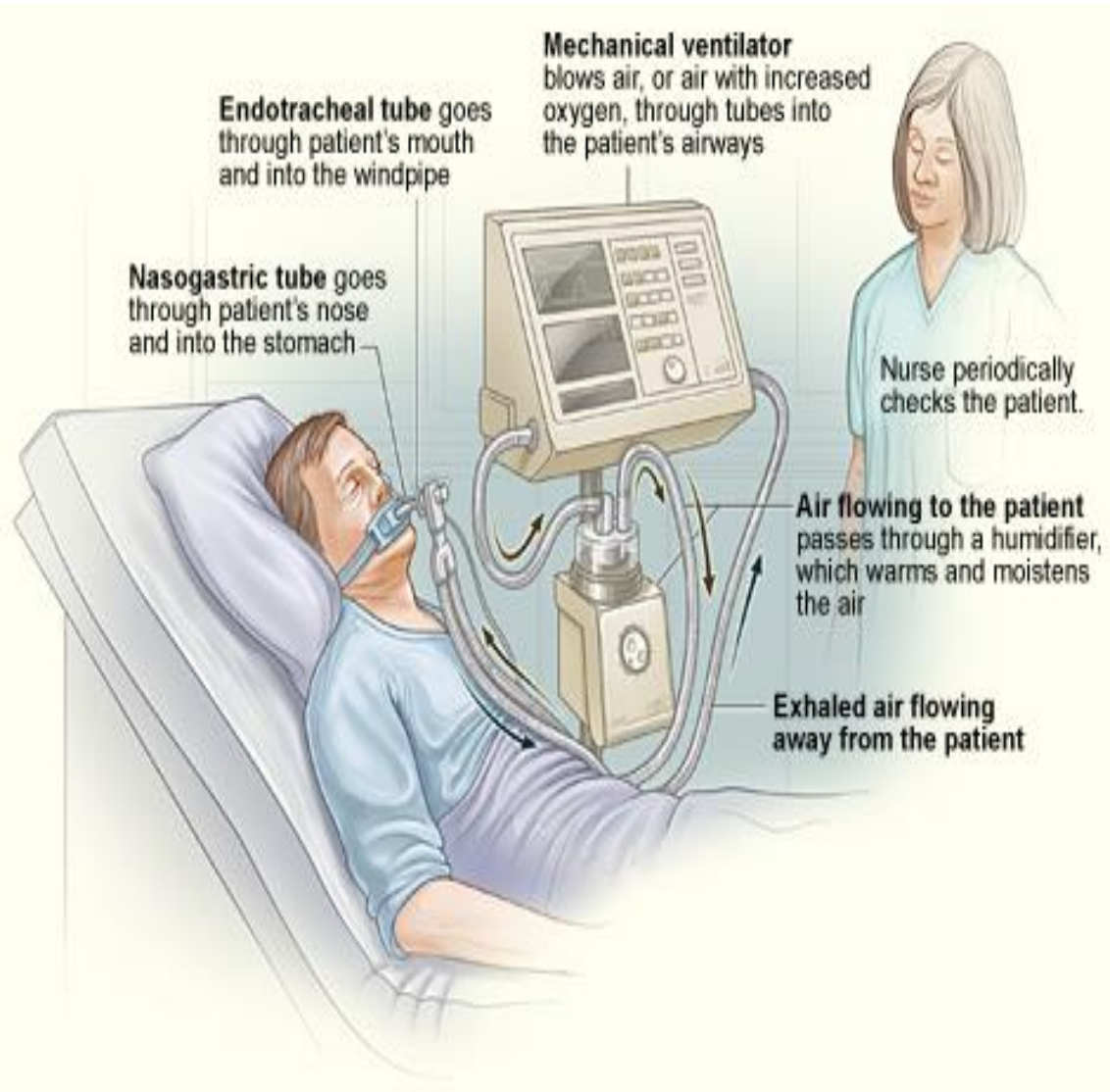


# THÔNG KHÍ CƠ HỌC

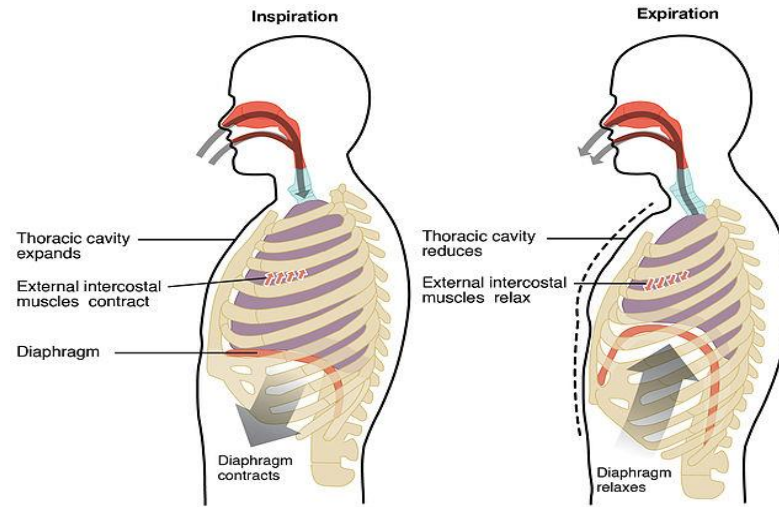
## NGUYÊN LÝ CHUNG VÀ ỨNG DỤNG

PGS TS BS PHẠM THỊ NGỌC THẢO  
PGĐ BVCHỢ RẦY  
BỘ MÔN HSCCCĐ- ĐHYD TPHCM

# THÔNG KHÍ CƠ HỌC NGUYÊN LÝ CHUNG



# Thở tự nhiên (Thông khí áp lực âm)



Inspiration

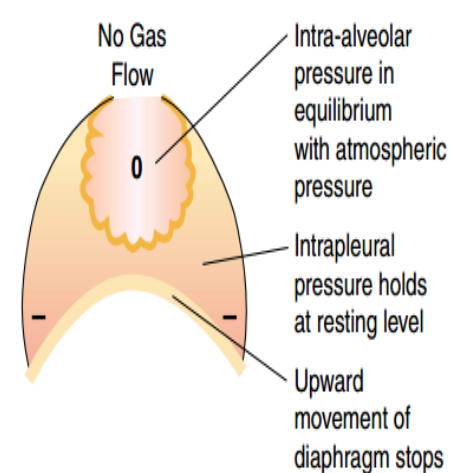
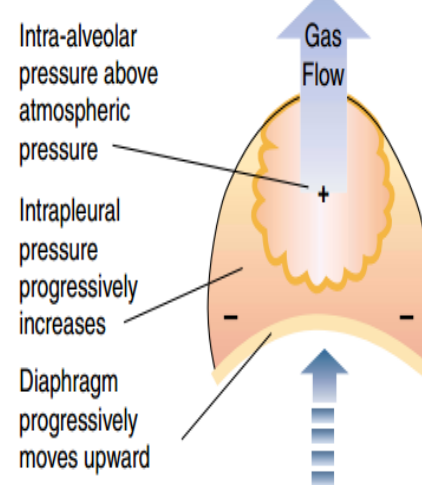
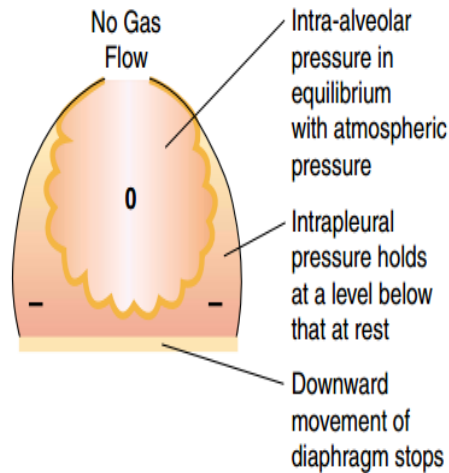
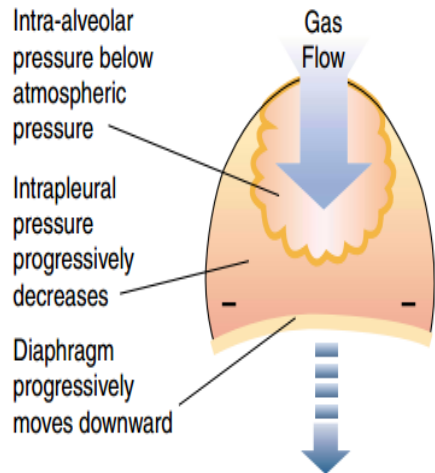
**Thì hít vào**

End-Inspiration

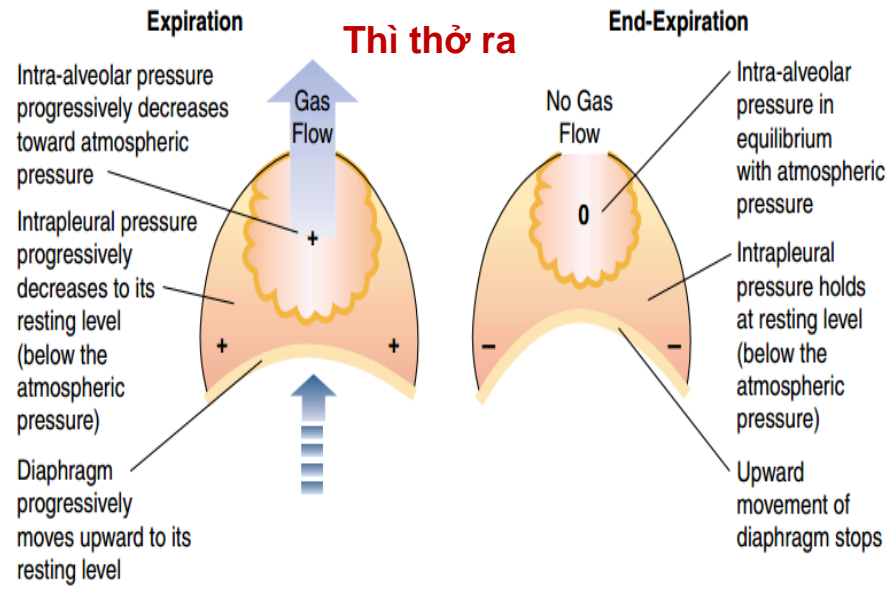
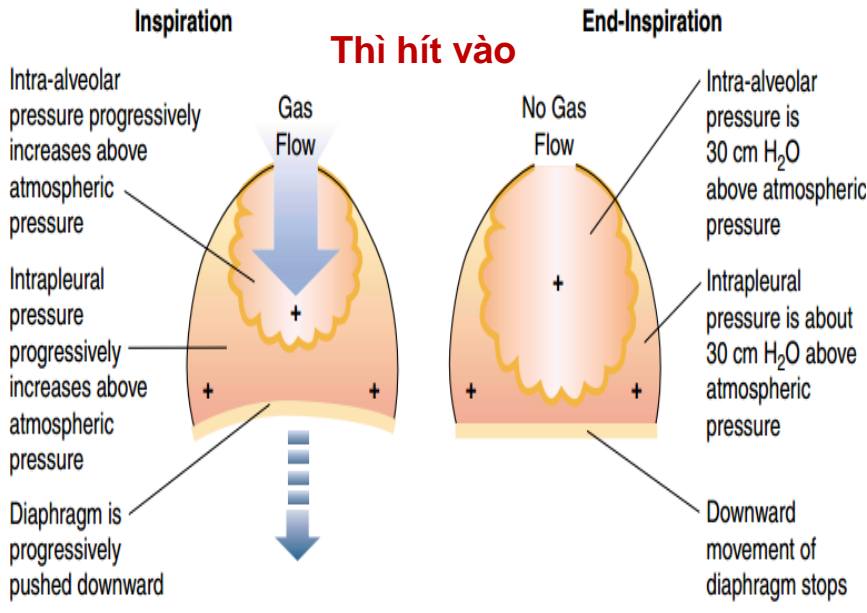
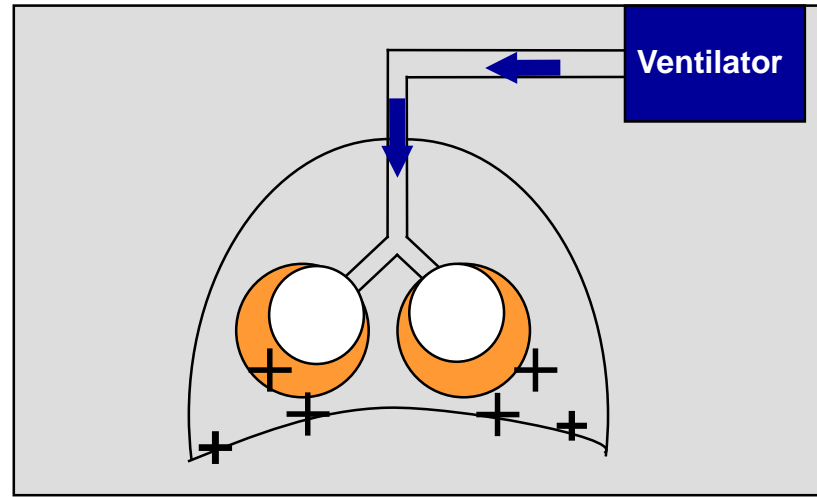
Expiration

**Thì thở ra**

End-Expiration



# Thở máy (Thông khí áp lực dương)



ESSENTIALS OF  
**MECHANICAL  
VENTILATION**

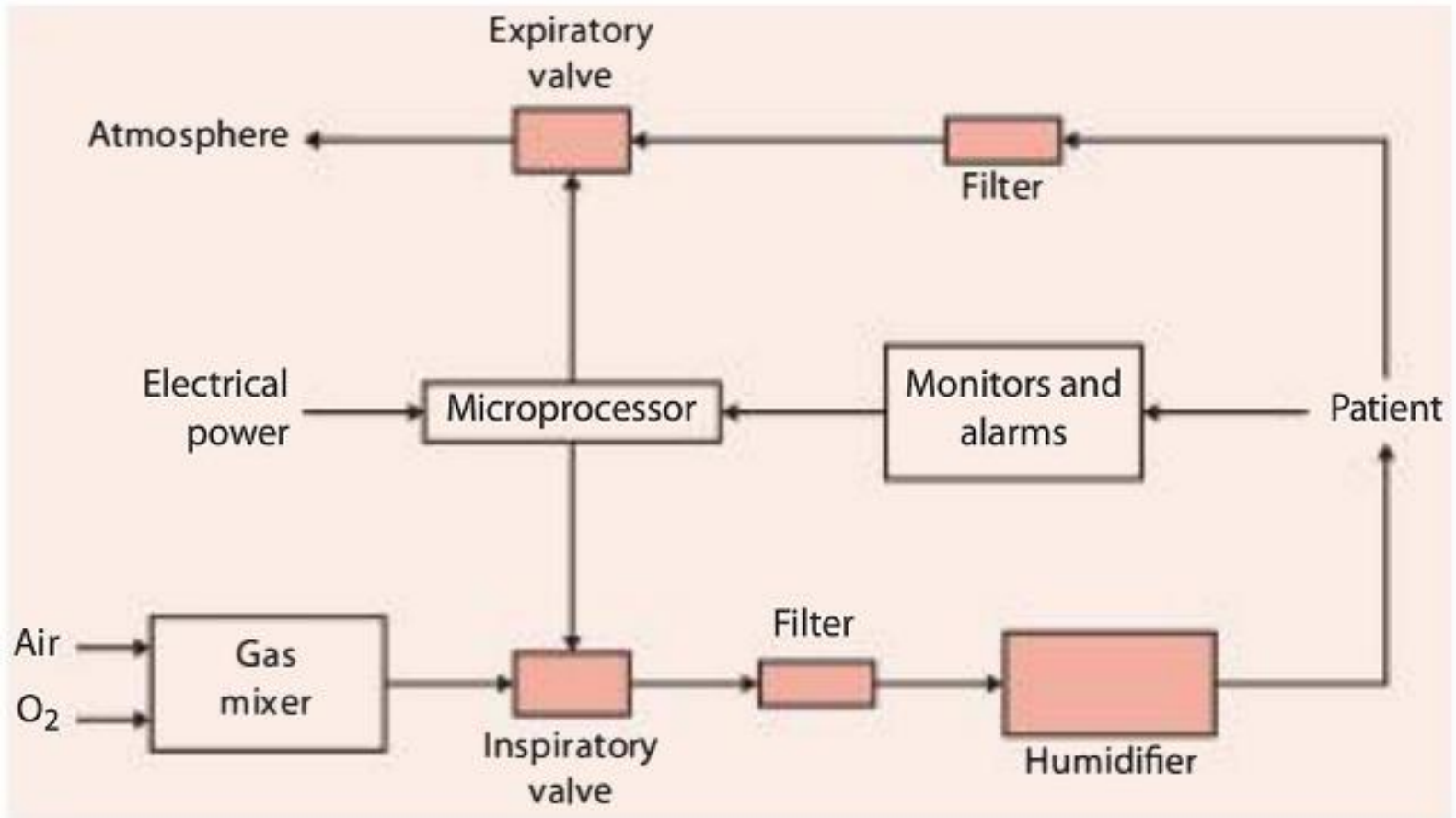
**DEAN R. HESS**

**ROBERT M. KACMAREK**

**Mc  
Graw  
Hill  
Education**

tahir99 - UnitedVRG  
vip.persianss.ir

# Hệ thống năng lượng máy thở





# Phân loại máy thở

**Table 5-1 Ventilator Classification System**

- **Control variable**
  - Pressure
  - Volume
- **Breath sequence**
  - Continuous mandatory ventilation (CMV): actual rate may be greater than the set rate with the patient-triggered breaths; backup rate is the minimum value in case of apnea.
  - Intermittent mandatory ventilation (IMV): spontaneous breaths allowed between mandatory breaths; backup rate is the minimum value if apnea occurs.
  - Continuous spontaneous ventilation (CSV): all breaths are patient-triggered.
- **Targeting scheme**
  - Set point
  - Dual
  - Servo
  - Adaptive
  - Optimal
  - Intelligent

# Cấu tạo máy thở

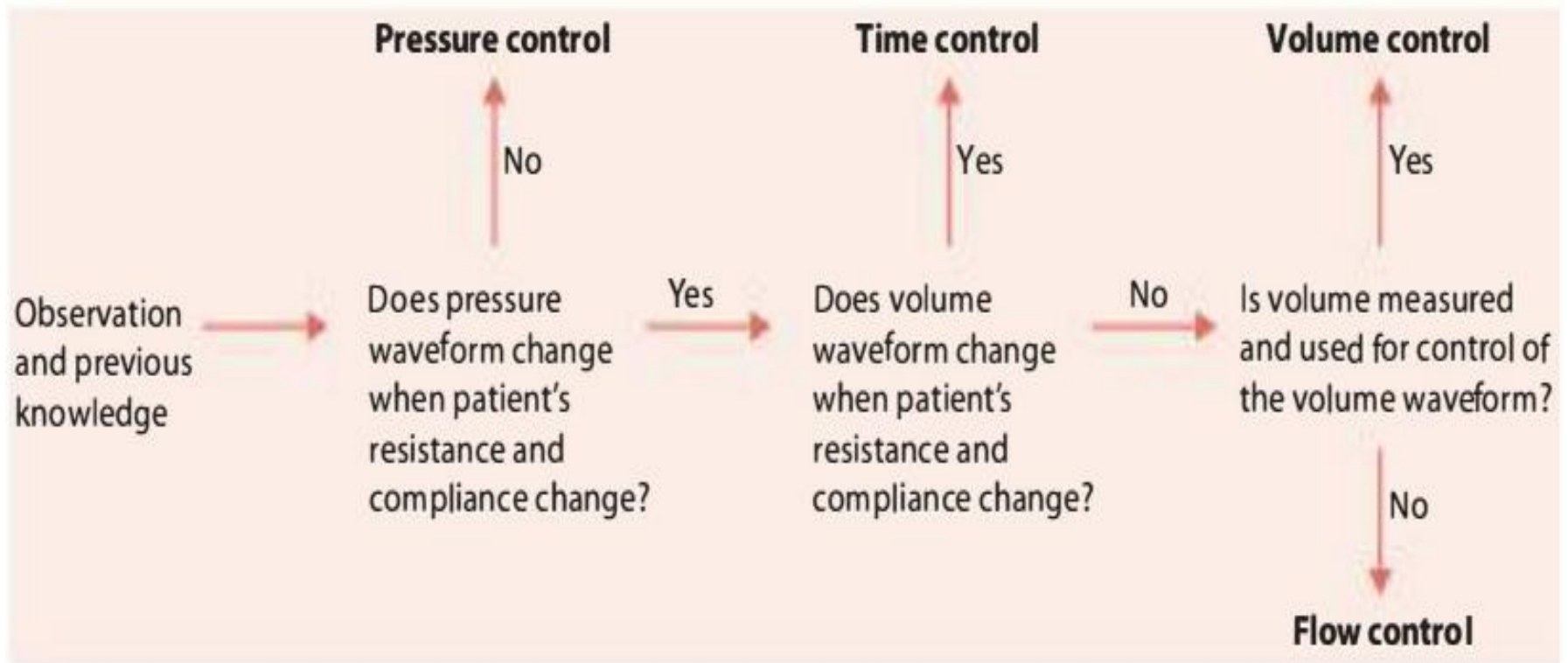




## Control variables (biến số kiểm soát)

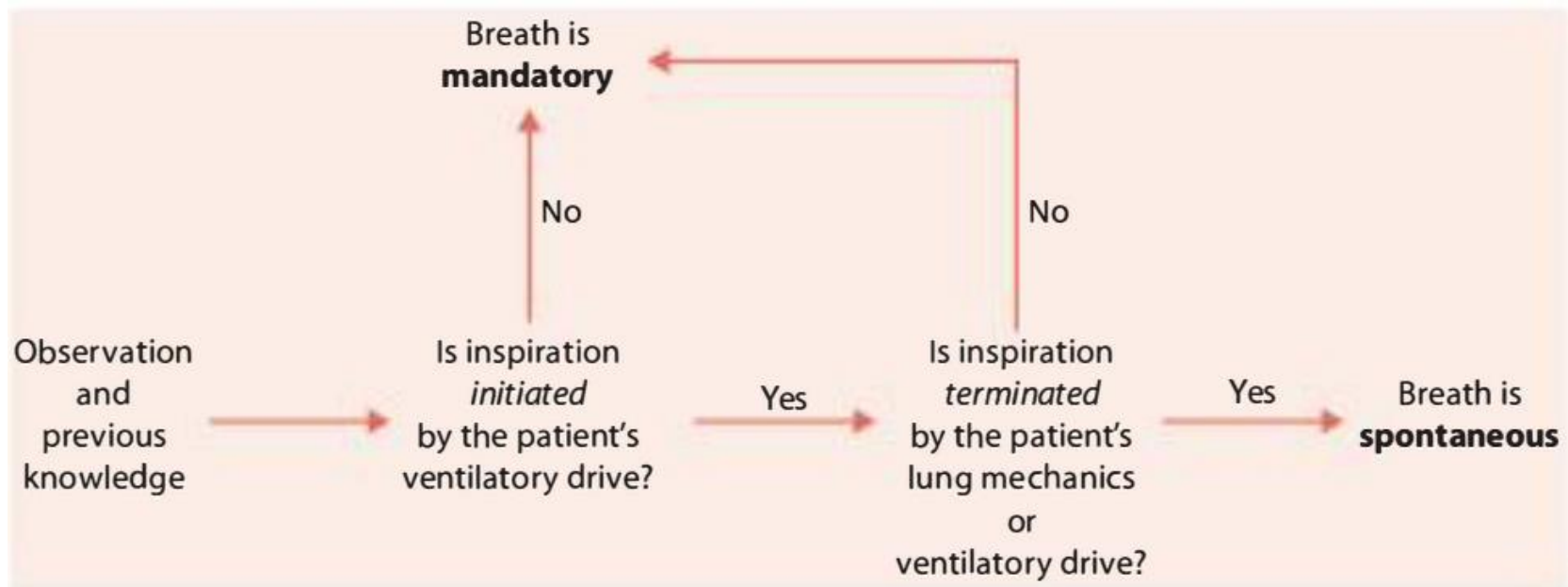
- Mô tả kiểu kiểm soát **áp lực, thể tích, dòng khí** trong thì **thở vào**.
- Luôn hằng định
- Gồm: áp lực, thể tích, dòng khí, thời gian
- Dual control: có sự chuyển đổi kiểu kiểm soát trong **một chu kỳ hô hấp**

