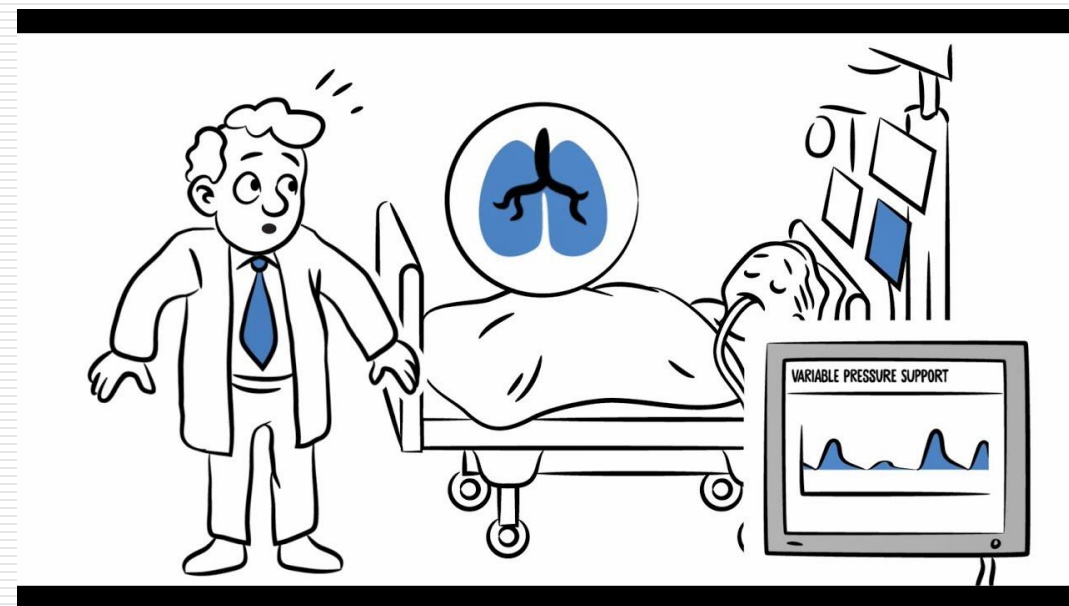


Thông khí kiểm soát áp suất

BS Lê Hữu Thiện Biên

Bộ môn HSCCCĐ-ĐHYD TPHCM



Nội dung

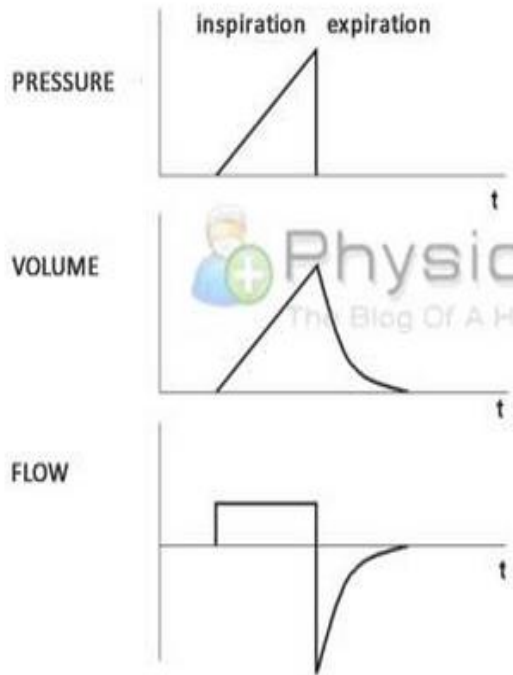
- Thông số cài đặt (*inputs: đầu vào*)
- Thông số phụ thuộc (*outputs: đầu ra*)
- Hiệu quả sinh lý
 - Trao đổi khí
 - Công thở
 - Đồng bộ bệnh nhân-máy thở
- So sánh thông khí kiểm soát áp lực và thông khí kiểm soát thể tích
- Chỉ định
- Một vài lưu ý

Thông khí kiểm soát áp suất là gì

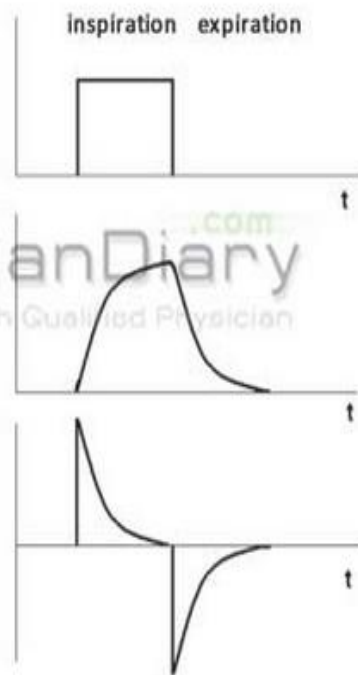
- Trigger: kích hoạt theo thời gian, gắng sức (time trigger, patient trigger)
- Target: kiểm soát áp suất (áp suất đường thở hằng định)
- Cycle: chu kỳ thời gian

So sánh PCV và VCV với tốc độ dòng không đổi

Volume/Flow Control

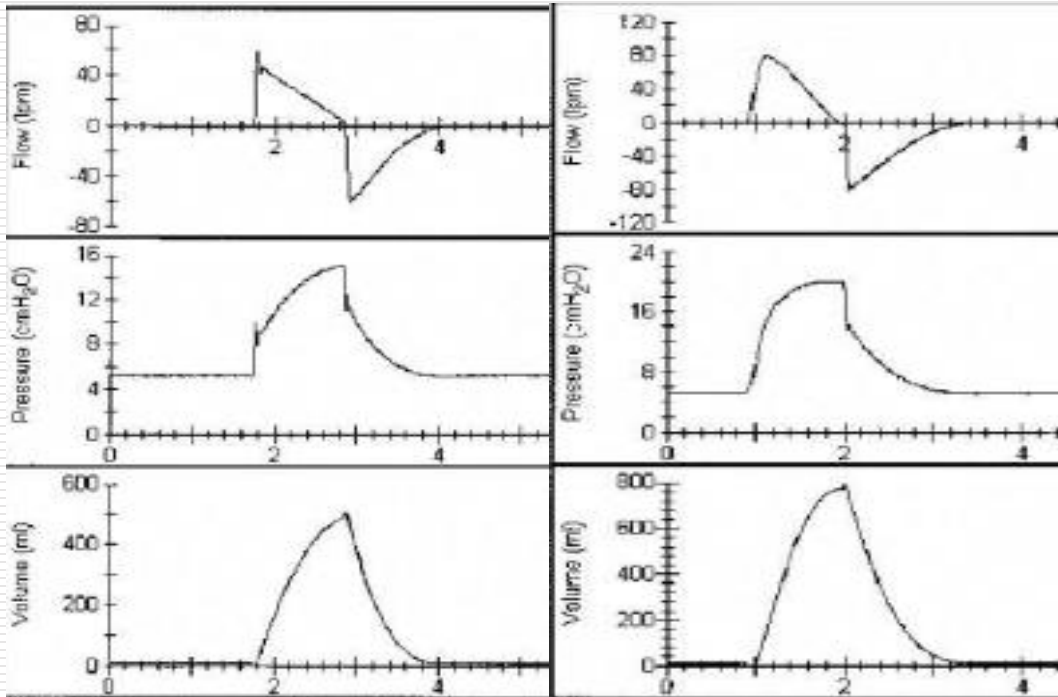


Pressure Control



- Áp suất đường thở không đổi
- Tốc độ dòng giảm dần
- Thể tích khí lưu thông?

