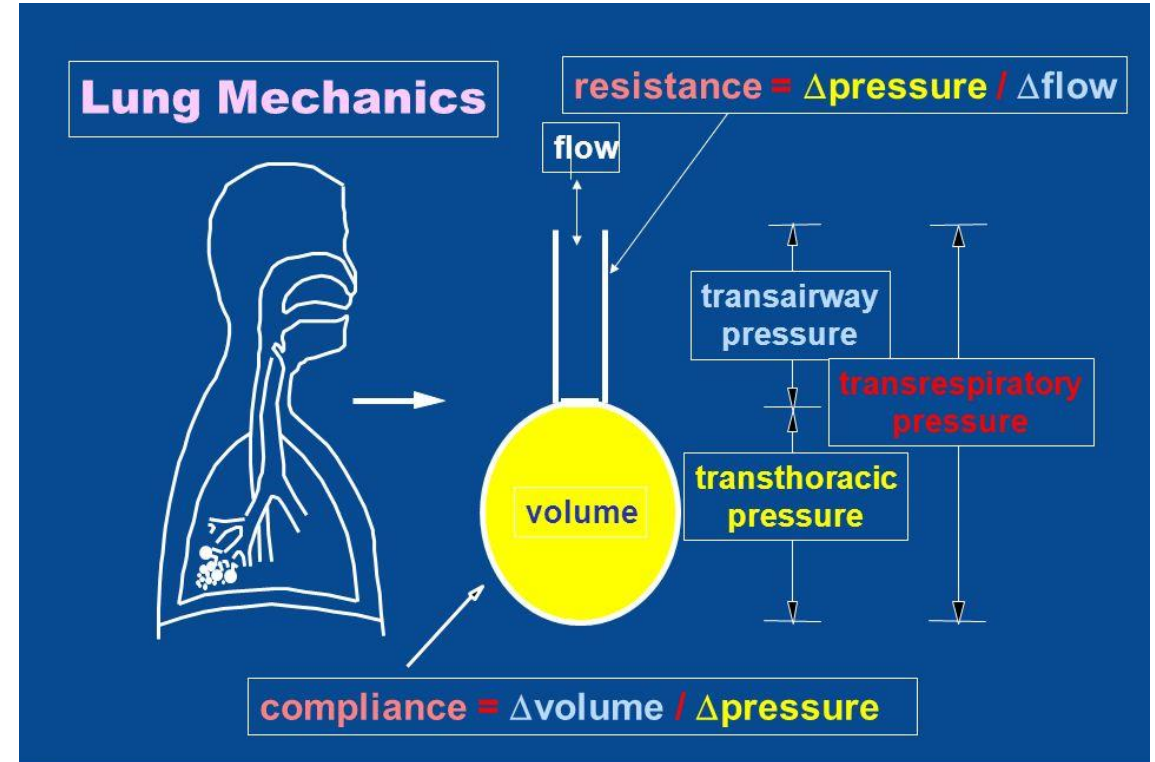


# Cơ học phổi

BS. Huỳnh Thị Thu Hiền  
 Khoa Hồi sức cấp cứu  
 Bệnh viện Chợ Rẫy

# Cơ học phổi là gì?

- Là các **thông số cơ học** phản ánh tình đặc điểm chức năng của phổi.
- Qua đó đánh giá **tình trạng chức năng, mức độ tổn thương** của phổi để điều chỉnh máy thở phù hợp.