# Control variables (biến số kiểm soát)



# Breath sequence (kiểu thở)

- Kiểu thở tự nhiên: bệnh nhân bắt đầu **và** kết thúc 1 nhịp thở (kiểm soát T **và** Vt)
- Kiểu thở bắt buộc: máy thở bắt đầu **hoặc** kết thúc 1 nhịp thở (kiểm soát T **hoặc** Vt)



# Phân loại mode thở

**Table 5-2** Ventilation Modes Identified by Breathing Patterns

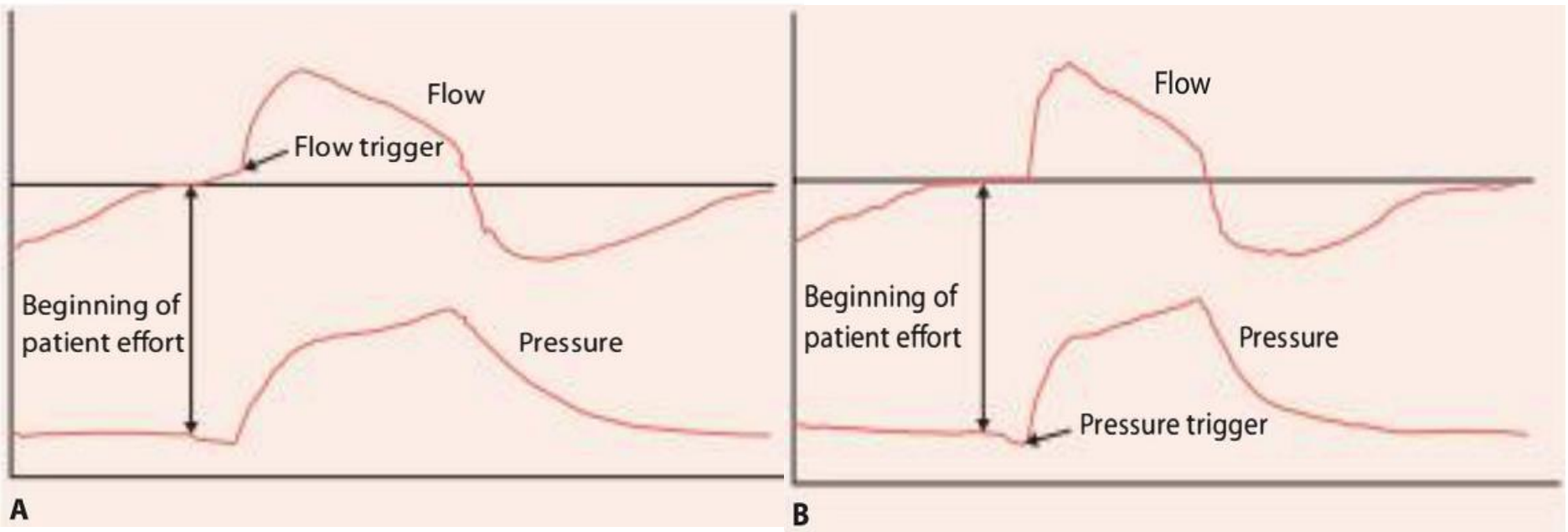
<i>Breath-control variable</i>	<i>Breath sequence</i>	<i>Acronym</i>
Volume	Continuous mandatory ventilation	VC-CMV
	Intermittent mandatory ventilation	VC-IMV
Pressure	Continuous mandatory ventilation	PC-CMV
	Intermittent mandatory ventilation	PC-IMV
	Continuous spontaneous ventilation	PC-CSV (ie, pressure support ventilation)

# Phase variable (biến số pha)

- Một chu kỳ hô hấp – 4 pha
  - Bắt đầu thở vào
  - Thở vào
  - Kết thúc thở vào
  - Thở ra
- Khởi động một pha nào đó trong chu kỳ hô hấp gồm: trigger variables, limit variables, cycle variables

# Phase variables – trigger variables

- Máy thở khởi động: time-triggered
- Bệnh nhân khởi động: pressure-triggered, flow-triggered



- NAVA: trigger bằng hoạt động điện cơ hoành



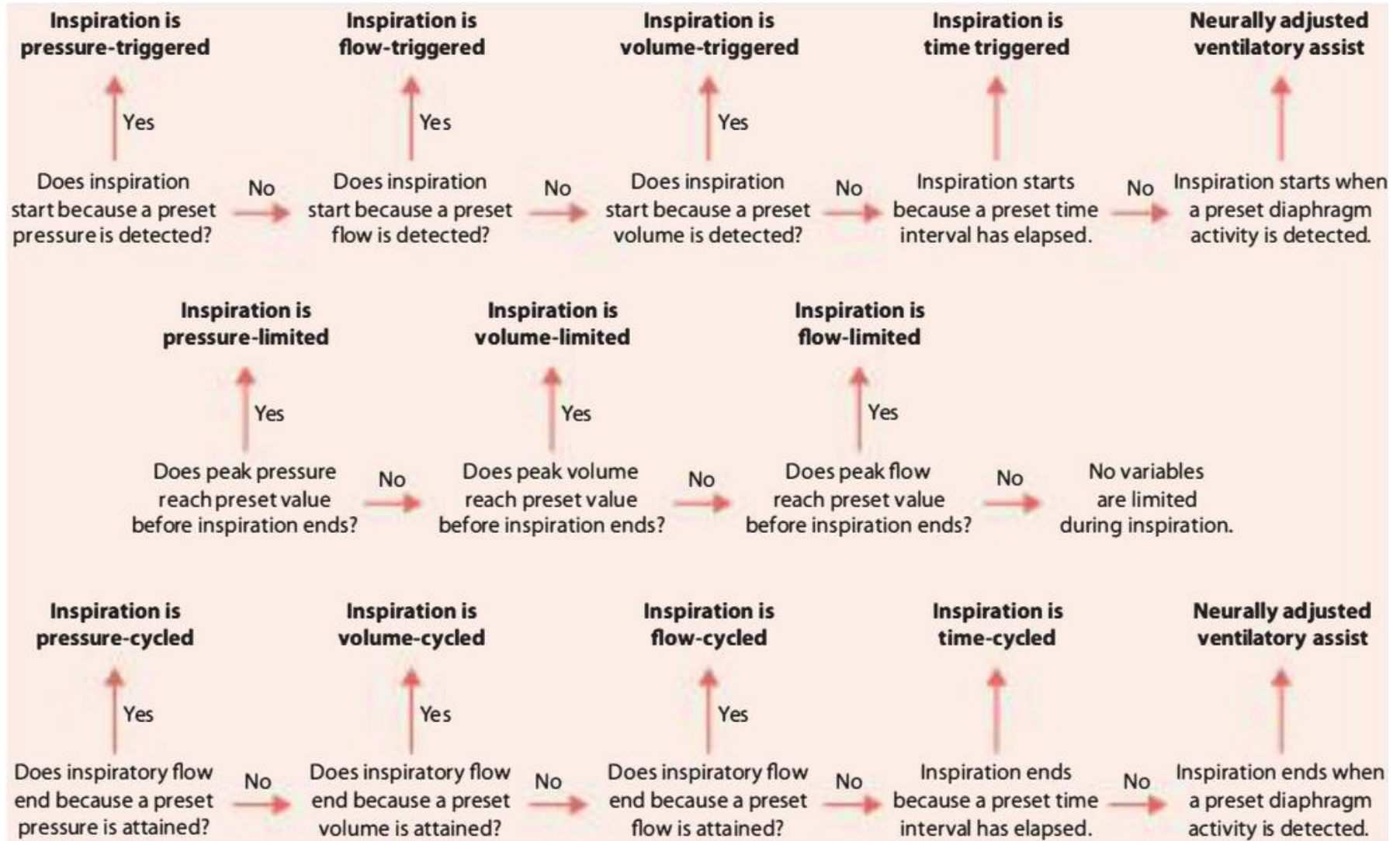
# Phase variables – limit variables

- **Giá trị tới hạn** đạt được trước khi thì thở vào chấm dứt nhưng **không kết thúc** thì thở vào
- Gồm: áp lực, thể tích, dòng khí

# Phase variables – cycle variables

- **Kết thúc thì thở vào**
- Pressure-cycled: alarm settings
- Flow-cycled: PSV (flow khởi đầu đủ để đạt áp lực tới hạn → giảm đến giá trị cài đặt (vd. 25% peak flow) → kết thúc thì thở vào
- Volume-cycled, time-cycled

# Phase variables



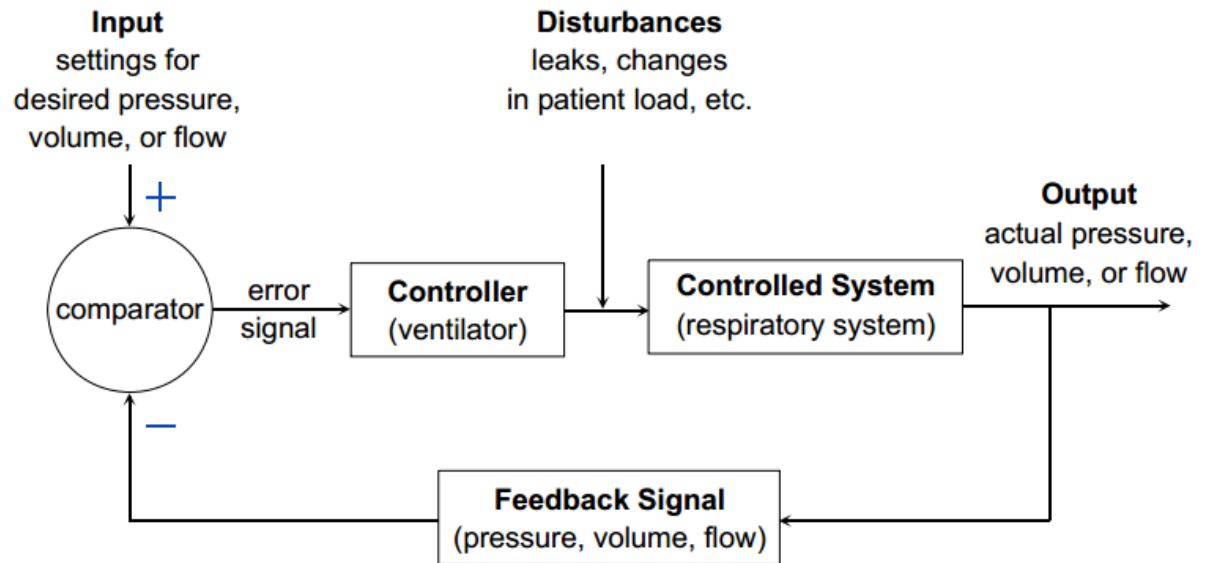
# Baseline variables, conditional variables

- Baseline variables: kiểm soát trong thì **thở ra** (PEEP, CPAP)
- Conditional variables: dùng để máy thở **tự thay đổi** control variables hoặc phase variables với mục đích **cải thiện sự đồng bộ** bệnh nhân và máy thở.

# Targeting Scheme (hệ thống mục tiêu)

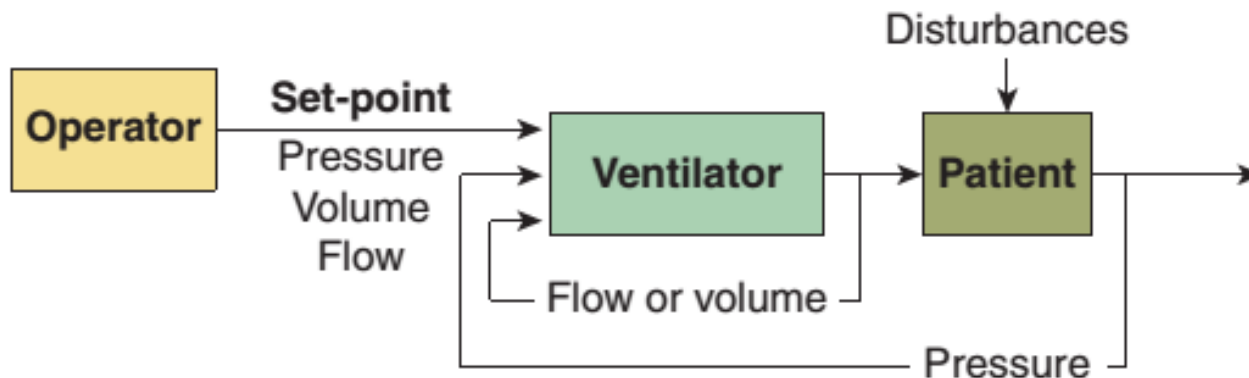
- Closed-loop control (hệ thống kiểm soát vòng kín)

1. Set point
2. Dual
3. Servo
4. Adaptive
5. Optimal
6. Intelligent



# 1. Set point control

- Mode thở truyền thống
- Bác sĩ lâm sàng cài đặt toàn bộ thông số máy thở (fixed parameters)
- Máy thở thực hiện như cài đặt



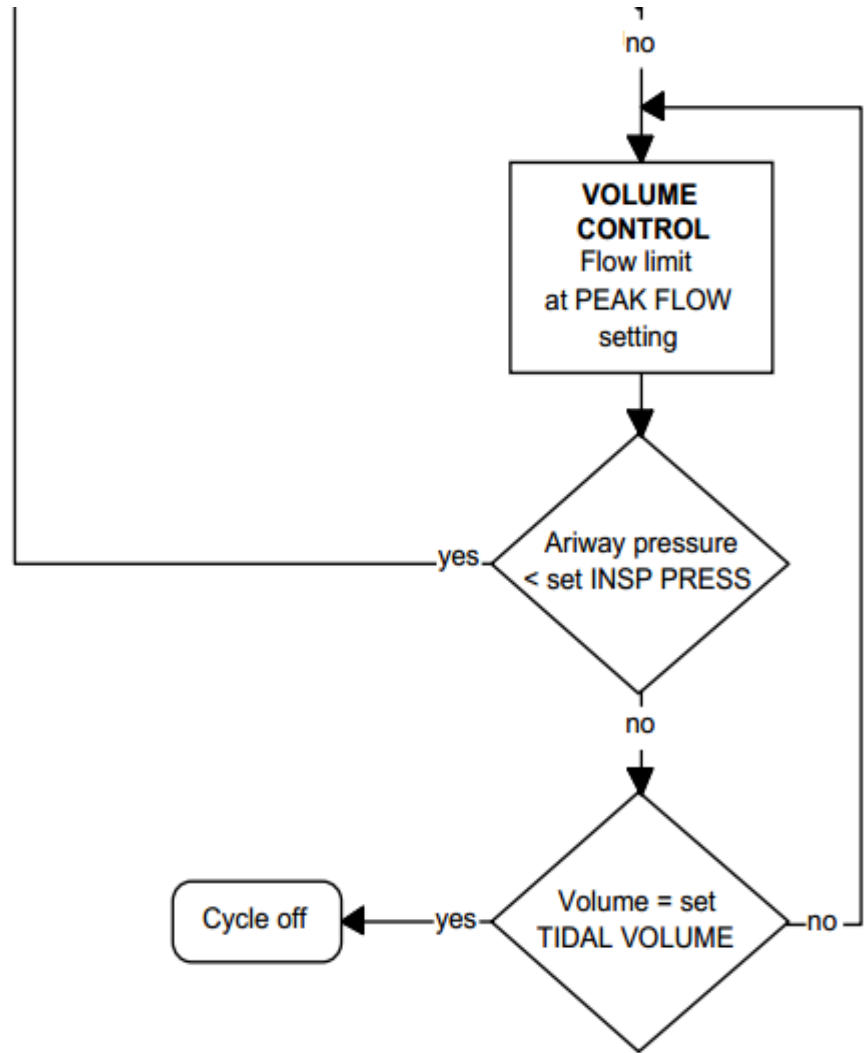
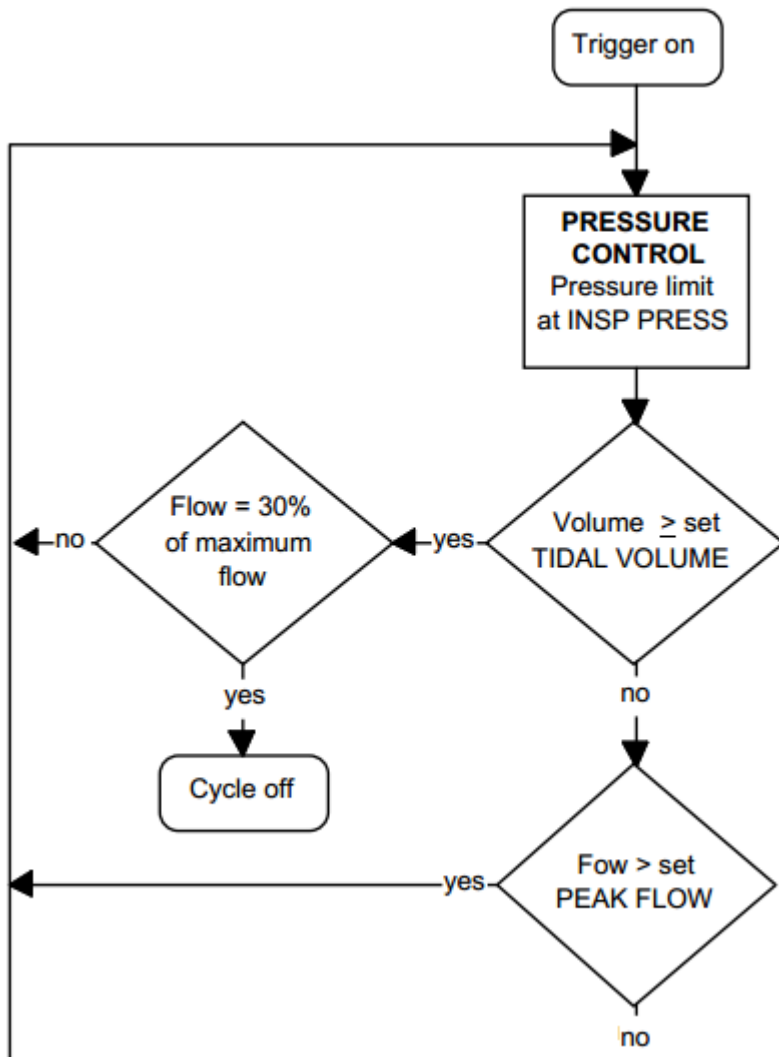


## 2. Dual control

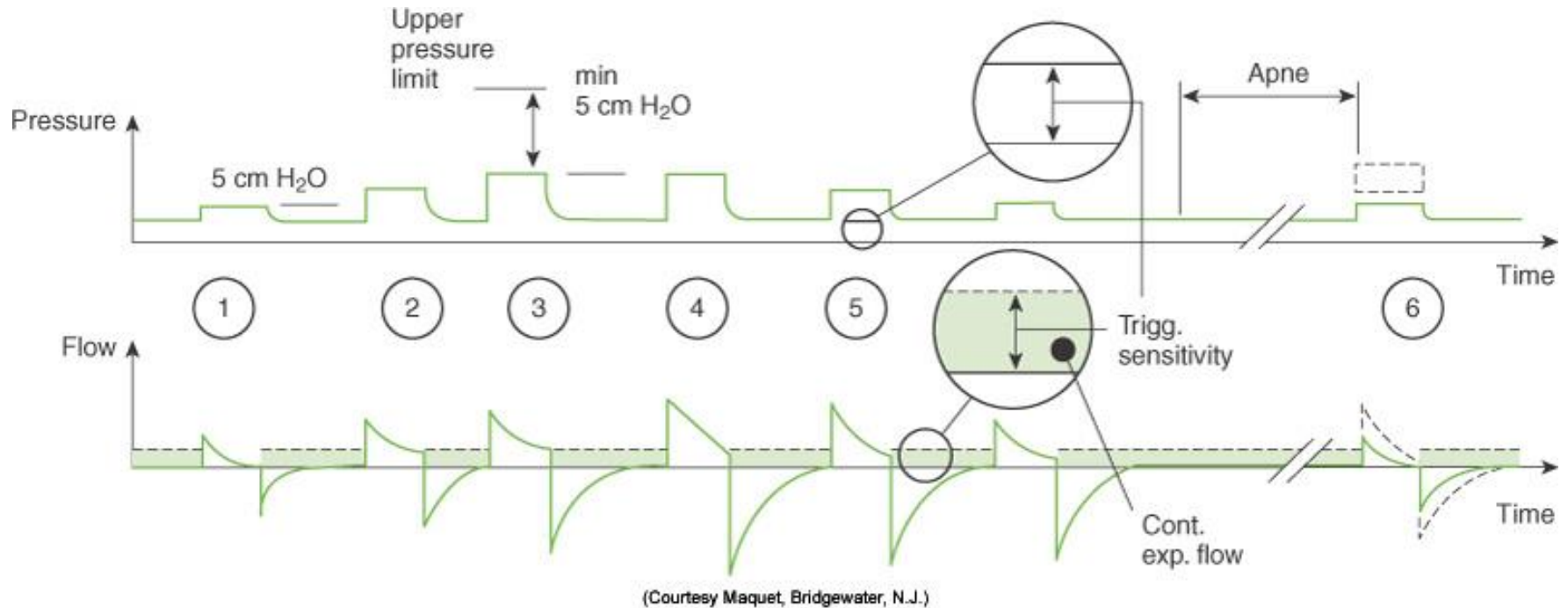
- Tại một thời điểm, máy thử chỉ kiểm soát thể tích **hoặc** áp lực
- Dual control: máy thử chuyển đổi (switch) kiểu kiểm soát trong **một chu kỳ hô hấp** để duy trì hằng định một/vài giá trị đã cài đặt sẵn
  - VCV  $\rightarrow$  PCV
  - PCV  $\rightarrow$  VCV

# PCV → VCV

(volume assured pressure support ventilation)



