



VetAgro Sup
Campus Vétérinaire
de Lyon

Siamu

非心原性肺水腫の 人工呼吸管理

Dr Céline Pouzot-Nevoret
DECVECC
Head of the ICU (SIAMU)
Lyon, France

JaVECCS
2025 TOKYO

概要



- 非心原性肺水腫 (NCPE) の概要
- NCPE患者における人工呼吸管理の特異性
 - 人工呼吸器の初期設定
 - モニタリング
 - 看護ケア
 - 合併症

非心原性肺水腫

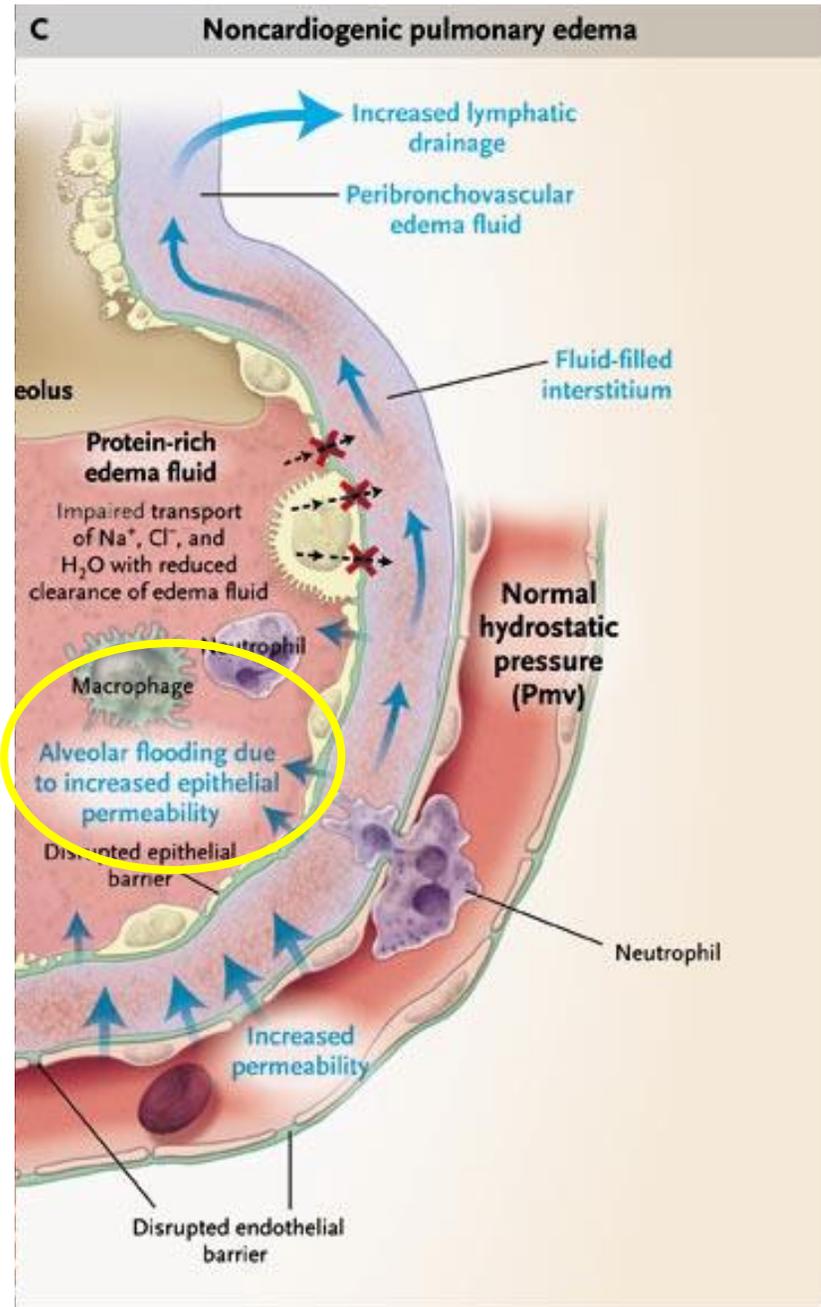


- 肺の血管外スペースへの液体の病的な蓄積であり、**左心圧の上昇と関連しないもの**
- **原因は様々**
 - 上気道閉塞
 - 感電 – 溺水 – 煙/毒物の吸引
 - 神経原性
 - 輸血
 - 急性呼吸窮迫症候群 (ARDS)

TABLE 1. Summary of Dogs and Cats with Noncardiogenic Pulmonary Edema Included in the Study

	Dog	Cat
Postobstructive pulmonary edema	23	—
Tracheal collapse	10	—
Laryngeal paralysis	7	—
Brachycephalic airway obstructive syndrome	3	—
Strangulation	2	—
Direct lung injury	8	5
Fire smoke exposure	4	2
Toxin inhalation	4	3
Neurogenic edema	10	2
Seizures	9	1
Electrocution	1	1
Systemic disease	4	2
Neoplasia	2	1
Uremic syndrome	2	—
Pancreatitis	—	1
Near drowning	3	—
Blood transfusion	1	1
Anaphylaxis	—	1



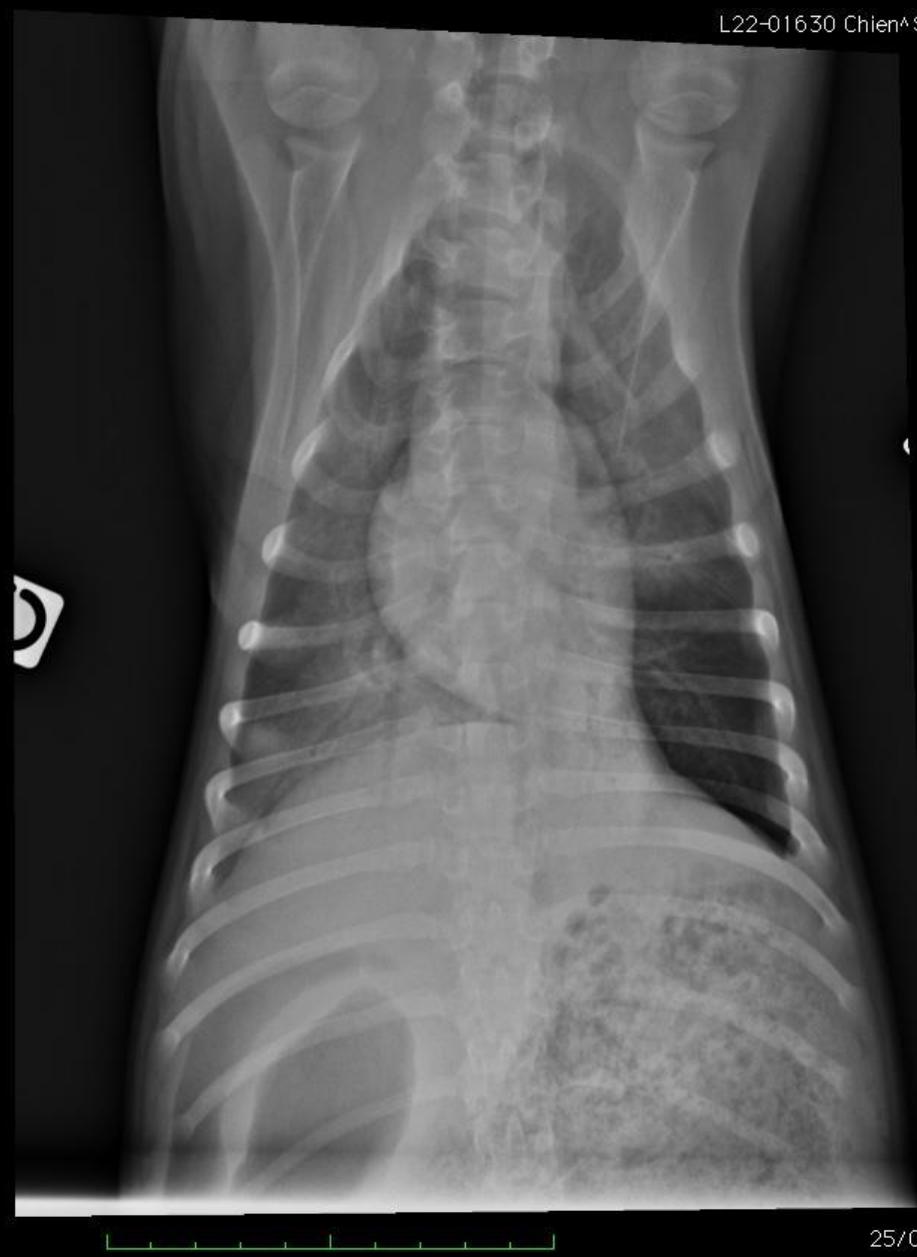
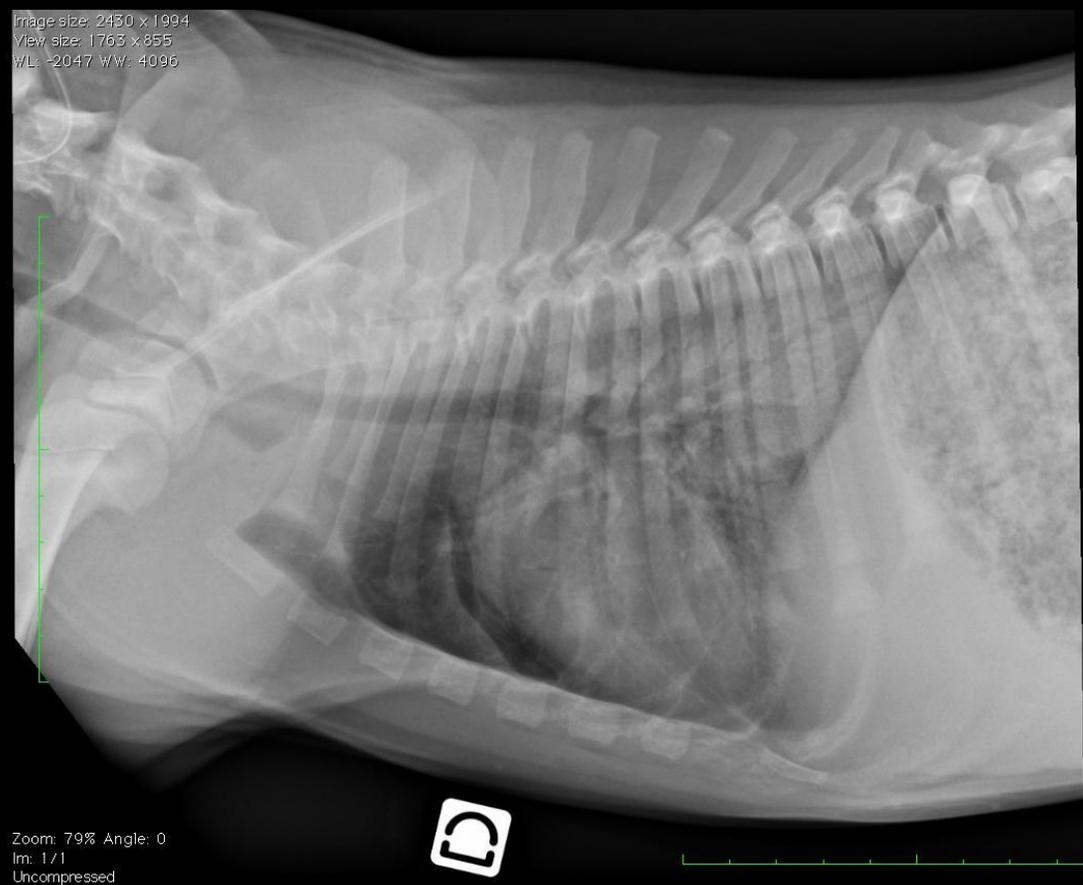