So sánh PCV và VCV với decelerating flow



- P_i , Flow gần như tương tự “trong 1 nhịp thở”
- Khác biệt “trong một khoảng thời gian”
 - VCV: đảm bảo V_t , P_{aw} thay đổi
 - P_i không đổi, V_t thay đổi (quá thấp & quá cao)...có thể vi phạm khuyến cáo của ARDSnet

Khảo sát sử dụng PCV (Esteban. JAMA 2002;287:345)

Table 3. Ventilator Modes and Monitored Variables on Days 1, 3, and 7 of Mechanical Ventilation in Patients With an Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) or Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS)*

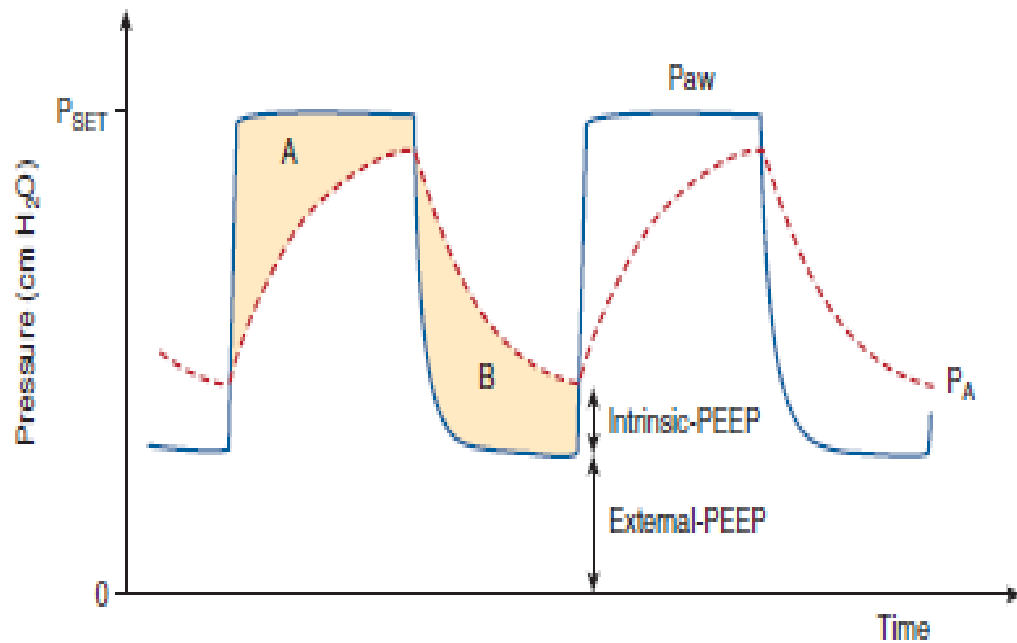
	COPD			ARDS		
	Day 1 (n = 522)	Day 3 (n = 283)	Day 7 (n = 85)	Day 1 (n = 231)	Day 3 (n = 174)	Day 7 (n = 82)
Ventilator modes, No. (%)						
A/C	344 (65.9)	180 (63.6)	57 (67.1)	155 (67.0)	111 (63.8)	50 (61.0)
SIMV/PS	50 (9.6)	32 (11.3)	9 (10.6)	24 (10.4)	20 (11.5)	8 (9.8)
PS	40 (7.6)	24 (8.5)	10 (11.8)	3 (1.4)	6 (3.4)	3 (3.7)
PCV	20 (3.9)	11 (3.9)	2 (2.4)	24 (10.4)	23 (13.2)	13 (15.9)
SIMV	24 (4.6)	10 (3.5)	2 (2.4)	10 (4.2)	4 (2.3)	2 (2.4)
Other	39 (8.5)	26 (9.2)	1 (1.2)	15 (6.6)	10 (5.7)	6 (7.3)

- Khảo sát 361 ICU/20 quốc gia, 01/1998 – 03/1998
- Khoảng 1/5-1/4 bệnh nhân dùng PCV, chủ yếu trong các bệnh lý nặng
- ...khảo sát này thực hiện trước khi có khuyến cáo của ARDSnet

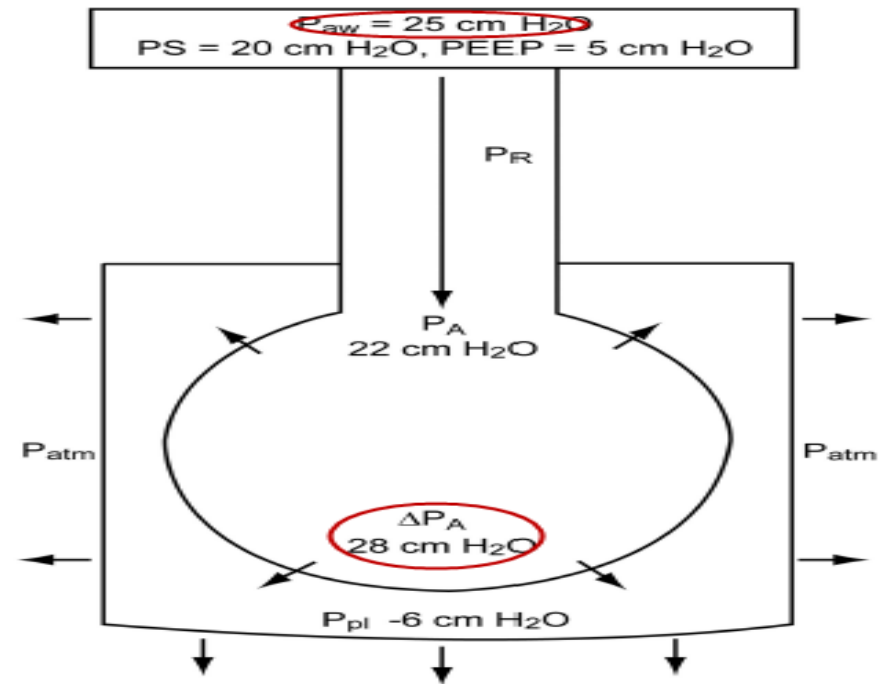
Thông số cài đặt

- Áp suất đường thở: P_i (inspiratory pressure), P_{set} (setting pressure)
- Thời gian thở vào: T_i
- Tần số thở: f

Áp suất đường thở



Áp suất đường thở (*airway pressure*): áp suất cài đặt, không thay đổi trong thì thở vào
 Áp suất phế nang (*alveolar pressure*): tăng lên từ từ trong thì thở vào
 Áp lực đẩy = $P_i - \text{totalPEEP}$



Áp suất xuyên phế nang = $P_{aw} - P_{pl}$
 Có thể lớn hơn $P_i \rightarrow$ tăng Vt khi bệnh nhân gắng sức
 Khó kiểm soát Vt khi thở assisted PCV

Cài đặt P_i

- Cài đặt mò:
 - 70% PIP ở mode VCV (**-PEEP**) (Blanch. Chest 1993;104:904)
 - 20 cmH₂O (Marik. Chest 1997;112:1102)
- Tính theo compliance
 - C: 20 ml/cmH₂O
 - Vt: 300 ml → P_i : 15 cmH₂O
- Các cân nhắc khác
 - Không vi phạm khuyến cáo Vt thấp
 - Tương quan với PEEP và mức áp suất “an toàn” ($P_{plat} < 35\text{cmH}_2\text{O}$, driving pressure < 13)
 - Điều chỉnh sau đó theo PaCO₂

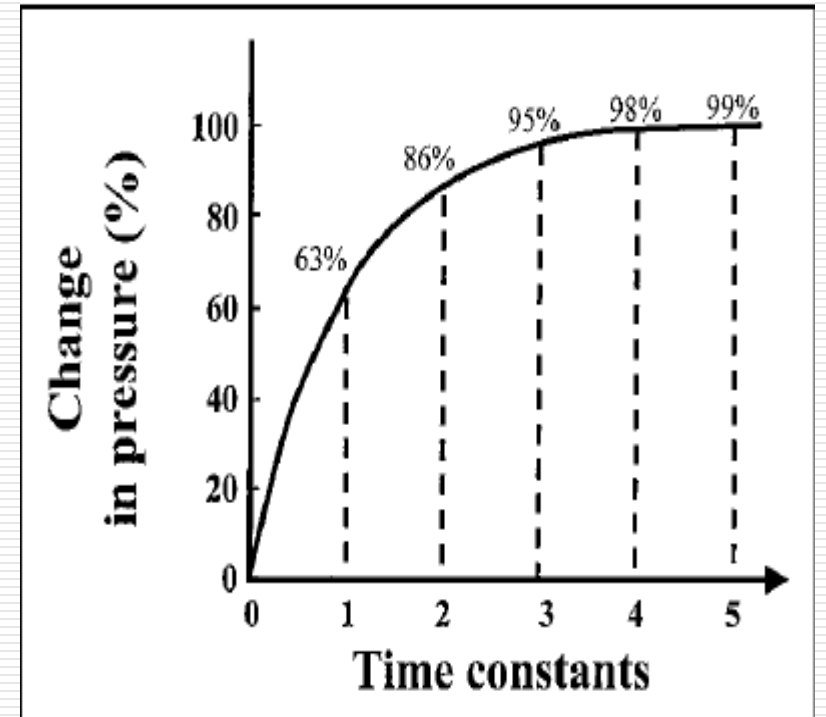
Cài đặt P_i

- P_i tương đối
 - $P_i = PIP - PEEP$ (thay đổi PEEP \rightarrow thay đổi PIP)
 - Máy thở: Servo, BP
- P_i tuyệt đối
 - PIP cài đặt so với áp suất khí quyển (thay đổi PEEP \rightarrow không thay đổi PIP)
 - Máy thở: Evita