# VS (Volume Support)

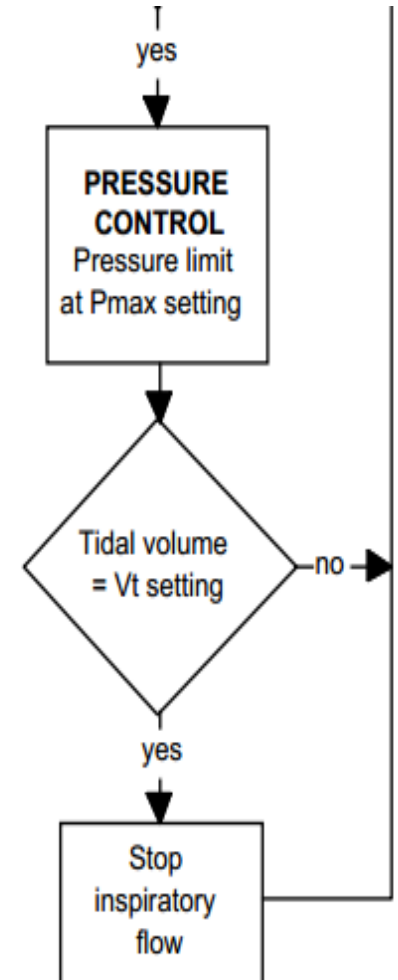
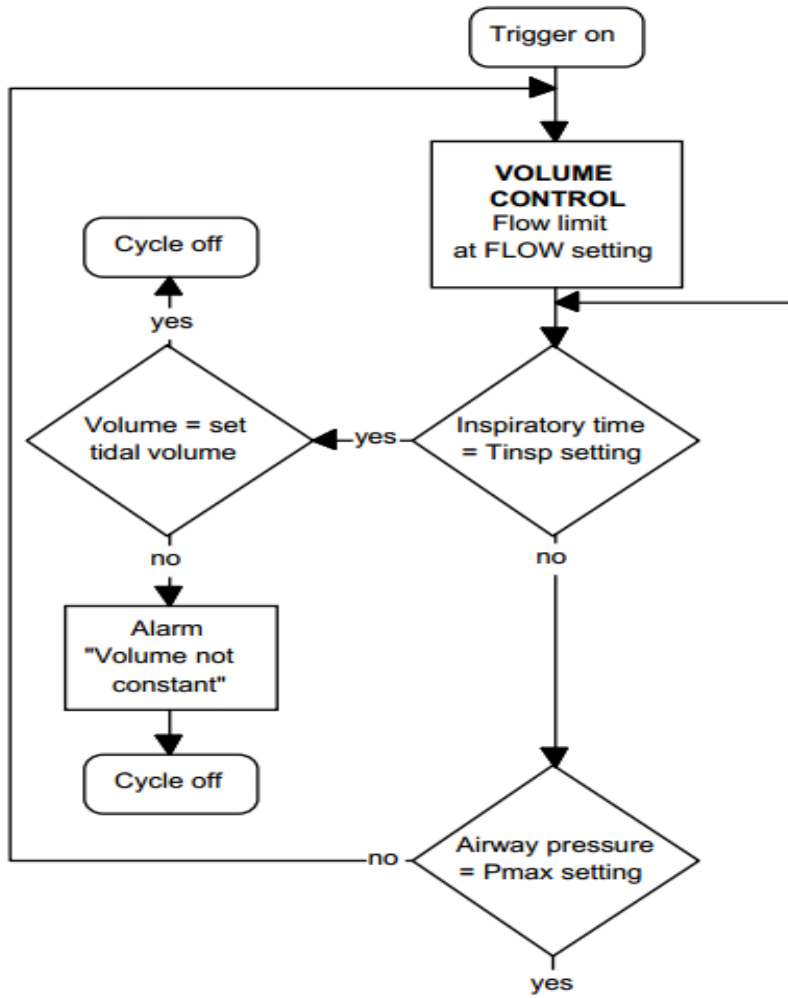


(1), VS test breath (5 cm H<sub>2</sub>O); (2), pressure is increased slowly until target volume is achieved; (3), maximum available pressure is 5 cm H<sub>2</sub>O below upper pressure limit; (4), VT higher than set VT delivered results in lower pressure; (5), patient can trigger breath; (6) if apnea alarm is detected, ventilator switches to PRVC

# VS vs VAPS

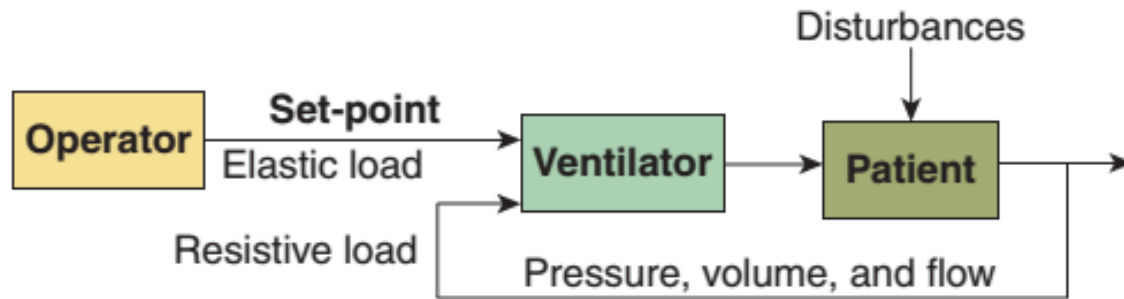
- Volume support: áp lực được điều chỉnh trong vài nhịp thở sao cho đạt được  $V_T$  mong muốn.
- VAPS: nếu  $V_T$  mong muốn không đạt được với áp lực đã cài đặt, máy thở chuyển sang ngay sang flow control ngay trong cùng nhịp thở.

# VCV → PCV (pressure limited ventilation)



### 3. Servo control (PAV, NAVA)

- Đo lường và khuếch đại dòng hít vào của BN



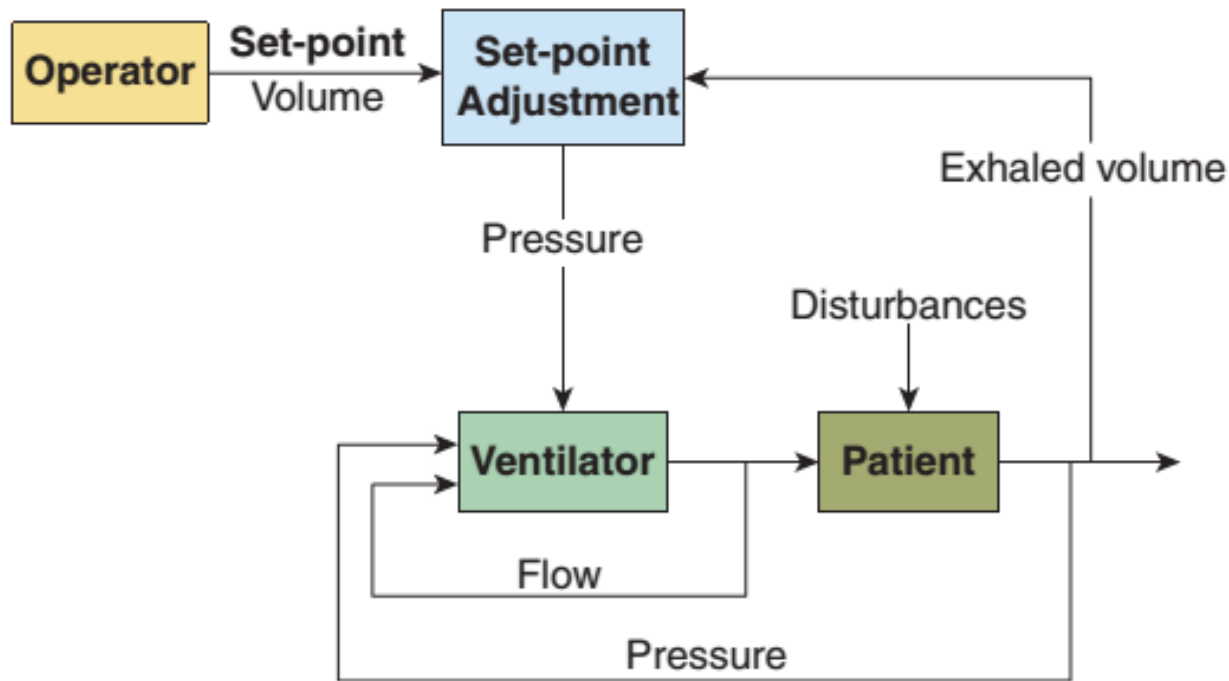
$$P_{mus} = Load_{normal} + Load_{disease}$$
$$P_{vent} = K_1 \times V + K_2 \times \dot{V}$$
$$P_{mus} + P_{vent} = Load_{normal} + Load_{disease}$$

The term  $K_1 \times V + K_2 \times \dot{V}$  in the second equation is circled in green, with an arrow pointing from the  $Load_{disease}$  term in the first equation to it.

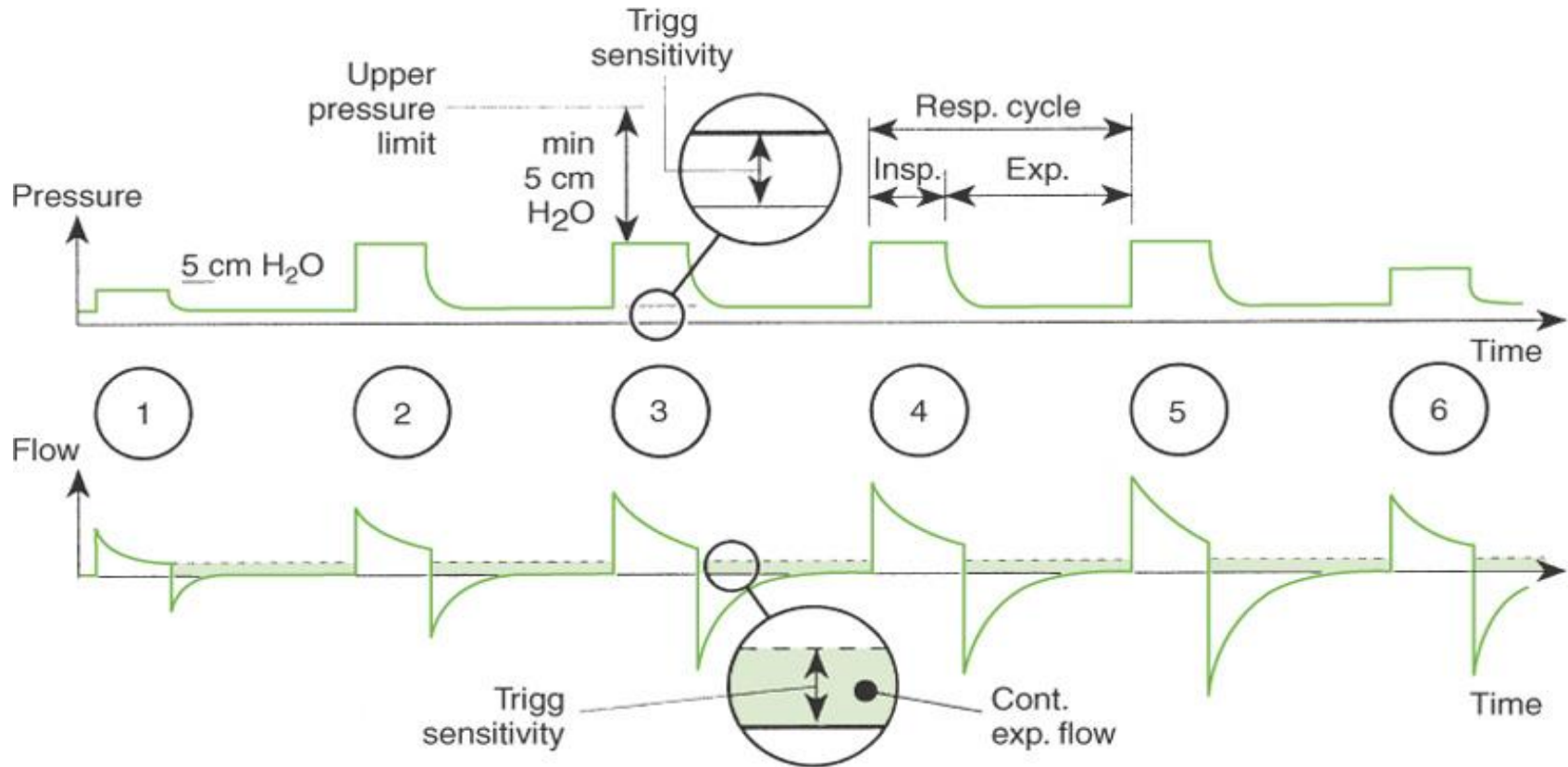


# 4. Adaptive control (pressure regulated volume control)

- Thay đổi mức kiểm soát áp lực để đạt thể tích khí lưu thông mong muốn



# PRVC (Pressure Regulated Volume Control)

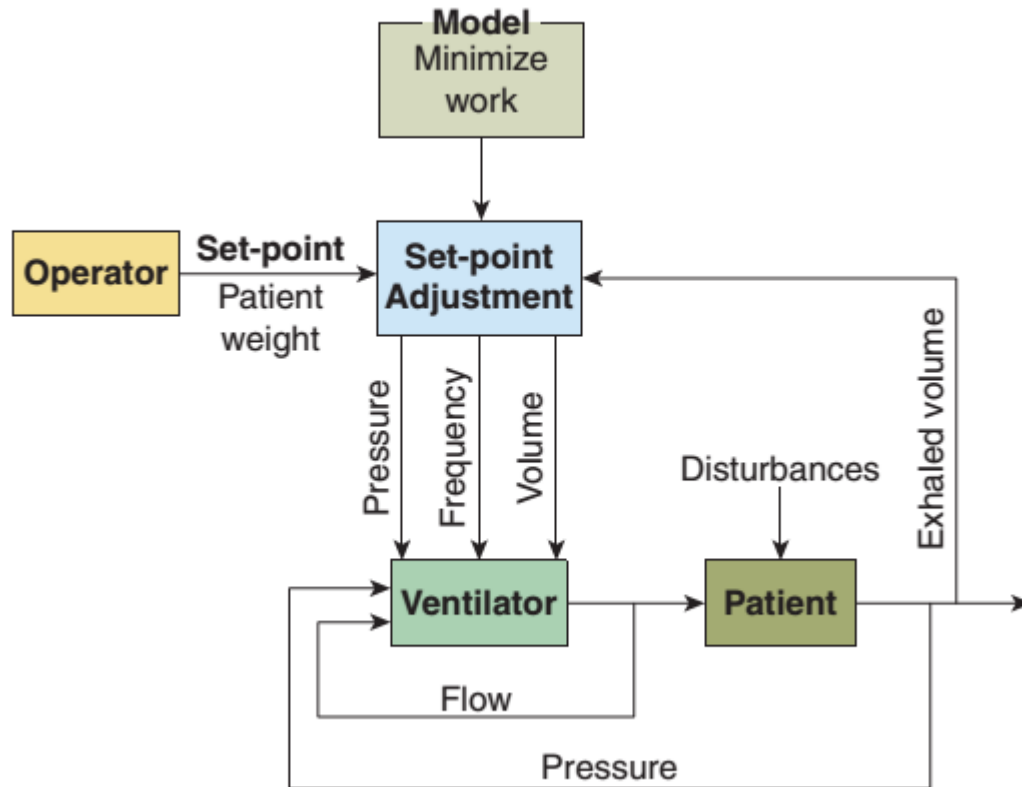


(Courtesy Maquet, Bridgewater, N.J.)

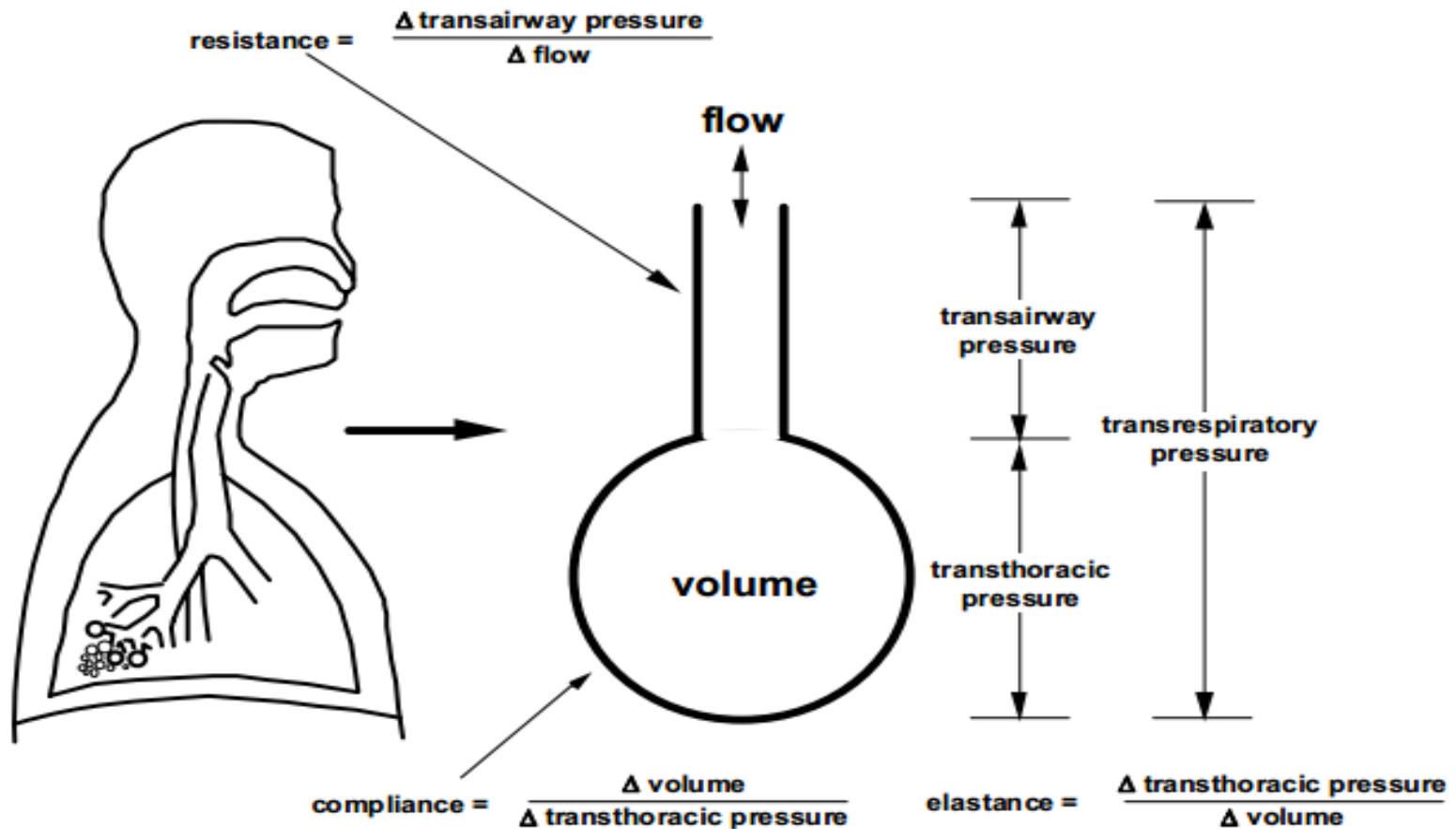
PRVC. (1), Test breath (5 cm H<sub>2</sub>O); (2) pressure is increased to deliver set volume; (3), maximum available pressure; (4), breath delivered at preset  $\dot{V}_E$ , at preset  $f$ , and during preset  $T_I$ ; (5), when  $V_T$  corresponds to set value, pressure remains constant; (6), if preset volume increases, pressure decreases; the ventilator continually monitors and adapts to the patient's needs

# 5. Optimal control (adaptive support ventilation)

- Thay đổi **nhiều** thông số cài đặt để tối ưu hóa công hô hấp



# Phương trình vận động



Equation of Motion for the Respiratory System

$$P_{\text{vent}} + P_{\text{muscles}} = \text{elastance} \times \text{volume} + \text{resistance} \times \text{flow}$$

# Phương trình vận động

- $P_{\text{vent}} + P_{\text{mus}} = V/C + R \times F$
- Volume control: (áp lực thay đổi)
  - BN hít vào  $\rightarrow P_{\text{air}}$  giảm  $\rightarrow$  mất đồng bộ
- Pressure control: (áp lực hằng định)
  - BN hít vào  $\rightarrow V_t$  và  $F$  tăng  $\rightarrow$  cải thiện sự đồng bộ (tổn thương phổi do thể tích)

# CÁC PHƯƠNG THỨC THÔNG KHÍ CƠ HỌC TRUYỀN THỐNG

# NỘI DUNG

- Thông khí kiểm soát thể tích (*volume-controlled ventilation*) & thông khí kiểm soát áp suất (*pressure-controlled ventilation*)
- Thông khí bắt buộc liên tục (*continuous mandatory ventilation*)
- Thông khí tự phát liên tục (*continuous spontaneous ventilation*)
  - Áp suất đường thở dương liên tục (*continuous positive airway pressure*)
  - Thông khí hỗ trợ áp suất (*pressure support ventilation*)
- Thông khí bắt buộc ngắt quãng đồng bộ (*synchronized intermittent mandatory ventilation*)
- Thông khí hỗ trợ toàn bộ so với hỗ trợ một phần

# GIỚI THIỆU

- Phương thức thông khí (mode) – tương quan giữa kiểu thở và các biến số chu kì thở
  - Lựa chọn mode thường dựa trên:
    - Kinh nghiệm của bác sĩ lâm sàng
    - Khuyết hướng của đơn vị lâm sàng
- Không có mode nào ưu thế hơn các mode còn lại (không đủ bằng chứng y khoa)



# CÁC PHƯƠNG THỨC THÔNG KHÍ

**Table 6-1 Ventilator Modes**

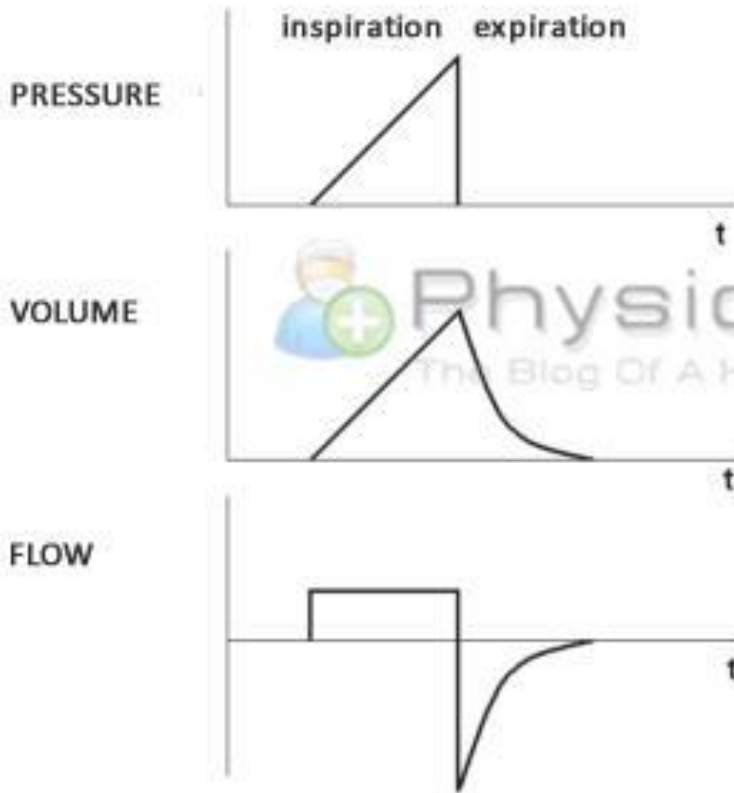
<i>Mode</i>	<i>Control variable; Mandatory breath</i>	<i>Control variable; Spontaneous breath</i>	<i>Name</i>
CMV	Volume	None	VC-CMV
	Pressure	None	PC-CMV
CSV	None	Pressure	CPAP or PSV
SIMV	Volume	Pressure	VC-SIMV
	Pressure	Pressure	PC-SIMV

# THÔNG KHÍ KIỂM SOÁT THỂ TÍCH & THÔNG KHÍ KIỂM SOÁT ÁP SUẤT

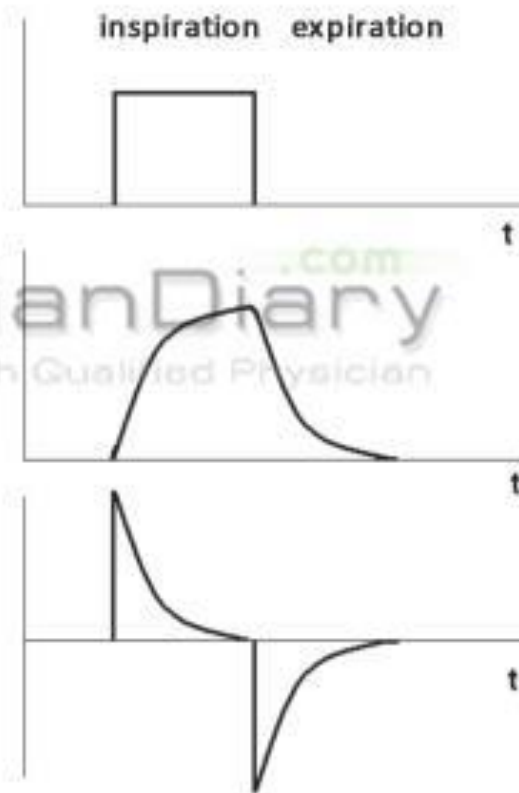
- Hai phương thức thông khí cơ học (TKCH) thường gặp nhất.
- Máy thở luôn kiểm soát cả thể tích (lưu lượng) và áp lực trên đường thở.
- Các phương thức thông khí mục đích thể tích (*volume-targeted*) [PT kiểm soát thể tích điều hòa áp suất (*pressure-regulated volume control*) & thông khí hỗ trợ thích ứng (*adaptive support ventilation*)]: điều chỉnh áp suất để đạt thể tích khí lưu thông cài đặt trước.