NCPEの機序

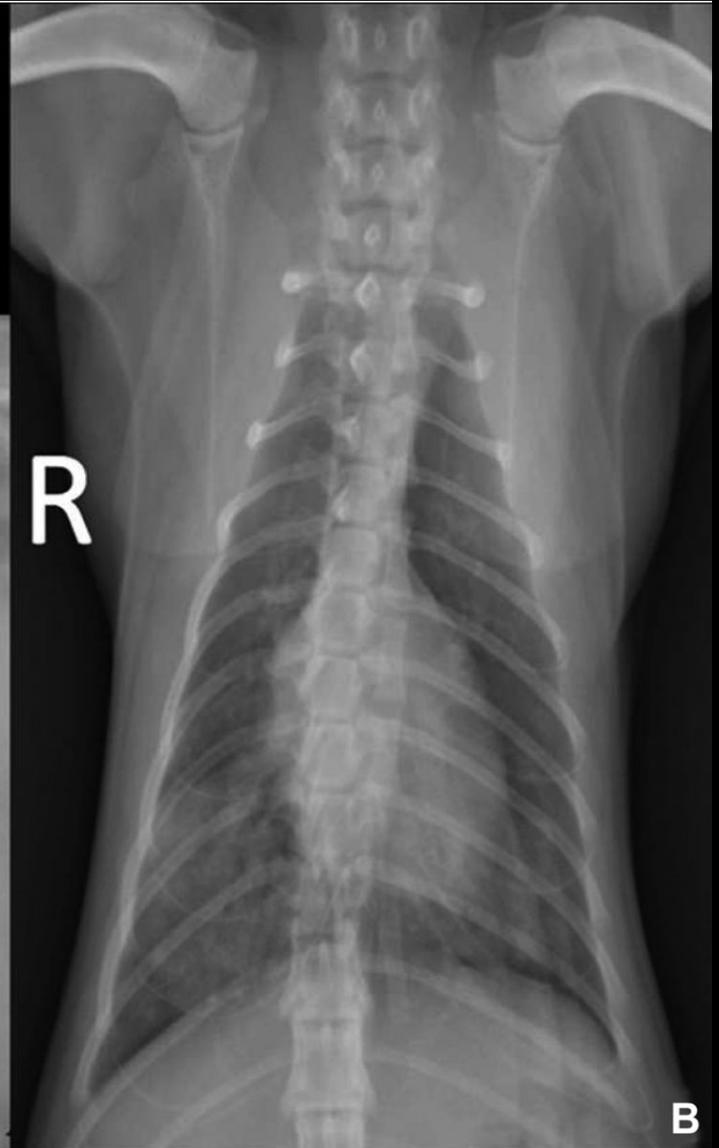
- 胸腔内陰圧の上昇
- 血管透過性の亢進
- 呼吸器膜の損傷
- 肺泡毛細血管内の過剰な容量や圧



診断方法



25/02/2022 09:37:10
Made In Horos





Gén
S MB

2022 Fév 24 11:13



AbV

C11



69%

IM

0,4

ITM

0,2

A

B

5,2 °



Gén



0



MB Oui



Double

Page 1/2

非心原性肺水腫



- 治療
 - 原因に応じた治療
 - 酸素療法
- NCPEの人工呼吸管理
 - 情報が乏しい
 - 予後の悪化と関連する可能性
 - 45時間 ~ 6日

人工呼吸管理



- 呼吸窮迫を伴う患者において重要な処置
- 侵襲的な呼吸補助
- **陽圧換気**
- 呼吸仕事量の一部または全てを代替

適応



- 酸素療法に反応しない**低酸素**
 - $\text{FiO}_2 > 60\%$ に対して $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mm Hg}$
- **高炭酸ガス血症**
 - $\text{PaCO}_2 > 60 \text{ mm Hg}$
- 呼吸疲労/呼吸停止のリスクを伴う**呼吸仕事量の増加**