# Nội dung

---

- **Cơ học tĩnh của phổi:** thay đổi ảnh hưởng đến thể tích và khả năng đàn hồi của phổi trong khi không có dòng khí di chuyển.
- **Cơ học động của phổi:** thay đổi khi có sự di chuyển của khí trong phổi (Lưu lượng và kháng lực)

# Cơ học tĩnh

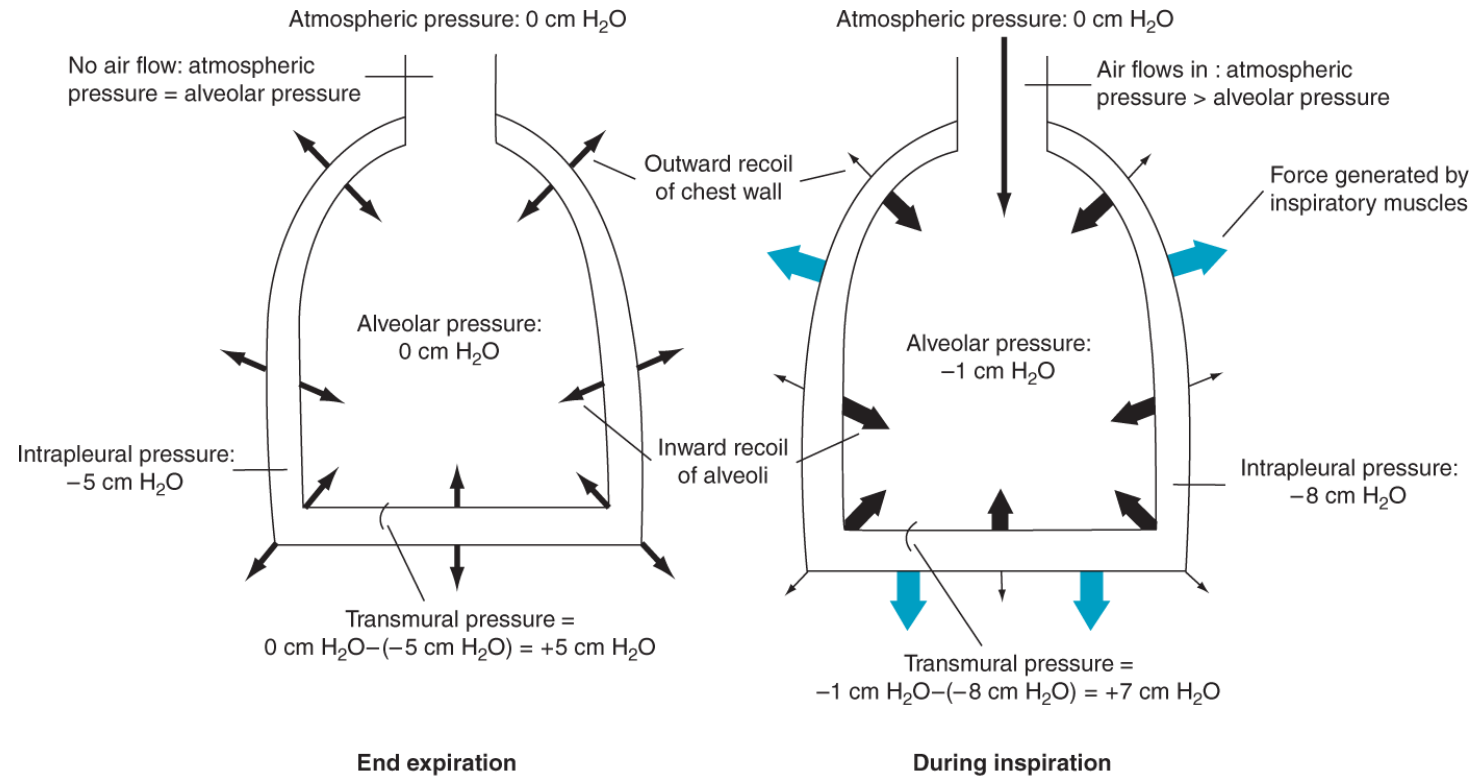
➤ Lực làm phồng (**inflate**)

phổi: Thông số áp lực

➤ Lực làm xẹp phổi (**deflate**):