# THÔNG KHÍ KIỂM SOÁT THỂ TÍCH & THÔNG KHÍ KIỂM SOÁT ÁP SUẤT

## Volume/Flow Control

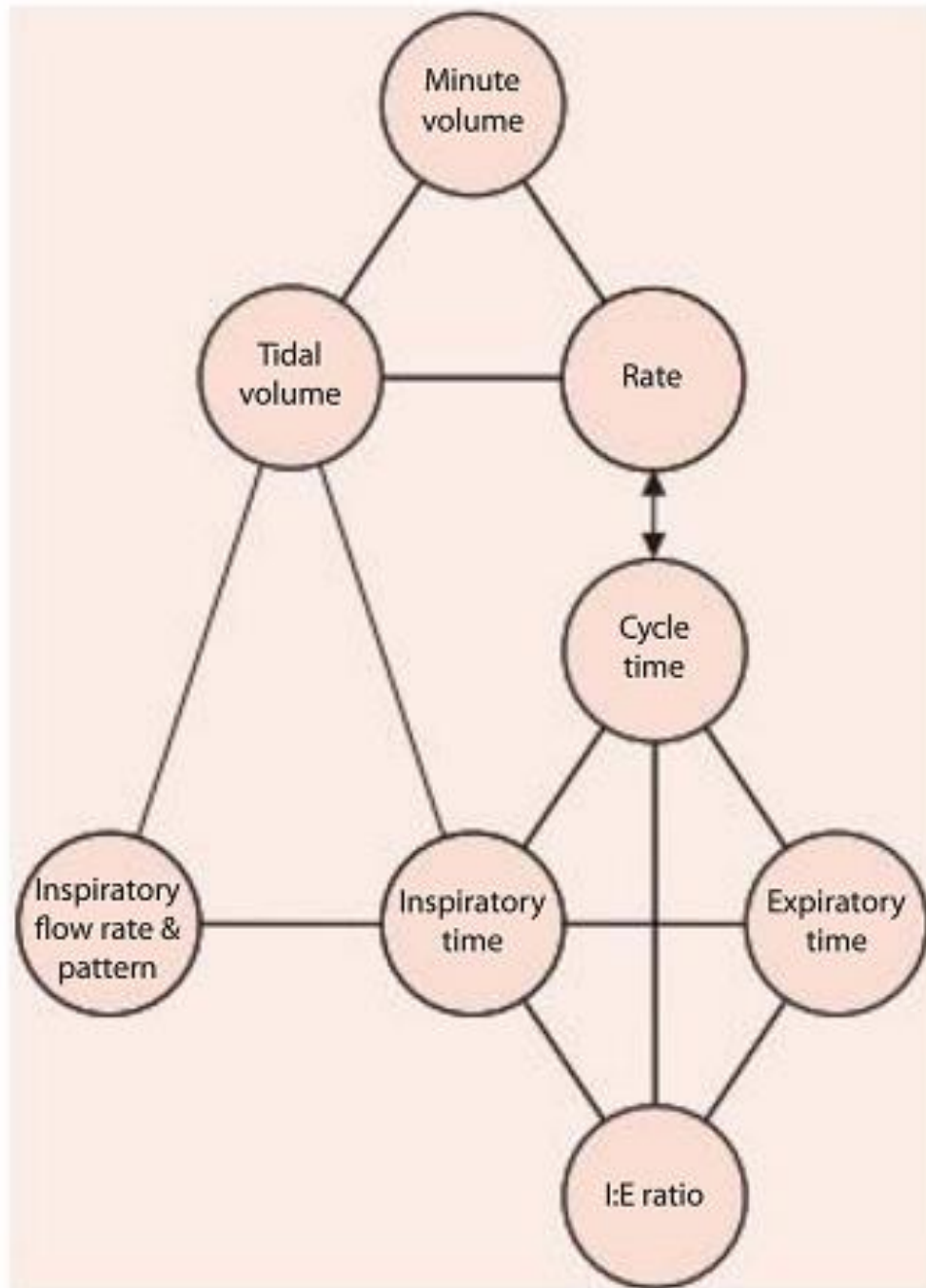


## Pressure Control



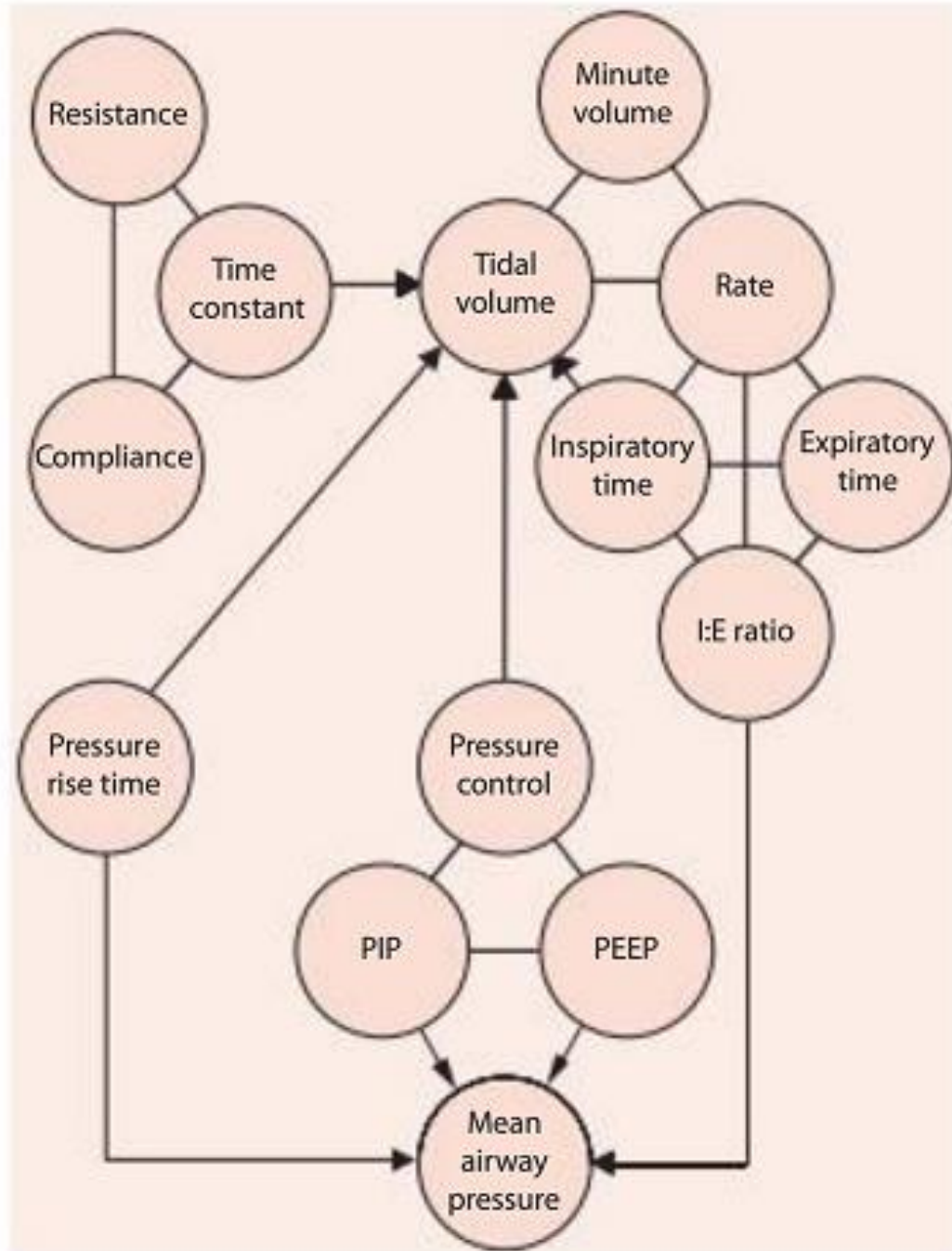
PhysicianDiary.com  
The Blog Of A High Qualified Physician

“Kiểm soát thể tích” =  
máy thở kiểm soát lưu  
lượng khí thở vào



1 Important variables and their interaction during volume-controlled ventilation.

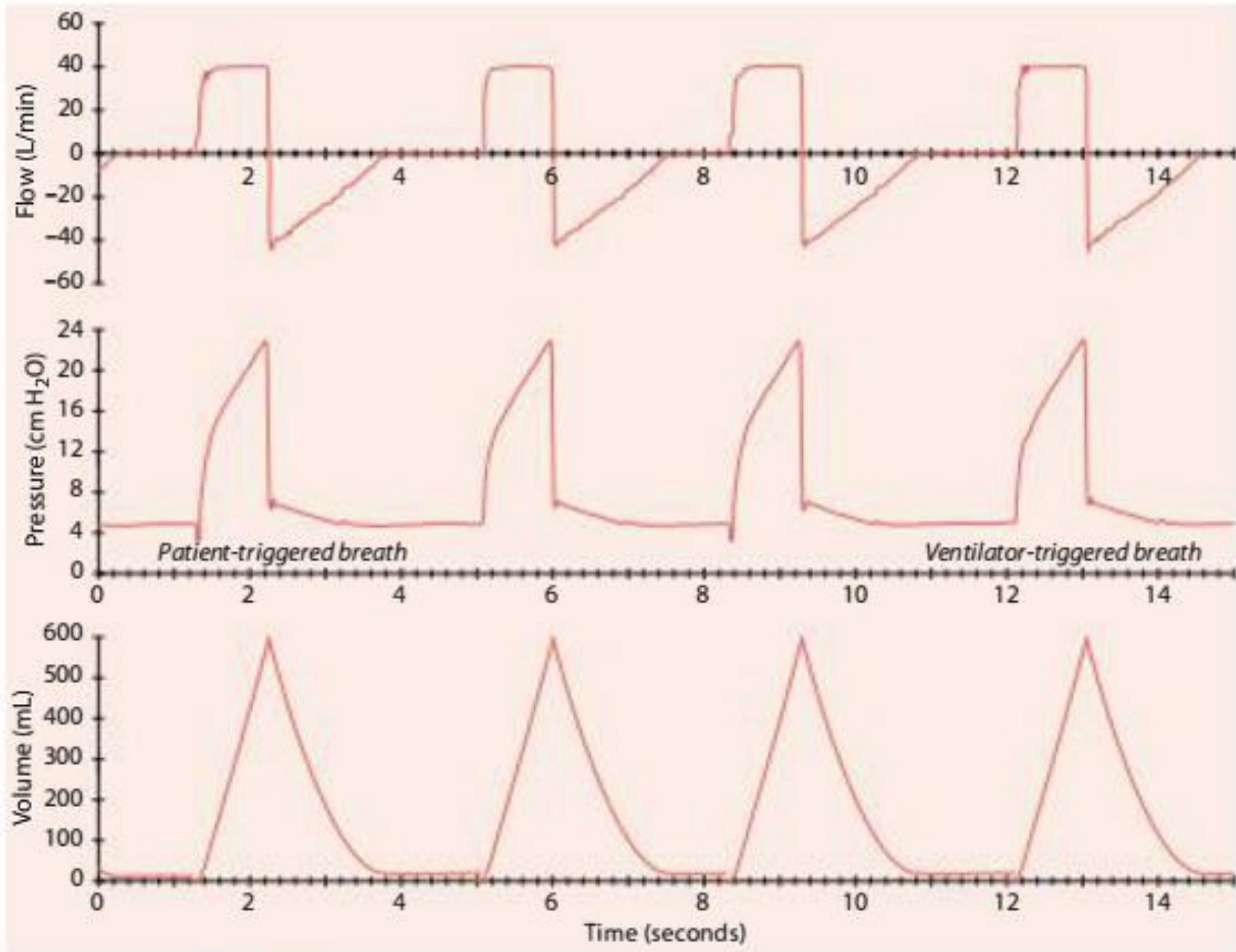
“Kiểm soát áp suất” = dòng khí hít vào sẽ giảm ngay khi áp suất trong phế nang đạt được mức áp suất cài đặt.



Important variables and their interaction during pressure-controlled ventilation.

# THÔNG KHÍ BẮT BUỘC LIÊN TỤC (CMV)

- Được cài đặt một tần số tối thiểu.
- Nhịp thở có thể được trigger bởi BN (với tần số thở cao hơn tần số cài đặt), nhưng tất cả các nhịp thở đều là nhịp thở “bắt buộc” bởi máy thở (*máy thở sẽ hỗ trợ mọi nhịp thở của BN*).
- Có 2 phương thức: kiểm soát thể tích và kiểm soát áp suất.
- CMV = A/C (assist/control ventilation – thông khí hỗ trợ/kiểm soát).
- Không phải là mode thông khí kiểm soát cơ học (dù cho BN được thông khí 100% bởi máy thở, đó cũng là do tác dụng của thuốc hoặc cơ chế sinh lý bệnh)



**Figure 6-3** Volume-controlled continuous mandatory ventilation. Note that the breath can be triggered by the patient or the ventilator. After the breath is triggered, every breath type is mandatory.



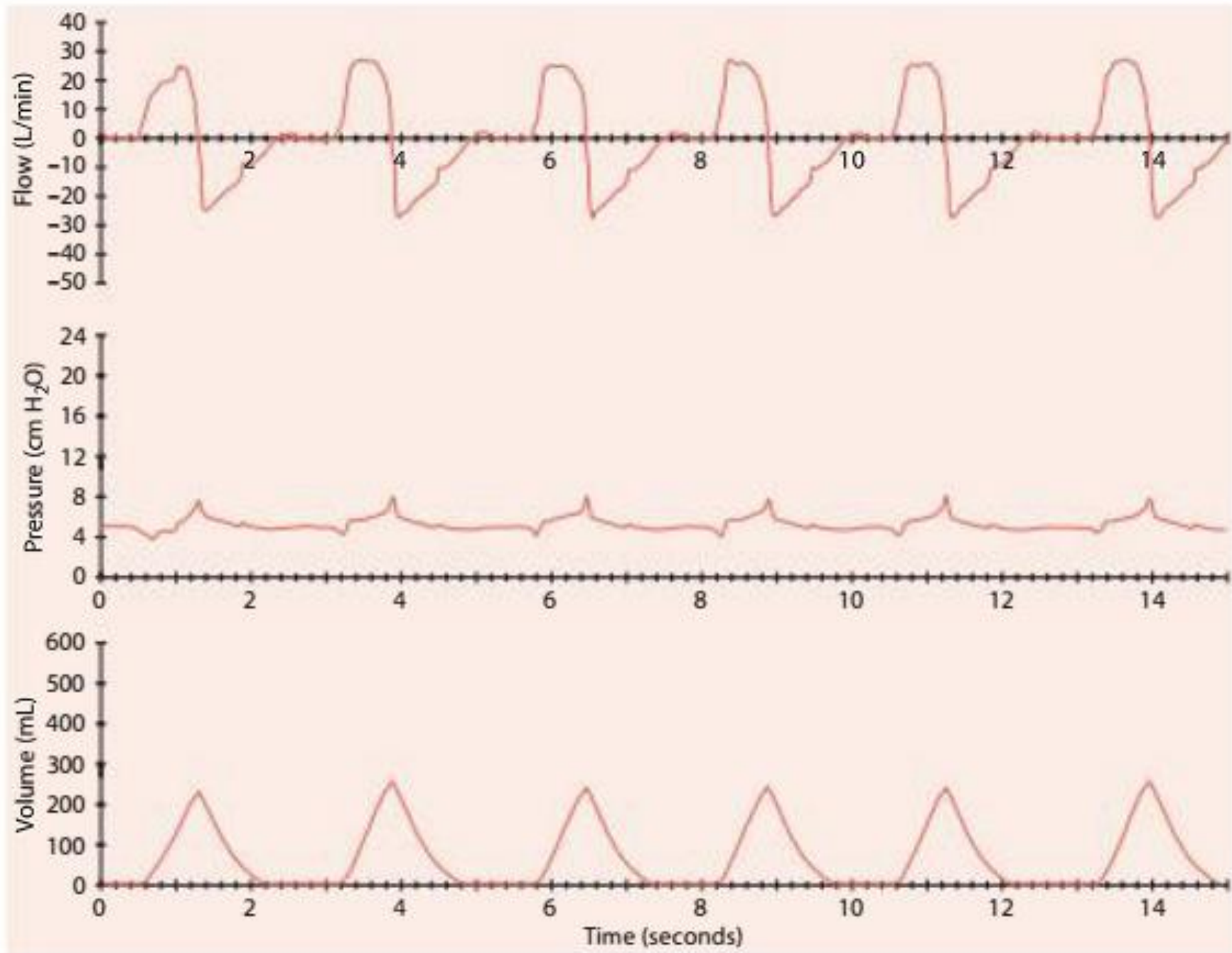
# THÔNG KHÍ TỰ PHÁT LIÊN TỤC

- Tất cả các nhịp thở là “tự phát” (được trigger và cycle bởi BN).
- 2 phương thức thông dụng nhất:
  - Áp lực đường thở dương liên tục (continuous positive airway pressure - CPAP)
  - Thông khí hỗ trợ áp suất (pressure support ventilation – PSV)



# ÁP SUẤT ĐƯỜNG THỞ DƯƠNG LIÊN TỤC

- Không có nhịp thở “bắt buộc”, chỉ có nhịp thở “tự phát”.
- Một áp suất dương - cài đặt trước - được duy trì trong suốt chu kì thông khí.
- CPAP = 0 → áp suất cài đặt bằng với áp suất môi trường bên ngoài.
- Giúp đánh giá khả năng tự thở của BN.
- Tốt hơn khi trigger lưu lượng (so với *trigger áp suất*).
- Lưu ý: một số máy thở thể hệ mới luôn có một mức PSV 1-2cmH<sub>2</sub>O khi cài mode CPAP.



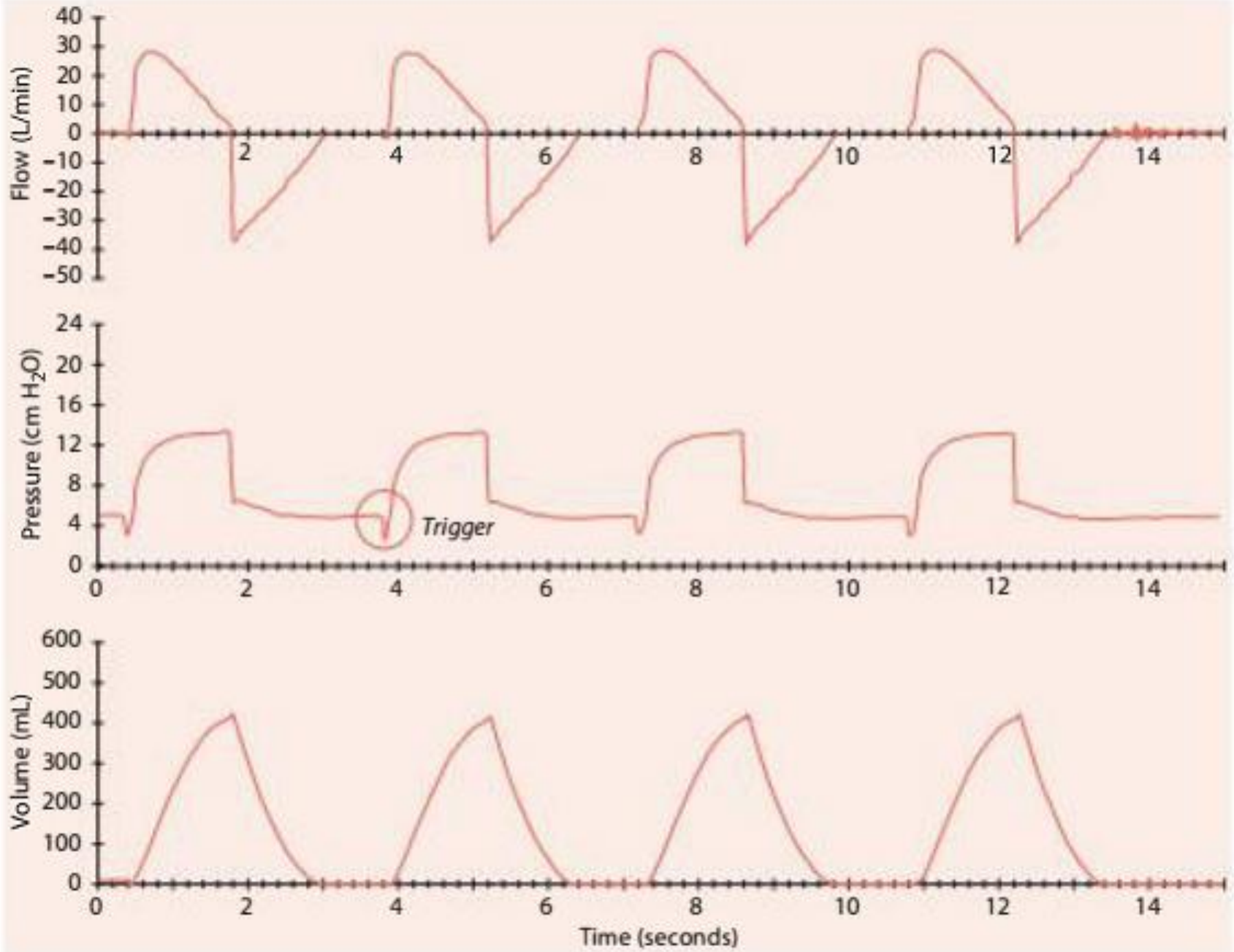
**Figure 6-4** Continuous positive airway pressure. Note that every breath is spontaneous.

# THÔNG KHÍ HỖ TRỢ ÁP SUẤT

- Nỗ lực hít vào của BN được hỗ trợ bởi máy thở với một mức áp suất thở vào cài đặt trước.
- BN sẽ quyết định tần số thở, thời gian thở vào và thể tích khí lưu thông.
- Có thể cài đặt chế độ thông khí dự phòng (backup)
- Thường là chu kỳ lưu lượng : bắt đầu thì thở ra khi lưu lượng khí thở vào giảm đến một mức được quy định bởi máy thở (còn có chu kì áp suất và chu kì thời gian).