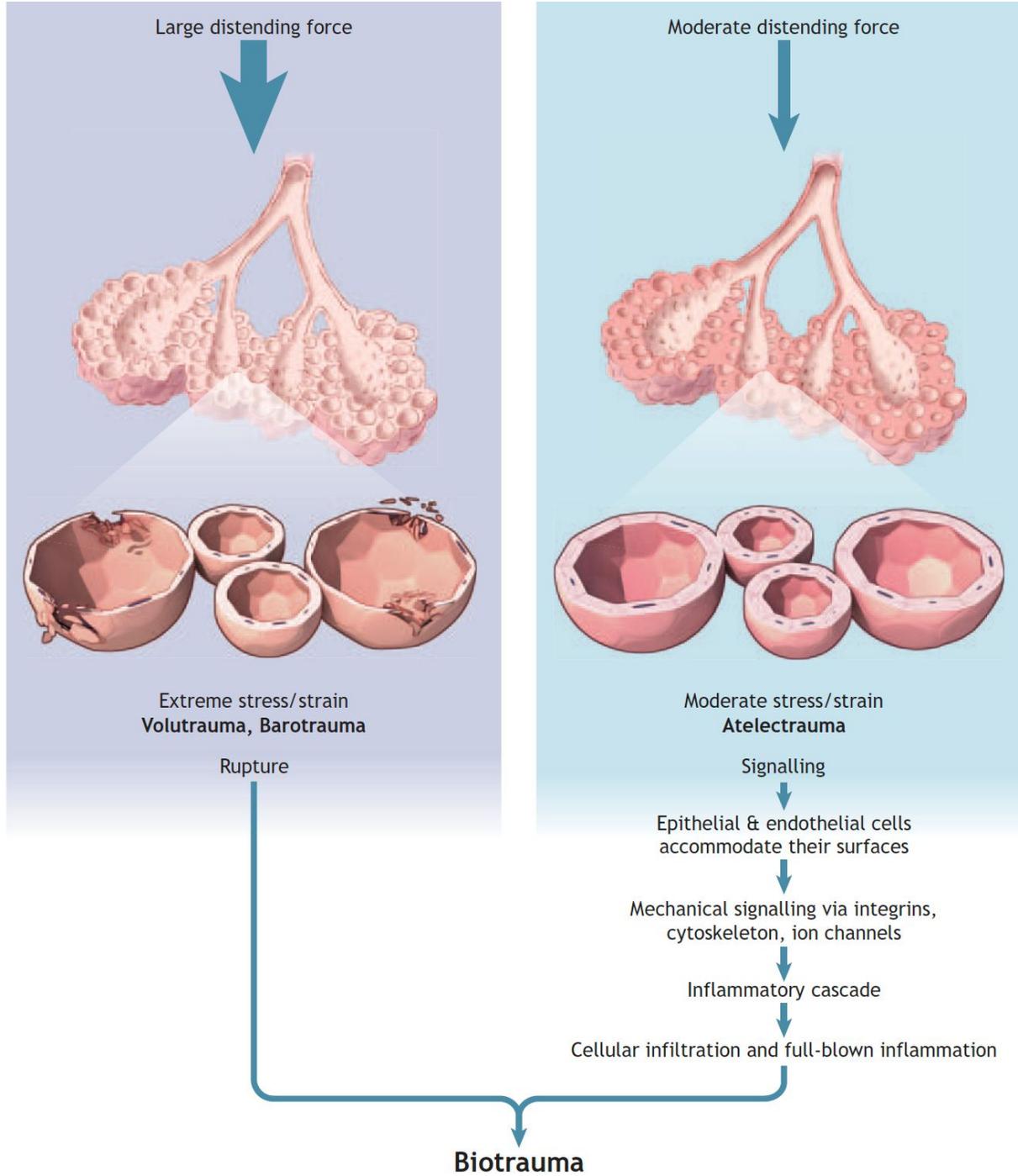
人工呼吸管理のゴール



酸素化および
換気の改善



人工呼吸器関連肺障害
(VILI)を起こさないこと



人工呼吸器関連肺障害

人工呼吸管理の開始



人工呼吸器の設定

患者の準備



患者の準備



- 事前の酸素化
- 静脈麻酔
- 気管挿管
 - 無菌的手技
 - 加湿
- モニタリング
 - SpO₂
 - カブノグラフィー
 - Aライン
 - 体温



人工呼吸器の設定



人工呼吸器の設定

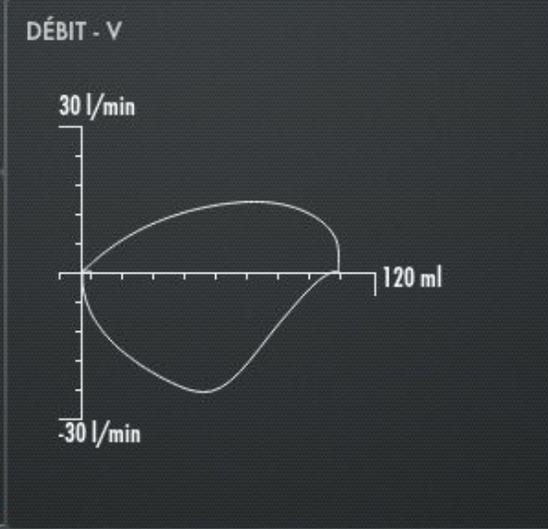
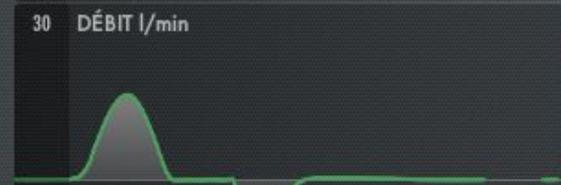
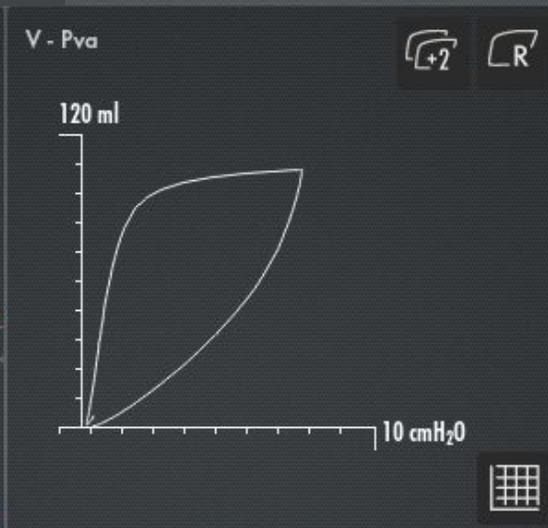
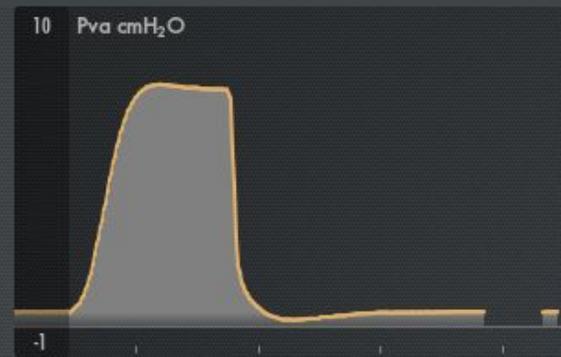
患者の準備





Pressure control

- ATTENTE
- DÉBRANCHEMENT
- MODES
- LIMITES D'ALARME
- TENDANCES & JOURNAUX
- MANŒUVRES
- AFFICHAGES
- VERROUILLER L'ÉCRAN



Pcrête 30
7
cmH₂O

Pmoy **2,3**
cmH₂O

PEP 15
0,5
cmH₂O

FR 50
15
resp/min

I:E **1 : 2,0**

Conc. O₂ **21**
%

VM_e 5,0
1,5
l/min

Vci 105
ml

Vce 101
ml

V_c/PC ...
ml/kg

C_{dyn} **14,6**
ml/cmH₂O

51
O₂ SUPP.

Conc. O₂ **21**

PEP **0,0**

F resp. **15**

Niv. PC sur PEP **6**



初期設定

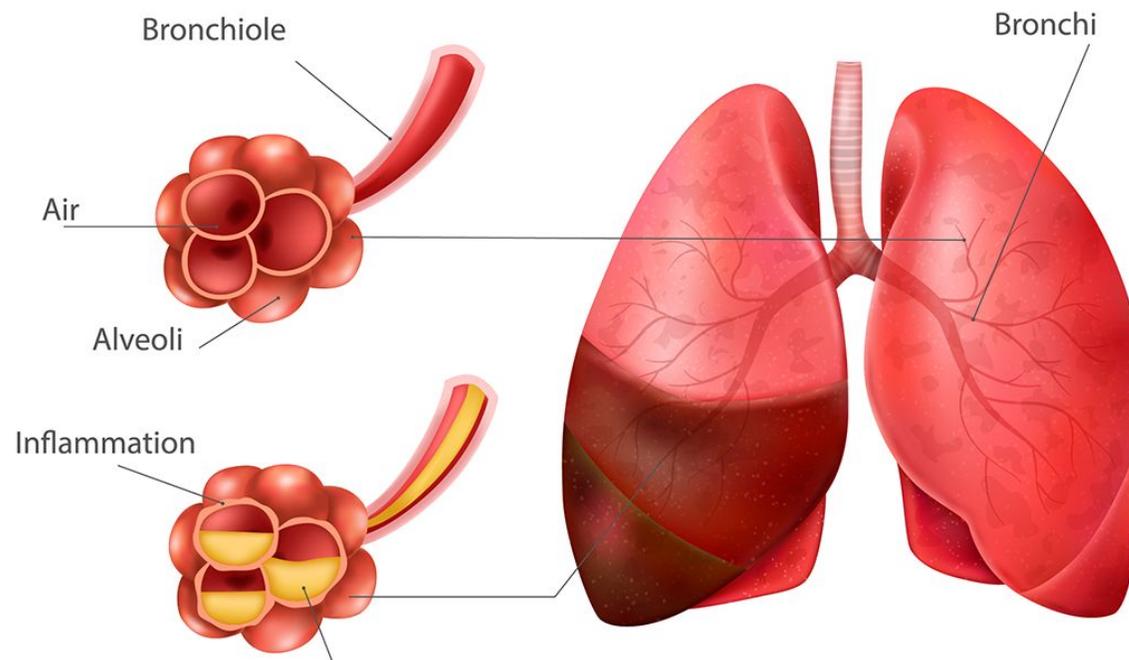


- 換気モード
- FiO_2
- 1回換気量
- 呼吸数
- 流速
- PEEP
- I/E比
- 吸気トリガー
- ...

初期設定



- 重要な問い: 正常肺? 障害肺?



NCPE患者



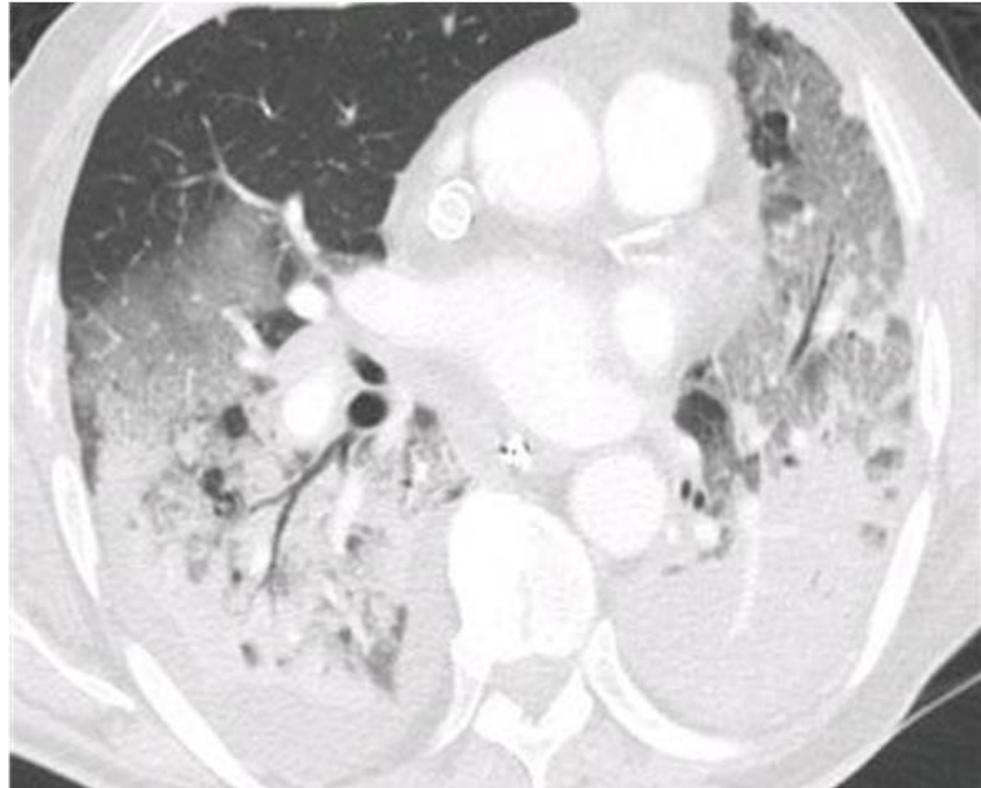
- コンプライアンスの低下
- 気道抵抗の増加
- 肺内シャントの増加
- 換気の不均一な分布