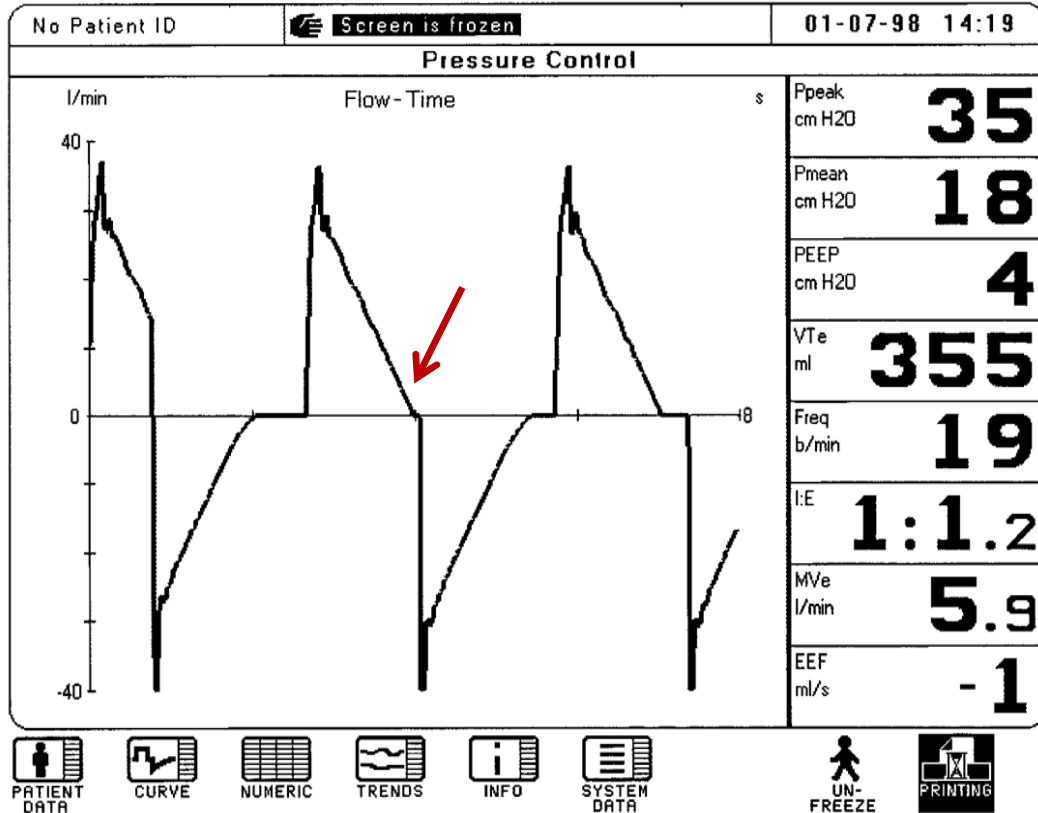
Cài đặt T_i và hằng số thời gian

- Hằng số thời gian: tỷ lệ thay đổi (cân bằng) áp suất theo thời gian
- $\tau = R * C$
 - C: 0.02 L/cmH₂O
 - R: 10 cmH₂O/L/s

→ $\tau = 0.2s$
- $T_i \geq 3\tau$ (cân bằng áp suất 95%)
 - Đường thở bình thường: 1.0-1.5s
 - Tắc nghẽn đường thở: 2-4s
 - Giảm độ dẫn nở (ARDS): 0.8-1.0s



Cài đặt T_i và trạng thái zero-flow



Zero-flow: cân bằng áp suất đường thở-áp suất phế nang

- Chấm dứt thở vào sớm: giảm V_t
- Chấm dứt thở vào muộn: tăng MAP, không tăng V_t

Tắc nghẽn đường thở (R dài)

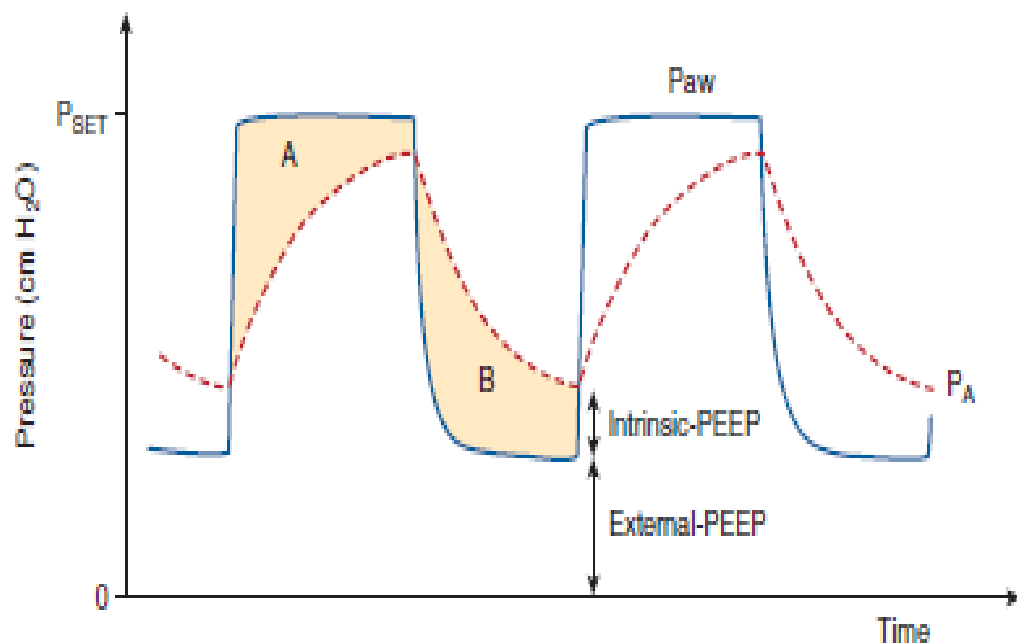
- T_i không nên quá dài ($> 1.2s$)
- Gây ứ khí phế nang, không chắc tăng được V_t

Nhịp thở nhanh: chấp nhận T_i ngắn để giảm chống máy

Cài đặt tần số thở

- Tùy thuộc thông khí phút/thông khí phế nang, PaCO_2
- Cài đặt ban đầu 10-20 lần/phút
- Ảnh hưởng của f lên thông khí phút/thông khí phế nang tùy thuộc
 - Cài đặt: P_i , T_i
 - Cơ học hô hấp: độ dẫn nở, sức cản

Áp suất đường thở trung bình và áp suất phế nang trung bình



- $P_{aw} = P_i \times T_i + PEEP (1 - T_i)$
- $P_{alv} = P_{aw} + V_E (R_E - R_I)$
- Tăng tần số thở: tăng P_{alv} không tăng $P_{aw} \rightarrow$ giảm áp lực đẩy, giảm V_t

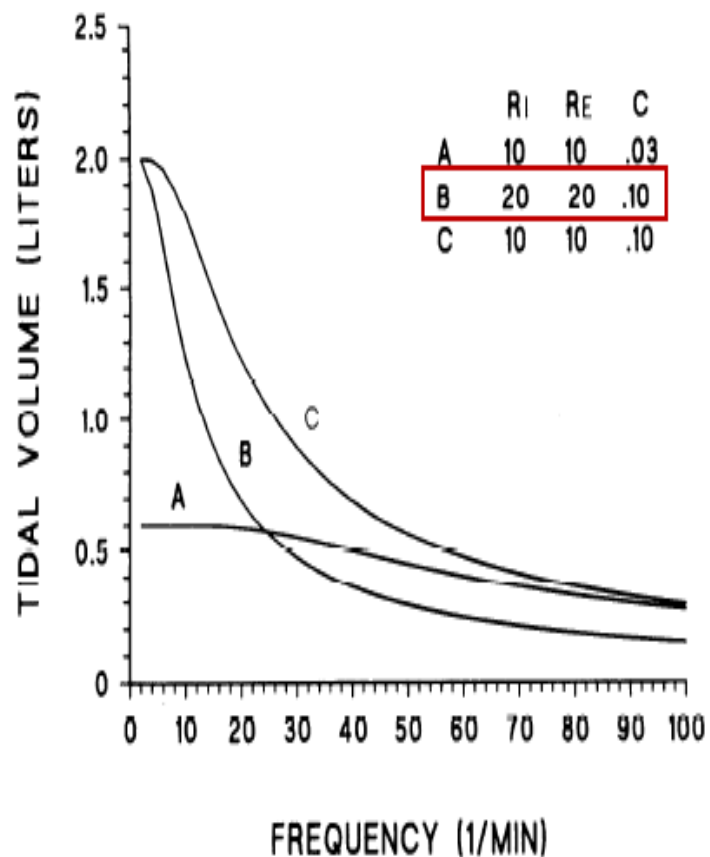
Thông số phụ thuộc

- Thể tích khí lưu thông
- Thông khí phút/thông khí phế nang
- PEEP nội sinh

Các yếu tố ảnh hưởng V_t

- Cài đặt: P_i , T_i , f (ít được quan tâm)
- Bệnh nhân: các thông số cơ học hô hấp, gắng sức