# THÔNG KHÍ HỖ TRỢ ÁP SUẤT (tt)

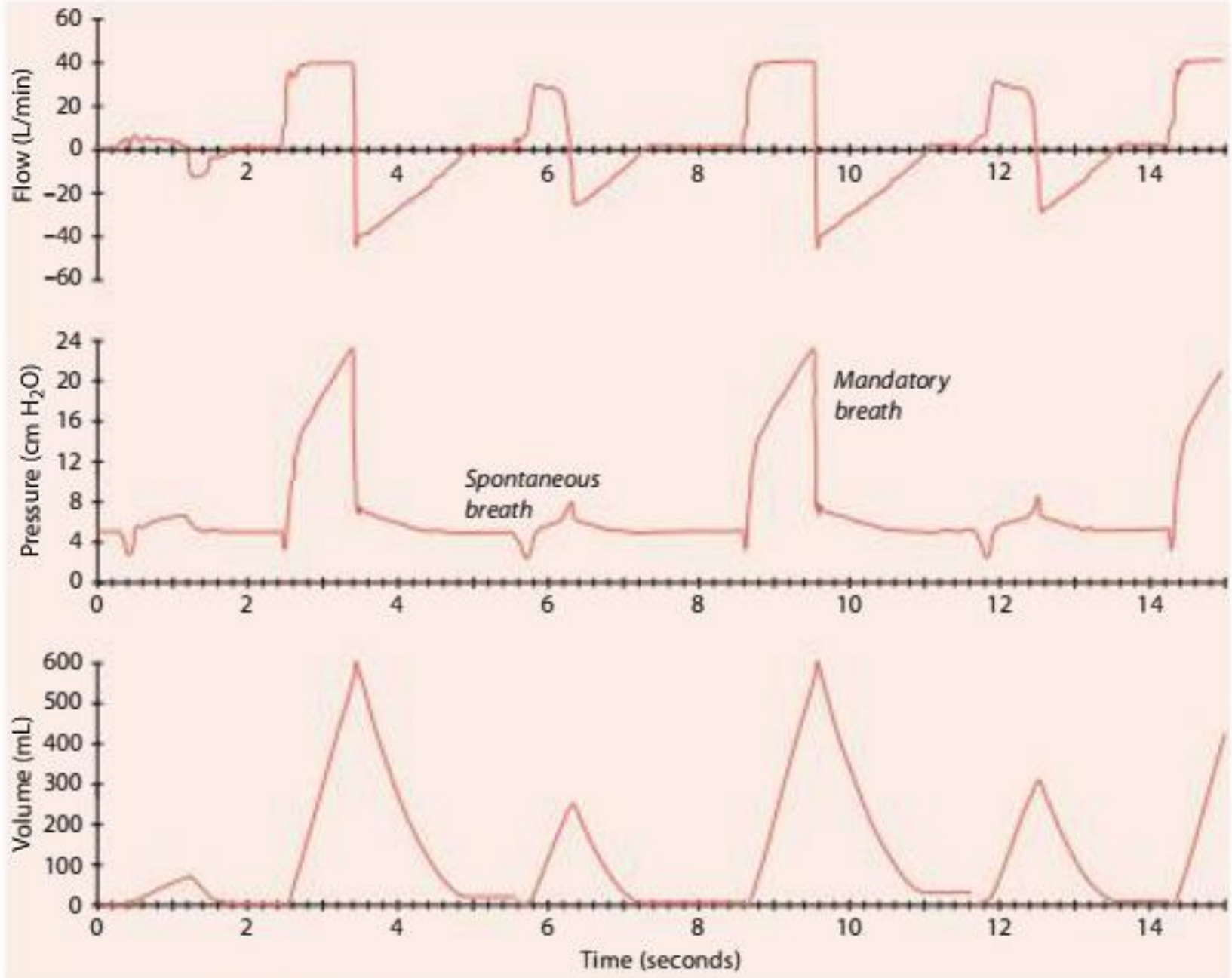
- Mức lưu lượng giúp máy thở bắt đầu thì thở ra là:
  - Lưu lượng cố định,
  - Lưu lượng dựa trên lưu lượng đỉnh thở vào,
  - Lưu lượng dựa trên lưu lượng đỉnh thở vào và thời gian kết thúc thở vào.
- Một số máy thở thế hệ mới: có thể điều chỉnh:
  - Lưu lượng kết thúc (mức lưu lượng được máy thở nhận biết để chuyển qua thì thở ra tương thích với BN),
  - Thời gian tăng lưu lượng (thời gian cần để đạt được mức áp suất hỗ trợ) ở thời điểm bắt đầu thì thở vào,
  - Thời gian thở vào tối đa.



**Figure 6-5** Pressure support ventilation. Note that every breath is triggered by the patient and is flow-cycled.

# THÔNG KHÍ BẮT BUỘC NGẮT QUÃNG ĐỒNG BỘ

- SIMV : các nhịp thở “bắt buộc” (kiểm soát thể tích hoặc áp suất) ngắt quãng, xen kẽ các nhịp thở “tự phát”.
- Các nhịp thở “bắt buộc” được đồng bộ với nỗ lực thở vào của BN.



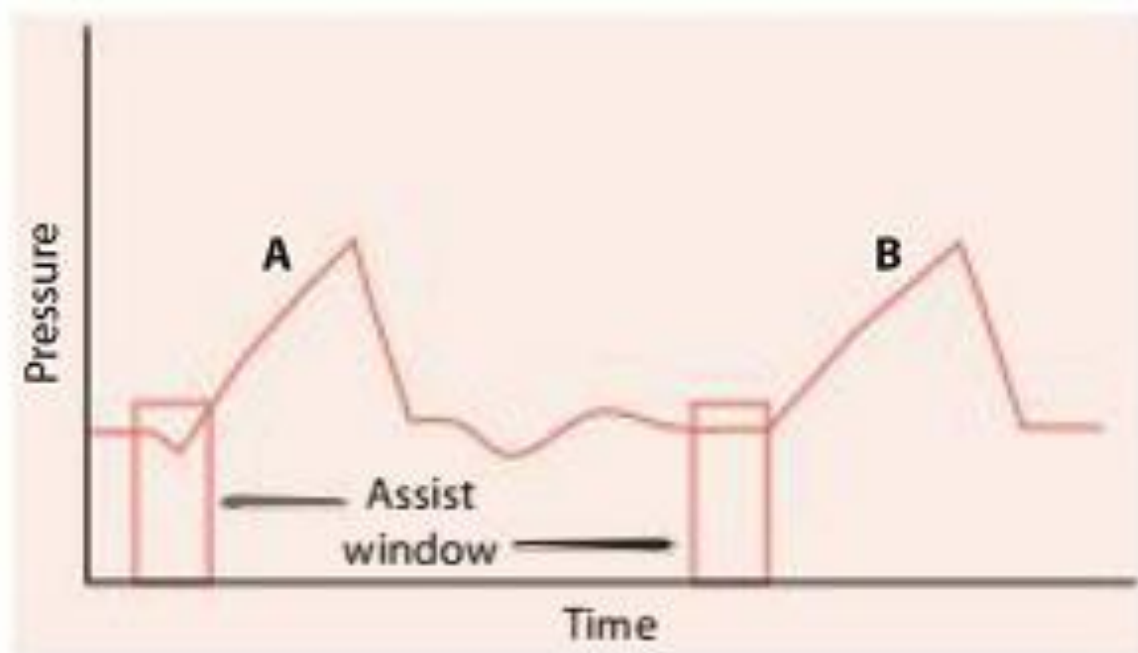
**Figure 6-6** Synchronized intermittent mandatory ventilation illustrating mandatory and spontaneous breaths. The mandatory breaths are volume-controlled.



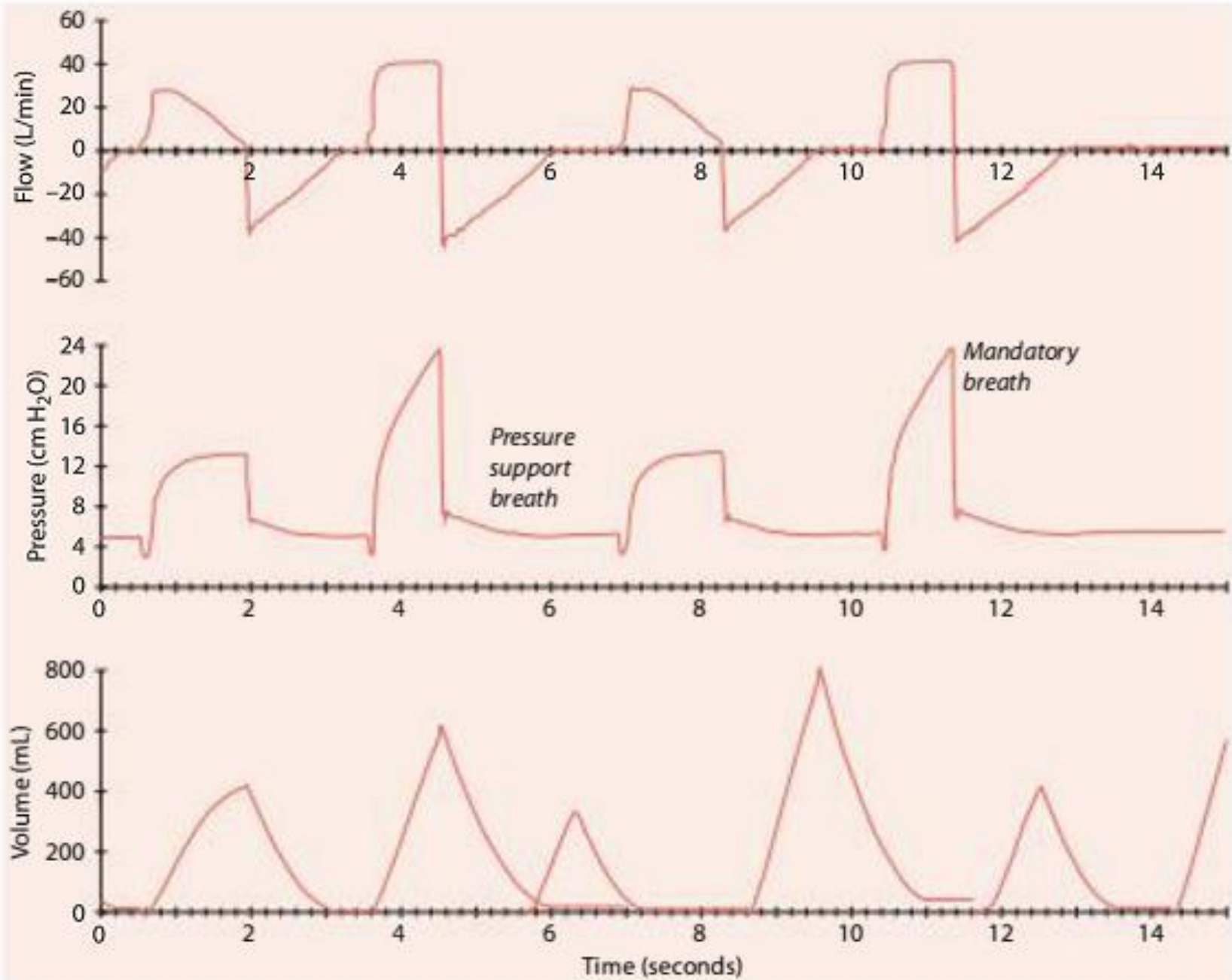
# THÔNG KHÍ BẮT BUỘC NGẮT QUẢNG ĐỒNG BỘ (tt)

- Nếu BN không thở vào, nhịp thở “bắt buộc” được kích hoạt dựa trên thời gian cài đặt trước (thông qua **cửa sổ hỗ trợ**).
- Khi “cửa sổ hỗ trợ” này mở:
  - Nếu BN nỗ lực thở vào → BN kích hoạt nhịp thở “bắt buộc” (thường có hỗ trợ áp suất)
  - Nếu BN không nỗ lực thở vào → máy thở kích hoạt nhịp thở “bắt buộc”
- Cài đặt tần số thở thấp/SIMV = BN phải nỗ lực tập thở nhiều hơn (cả trong các nhịp thở do máy kích hoạt)





**Figure 6-7** Pressure waveform for synchronized intermittent mandatory ventilation illustrating the assist window for synchronization of mandatory breaths.



**Figure 6-8** Synchronized intermittent mandatory ventilation with pressure support for the spontaneous breaths. The mandatory breaths are volume-controlled.

# HỖ TRỢ THÔNG KHÍ TOÀN PHẦN/ MỘT PHẦN

$$P_{\text{vent}} + P_{\text{mus}} = V/C + VR$$

$P_{\text{mus}}=0 \rightarrow$  cơ HH không hoạt động = “**hỗ trợ toàn phần - full support**” = BN không trigger - CMV

NN: bệnh lý nguyên phát, tác dụng của thuốc, tăng thông khí

$\rightarrow$  Giảm tiêu thụ oxy của BN nhờ giảm công thở + kiểm soát thông khí của BN

# HỖ TRỢ THÔNG KHÍ TOÀN PHẦN/ MỘT PHẦN

Nhịp thở được kích hoạt một phần bởi BN và một phần bởi máy thở = “**hỗ trợ một phần – partial support**” – CMV, SIMV, PSV.

→ dùng để tập cai máy hoặc giúp duy trì trương lực cơ HH của BN (BN kiểm soát nhịp thở, dễ đồng bộ với máy thở hơn và thấy thoải mái hơn)

# MỘT SỐ ĐIỂM CẦN NHỚ

- CMV: tất cả các nhịp thở đều là “bắt buộc”, kiểm soát thể tích hoặc áp suất
- CPAP: tất cả các nhịp thở đều là “tự phát”
- PSV: Nỗ lực thở vào của BN được hỗ trợ bởi một mức áp suất thở vào cài đặt trước
- SIMV: có cả nhịp thở “bắt buộc” và “tự phát”, trong đó nhịp thở “bắt buộc” được đồng bộ hóa với nỗ lực của BN
- Hỗ trợ thông khí toàn phần: máy thở đảm bảo tất cả các hoạt động hô hấp của BN
- Hỗ trợ thông khí một phần: máy thở chỉ đảm trách một phần công hô hấp, còn lại là của BN.

# MỘT SỐ CÁC THUẬT NGỮ KHI SỬ DỤNG MÁY THỞ

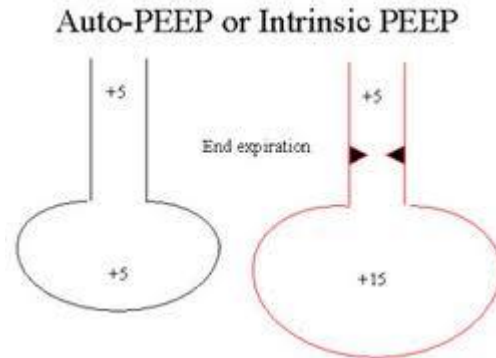
**Mode:** thường giai đoạn này sử dụng mode A/C, cân nhắc dùng thông khí thể tích (volume ventilation) hoặc áp lực (pressure ventilation) dựa vào:

- Tình trạng bệnh lý của bệnh nhân.
- Thuận lợi và bất lợi của thông khí thể tích và thông khí áp lực.
- Sự quen thuộc của bản thân và cả ê kíp.

## Sensitivity (trigger):

- Có tình trạng auto trigger không ? Do cài mức trigger thấp (thường do lẫn lộn giữa trigger dòng (LPM) và trigger áp lực (cmH<sub>2</sub>O)).
- Có tình trạng gắng sức của BN mới kích hoạt được nhịp thở của máy không? Nếu có:
  - ✓ Do cài mức trigger quá cao? Kiểm tra lại mức trigger cài.
  - ✓ Do sự hiện diện của autoPEEP (PEEP nội sinh).

# autoPEEP



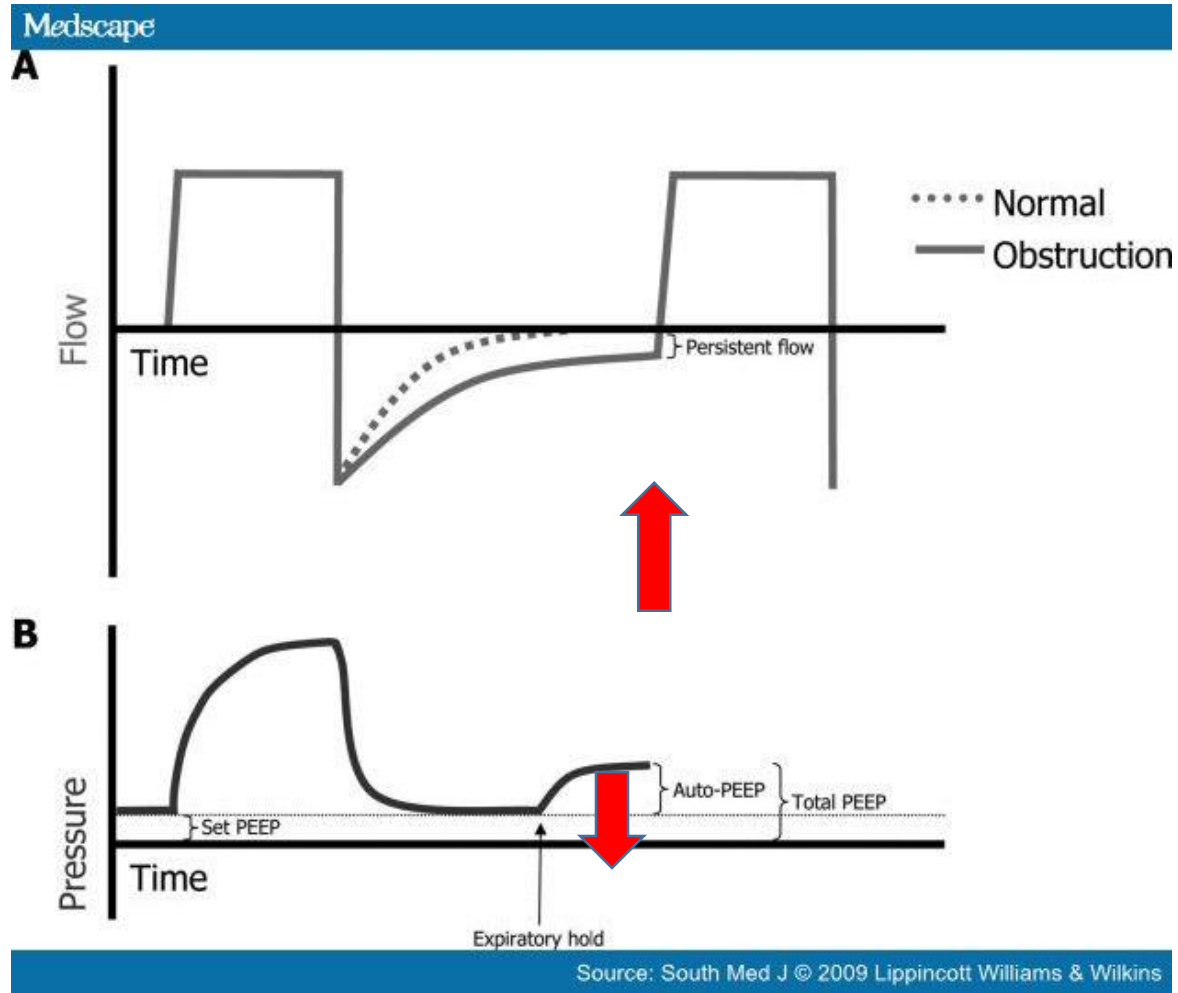
Dựa vào:

- Xem biểu đồ lưu lượng dòng và áp lực đường thở.
- Phần lớn các máy thở hiện nay đều có thể nhận diện auto PEEP và hiển thị lên màn hình.

