに対して対応を行う。

成人ARDS患者において

人工呼吸を実施する際には・・・

- ✓ 一回換気量を6～8mL/kg（予測体重）に設定
することを推奨する（1B）
- ✓ プラトー圧は30 cmH₂O以下となるように設定
することを弱く推奨する（2B）

成人ARDS患者において

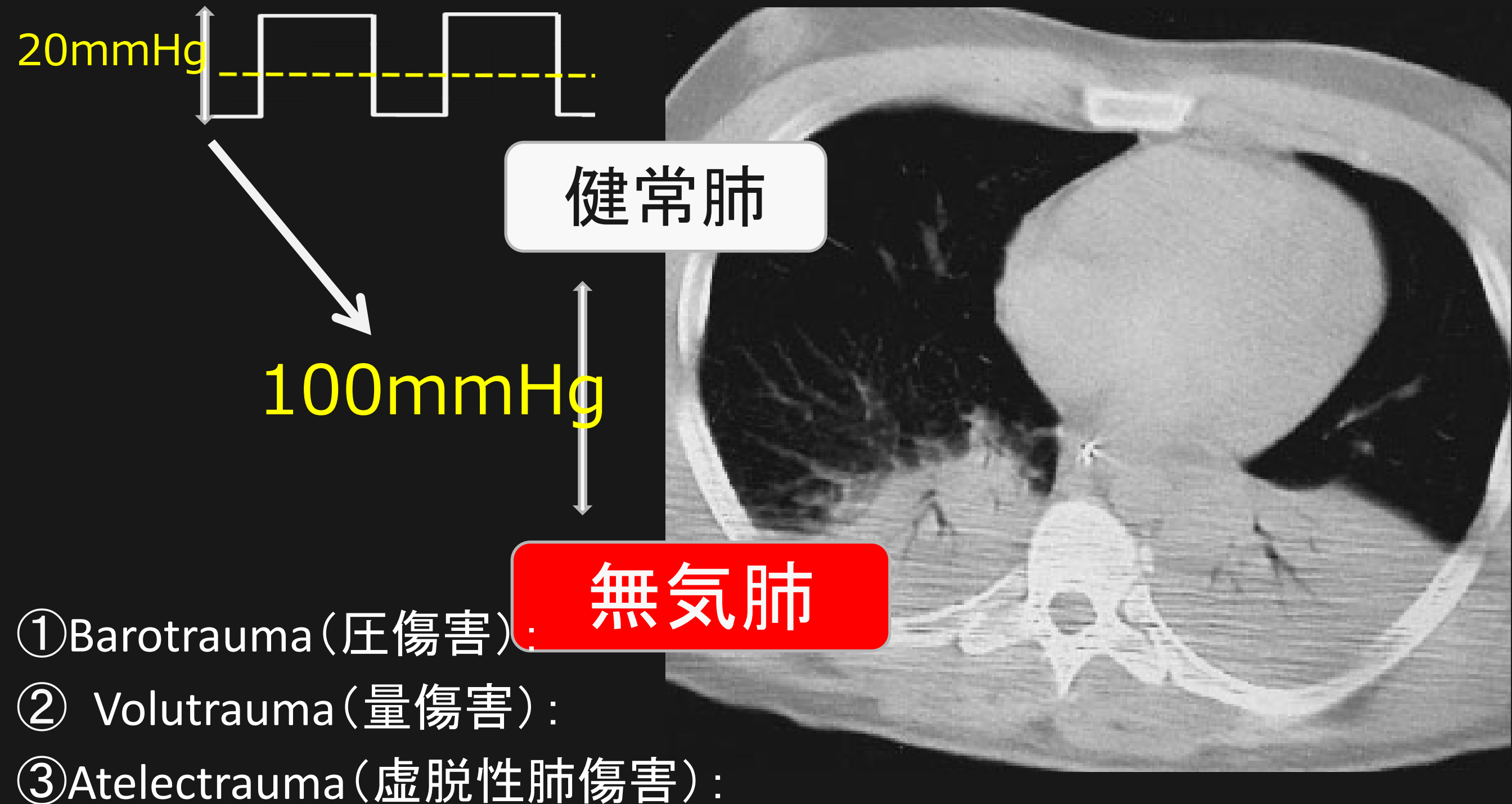
人工呼吸を実施する際には・・・

- ✓ PEEP 値はプラトー圧が30cmH₂O 以下となる範囲内および循環動態に影響を与えない範囲内で設定することを弱く推奨する(2B)
- ✓ 中等度以上のARDS には高めのPEEP を用いることを弱く推奨する(2B)