Ảnh hưởng của f trên Vt

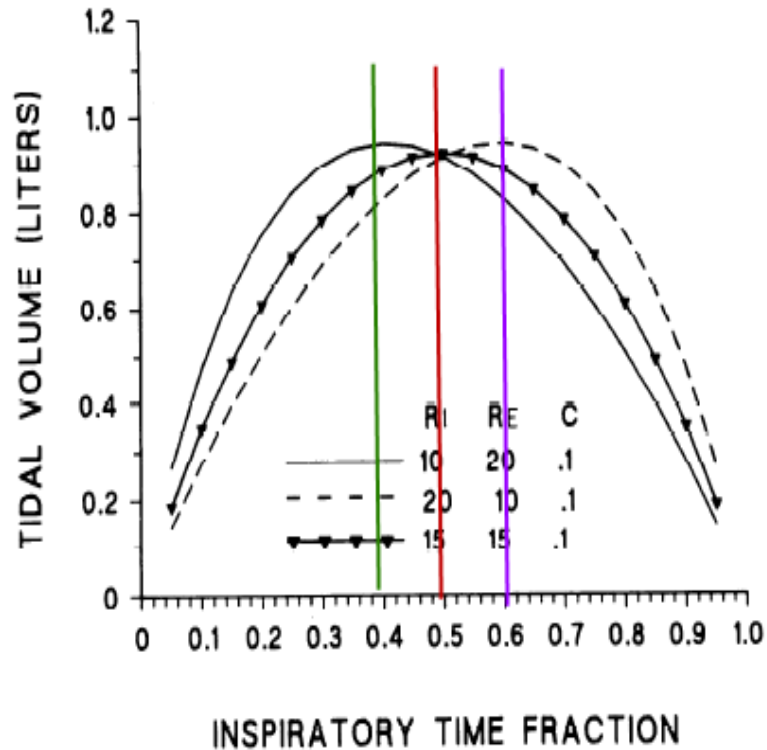


P_i , I:E không đổi

Ảnh hưởng của f trên Vt tùy thuộc độ dẫn nở và sức cản

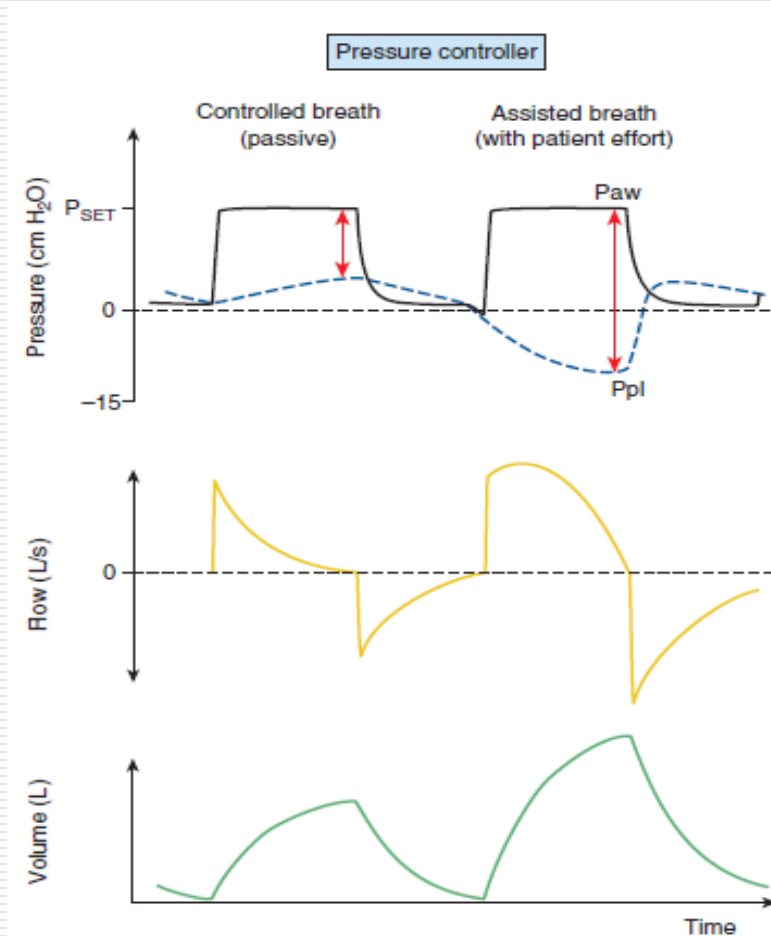
- C thấp (đường A): tăng f ít ảnh hưởng Vt
- C cao (đường C): tăng f làm giảm Vt (ứ khí phế nang → tăng iPEEP)
- R cao (đường B): tăng f làm giảm Vt (ứ khí phế nang → tăng iPEEP)

Ảnh hưởng của T_i trên V_t



- P_i , f không đổi
- Bệnh phổi hạn chế (C thấp): T_i ít ảnh hưởng V_t (τ ngắn, zero-flow sớm)
- Bệnh phổi tắc nghẽn (R cao): V_t giảm khi T_i vượt quá điểm cân bằng (phụ tương quan R_I và R_E)