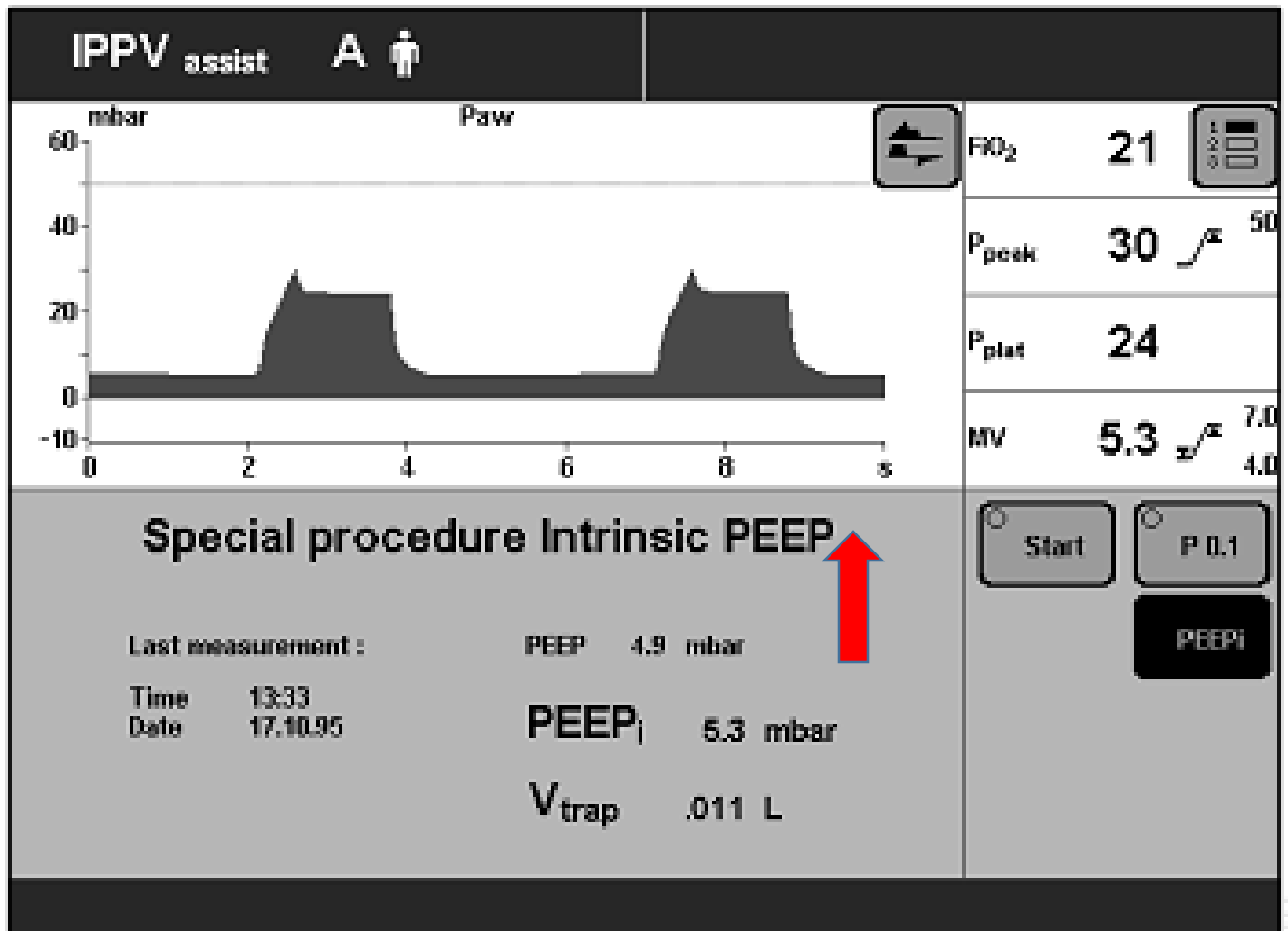


# Biểu đồ lưu lượng dòng và áp lực đường thở khi có autoPEEP

Flow cuối thì thở ra chưa về 0

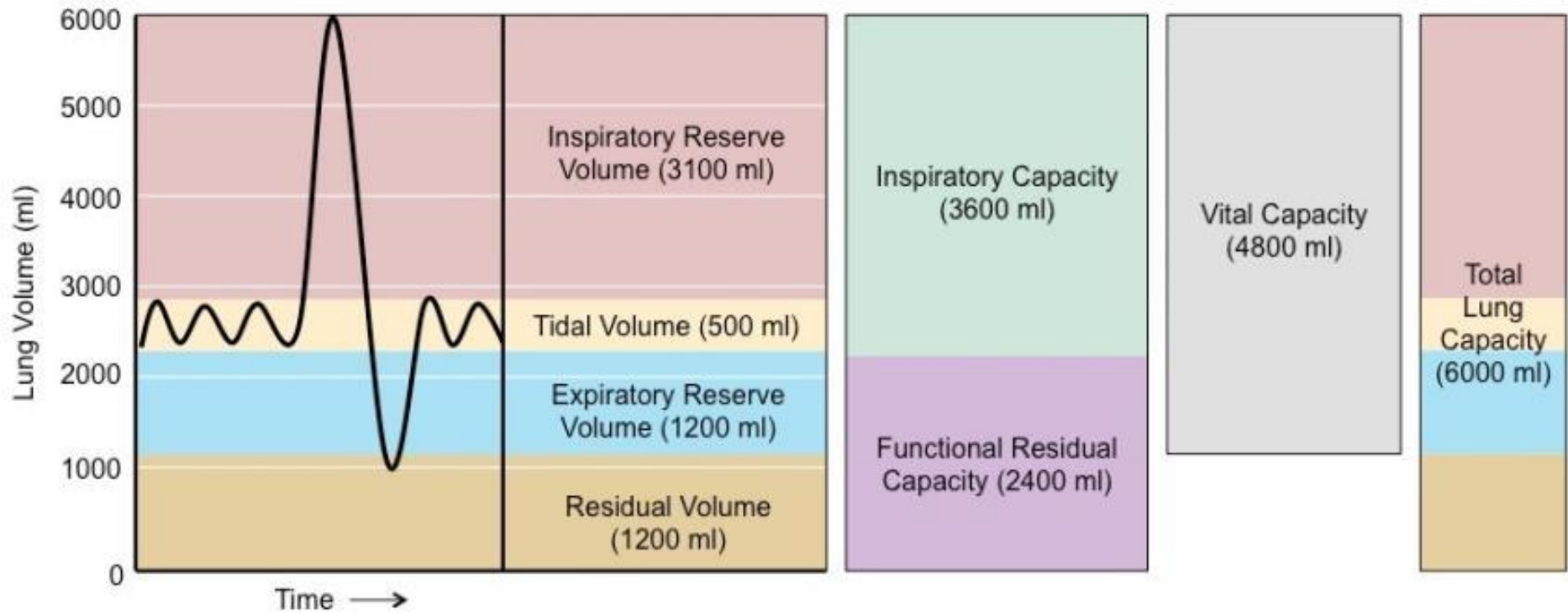


# Đo auto-PEEP trên máy thở

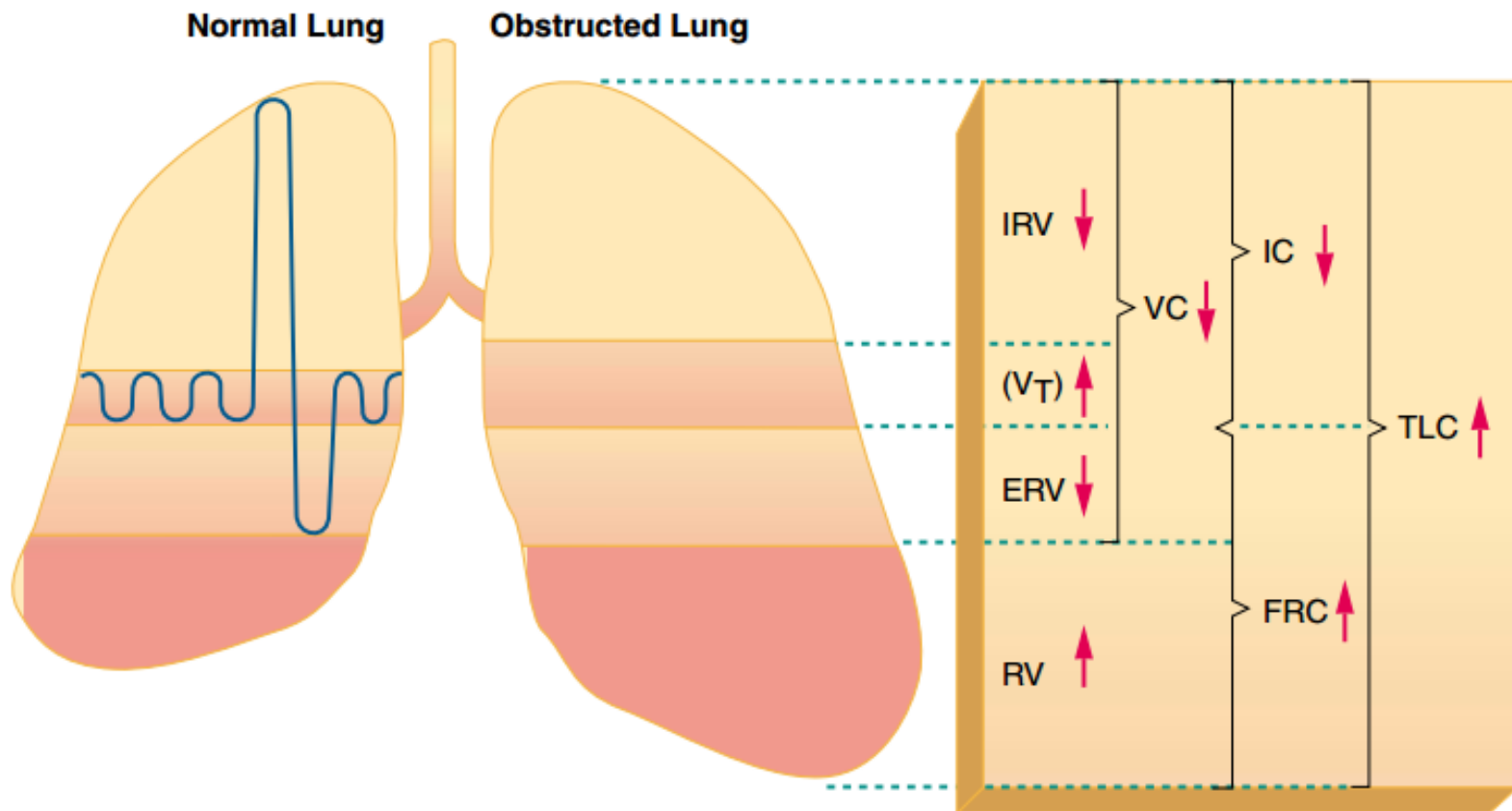


Bấm “start” máy đo và hiện lên màn hình

# Các thông số thể tích

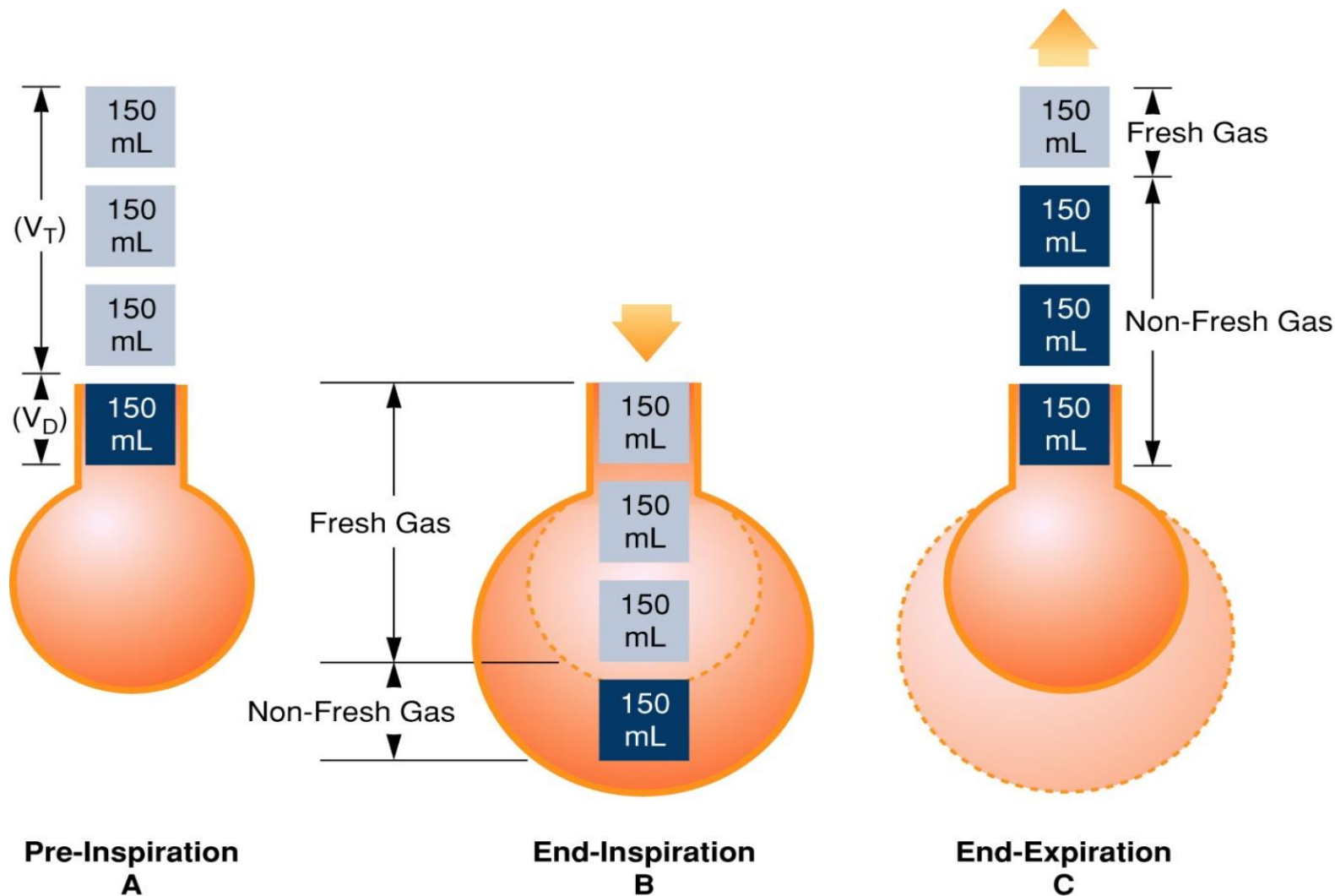


# Các thông số thể tích



**Figure 4-2.** How obstructive lung disorders alter lung volumes and capacities. IRV = inspiratory reserve volume;  $V_T$  = tidal volume; RV = residual volume; ERV = expiratory reserve volume; TLC = total lung capacity; VC = tidal capacity; IC = inspiratory capacity; FRC = functional residual capacity.

# Thông khí khoảng chết và thông khí phế nang



# THÔNG SỐ THỂ TÍCH

Thể tích khí lưu thông  $V_t$  (Tidal volume):

Máy thở đo và hiển thị trên màn hình  $V_t$  hít vào ( $V_{ti}$ ) hoặc thở ra  $V_{te}$ :

Đối với thông khí thể tích:

$V_{ti}$  hiển thị thấp hơn  $V_t$  cài đặt:

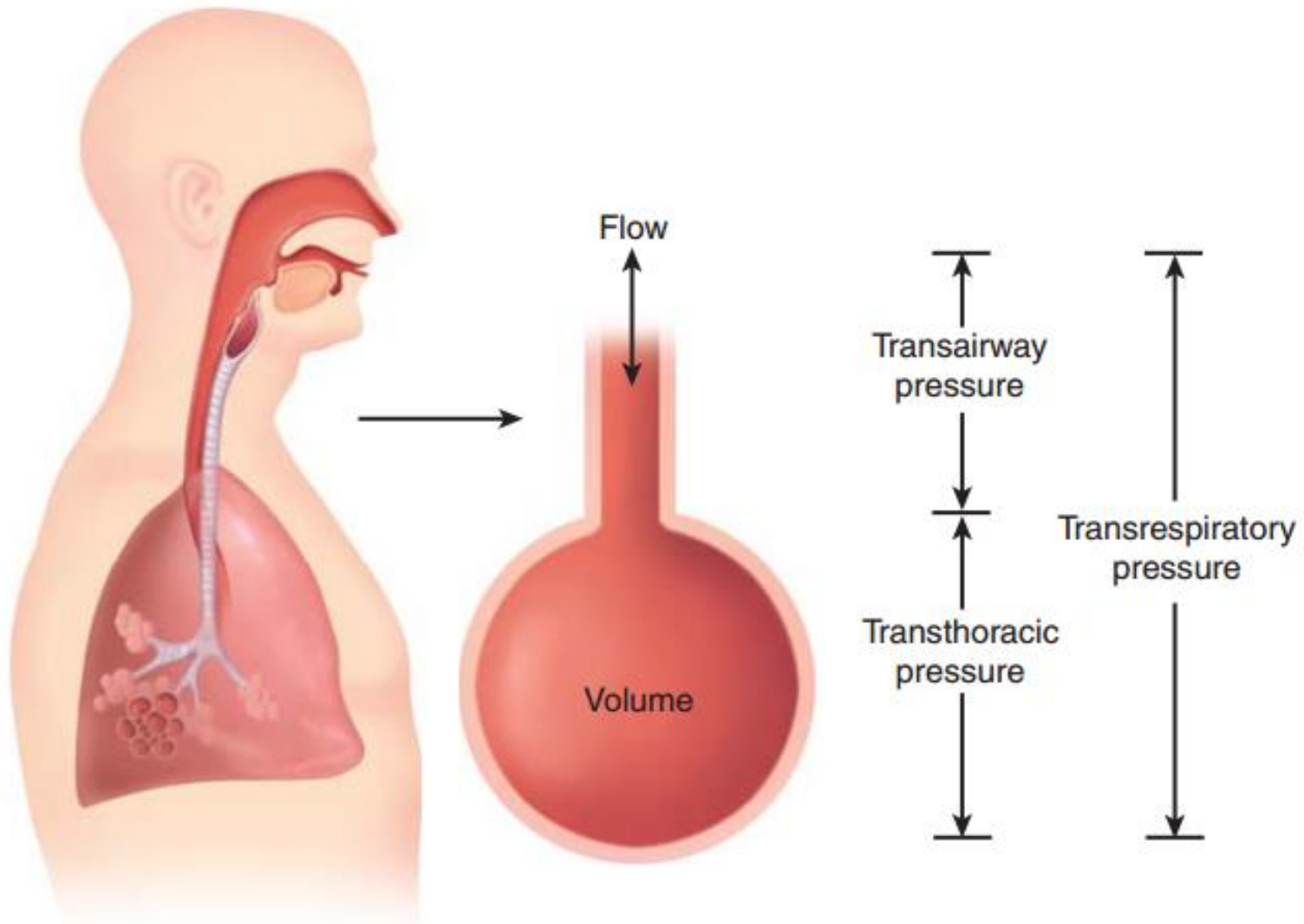
khi áp lực đường thở tăng cao, vượt mức cài đặt báo động áp lực đường thở cao (high alarm limit)

→ máy thở tự động xả khí ra bớt gây giảm  $V_t$ , đây là **cơ chế bảo vệ của máy thở để tránh tổn thương phổi** do áp lực đường thở tăng cao quá mức (*không phải máy thở nào cũng có cơ chế này*).

Thể tích khí lưu thông  $V_t$  (Tidal volume) đối với  
thông khí áp lực:  $V_t$  sẽ thay đổi tùy thuộc vào

- ✓ Mức áp lực cài đặt.
- ✓ Thời gian hít vào.
- ✓ Khả năng hít sâu của bệnh nhân.
- ✓ Sức cản đường thở (resistance).
- ✓ Độ giãn nở của phổi (compliance).

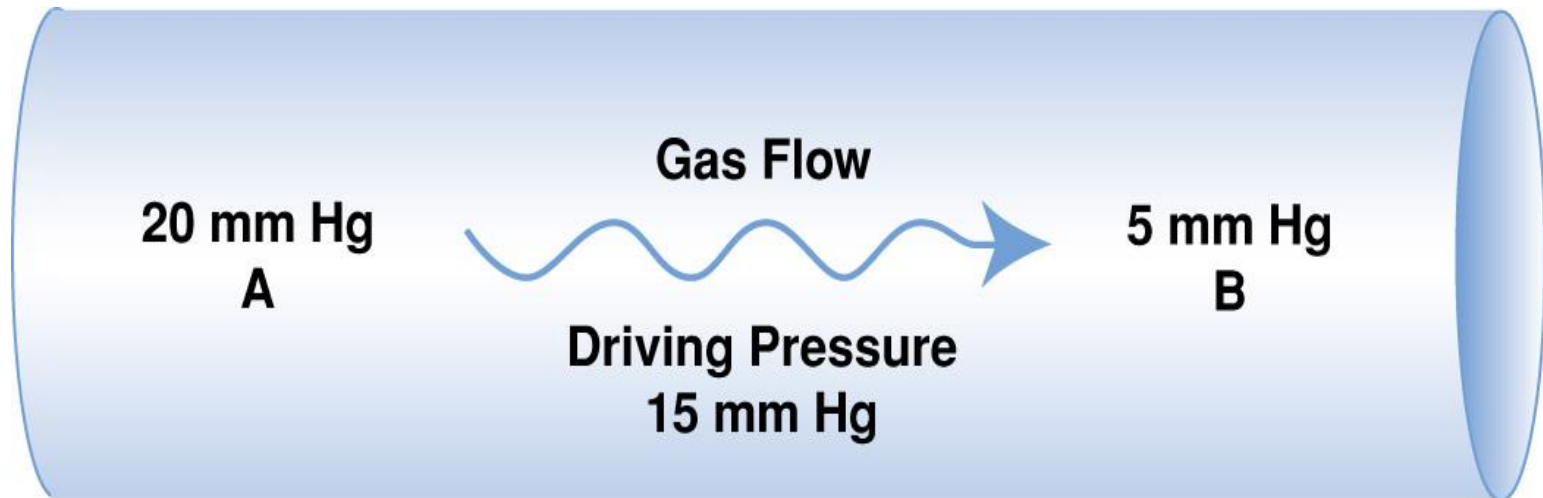
# Các thông số áp lực





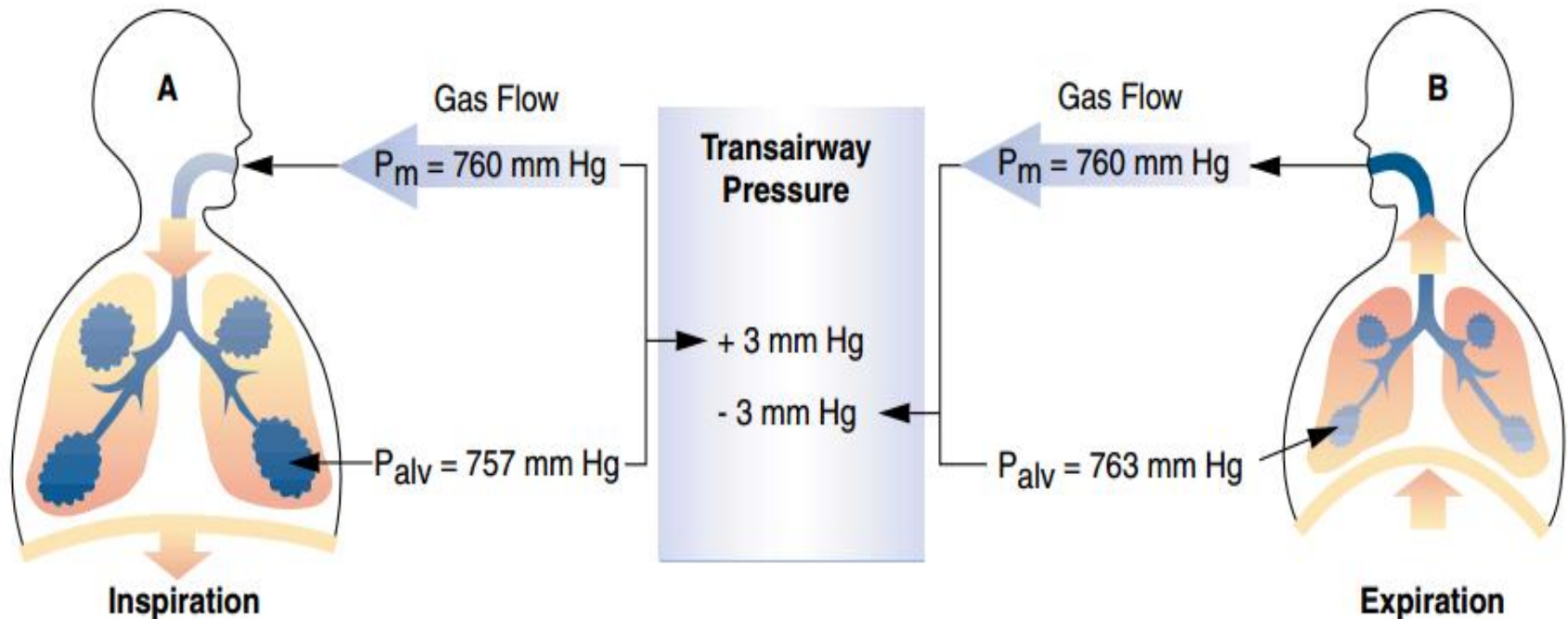
# Các thông số áp lực

- **Áp lực đẩy (Driving pressure):**
  - Là chênh lệch áp lực giữa điểm đầu và điểm cuối của ống thở.
  - Đây chính là áp lực để đẩy khí qua đường thở



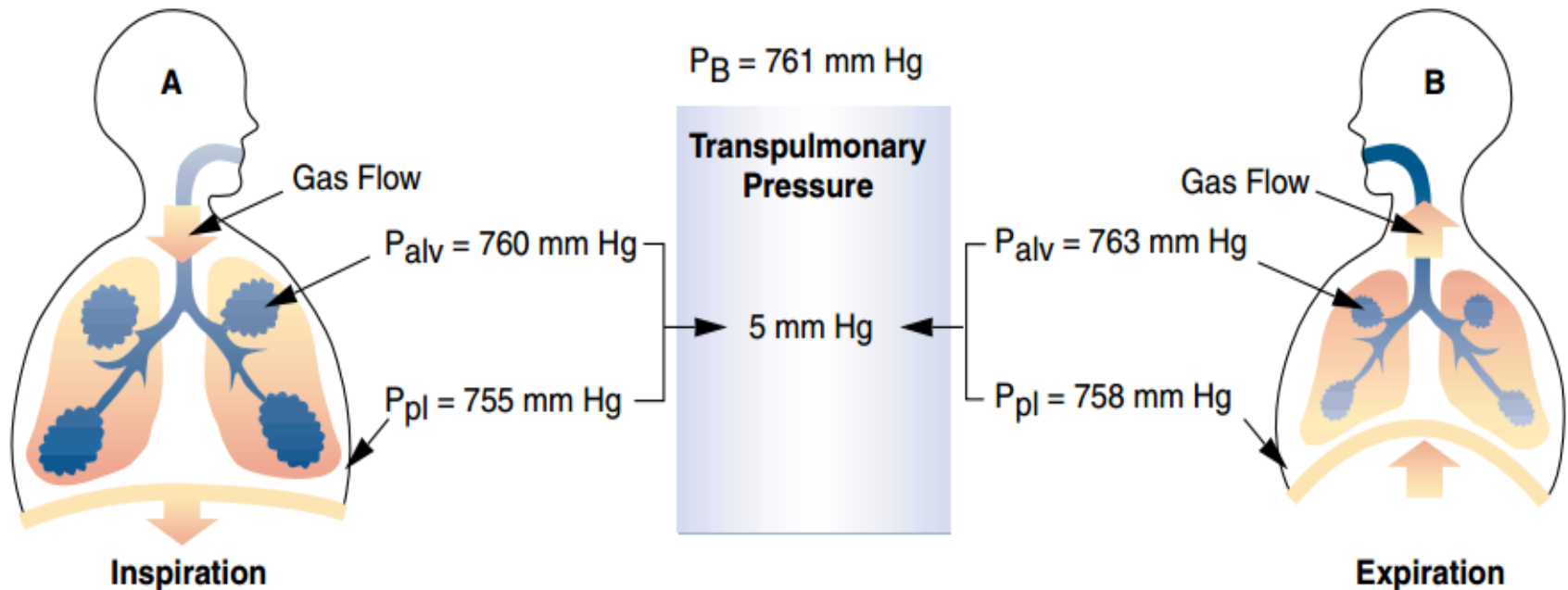
# Các thông số áp lực

- **Áp suất xuyên đường thở (Transairway pressure ( $P_{ta}$ ))**
  - Là khác biệt áp suất khí quyển giữa miệng ( $P_m$ ) và áp suất trong phế nang ( $P_{alv}$ )
  - $P_{ta} = P_m - P_{alv}$