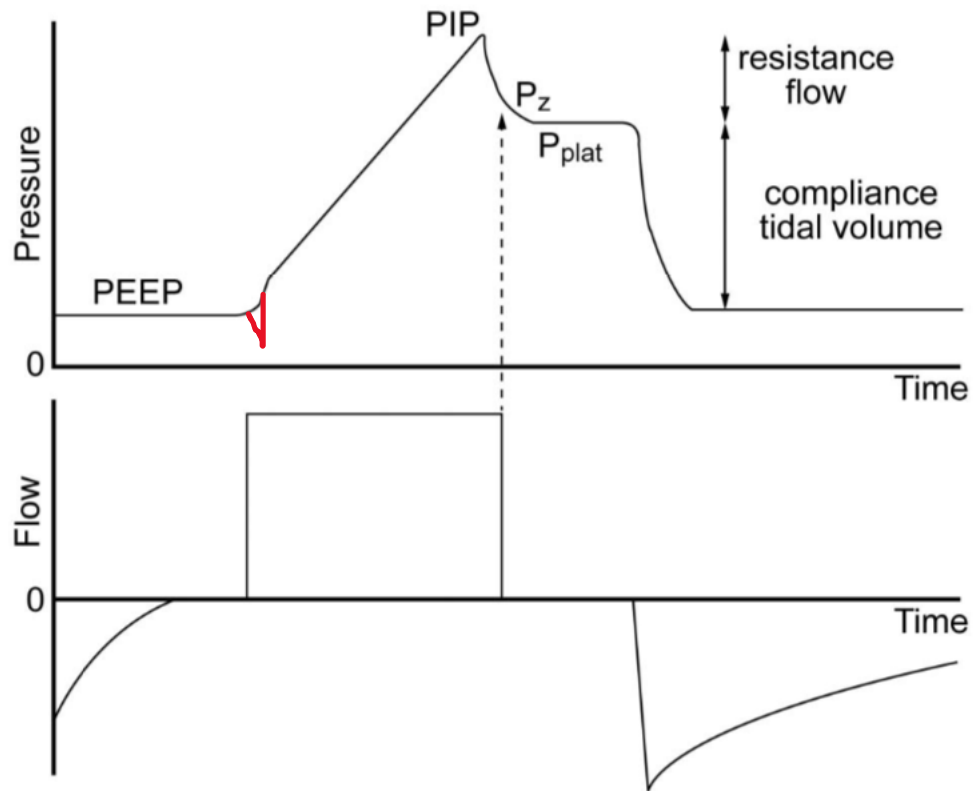
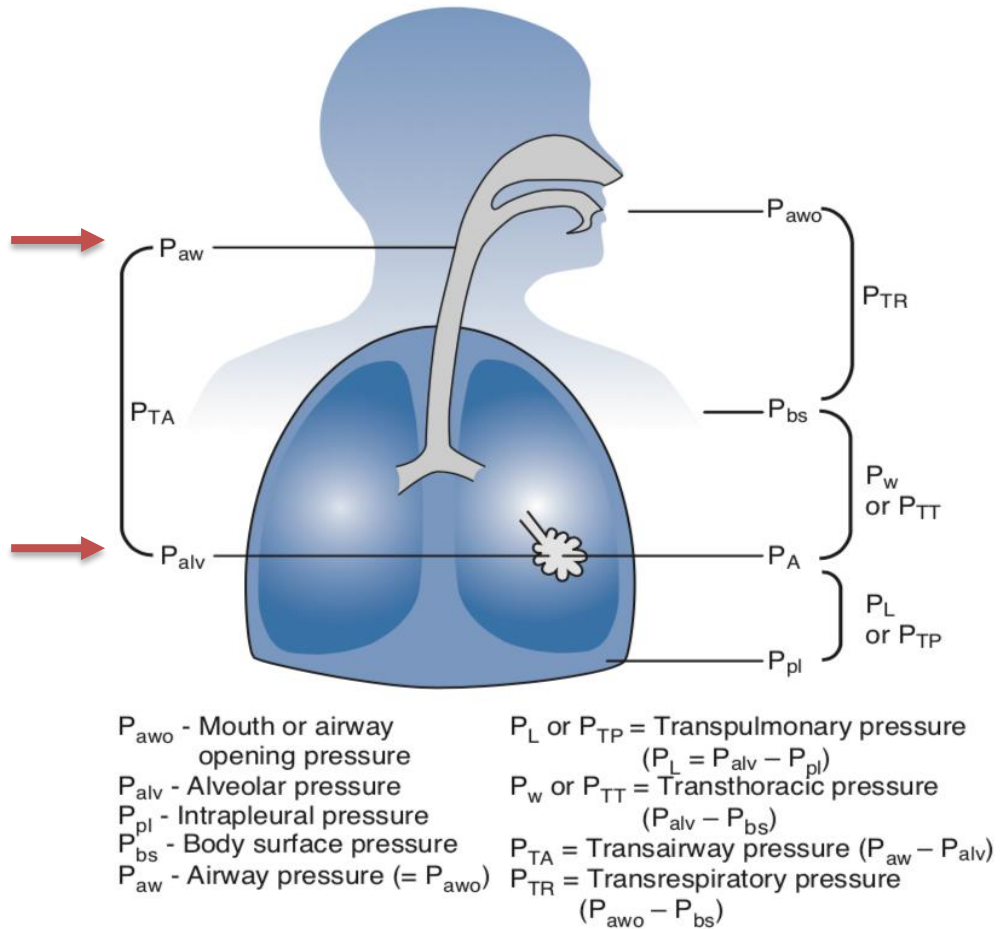
tính đàn hồi, suất đàn phổi,