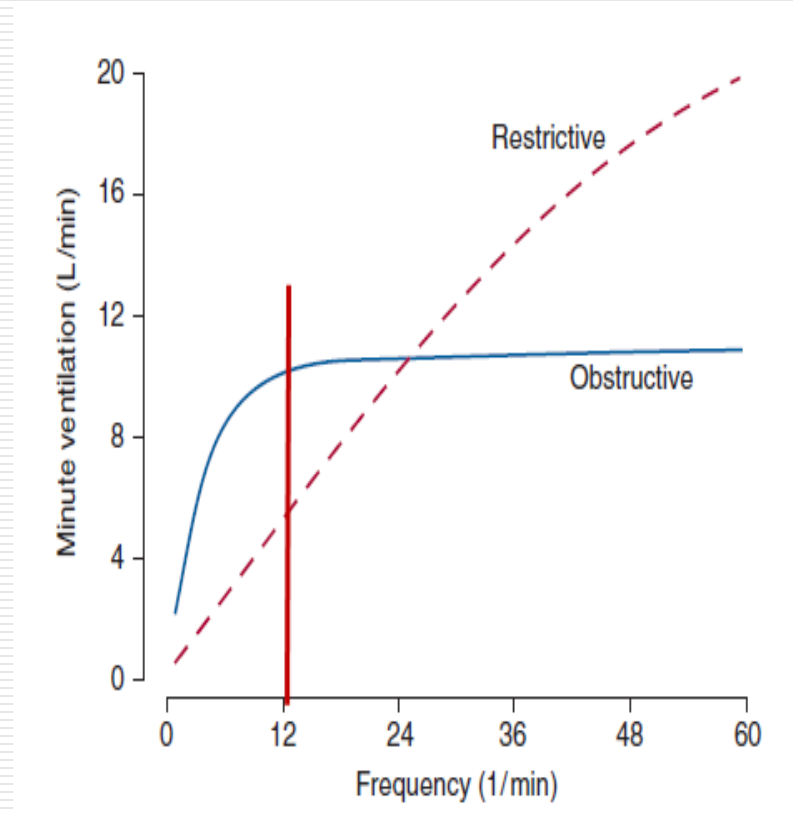
Ảnh hưởng của gắng sức trên Vt



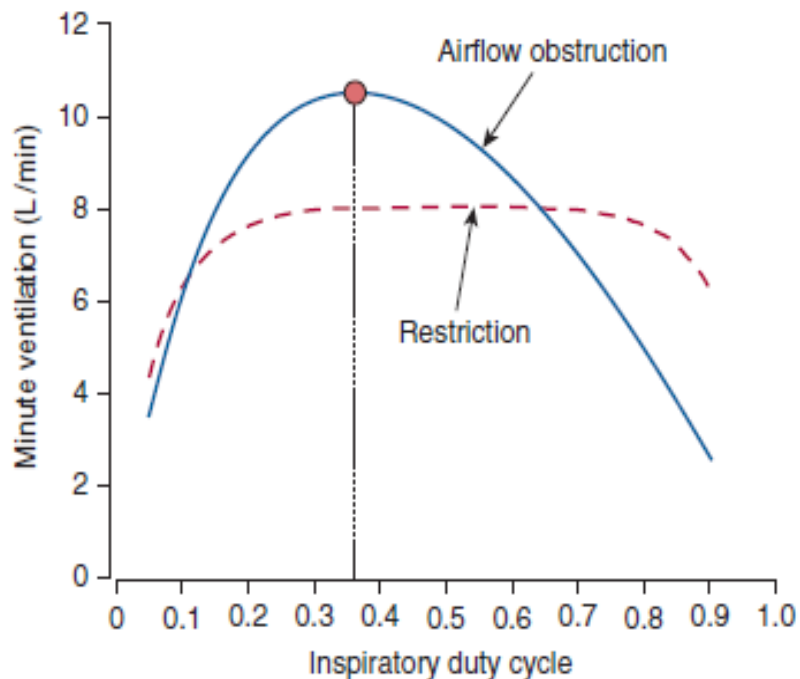
- Gắng sức tạo ra áp suất âm trong màng phổi
- Áp suất xuyên phế nang/áp suất đẩy = $P_{aw} - (P_{pl})$ tăng đáng kể
 - Không quan sát được trên máy thở
 - Tăng đáng kể Vt (dễ vi phạm khuyến cáo của ARDSnet) → theo dõi Vt thường xuyên khi bệnh nhân tự thở

Ảnh hưởng của f trên V_E

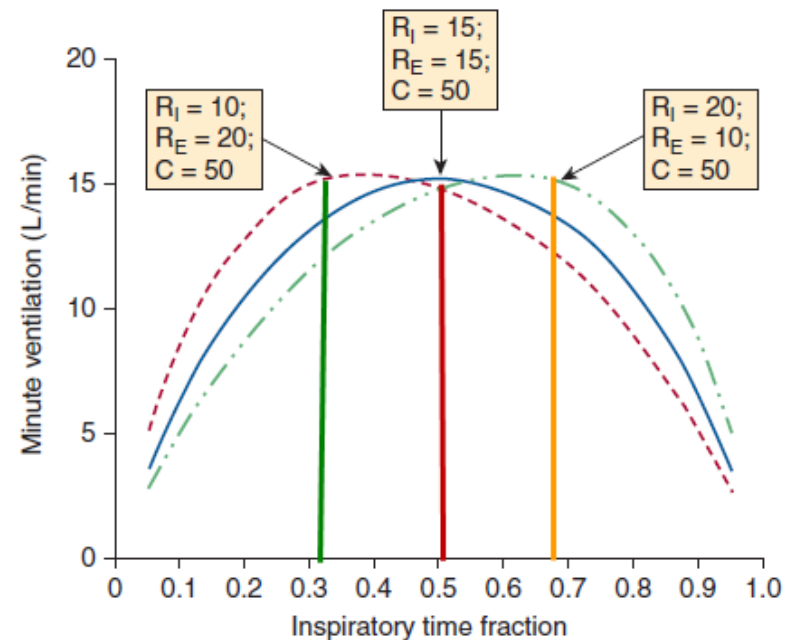
- Tăng f rút ngắn T_e → tăng iPEEP, giảm áp suất đẩy
- Bệnh phổi hạn chế: tăng f → tăng V_E (τ thở ra ngắn)
- Bệnh phổi tắc nghẽn: tăng f → tăng V_E rất ít
 - $R \geq 25 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$, V_E không tăng khi f đã trên 12



Ảnh hưởng của T_i trên V_E



- Bệnh phổi hạn chế : tăng T_i không tăng V_E (nếu đã quá zero-flow)
- Bệnh phổi tắc nghẽn: tăng T_i có thể làm giảm V_E (do giảm V_t)

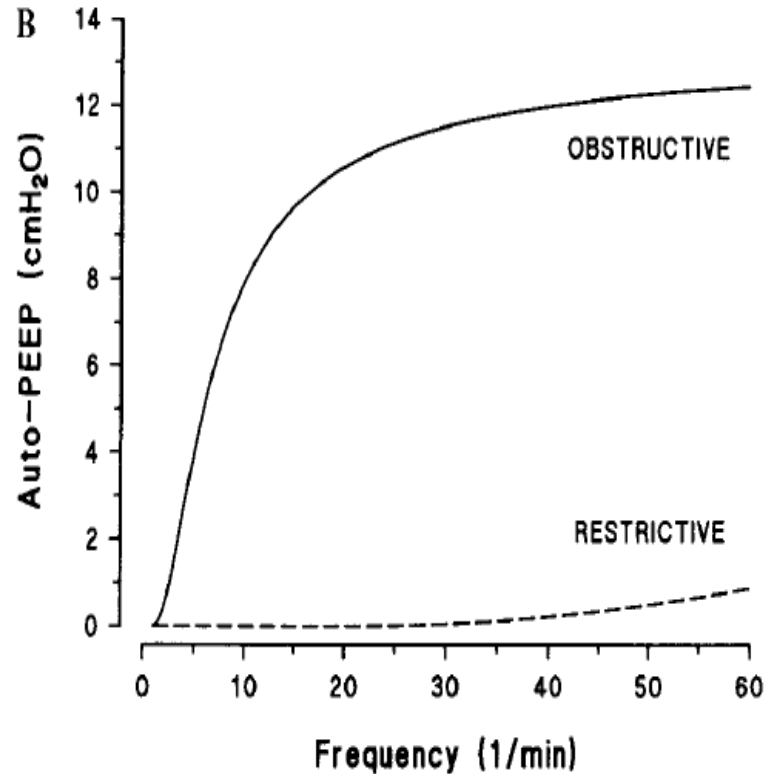


- $R_I = R_E$, V_E tăng dần khi T_i/T_{TOT} tiến về 0.5
- $R_I < R_E$: điểm cân bằng lệch trái

Ảnh hưởng của f trên V_A

- Tăng tần số có thể tăng V_E , giảm V_t → tăng thông khí khoảng chết và tăng P_aCO_2
- Có thể chấp nhận tăng f nếu V_t không giảm quá 25-30%

Auto PEEP và f



- Bệnh phổi hạn chế: tăng f ít gây autoPEEP
- Bệnh phổi tắc nghẽn: tăng f có thể gây autoPEEP rất sớm (τ thở ra dài)
- Hạn chế autoPEEP: $T_e \geq 3\tau$ (rất khó đạt trong COPD)