成人ARDS患者において、日々の水分バランスをどのように維持すればよいか？

- ✓ 成人ARDS患者において、**水分を制限した管理**を行うことを弱く推奨する(2A)

VALI - Ventilator associated Lung Injury

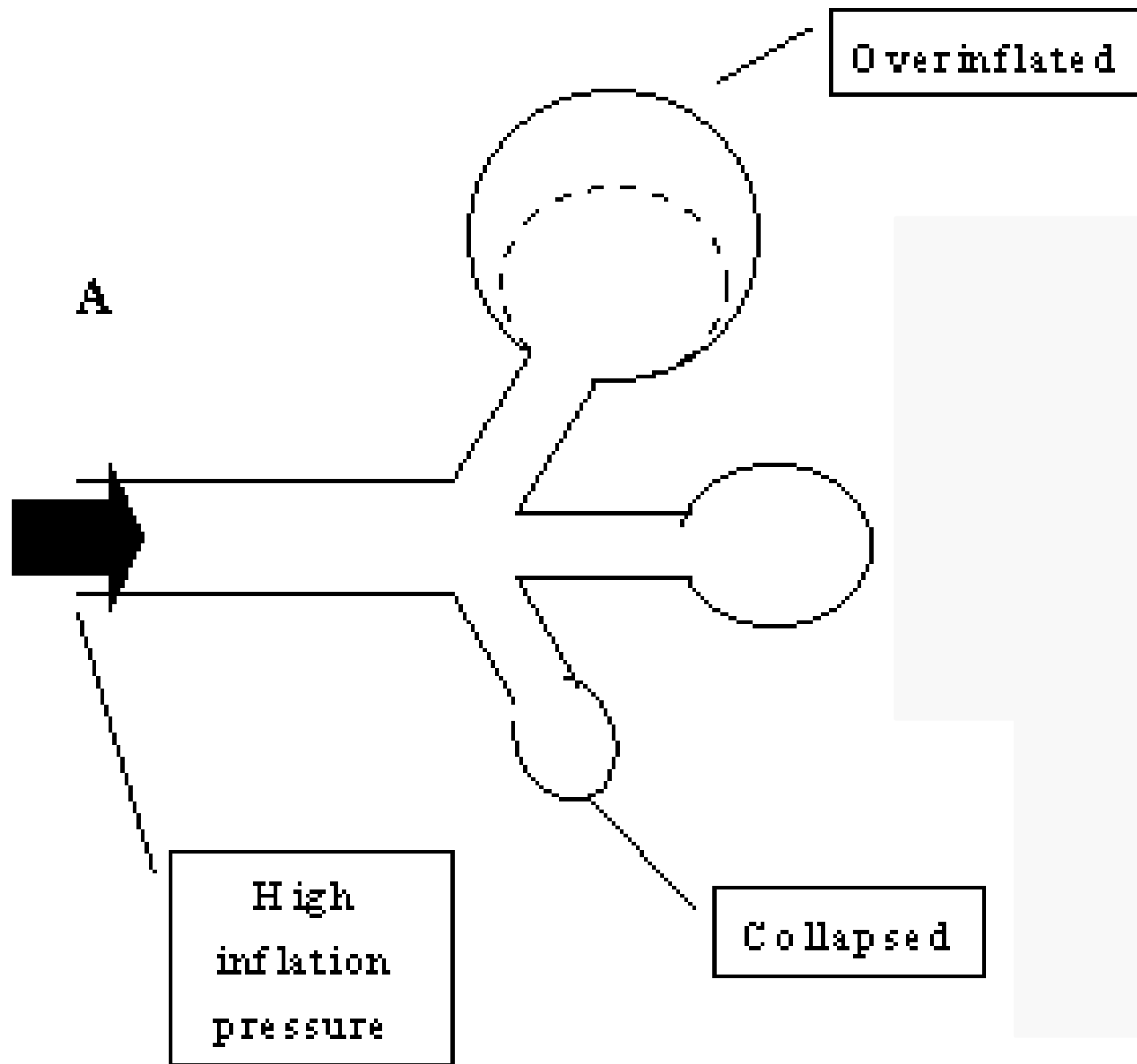


不均一な換気