baby-lungの概念



正常に換気される肺

換気されない肺



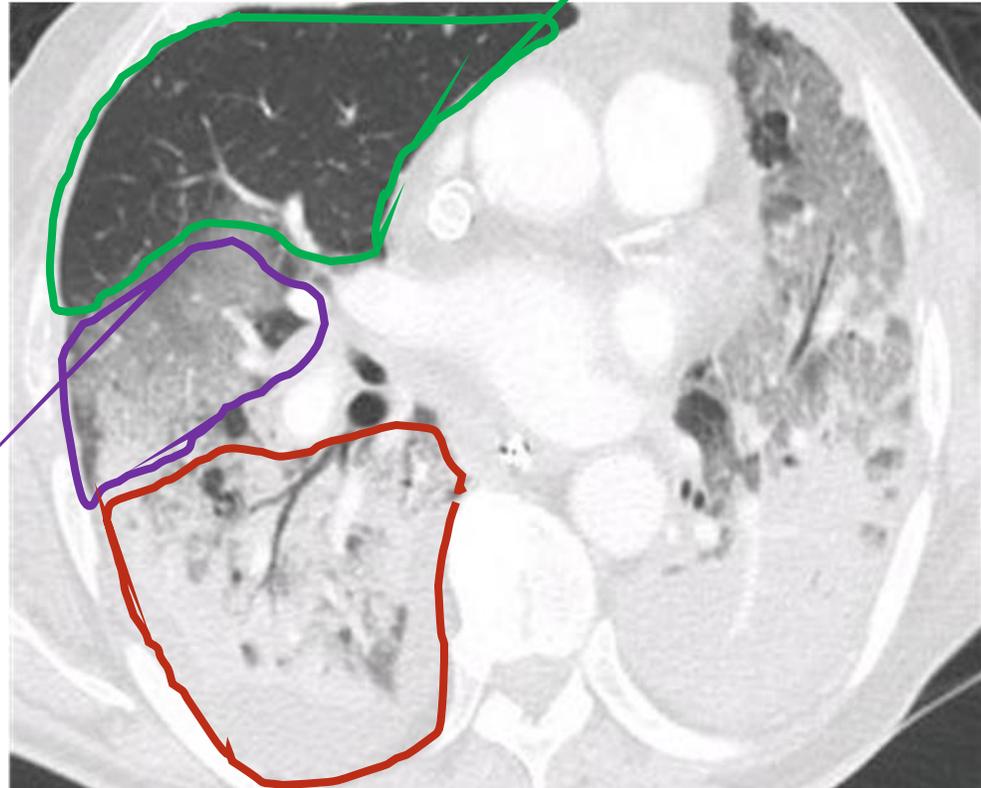
baby-lungの概念



過膨張/過剰圧のリスクが高い

無気肺のリスクが高い

換気されない



初期設定



- 換気モード
- FiO_2
- 1回換気量
- 呼吸数
- 流速
- PEEP
- I/E比
- 吸気トリガー
- ...

肺保護換気

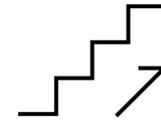
肺保護換気



低1回換気量



プラトー圧の制
限



PEEPの適用

1回換気量



- ヒトで推奨される1回換気量: 6-8 ml/kg

The New England Journal of Medicine

© Copyright, 2000, by the Massachusetts Medical Society

VOLUME 342

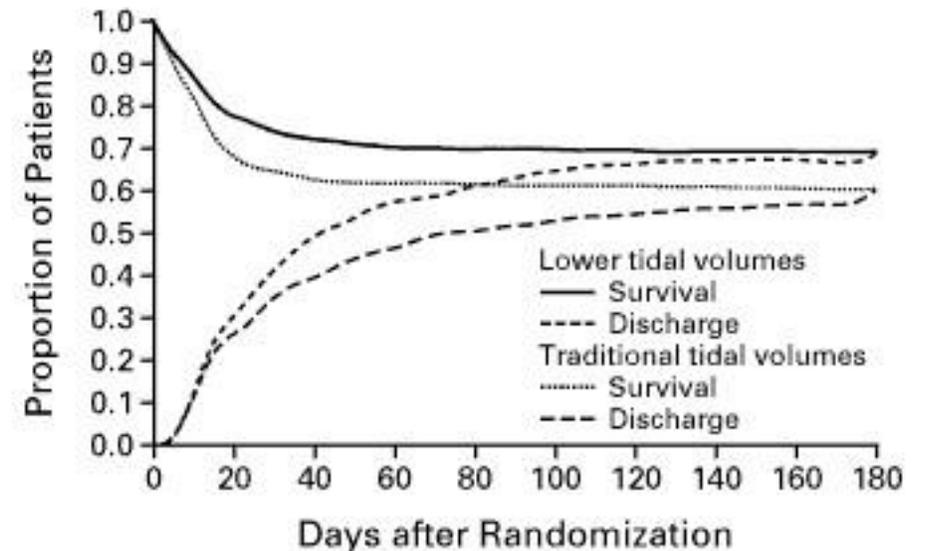
MAY 4, 2000

NUMBER 18



VENTILATION WITH LOWER TIDAL VOLUMES AS COMPARED WITH
TRADITIONAL TIDAL VOLUMES FOR ACUTE LUNG INJURY
AND THE ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME

THE ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME NETWORK*



獣医療では？



- 肺疾患患者は、非肺疾患患者に比べ、より少ない1回換気量で換気される
- 1回換気量の中央値:
 - 初期安定化: 9-10 ml/kg
 - 平均: 8-12 ml/kg

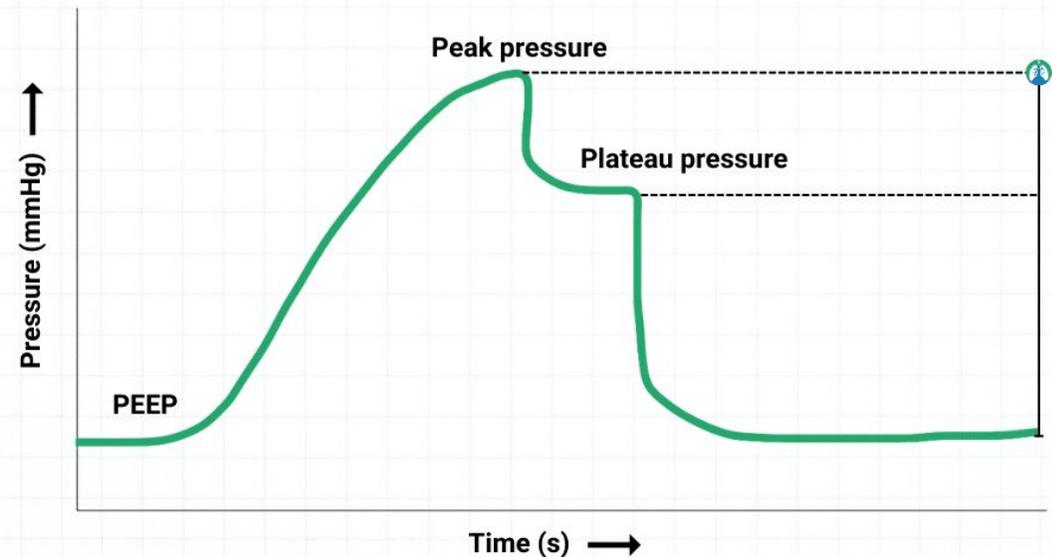
1回換気量の
初期設定
8-10 ml/kg

プラトー圧の制限



- プラトー圧 < 30 cm H₂O
- プラトー圧は肺胞圧を反映する

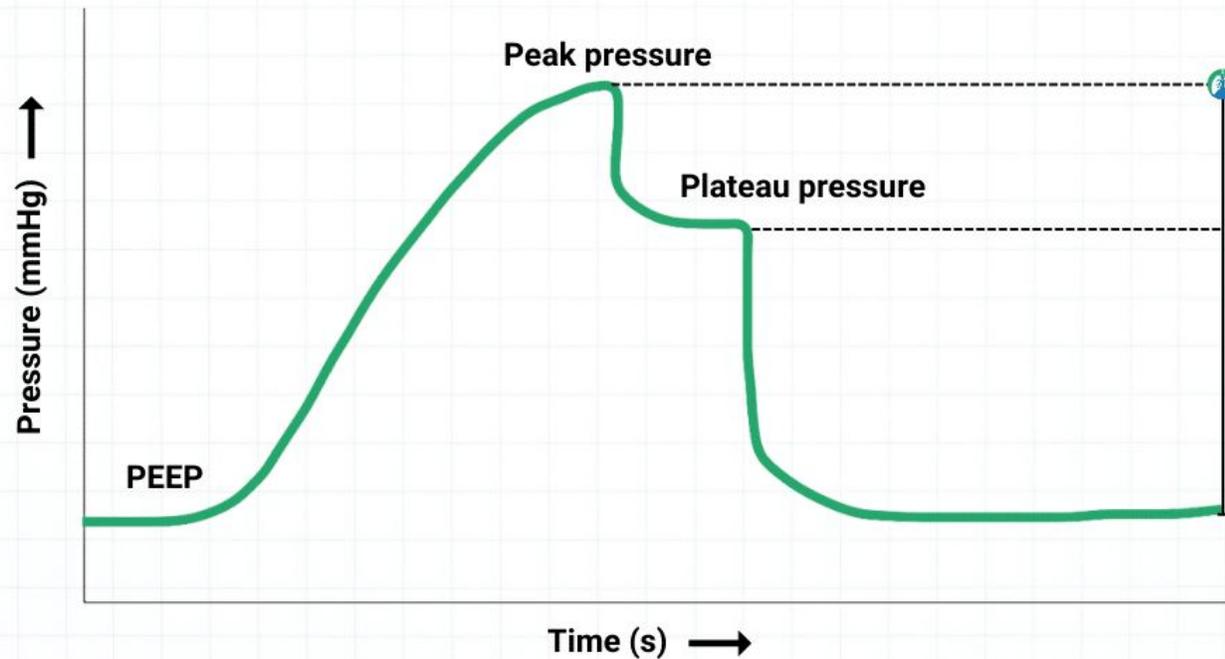
Peak and Plateau Pressure



PEEPを使う



Peak and Plateau Pressure





PEEPの利点



- 無気肺の予防による機能的残気量(FRC)の増加
- 肺胞リクルートメントの改善
- 無気肺の予防
- VQミスマッチの改善

獣医療における PEEP?