Tóm tắt về cài đặt

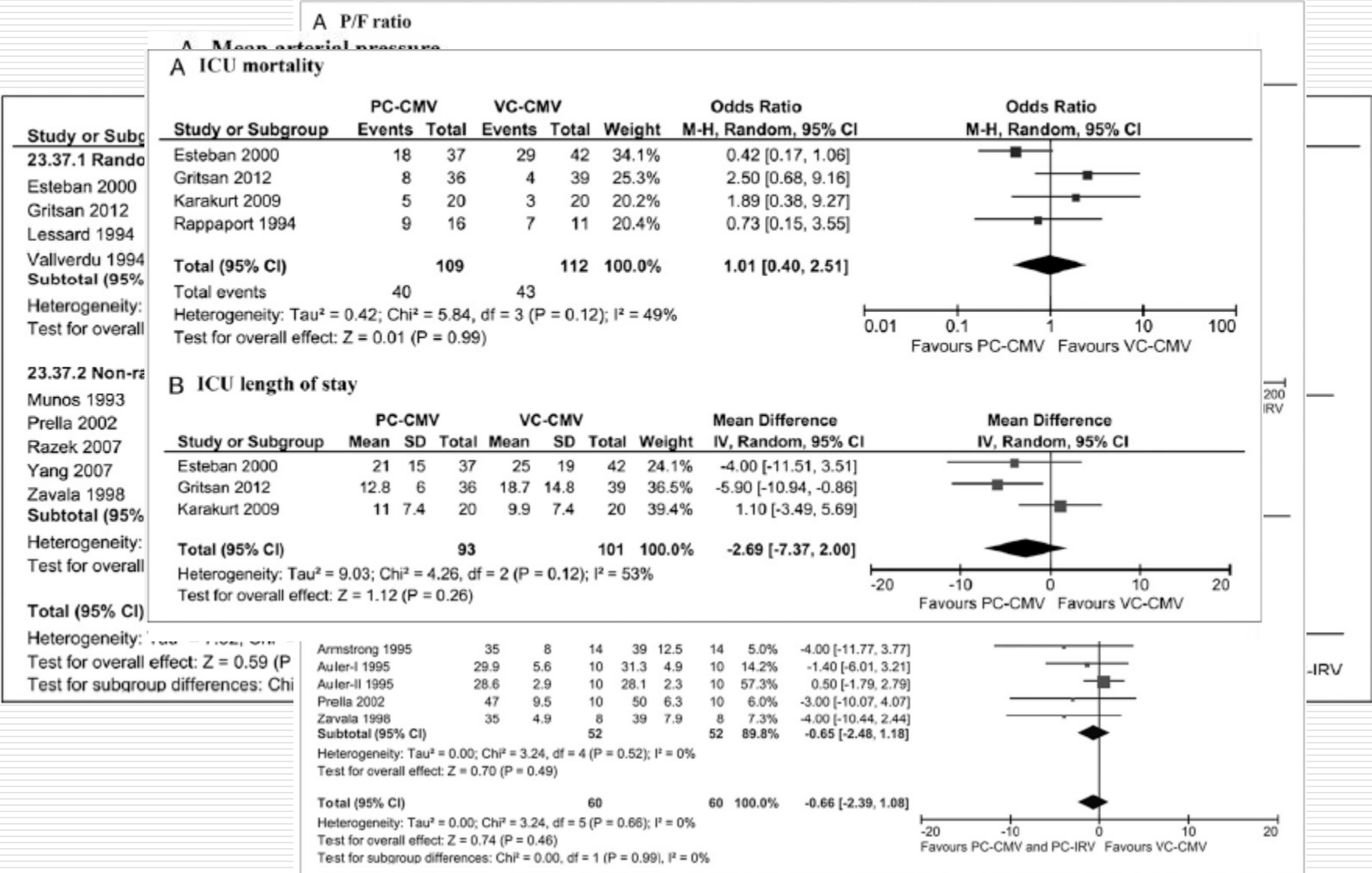
- Cài đặt P_i
 - 70% PIP hoặc 20 cmH₂O
 - Vt (theo ARDSnet) ÷ độ dẫn nở hệ hô hấp (compliance)
 - Lưu ý: đảm bảo khuyến cáo Vt thấp, driving pressure < 15 cmH₂O
- Cài đặt T_i
 - Tối thiểu: ≥ 3 hằng số thời gian
 - Tối đa: đạt được zero-flow
 - Đảm bảo đồng bộ bệnh nhân-máy thở
- Tần số
 - Ban đầu: 10-20 lần phút
 - Tối thiểu: ≥ 3 hằng số thời gian (hạn chế ứ khí phế nang)
 - Điều chỉnh theo PaCO₂
 - Lưu ý: theo dõi thay đổi Vte khi tăng tần số

Hiệu quả sinh lý

- Giảm áp suất đường thở tối đa, tăng áp suất đường thở trung bình → tăng PaO₂
- Phân phối khí đồng đều hơn trên các phế nang có τ khác nhau → giảm V_D/V_T, giảm PaCO₂
- Tăng đồng bộ bệnh nhân-máy thở
- Giảm chấn thương khí (khi thở kiểm soát hoàn toàn)
- Tổn thương đường dẫn khí do tốc độ dòng ban đầu cao
 - Ít gặp với tốc độ dòng tương ứng với P_i 15-20 cmH₂O

Phân tích gộp về hiệu quả sinh lý và hiệu quả lâm sàng

(Rittayamai. Chest 2015;148:340)



Đồng bộ máy thở giữa VCV và APC

(Figueroa-Casas. Ann Am Thorac Soc 2016;13:2207-2214)

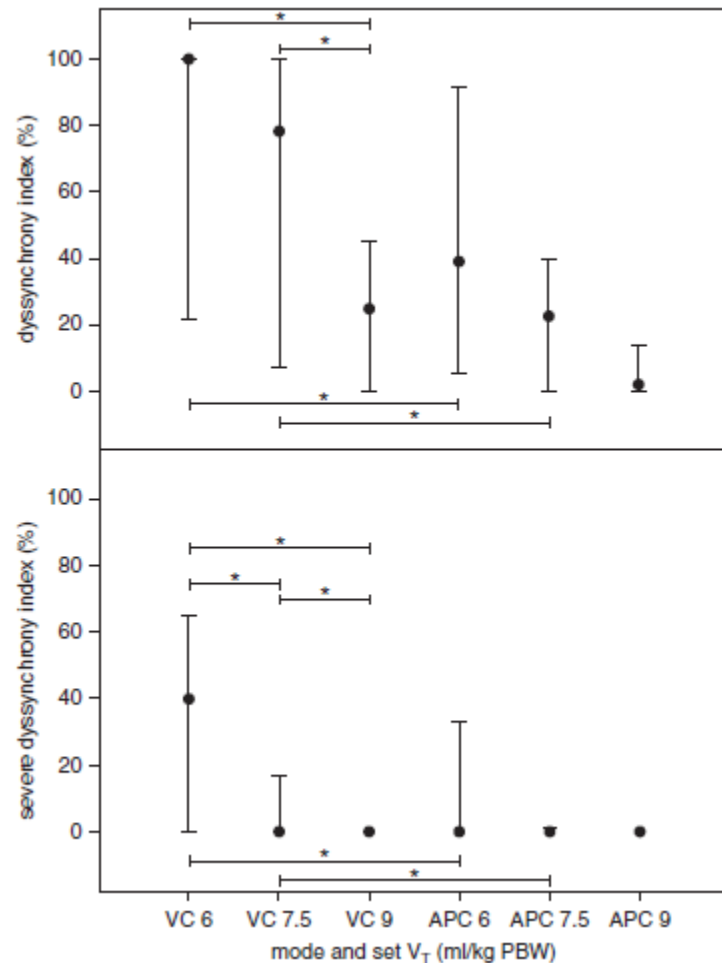
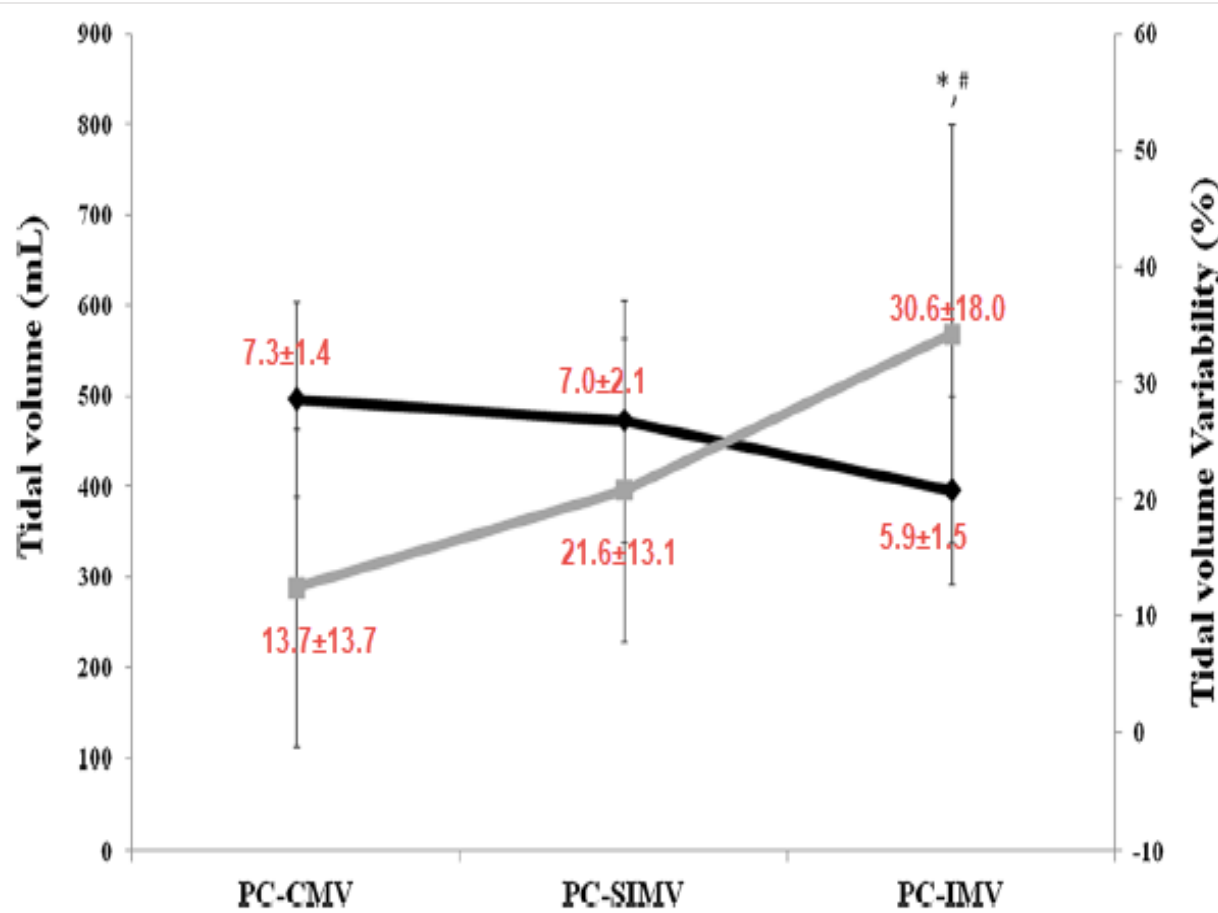