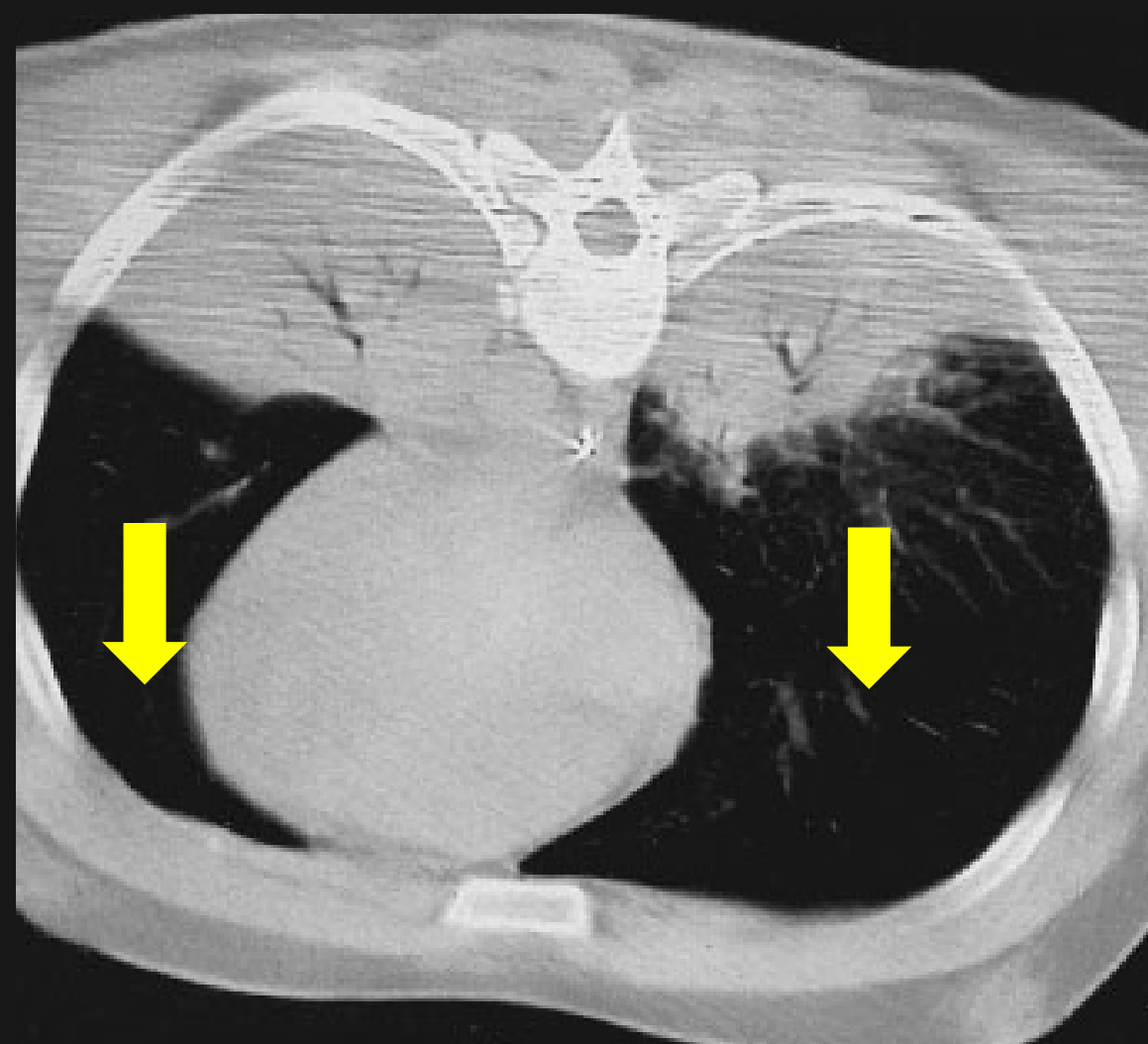
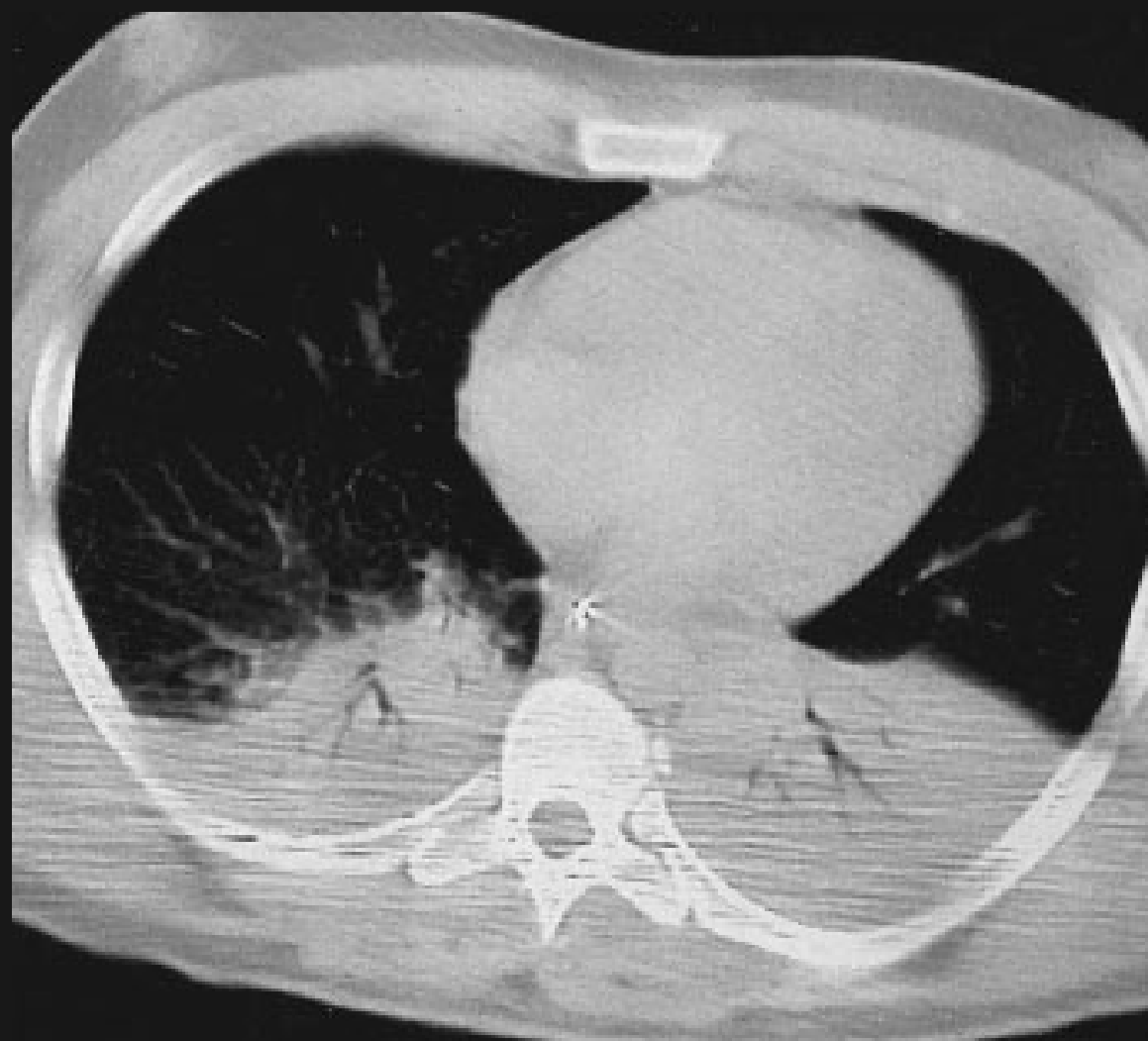
APRV