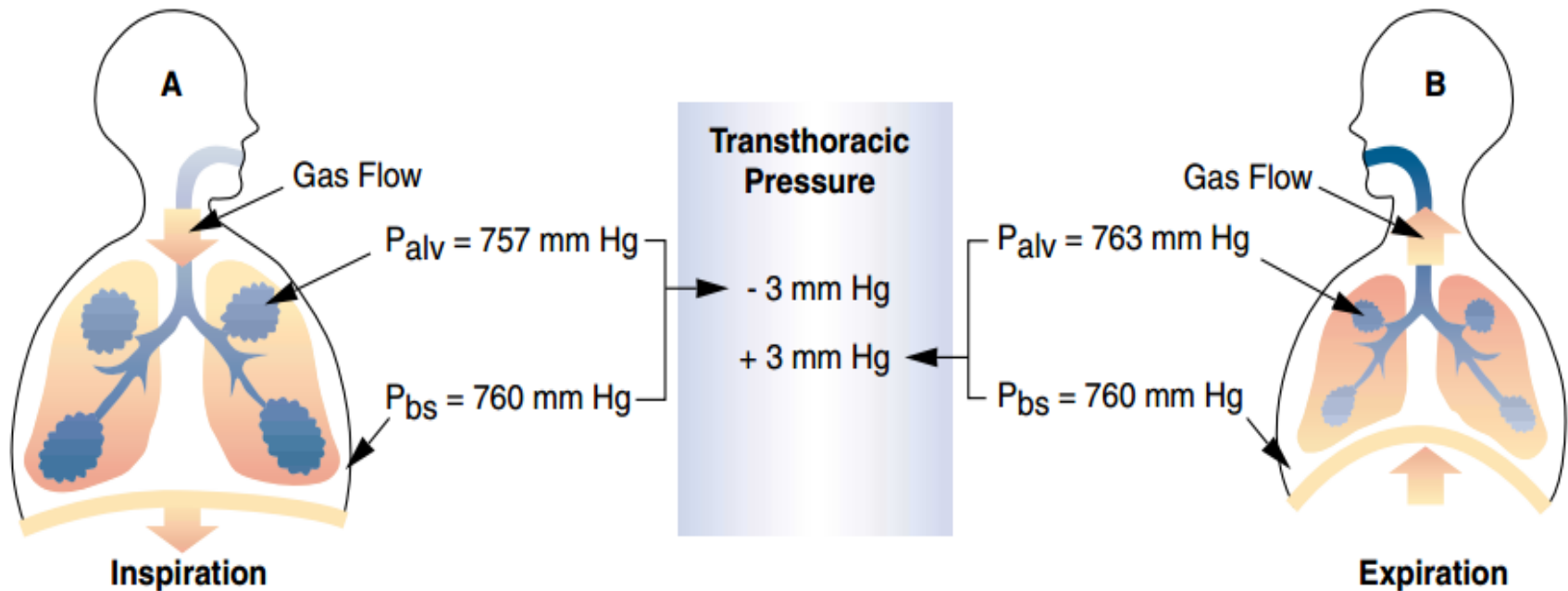
# Các thông số áp lực

- **Áp suất xuyên phổi (Transpulmonary pressure ( $P_{tp}$ ))**
  - Là khác biệt giữa áp suất trong phế nang ( $P_{alv}$ ) và áp suất trong màng phổi ( $P_{pl}$ )
  - $P_{tp} = P_{alv} - P_{pl}$



# Các thông số áp lực

- **Áp suất xuyên ngực (Transthoracic pressure (P<sub>tp</sub>))**
  - Là khác biệt giữa áp suất trong phế nang (P<sub>alv</sub>) và áp suất bề mặt cơ thể (P<sub>bs</sub>)
  - $P_{tp} = P_{alv} - P_{bs}$



# THÔNG SỐ ÁP LỰC

Các áp lực đường thở cần theo dõi:

- Áp lực đỉnh
- Áp lực bình nguyên
- Áp lực cuối thì thở ra PEEP, autoPEEP
- Áp lực trung bình

## Áp lực nền (baseline pressure):

- Là áp lực đường thở thì thở ra.
- Luôn bằng 0 (bằng áp lực khí quyển) trừ khi có cài đặt PEEP hay có sự hiện diện của autoPEEP.

## Áp lực đỉnh đường thở (peak inspiratory pressure):

- Là áp lực cao nhất của đường thở trong thì hít vào
- Là áp lực cần thiết để tống khí vào phổi thắng lại sức cản đường thở và là áp lực cần thiết để thông khí phế nang

## Áp lực đỉnh đường thở phụ thuộc vào:

- Thể tích khí lưu thông  $V_t$
- Lưu lượng dòng khí (flow)
- Sức cản đường thở bao gồm cả ống nội khí quản
- Độ giãn nở của phổi
- Mức PEEP.

Để giảm tổn thương phổi do thở máy,  $V_t$  cần cài đặt để áp lực đỉnh  $\leq 40 \text{ cmH}_2\text{O}$ .

## Áp lực bình nguyên đường thở (plateau pressure):

- Là áp lực đường thở cuối thì hít vào, khi có khoảng ngừng (pause) từ 0,5-1,5 giây.
- Vào thời điểm này áp lực đường thở tương đương áp lực phế nang.

Để giảm tổn thương phổi do thở máy,  $V_t$  (mức áp lực) cần cài đặt để áp lực bình nguyên  $\leq 30$   $\text{cmH}_2\text{O}$ .

Trong quá trình theo dõi BN:

- Nếu áp lực bình nguyên tăng là do giảm độ giãn nở của phổi: phổi viêm, phù, hoặc tràn máu, dịch, khí màng phổi.
- Nếu áp lực bình nguyên giảm là độ giãn nở của phổi cải thiện.



# SỨC CẢN

## Sức cản (resistance, Raw)

- Sức cản hay còn gọi là lực ma sát do cấu trúc giải phẫu của đường thở, sức cản của phổi và các cơ quan kế cận. Công thức

$$Raw = (PIP - P_{plateau}) / Flow \text{ (L/giây)}$$

- Bình thường  $Raw = 0,6 \rightarrow 2,4 \text{ cmH}_2\text{O/L/giây}$  với lưu lượng dòng khí Flow 30 LPM
- Ở BN có đặt nội khí quản  $Raw = 6 \text{ cmH}_2\text{O/L/giây}$   
gia tăng khi kích thước ống nội khí quản nhỏ

# SUẤT ĐÀN

Độ giãn nở (compliance, C, độ đàn hồi, suất đàn)

- Độ giãn nở của một cấu trúc là đặc tính dễ dàng được bơm phồng lên hoặc không.
- Độ giãn nở được dùng để đo lực đàn hồi khi phổi được thông khí và được định nghĩa như sự thay đổi về thể tích tương ứng với sự thay đổi về áp lực  $C = \Delta V / \Delta P$

Công thức tính độ giãn nở:

Độ giãn nở tĩnh: static compliance (Cs)

$$= V_{te} / (P_{plateau} - EEP)$$

EEP: end expiratory pressure: áp lực cuối thì thở ra

Cs bình thường ở BN có đặt NKQ:

Nam 40 → 100 ml/cmH<sub>2</sub>O

Nữ 35 → 100 ml/cmH<sub>2</sub>O.

# SUẤT ĐÀN

Công thức tính độ giãn nở:

$$\text{Độ giãn nở tĩnh: static compliance (Cs)} \\ = V_{te} / (P_{plateau} - EEP)$$

EEP: end expiratory pressure: áp lực cuối thì thở ra

Cs bình thường ở BN có đặt NKQ:

Nam 40 → 100 ml/cmH<sub>2</sub>O

Nữ 35 → 100 ml/cmH<sub>2</sub>O.

# HẰNG SỐ THỜI GIAN

## Time constants

### Hằng số thời gian “Time constants”:

Time constants = compliance x resistance

Phản ảnh thời gian cần thiết để làm đầy phổi hoặc thải ra khỏi phổi một thể tích khí nhất định.

1 time constants = thời gian để 63% Vt được hít vào hay thở ra.

2 time constants = thời gian để 86% Vt được hít vào hay thở ra.

3 time constants = thời gian để 95% Vt được hít vào hay thở ra.

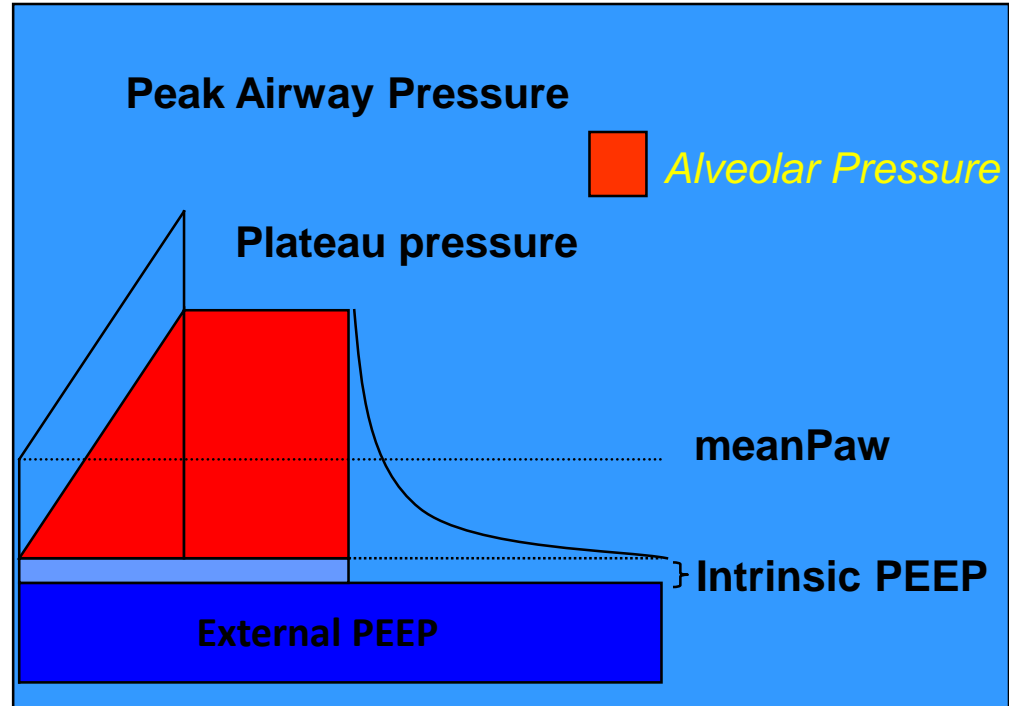
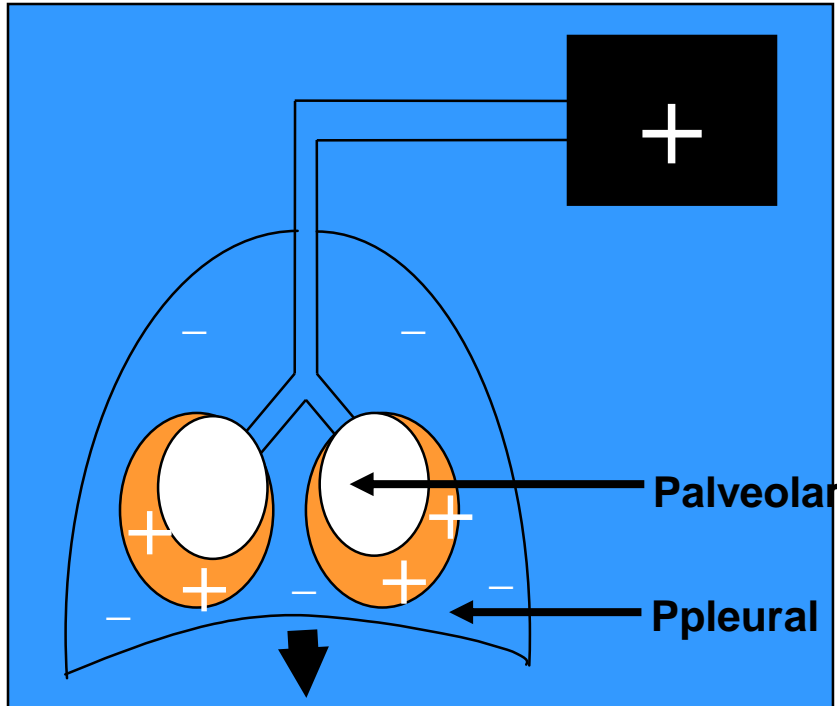
4 time constants = thời gian để 98% Vt được hít vào hay thở ra.

5 time constants = thời gian để 100% Vt được hít vào hay thở ra.

**Dùng “Time constants” để cài thời gian hít vào hoặc thở ra tối thiểu.**

# Peak Alveolar and Transpulmonary Pressures

$$P(t) = V_T/C_R + \text{Flow} \times R_R + \text{PEEP}_{\text{tot}}$$

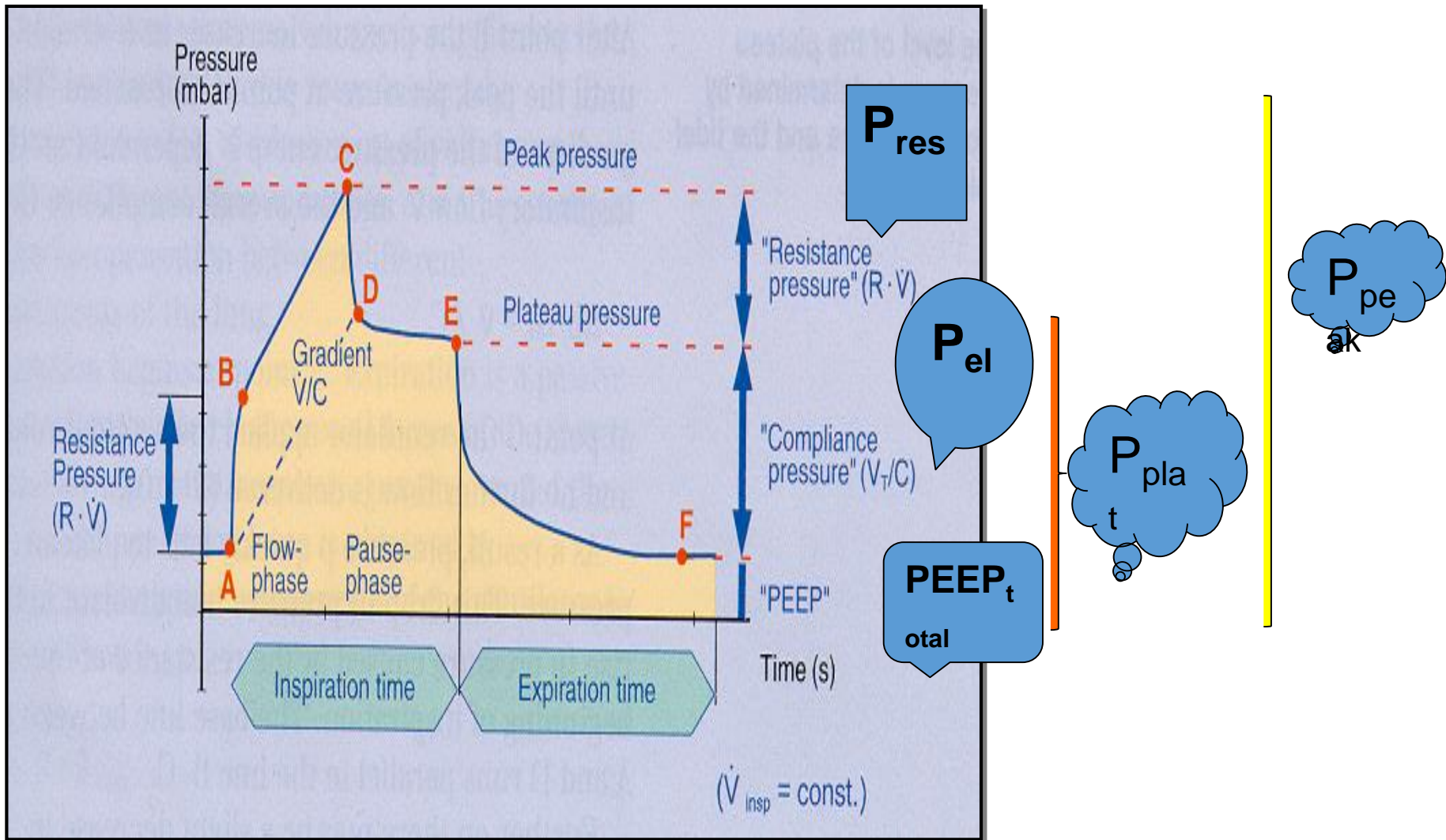


$$P_{\text{transpulmonary}} = \text{Palveolar} - \text{Ppleural}$$

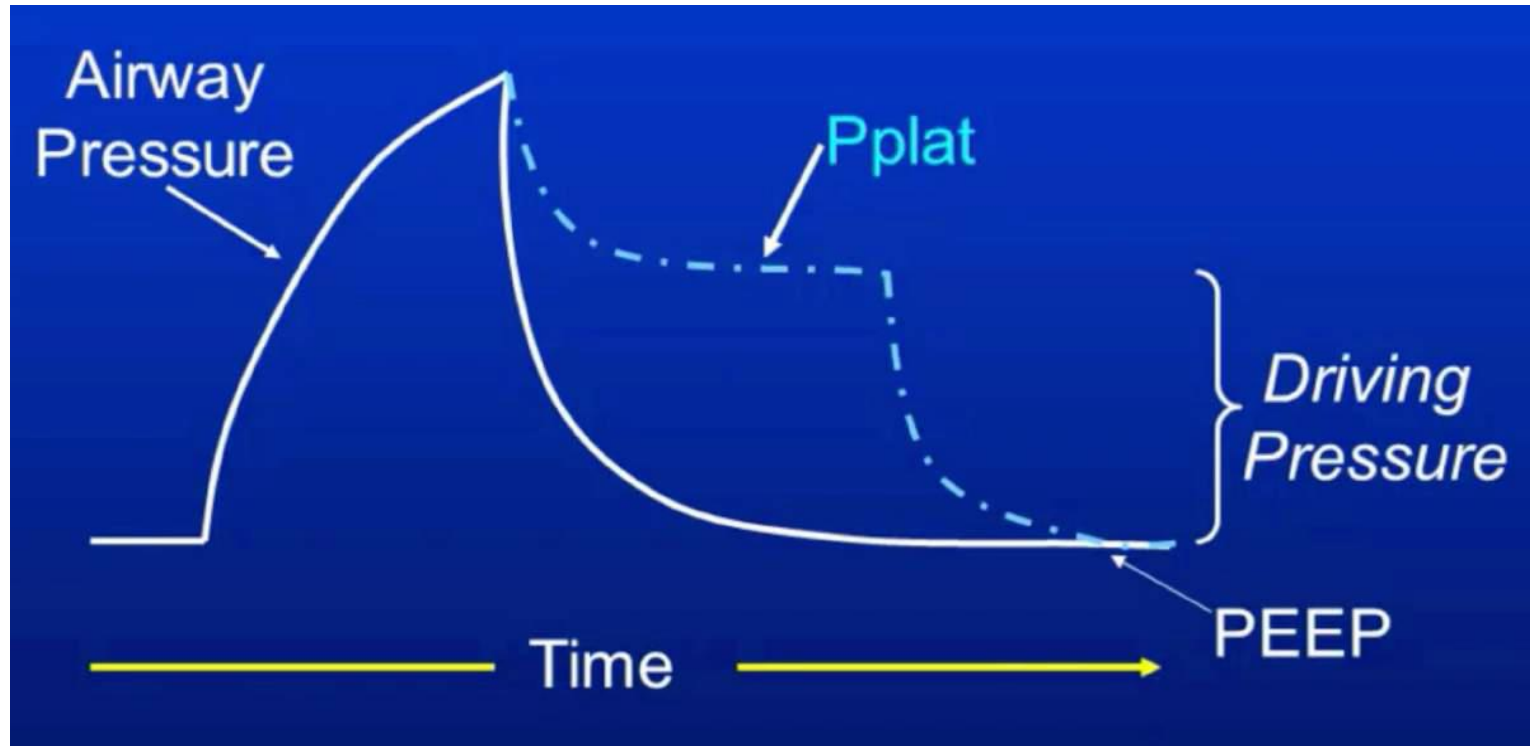
$$P_{\text{plat}} = \text{Maximum Palveolar}$$

Transpulmonary pressure is a key determinant of alveolar distension.