Table 2. Breathing variables and different types of dyssynchronies

Mode	Volume Control			Adaptive Pressure Control		
	Set V _T , ml/kg PBW	6	7.5	9	6	7.5
Breathing variables						
V _{re} , ml	452 (103)	493 (90)*	570 (92)* [†]	477 (91)	520 (81) [‡]	591 (91) [‡]
V _{re} , ml/kg PBW	7.6 (1.5)	8.2 (0.8)*	9.5 (0.6)* [†]	8.0 (1.4)	8.7 (0.9) [‡]	9.8 (0.8) [‡]
f, per min	26 (6)	23 (6)*	20 (5)* [†]	24 (6) [‡]	22 (6) [‡]	19 (5)
PIP, cm H ₂ O	18 (5)	19 (4)	23 (5)* [†]	16 (4) [‡]	18 (5)	23 (5)
PIP-PEEP, cm H ₂ O	11 (5)	12 (4)	16 (4)* [†]	9 (3) [‡]	11 (5)	15 (5)
Peak V _i , L/min	46 (4)	47 (4)*	48 (4)*	46 (10)	48 (10)	54 (11) [‡]
T _i , s	0.83 (0.15)	0.90 (0.17)*	1.09 (0.18)* [†]	0.84 (0.16)	0.96 (0.19) [‡]	1.14 (0.20) [‡]

So sánh mất đồng bộ bệnh nhân máy thở giữa VCV và APC điều chỉnh theo các mức V_T tương ứng
 Chuyển từ VCV sang APV giảm mất đồng bộ nhưng tăng V_T 1 ml/PBW

So sánh Vt và biến thiên Vt trong PCV (Rittayamai. AIC 2017;7:100)



- So sánh Vt và biến thiên Vt trong các mode PCV
 - Đồng bộ hoàn toàn: PC-CMV
 - Đồng bộ một phần: PC-SIMV
 - Không đồng bộ: PC-IMV (APRV)
- Mode đồng bộ hoàn toàn giảm biến thiên Vt nhưng có Vt cao nhất (tương ứng với áp suất xuyên phế nang cao nhất)

Theo dõi bệnh nhân thở PCV

1. V_t , nhất là khi thở assisted PCV

2. V_t

3. V_t

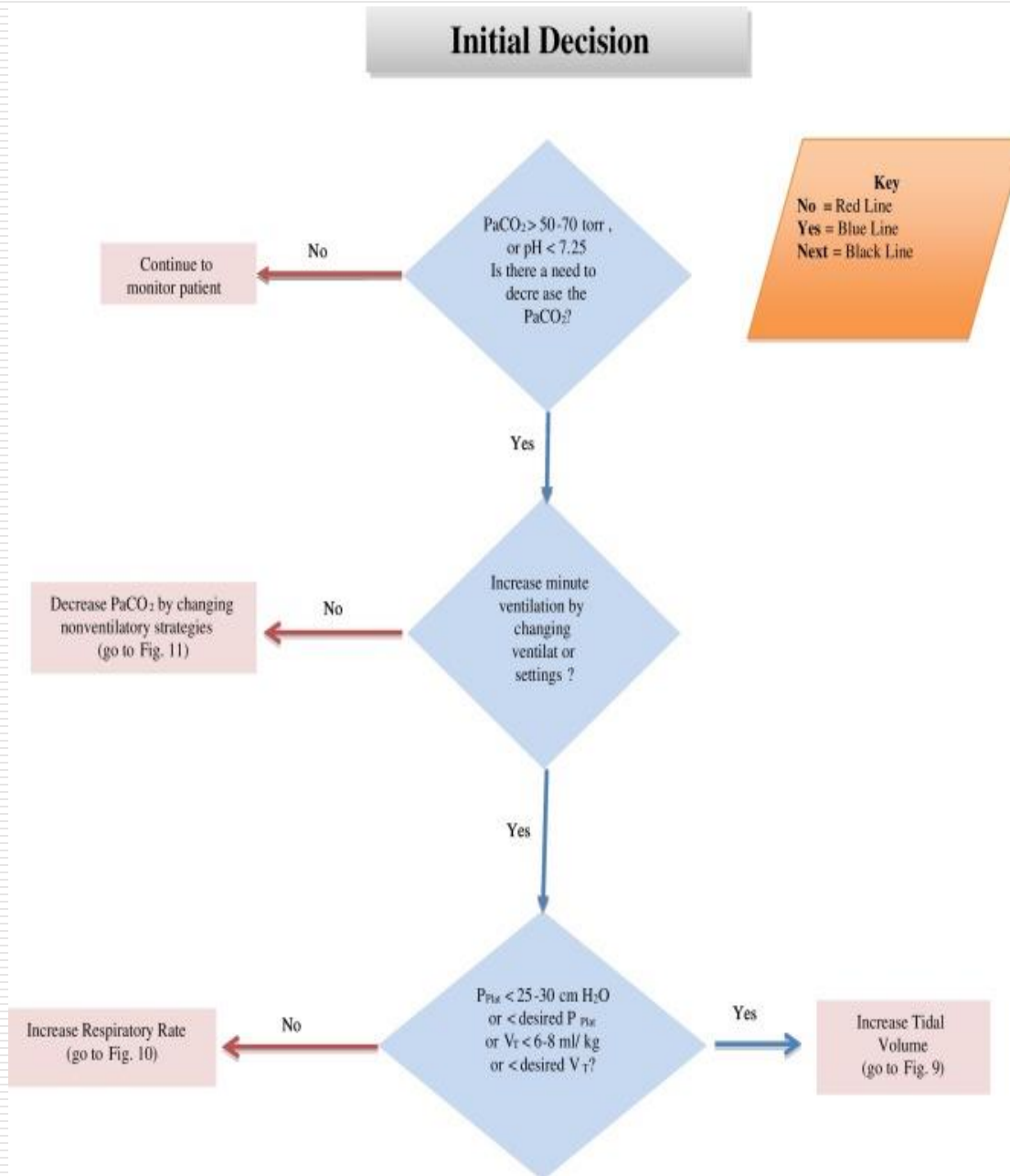
4. Áp lực đẩy (driving pressure)