High
Peep

腹臥位
療法



腹臥位療法 (prone positioning)



無気肺を解除

Prone Positioning in Severe Acute Respiratory Distress Syndrome

Claude Guérin, M.D., Ph.D., Jean Reignier, M.D., Ph.D., Jean-Christophe Richard, M.D., Ph.D., Pascal Beuret, M.D.,
Arnaud Clec'h, M.D., Thierry Boulain, M.D., Emmanuelle Mercier, M.D., Michel Badier, M.D.

対象 重症度の高いARDS患者 (P/F比<150)

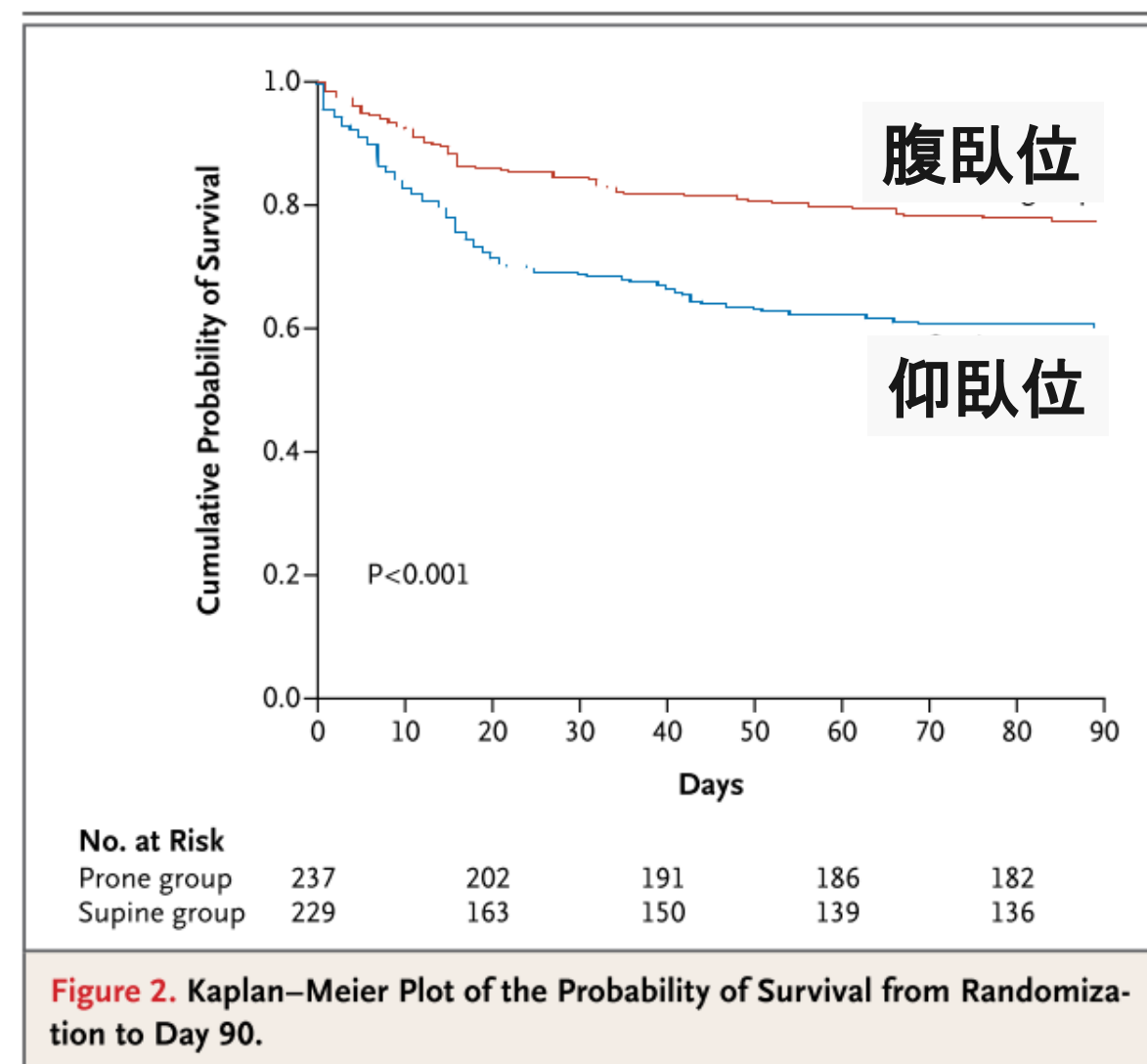
介入 腹臥位 16時間/日 (n=237) vs 仰臥位 24時間/日 (n=229)

28日死亡率 (p<0.001)

16% (腹臥位) vs 33% (仰臥位)

90日死亡率 (p<0.001)

24% (腹臥位) vs 41% (仰臥位)



成人ARDS患者において、 腹臥位管理を行うべきか

推 奨

成人 ARDS 患者（特に中等症・重症例）において、腹臥位管理を施行することを提案する

（GRADE 2C、推奨の強さ「弱い推奨」/エビデンスの確信性「低」）

付帯事項

実施には複数名の熟練したスタッフが必要である。十分なスタッフが確保できる時間帯のみの短時間の腹臥位管理では、十分な効果が得られない可能性があり、実施に際しては自施設の実情を確認する必要がある。