- 肺疾患患者は非肺疾患患者に比べ、**より高い PEEP**で換気される

- PEEPの中央値

- 6-7 cm H₂O

- ~14 cm H₂O

PEEPの初期設定

6-8 cm H₂O

肺保護戦略 – 初期設定



低1回換気量

8-10 ml/kg



プラトー圧の制限

$P_{plat} < 30 \text{ cm H}_2\text{O}$



PEEPの適用

PEEP 6-8 cm H₂O

初期設定



- 従圧式 / 従量式, 補助 / 同調
- 呼吸数: 15-30 mpm
- I:E比 : 1:1 – 1:2
- FiO_2 : 100%

モニター

酸素化のモニタリング



- ターゲット
 - PaO₂: 80-120 mm Hg
 - SpO₂: 85-100%
- FiO₂ と PEEP を調整
- ゴール : 酸素毒性を避けるため FiO₂ < 60%

換気のモニタリング



- ターゲット
 - PaCO₂: 35-50 mm Hg
 - EtCO₂
- 分時換気量 (1回換気量 x 呼吸数) を調整

換気のモニタリング



- ターゲット
 - PaCO₂: 35-50 mm Hg
 - EtCO₂
- 分時換気量 (1回換気量 x 呼吸数) を調整
- ARDS患者におけるPermissive hypercapnia (許容的高炭酸ガス血症)

肺機能のモニタリング



コンプライアンス

気道抵抗

運動方程式



$$P_{aw} = P_{vent} + P_{musc}$$
$$= P_0 + \text{抵抗圧} + \text{弾性圧}$$

PEEP

気道抵抗
x フロー

換気量 x 弾性 or
換気量/コンプライア
ンス



コンプライアンス = 1/エラスタンス

運動方程式

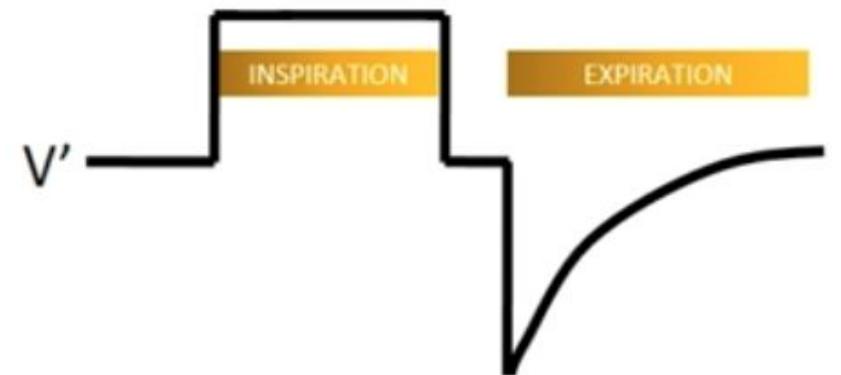
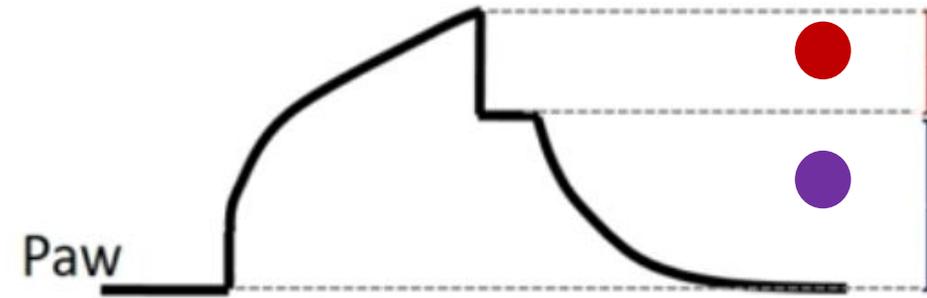