P_i 10 cmH₂O, V_t 400 ml, C 20 ml/cm H₂O

$DP = V_t \div C = 20$ cm H₂O...khá cao so với mức an toàn

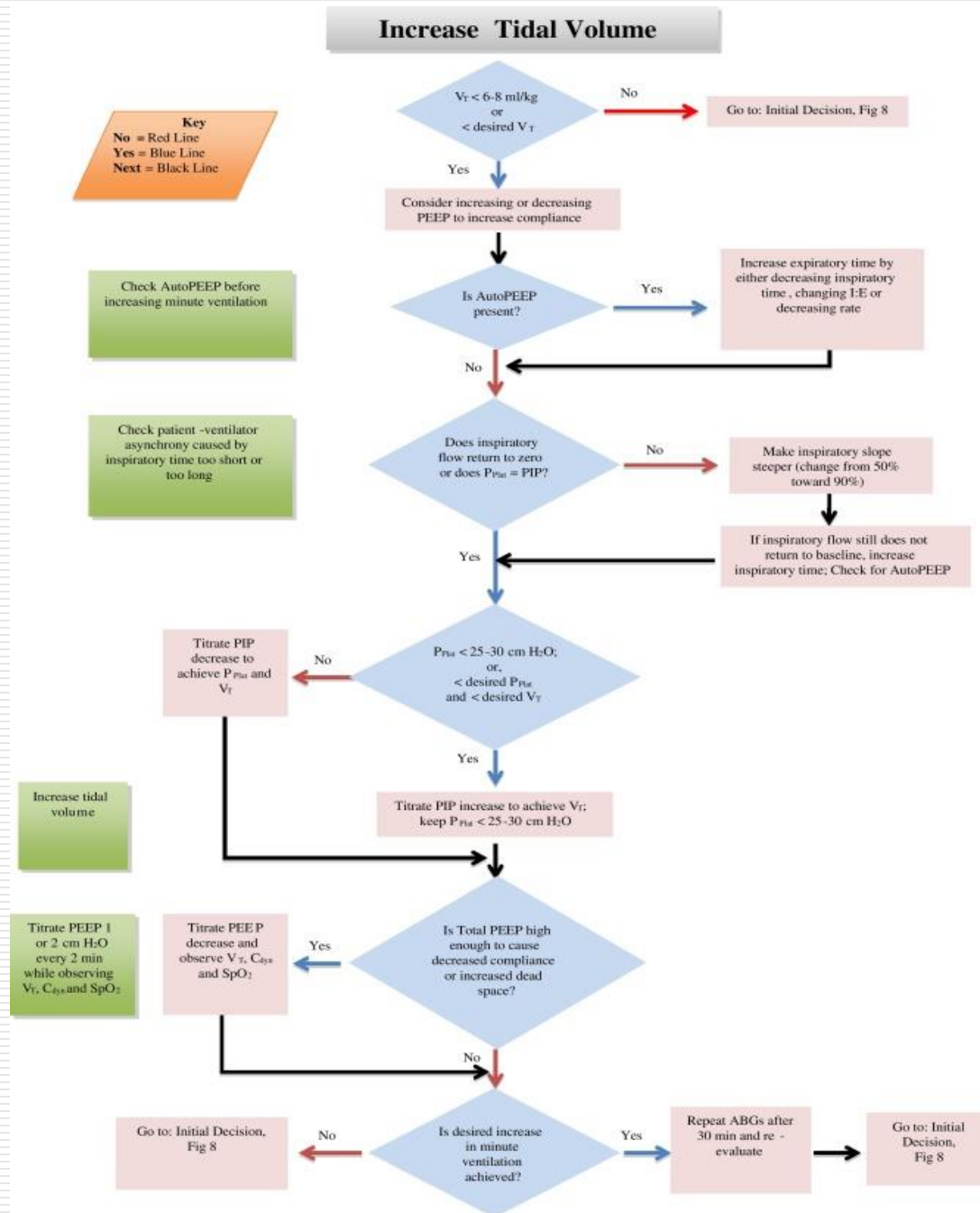
Xử trí tăng PaCO₂

(Ashworth. JCC 2018;43:169)



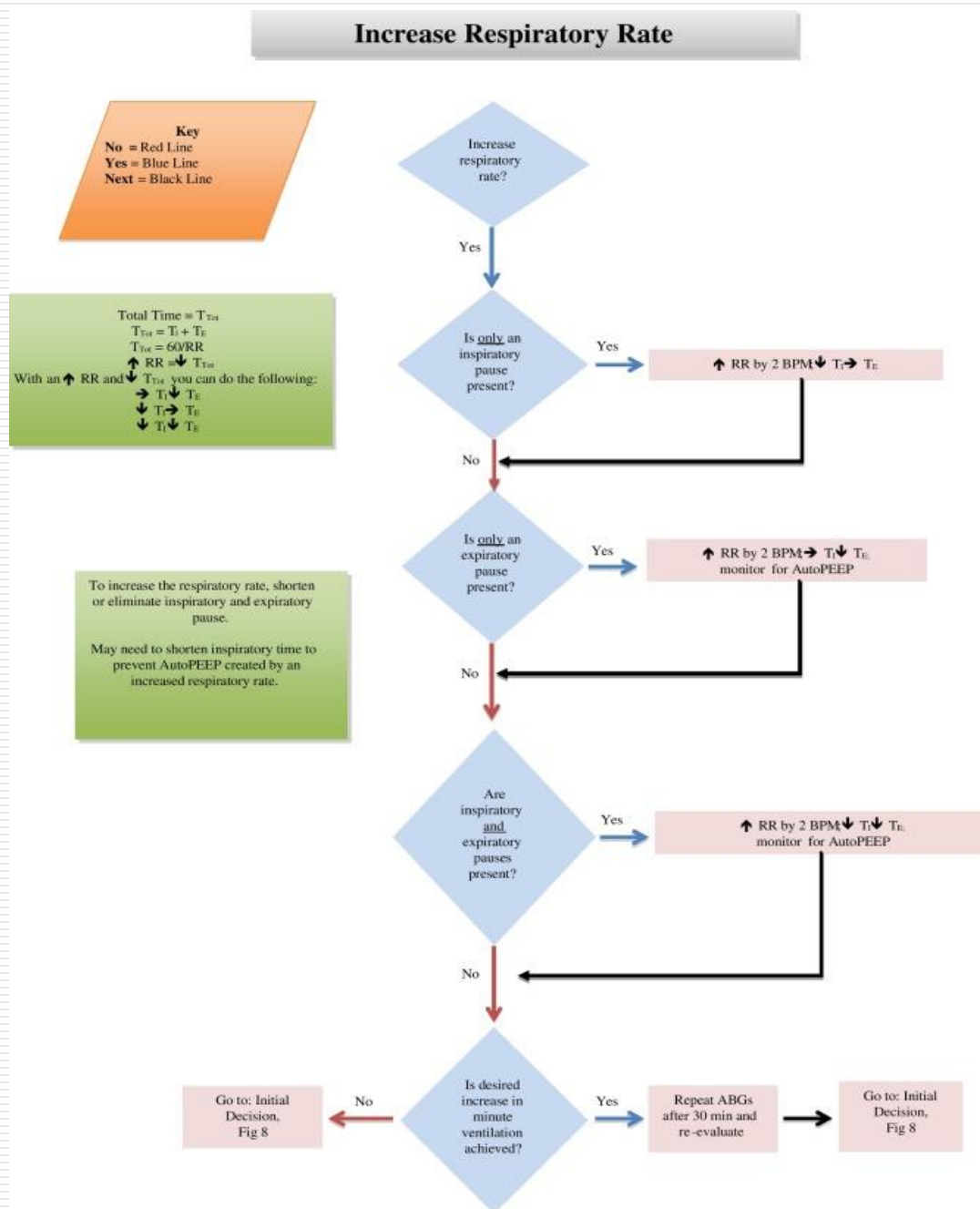
- Bước đầu tiên cần xác định: có cần xử trí tăng PaCO₂ không?
- Nói chung không cần xử trí tăng PaCO₂ nhẹ: PaCO₂ < 70 mmHg, pH > 7.25
- Giảm PaCO₂: tăng VE hoặc giảm VCO₂, lấy CO₂ ngoài cơ thể
- Nói chung các biện pháp điều chỉnh máy thở thường kém hiệu quả

Tăng thể tích khí lưu thông



- Không nên dung tăng P_i là biện pháp đầu tay: có thể giảm V_t (nếu gây autoPEEP), có thể làm tăng driving pressure
- Thường xuyên đo autoPEEP
- Giữ mức V_t và P_{plat} trong giới hạn an toàn

Tăng tần số thở



- Lưu ý máy thở cài đặt T_i cố định hay I:E cố định
- Trên bệnh nhân có sức cản đường thở cao (τ dài): tăng tần số có thể gây ứ khí phế nang và giảm thông khí phế nang
- Thường xuyên kiểm tra V_{te} và autoPEEP

Tóm tắt

- PCV có vẻ phù hợp sinh lý (hơn VCV)
- Cho bệnh nhân nhiều freedom hơn (trừ việc cycle off)
- Cài đặt phức tạp
 - Không có hướng dẫn rõ ràng
 - Nhiều thông số phụ thuộc lẫn nhau
- Theo dõi khó khăn
 - Báo động Vt thấp/cao
 - Kiểm soát áp suất đường thở ko chắc an toàn cho BN ($P_i \neq$ transalveolar pressure)

Tóm tắt

- Sử dụng PCV cho bệnh nhân tắc nghẽn đường thở rất khó khăn (dù có vẻ có lợi trong phân phối khí)
 - P_i cao nhưng V_t thấp → ko cải thiện toan hô hấp
 - Tăng T_i , tần số có thể làm giảm V_t
- Có vẻ tốt cho bác sĩ, không chắc tốt cho bệnh nhân
 - Ít chống máy
 - Hiệu quả lâm sàng không rõ ràng: không đảm bảo được safe volume range và safe pressure range

Đọc thêm

- Amato, Marini. Pressure-controlled and inverse-ratio ventilation. In: Principles and practice of mechanical ventilation 3rd edition. chap 9: 227-251
- Rittayamai. Pressure-controlled vs volume-controlled ventilation in acute respiratory failure: a physiology-based narrative and systematic review. CHEST 2015; 148(2): 340 – 355
- Ashworth. Clinical management of pressure control ventilation: An algorithmic method of patient ventilatory management to address “forgotten but important variables”. Journal of Critical Care 43 (2018) 169–182