# Áp lực đường thở và áp lực phế nang

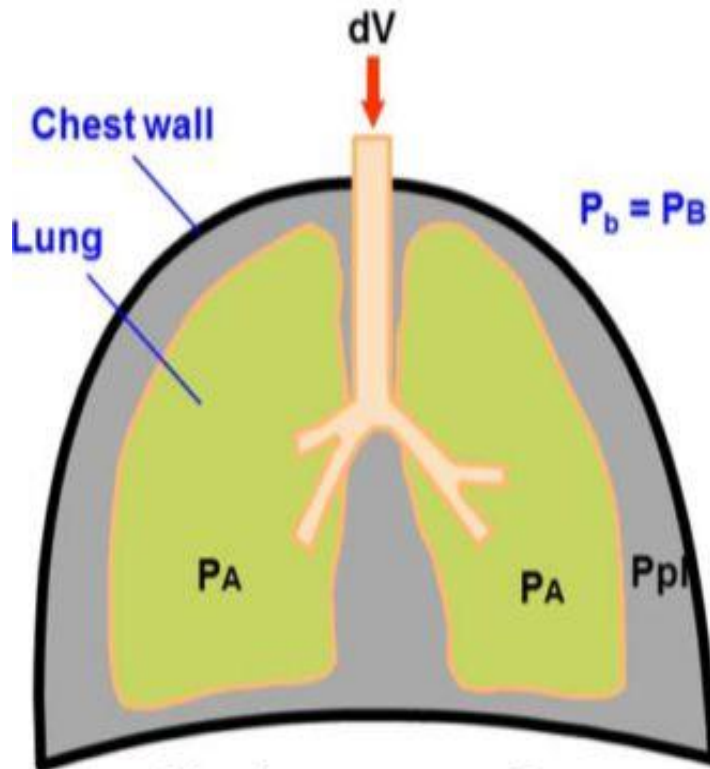


# Áp lực đẩy (driving pressure)



$$\text{Driving pressure} = V_t / C_{rs} = P_{pla} - \text{PEEP}$$

# Suất đàn của phổi và lồng ngực



$$C_L = \frac{dV}{d(P_A - P_{pl})}$$

$$C_{CW} = \frac{dV}{d(P_{pl} - P_b)} = \frac{dV}{dP_{pl}}$$

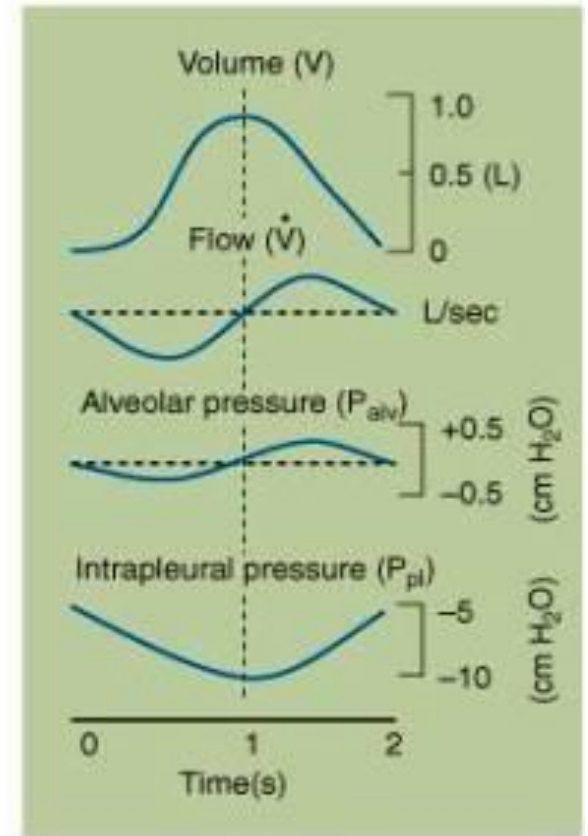
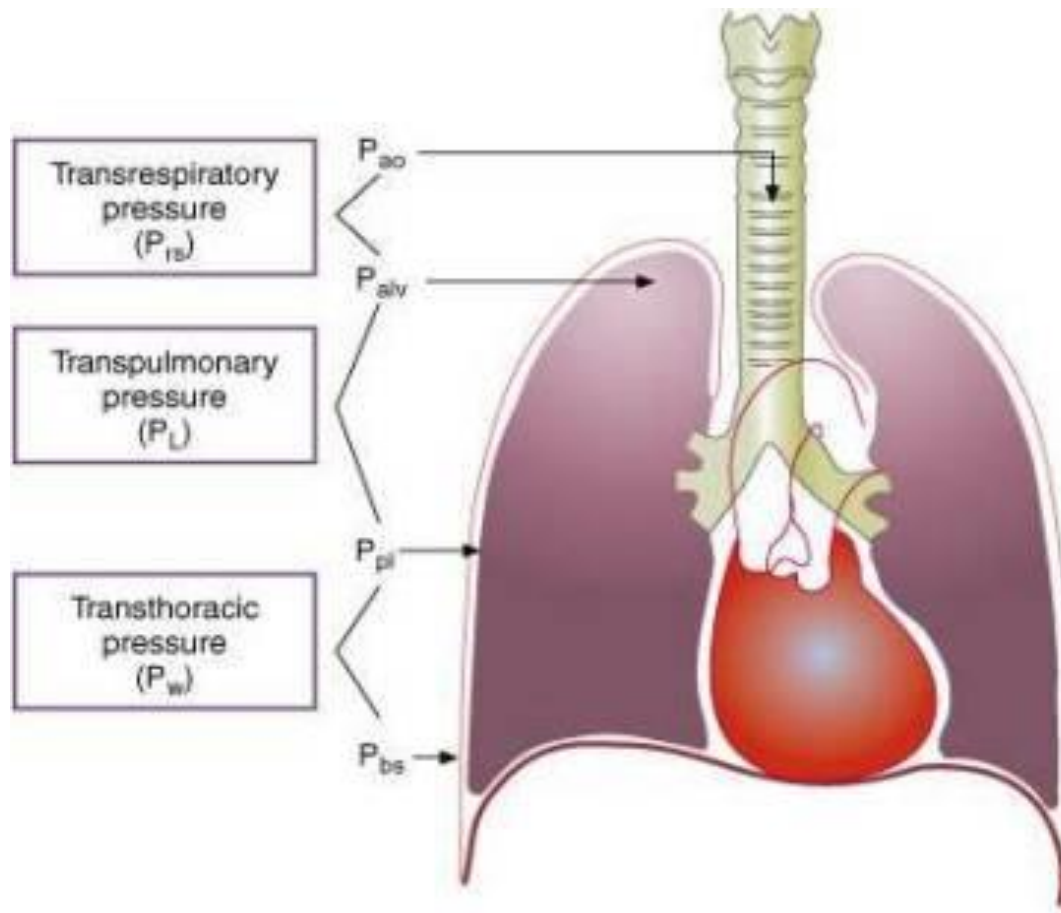
$$C_{RS} = \frac{dV}{d(P_A - P_b)} = \frac{dV}{dP_A}$$

$$1/C_{RS} = 1/C_L + 1/C_{CW}$$

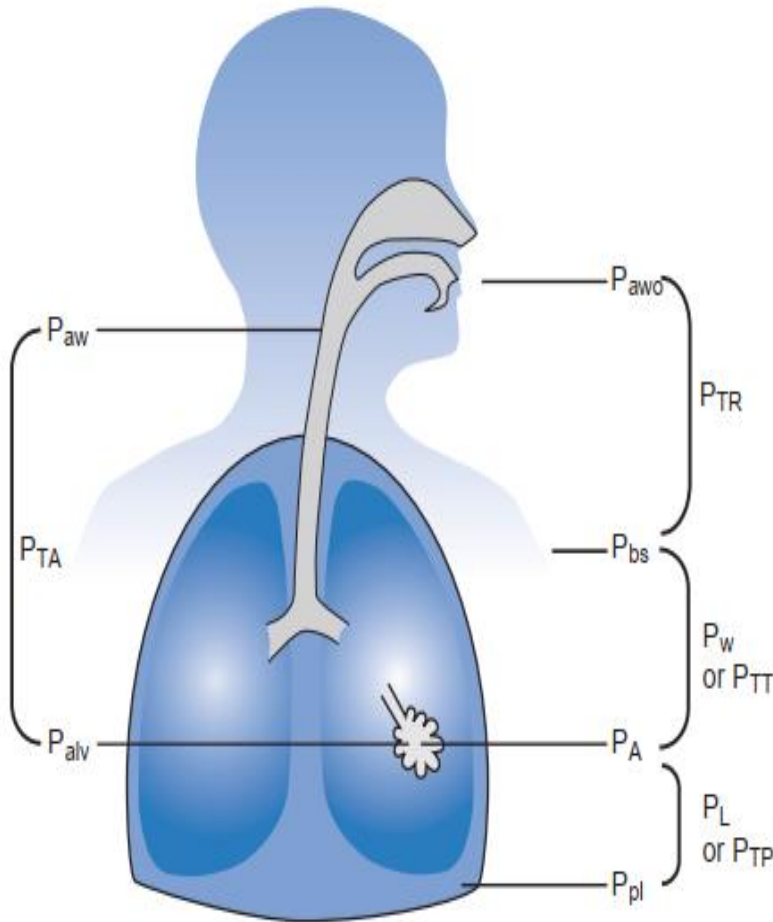
Alveolar pressure :  $P_A$   
Pleural pressure :  $P_{pl}$   
Body surface pressure :  $P_b = P_B = 0$



# Áp lực màng phổi ( $P_{pl}$ ) và áp lực xuyên phổi ( $P_L$ )

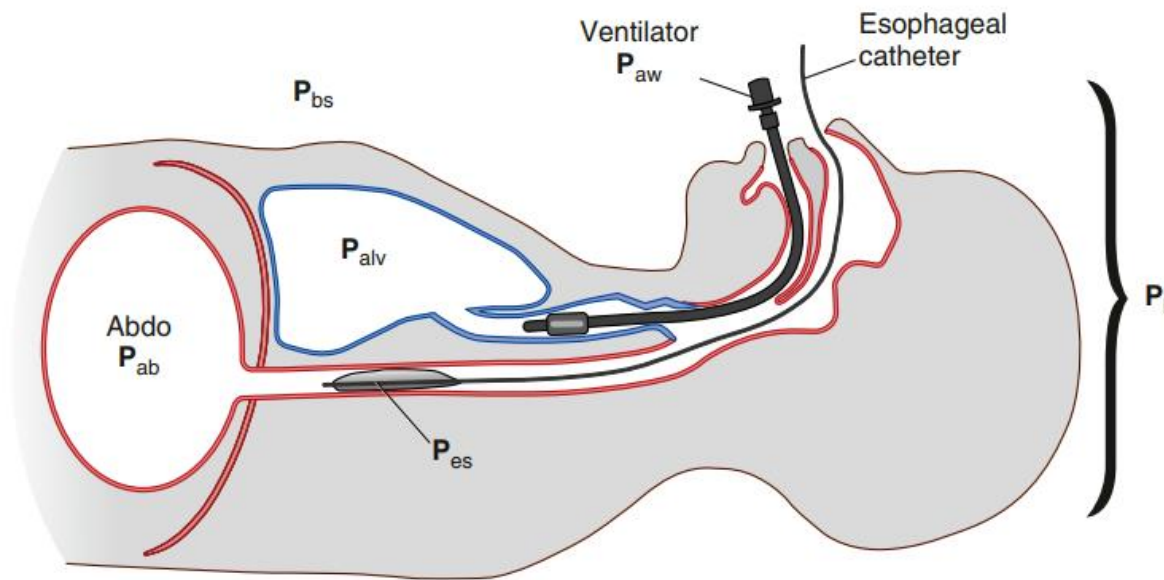


# Áp lực màng phổi ( $P_{pl}$ ) và áp lực xuyên phổi ( $P_L$ )

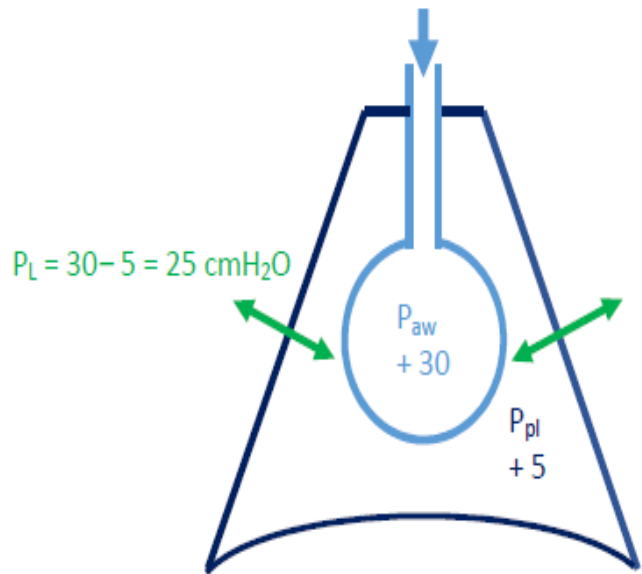


- $P_{awo}$  - Mouth or airway opening pressure
- $P_{aw}$  - Airway pressure ( $= P_{awo}$ )
- $P_{alv}$  - Alveolar pressure
- $P_{TA}$  = Transairway pressure ( $P_{aw} - P_{alv}$ )
- $P_{pl}$  - Intrapleural pressure
- $P_L$  or  $P_{TP}$  = Transpulmonary pressure ( $P_L = P_{alv} - P_{pl}$ )
- $P_{bs}$  - Body surface pressure
- $P_w$  or  $P_{TT}$  = Transthoracic pressure ( $P_{alv} - P_{bs}$ )
- $P_{TR}$  = Transrespiratory pressure ( $P_{awo} - P_{bs}$ )

# Áp lực màng phổi và áp lực thực quản

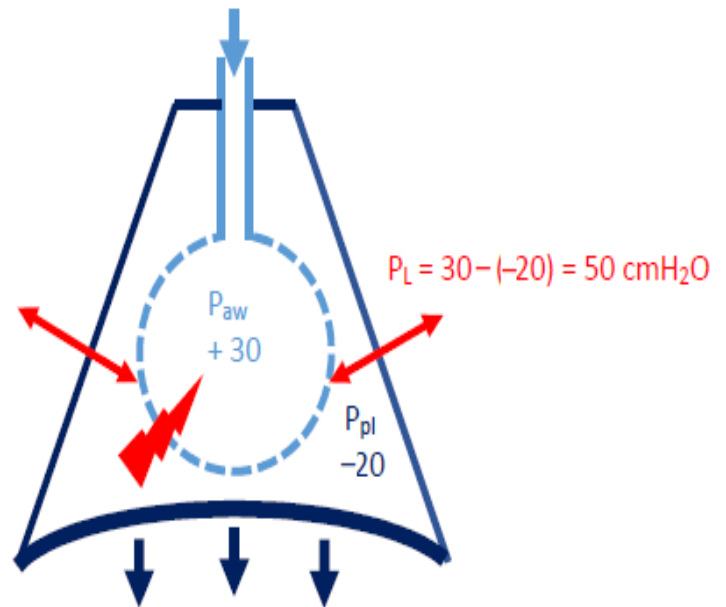


# Áp lực xuyên phổi ( $P_L$ ) và nhịp thở tự nhiên



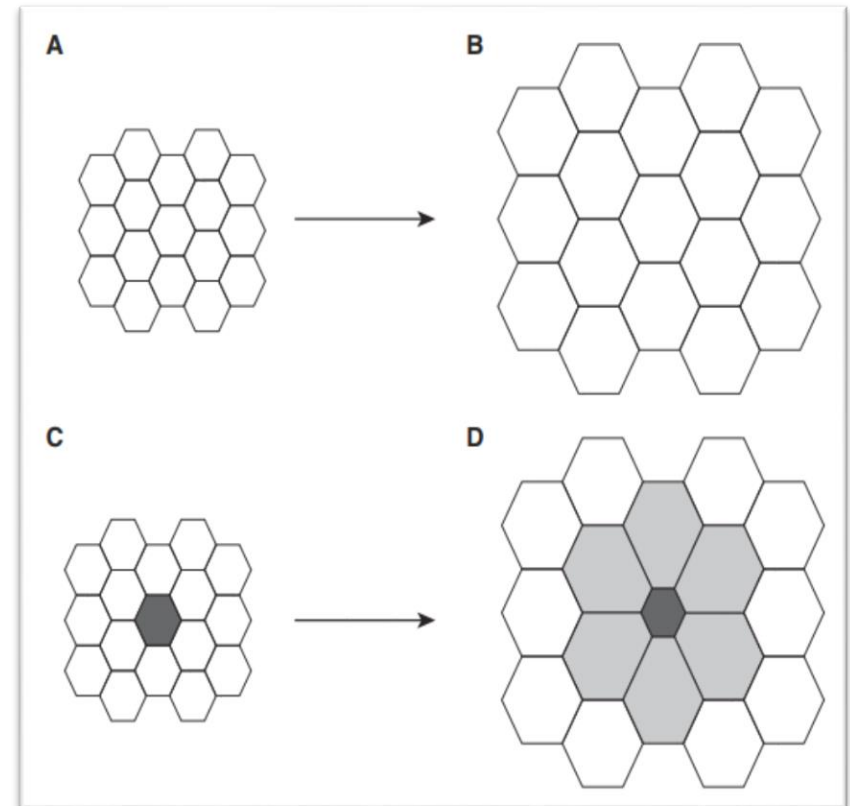
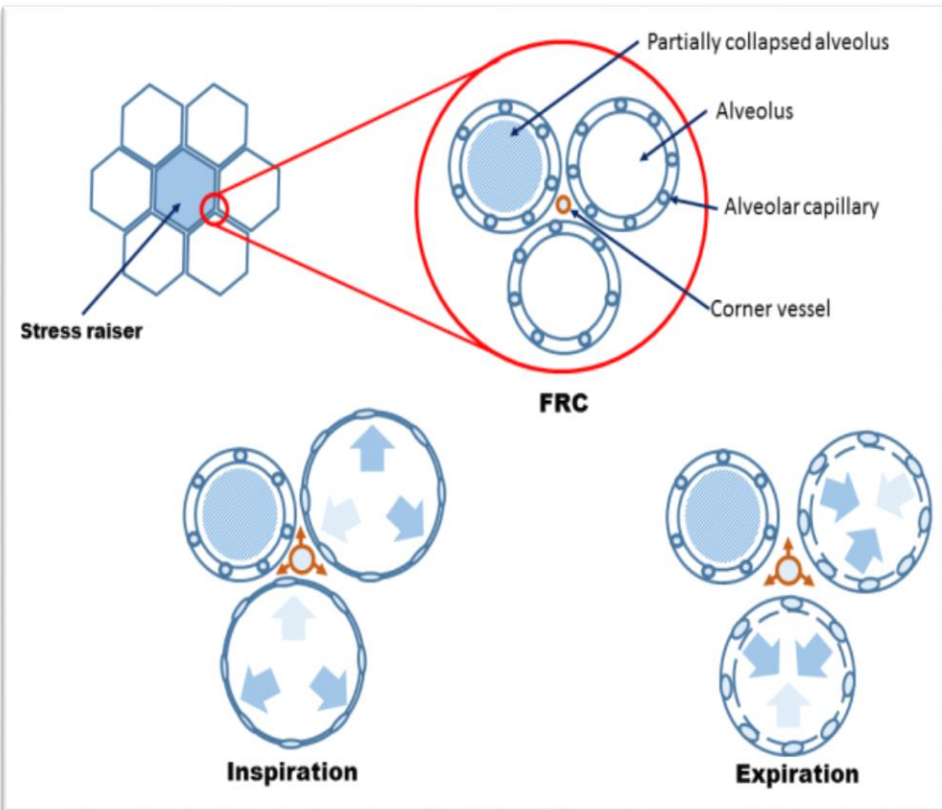
Mechanical ventilation without inspiratory efforts

$$P_L = P_{aw} - P_{pl}$$



Mechanical ventilation with strong spontaneous inspiratory breath

# Áp lực xuyên phổi ( $P_L$ ) & “stress” & “strain”



The transpulmonary driving pressure, lung stress, respiratory system, lung and chest wall elastance were computed according to the following formula [25, 31]:

$$\begin{aligned}
 & \text{Transpulmonary driving pressure (cmH}_2\text{O)} \\
 &= [\text{Airway pressure plateau (cmH}_2\text{O)} \\
 &\quad - \text{Airway pressure PEEP (cmH}_2\text{O)}] \\
 &\quad - [\text{Esophageal pressure plateau (cmH}_2\text{O)} \\
 &\quad - \text{Esophageal pressure PEEP (cmH}_2\text{O)}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Lung stress (cmH}_2\text{O)} \\
 &= [\text{Airway pressure plateau (cmH}_2\text{O)} \\
 &\quad - \text{Atmospheric pressure (cmH}_2\text{O)}] \\
 &\quad - [\text{Esophageal pressure plateau (cmH}_2\text{O)} \\
 &\quad - \text{Esophageal pressure atmospheric pressure} \\
 &\quad \quad (\text{cmH}_2\text{O)}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Respiratory system elastance (Ers) (cmH}_2\text{O/L)} \\
 &= \frac{\text{Airway pressure plateau (cmH}_2\text{O)} \\
 &\quad - \text{Airway pressure PEEP (cmH}_2\text{O)}}{\text{Tidal volume (L)}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Lung elastance (El) (cmH}_2\text{O/L)} \\
 &= \frac{\text{Transpulmonary driving pressure (cmH}_2\text{O)}}{\text{Tidal volume (L)}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Chest wall elastance (Ecw) (cmH}_2\text{O/L)} \\
 &= \frac{\text{Esophageal pressure plateau (cmH}_2\text{O)} \\
 &\quad - \text{Esophageal pressure PEEP (cmH}_2\text{O)}}{\text{Tidal volume (L)}}
 \end{aligned}$$

# CÁC PHƯƠNG THỨC THÔNG KHÍ CƠ HỌC HIỆN ĐẠI

# Dual-Controlled Modes

	Máy thở	Mode thở
Dual control trong một nhịp thở	VIASYS Healthcare; Bird 8400Sti and Tbird VIASYS Healthcare; Bear 1000	Volume-assured pressure support (VAPS) Pressure augmentation
Dual control giữa các nhịp thở: <i>Pressure-limited flow-cycled ventilation</i>	Siemens servo 300 Venturi	Volume support (VS) Variable pressure support
Dual control giữa các nhịp thở: <i>Pressure-limited time-cycled ventilation</i>	Siemens; servo 300  Hamilton; Galileo Drager; Evita 4 Venturi	Pressure-regulated volume control (PRVC) Adaptive pressure vent. Autoflow Variable pressure control
Dual control giữa các nhịp thở:	Hamilton; Galileo	Adaptive support ventilation (ASV)



# Dual Control trong một nhịp thở

## VAPS volume-assured pressure support

- Cơ chế feedback dựa trên đo  $V_T$  liên tục
- Chuyển từ pressure control sang volume control trong cùng một nhịp thở nếu không đạt được  $V_t$  đã cài đặt.



Bear 1000



Bird 8400Sti



Tbird

# Dual Control Breath-to-Breath

pressure-limited flow-cycled ventilation  
Volume Support



Servo 300



Maquet Servo-*i*

# Dual Control Breath-to-Breath

pressure-limited time-cycled ventilation  
PRVC : Pressure Regulated Volume Control



Servo 300



Maquet Servo-*i*

# Dual Control Breath-to-Breath ASV: Adaptive Support Ventilation



# Làm ẩm khí hít vào

- 2 cách làm ẩm khí hít vào

## Máy làm ẩm



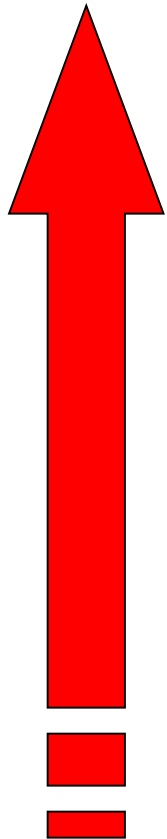
## Mũi nhân tạo



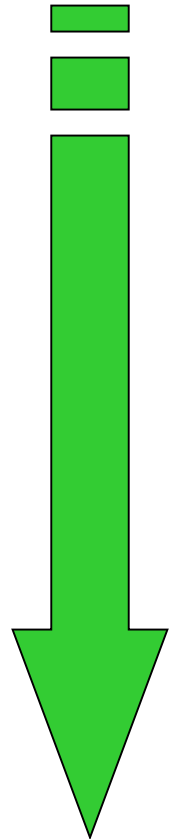
MODE

PATIENT CONTROLS

Physician  
control



Volume Controlled	
Volume Assisted / Controlled	<i>RR</i>
<b>VAPS</b> Volume Support	<i>RR</i> <i>Flow-profile</i>
<b>PCV</b> (assisted)	<i>RR</i> <i>Flow-profile</i> <i>Tidal Volume</i>
<b>APRV</b>	
<b>PSV</b>	<i>RR</i> <i>Flow-profile</i> <i>Tidal Volume</i> <i>Inspiratory Time</i>
<b>PAV</b> / <b>NAVA</b>	<i>RR</i> <i>Flow-profile</i> <i>Tidal Volume</i> <i>Inspiratory Time</i> <i>Airway-pressure assistance</i>



Patient  
freedom



# Cấu tạo máy thở - Alarm



## Alarms Setup

Adjust Limits 

Auto Limits


Default Limits

Leak Limit 25

Apnea Time 30

Alarm Volume 3

High Alert Audio 30

Alarm History 

Previous Menu

Push ComWheel to adjust limits manually

## Alarm Limits

<Back

Ppeak	MVexp	TVexp	RR	CO2	O2
cmH2O	l/min	ml	/min	ET	ET
50	10.0	1000	Off	65	90
Off	2.0	Off	4	20	Off
Off	10	5	50		
21	0				
O2	PEEPe	PEEPi	Paux		
FI	cmH2O	cmH2O	cmH2O		

# TRÂN TRỌNG CẢM ƠN