$$P_{aw} = P_{vent} + P_{musc}$$
$$= P_0 + \text{抵抗圧} + \text{弾性圧}$$

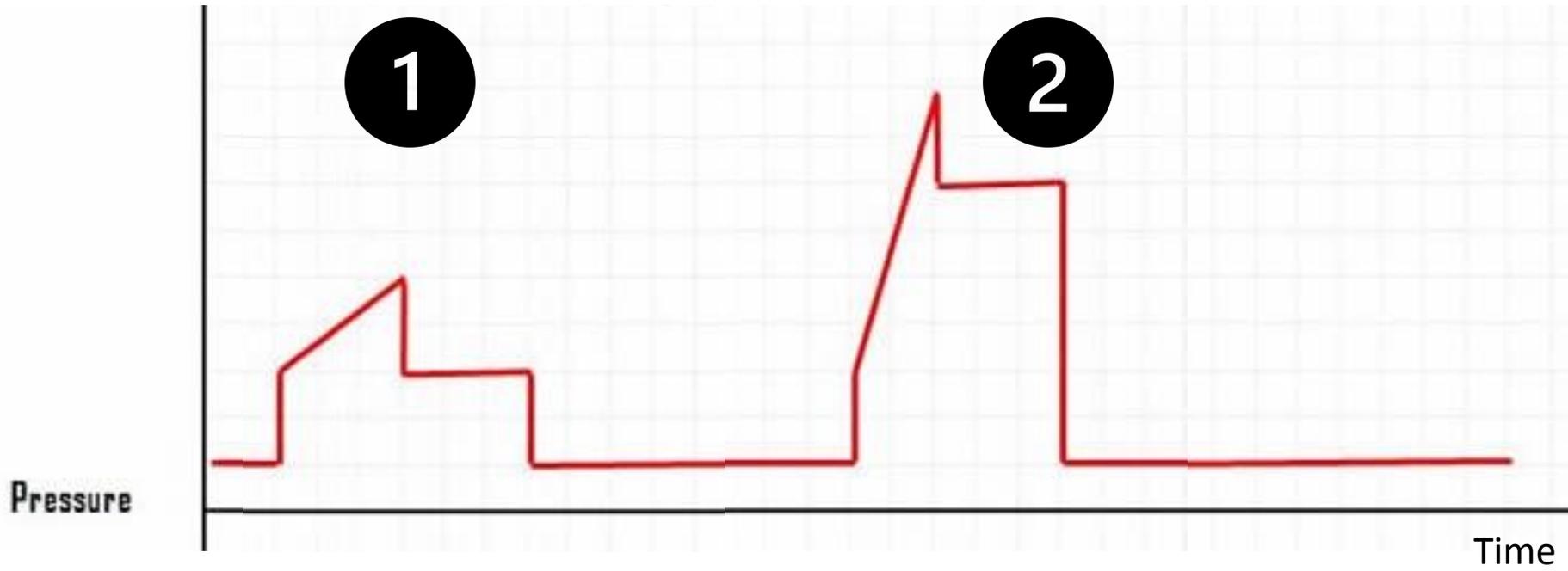
PEEP

気道抵抗
x フロー

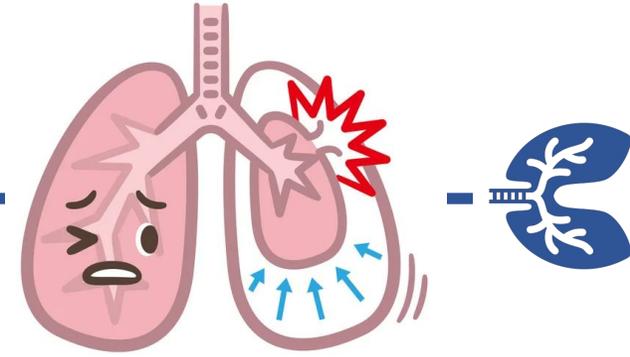
換気量 x 弾性 or
換気量/コンプライア
ンス



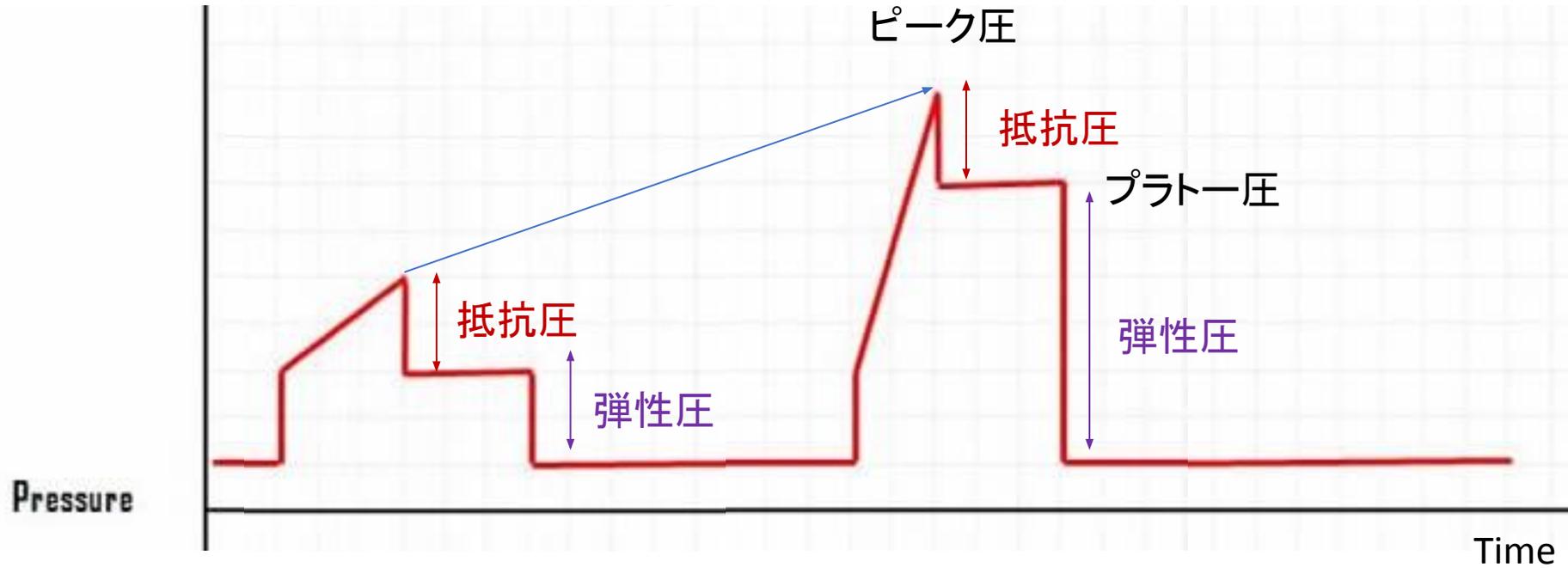
コンプライアンス = 1/エラスタンス

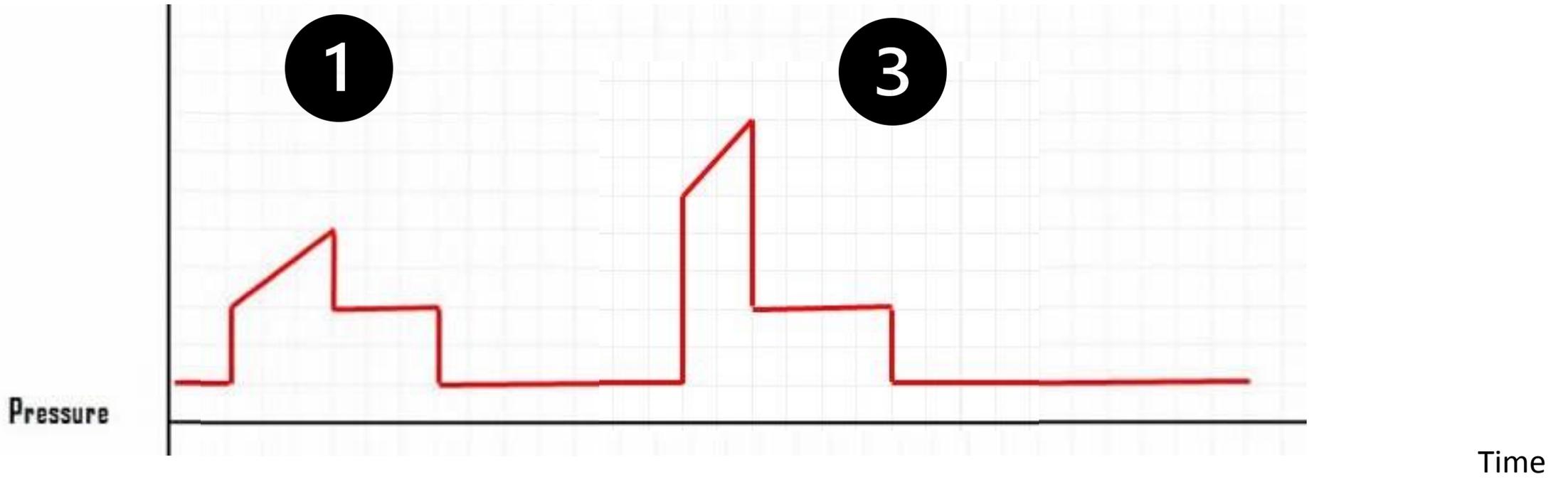


コンプライアンスの低下

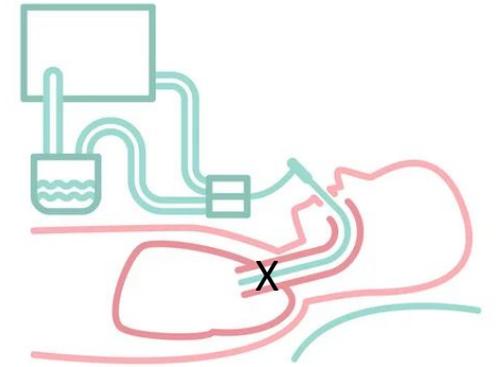


気胸は疾患を悪化させる



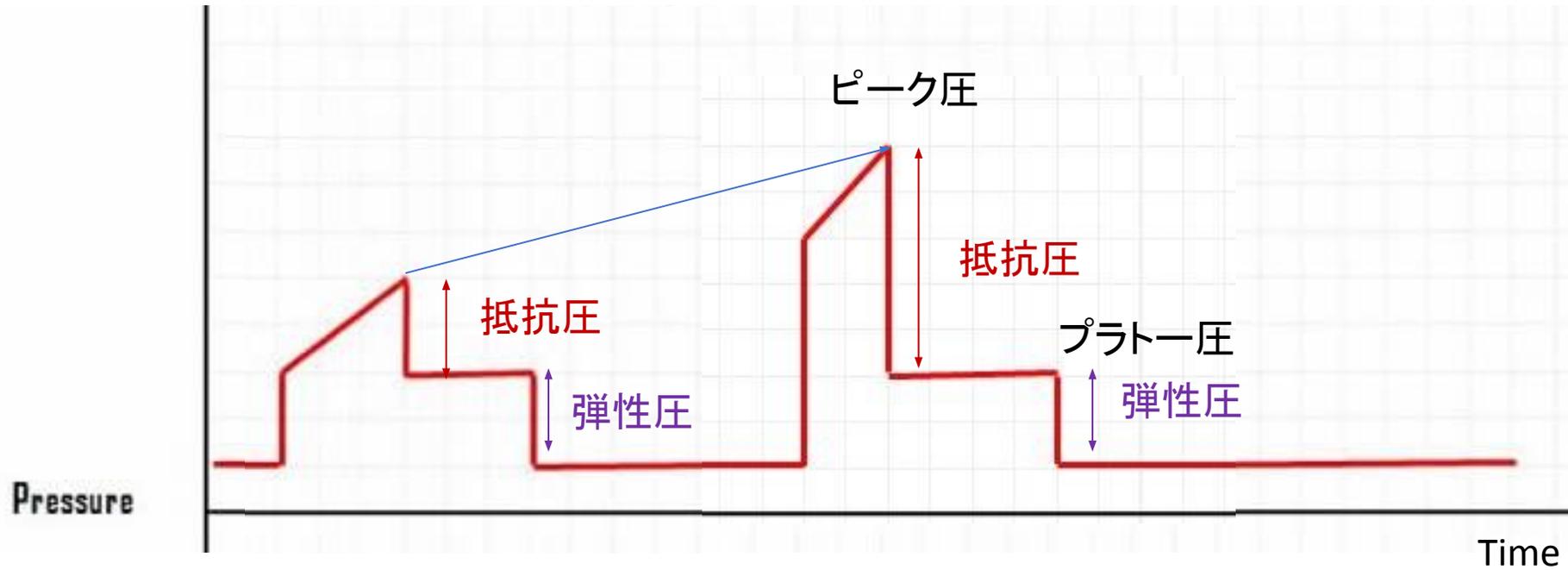


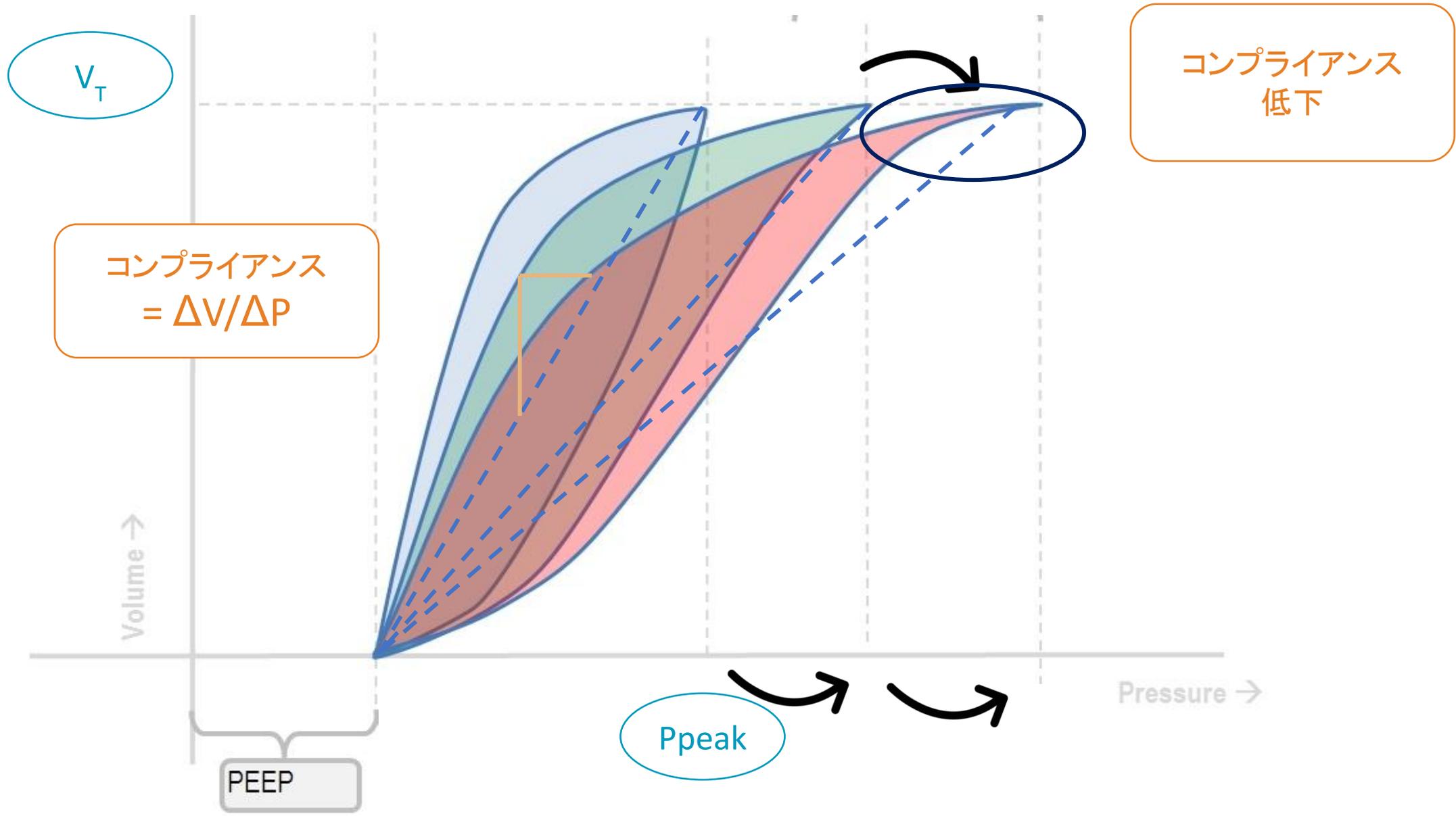
気道抵抗の増加



回路/気道の閉塞

気管支痙縮





V_T

コンプライアンス
= $\Delta V / \Delta P$

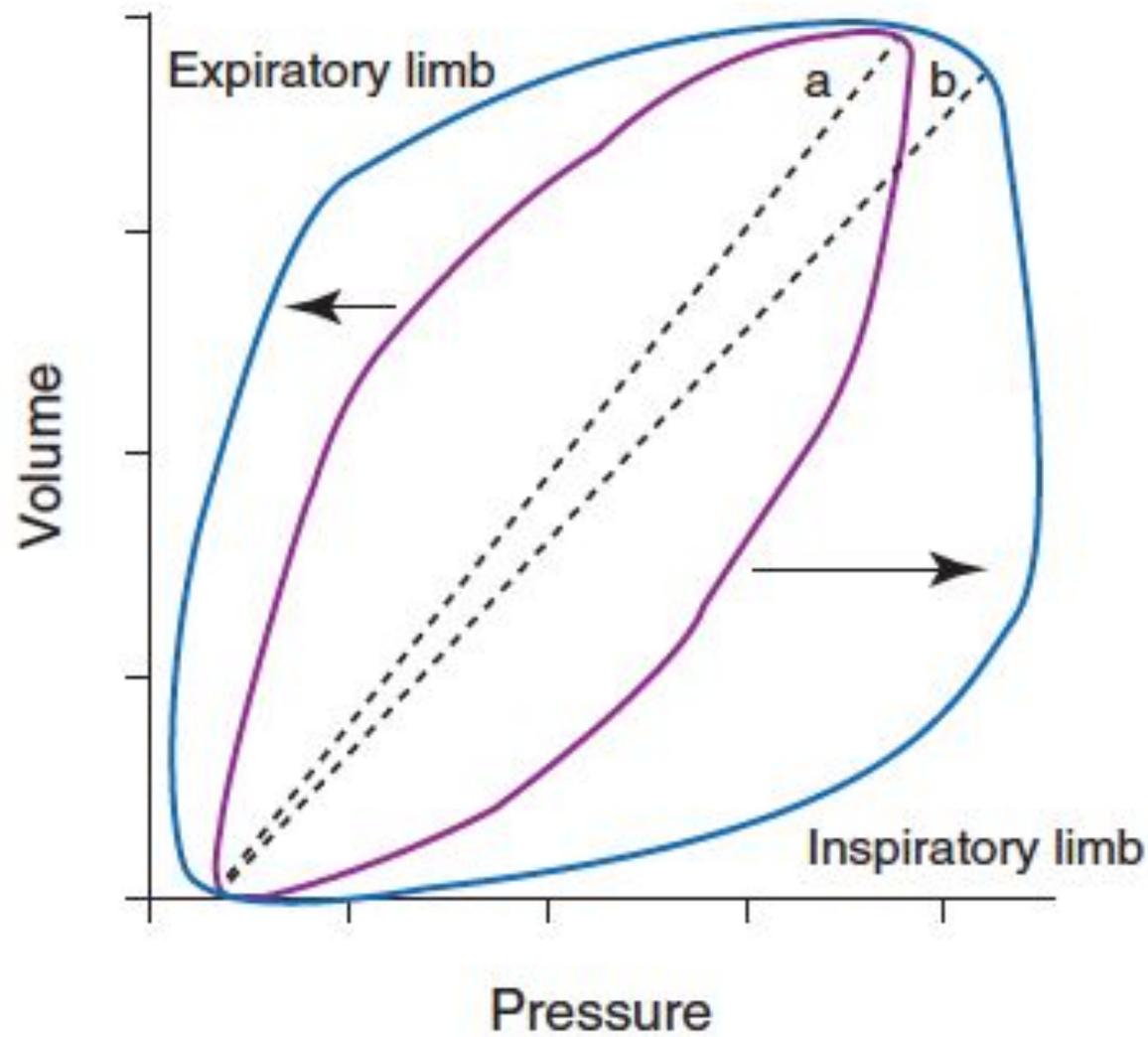
コンプライアンス
低下

PEEP

P_{peak}

Pressure →

気道抵抗の
増加



I

肺メカニクスのモニター



- 肺コンプライアンスや気道抵抗の急激な変化は全て記録・対処する
- 肺疾患の進行を評価するため経過を追う
- 過伸展をチェック

長期管理における合併症のモニター



Caggle JVECC 2023

Complication	Percent occurrence n (%)
Equipment Problems	
Leaky endotracheal tube cuff	10 (15%)
Obstructed endotracheal tube	4 (6%)
Overfilled humidifier	3 (4%)
Accidental dislodgement of tracheostomy tube	2 (3%)
Circuit leaks	2 (3%)
Tubing failure	1 (1%)
Hypoxemia due to endobronchial intubation	1 (1%)
Machine failure	1 (1%)
Pulmonary complications	
Ventilator-associated pneumonia (n = 41)	5 (12%)
Pneumothorax	3 (4%)
Renal complications	
Oliguria (n = 62)	5 (8%)
Acute kidney injury (n = 62)	4 (6%)

Gastrointestinal complications	
Regurgitation	8 (12%)
Cardiovascular complications	
Arrhythmias	33 (49%)
Hypotension	39 (58%)
Cardiopulmonary arrest	6 (9%)
Patient care-related problems	
Fluid overload	31 (46%)
Hypothermia	41 (61%)
Elevated body temperature	25 (37%)
Oral lesions	25 (37%)
Ulcerations (n = 25)	2 (8%)
Tongue swelling (n = 25)	20 (80%)
Ranula formulation (n = 25)	12 (48%)
Corneal ulcerations	24 (36%)

Retrospective

28



9



看護の戦略



- 合併症を防ぐため非常に重要
- 理想的には患者1頭につき看護師1人
- チェックリストとトレーニングが重要



Mode: 1) A/C 2) SIMV 3) Spont.			Type: 1) PC 2) VS 3) PS 4) VS 5) TS 6) TC 7) CPAP				Trigger: p or 		IBW:	
ET Tube size:		Centimeter mark:		Diagnosis:			Clinician:			
Desired Range:		ETCO ₂	PaCO ₂	PaO ₂	SpO ₂		Code Status: Green Yellow Red			
		Time:								
Patient Monitoring	Temperature									
	Heart Rate									
	SAP/DAP									
	MAP									
	Invasive (I) Doppler (D)									
	SPO ₂									
	ETCO ₂									
Ventilator Settings	Ventilator Mode:									
	F									
	PI									
	TI									
	VT									
	Vmax									
	FiO ₂									
	PEEP									
	p or  trig									
Patient Ventilator Data	P support									
	E sens									
	Ppeak									
	Pmean									
	PEEP									
	I:E ratio									
	fTOT									
	VTE									
	VETOT									
	R STAT (cmH ₂ O/L/sec)									
	C STAT (ml/cmH ₂ O)									
	Pplateau									
	Leak									
<i>Spontaneous Breathing Trial</i>										
Initials										
Notes										

F = mandatory respiratory rate, PI = inspiratory pressure, TI = inspiratory time, VT = tidal volume, Vmax = peak inspiratory flow, FiO₂ = fraction inspired oxygen,
 PEEP = positive end expiratory pressure,  = flow, VTE = mandatory minute ventilation, VETOT = exhaled minute ventilation, RSTAT = resistance, CSTAT = compliance

気道の管理

		Time:																		
ET/Trach tube	Suction ET/trach tube	q4h																		
	Reposition ET tube/ties	q4h																		
	Record cuff pressure	q4h																		
	Change tube ties	q24h																		
	Change ET/trach tube	PRN																		
Oral Care	Saline wipe of mucosa	q4h																		
	Brush teeth	q4h																		
	Suction oral cavity	q4h																		
Eye Care	Flush eyes with saline	q4h																		
	Lube eyes	q2h																		
	Fluorescein stain	q24h																		
Nursing Care	Physiotherapy	q4h																		
	Change sides	q4h																		
	Monitor for scald/sores	q4h																		
	Move limb padding	q4h																		
	Perianal care	PRN																		
	Reposition probes/lines	q4h																		
	Flush unused IVC/ports	q4h																		
	Flush arterial line	q1h																		
	Central line care	q4h																		
	Monitor insertion sites	q8h																		
Urinary catheter care	q8h																			
Fluid Monitoring	Urine specific gravity																			
	Urine output (ml/kg/hr)																			
	Monitor GRV																			
	Total fluid out																			
	Total fluid in																			
PCV/TS	PCV/TS																			
	Blood Glucose																			
	Lactate																			
Blood Gas	pH																			
	PaCO ₂																			
	PaO ₂																			
	HCO ₃																			
	BE																			

サクション

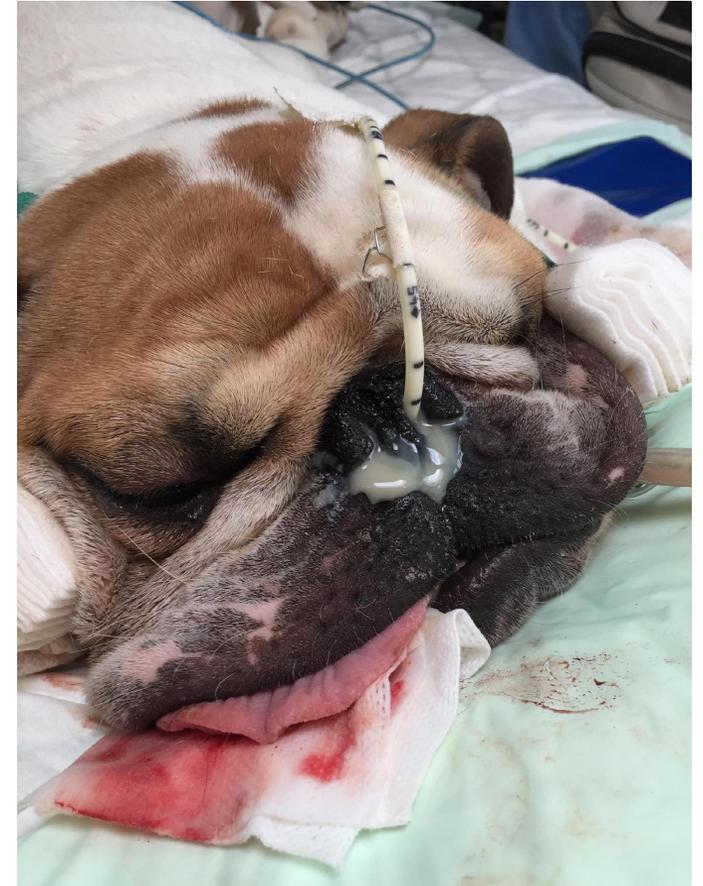
事前酸素化5分
柔軟なカテーテル
無菌的手技
気管チューブの末端まで



人工呼吸関連肺炎の予防



- 気管挿管および機械換気の開始後48時間以上経過して発生する肺炎
- 挿管時には存在しない



人工呼吸関連肺炎の予防



• 非薬理的な予防

- アルコールによる厳密な手指消毒
- 挿管時間を最小限に
- 呼吸回路は汚染が起こらない限り交換しない
- 声門下分泌物の吸引
- カフ圧 ≥ 25 cm H₂Oを維持

• 薬理的な予防

- 希釈クロルヘキシジンによる口腔ケア
- 予防的に胃内pHを上昇させることは避ける

眼のケア

		Time:																		
ET/Trach tube	Suction ET/trach tube	q4h																		
	Reposition ET tube/ties	q4h																		
	Record cuff pressure	q4h																		
	Change tube ties	q24h																		
	Change ET/trach tube	PRN																		
Oral Care	Saline wipe of mucosa	q4h																		
	Brush teeth	q4h																		
	Suction oral cavity	q4h																		
Eye Care	Flush eyes with saline	q4h																		
	Lube eyes	q2h																		
	Floroscein stain	q24h																		
Nursing Care	Physiotherapy	q4h																		
	Change sides	q4h																		
	Monitor for scald/sores	q4h																		
	Move limb padding	q4h																		
	Perianal care PRN	q4h																		
	Reposition probes/lines	q4h																		
	Flush unused IVC/ports	q4h																		
	Flush arterial line	q1h																		
	Central line care	q4h																		
	Monitor insertion sites	q8h																		
Urinary catheter care	q8h																			
Fluid Monitoring	Urine specific gravity																			
	Urine output (ml/kg/hr)																			
	Monitor GRV																			
	Total fluid out																			
	Total fluid in																			
PCV/TS	PCV/TS																			
	Blood Glucose																			
	Lactate																			
Blood Gas	pH																			
	PaCO ₂																			
	PaO ₂																			
	HCO ₃																			
	BE																			



看護ケア

		Time:																		
ET/Trach tube	Suction ET/trach tube	q4h																		
	Reposition ET tube/ties	q4h																		
	Record cuff pressure	q4h																		
	Change tube ties	q24h																		
	Change ET/trach tube	PRN																		
Oral Care	Saline wipe of mucosa	q4h																		
	Brush teeth	q4h																		
	Suction oral cavity	q4h																		
Eye Care	Flush eyes with saline	q4h																		
	Lube eyes	q2h																		
	Floroscein stain	q24h																		
Nursing Care	Physiotherapy	q4h																		
	Change sides	q4h																		
	Monitor for scald/sores	q4h																		
	Move limb padding	q4h																		
	Perianal care PRN	q4h																		
	Reposition probes/lines	q4h																		
	Flush unused IVC/ports	q4h																		
	Flush arterial line	q1h																		
	Central line care	q4h																		
	Monitor insertion sites	q8h																		
Urinary catheter care	q8h																			
Fluid Monitoring	Urine specific gravity																			
	Urine output (ml/kg/hr)																			
	Monitor GRV																			
	Total fluid out																			
	Total fluid in																			
PCV/TS	PCV/TS																			
	Blood Glucose																			
	Lactate																			
Blood Gas	pH																			
	PaCO ₂																			
	PaO ₂																			
	HCO ₃																			
	BE																			

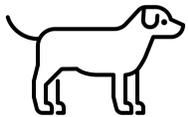


体位と肺障害



- 腹臥位

- V/Q(換気/血流比)の改善
- 重症ARDSにおける死亡率の低下



- 仰臥位に比べ酸素化の改善とVILIの減少

- 通常、換気は腹臥位で行われる...

- 腹臥位、横臥位を試し、患者の状態を評価することが推奨される

過剰な体液



輸液療法

経腸栄養



SIADH

投薬

AKI

体液過剰の予防



In = Out

体重

尿量



保守的な
輸液戦略

フロセミド

ウィーニング（離脱）の基準



- 基礎疾患の改善
- 酸素化パラメータの改善
 - P/F比 > 150–200 かつ $FiO_2 < 0.5$
- PEEP ≤ 5 cmH₂O
- 適切な自発呼吸
- 血行動態の安定
- 主要臓器の機能不全がないこと

ウィーニングの過程



- 麻酔の減薬
- 自発呼吸トライアル (SBT)
 - 患者は人工呼吸器に繋がまま, 自発呼吸モードへ
 - + モニタリング
 - - 気道抵抗が上昇、呼吸仕事量の増加 => CPAP and/or PSV (2-5 cm H₂O)を追加
 - 患者を機械から外す
- 抜管後、非侵襲的換気方法に切り替える

まとめ



- 非心原性肺水腫NCPEは多くの疾患により生じる
- 一部の患者は人工呼吸管理が必要となる
- モニタリングと看護ケアが必須

Thank you for your attention

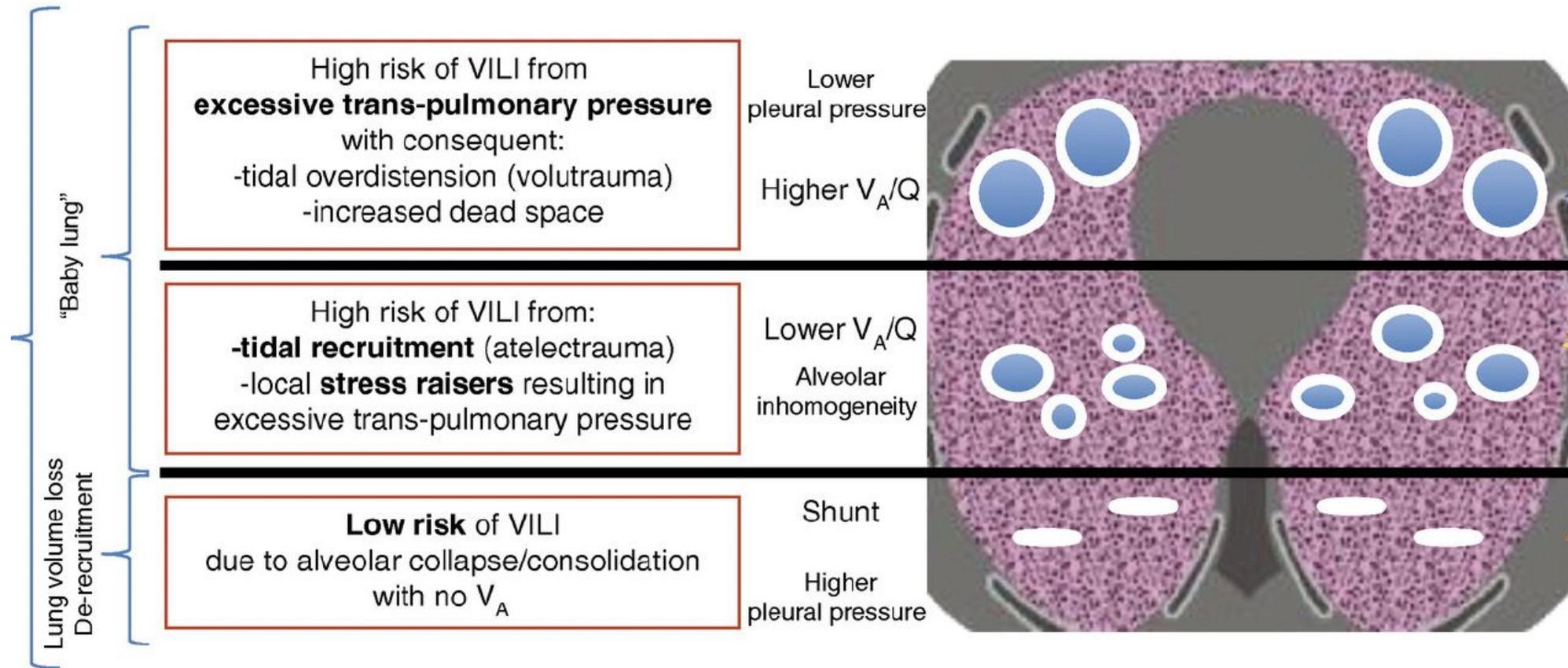


Enteral nutrition



- Benefits
 - Decrease GI bleeding and
 - Prevent villous atrophy
 - Reduce bacterial translocation risk
- Risks
 - Increase risk of reflux and aspiration pneumonia
- Delivered via NG, gastrostomy or jejunostomy tube
- Bolus or CRI

Heterogeneous lungs





A

Normal lung