surfactant



Source: Levitzky MG: *Pulmonary Physiology, Eighth Edition*:  
www.accessmedicine.com  
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

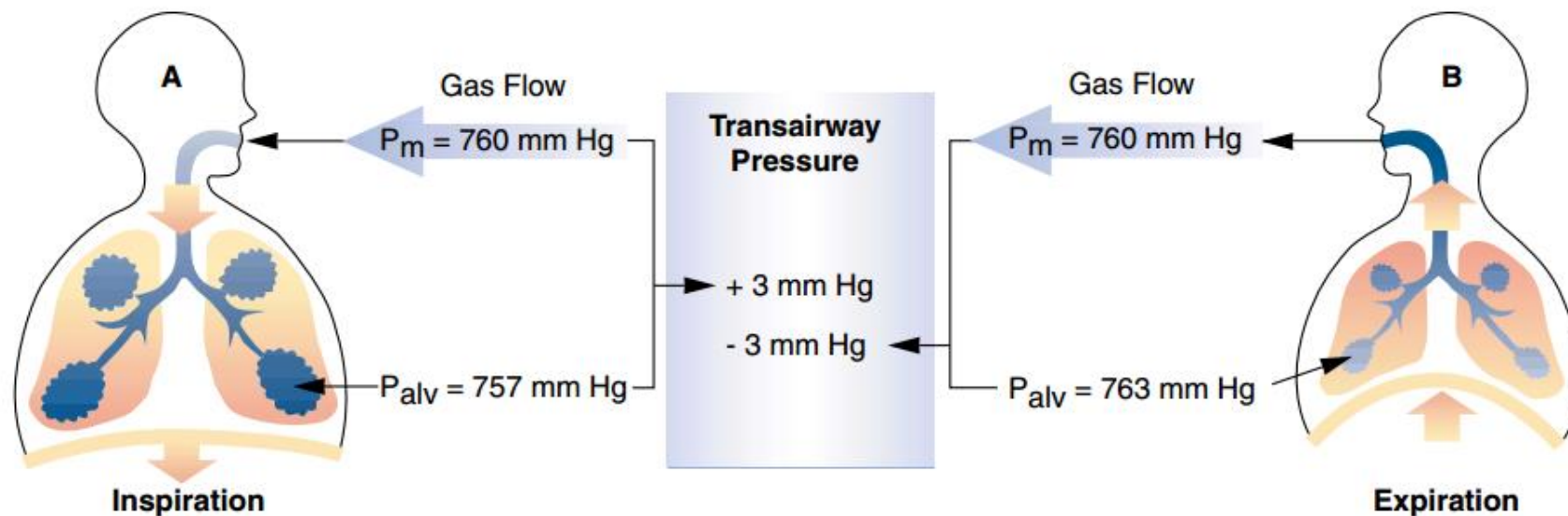
# Thông số áp lực



**Fig. 1-1** Various pressures and pressure gradients of the respiratory system. (From Kacmarek RM, Stoller JK, Heuer AJ, editors: Egan's fundamentals of respiratory care, ed 10, St Louis, 2013, Elsevier.)

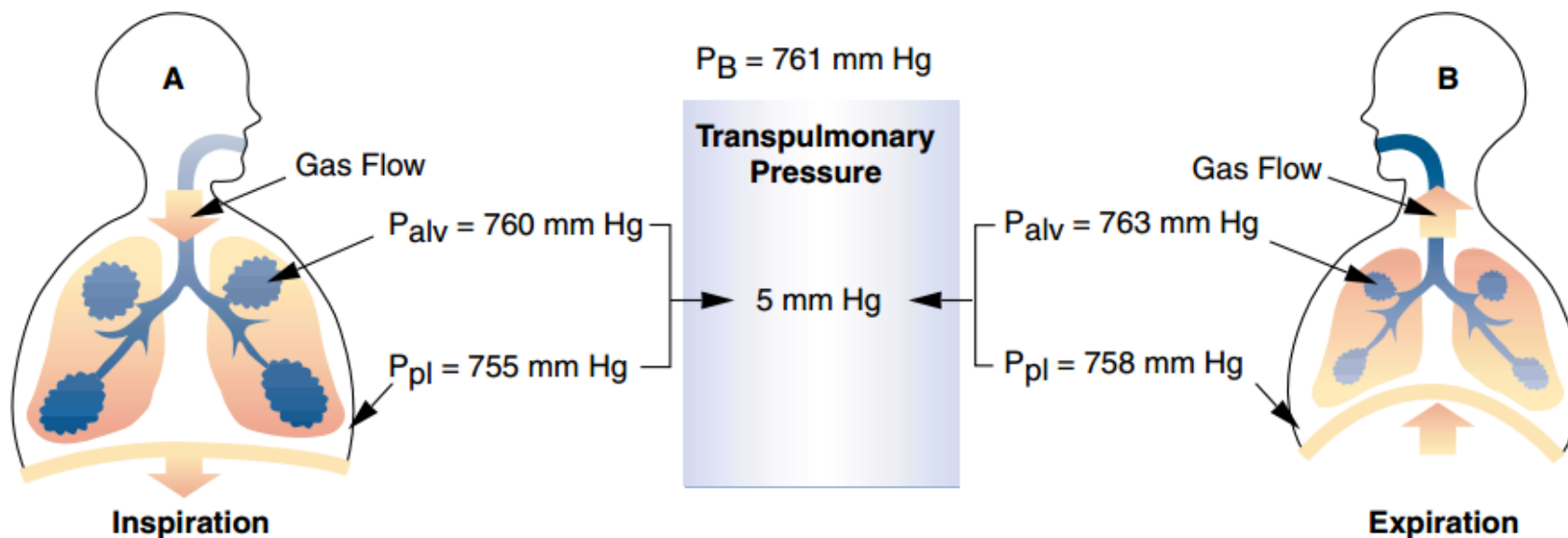
# Các thông số áp lực

- **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 ( $P_{alv}$ )
  - $P_{ta} = P_m - P_{alv}$
  - Là áp lực cần thiết tạo ra để thắng kháng lực đường thở  $\rightarrow$  đẩy khí vào phế nang



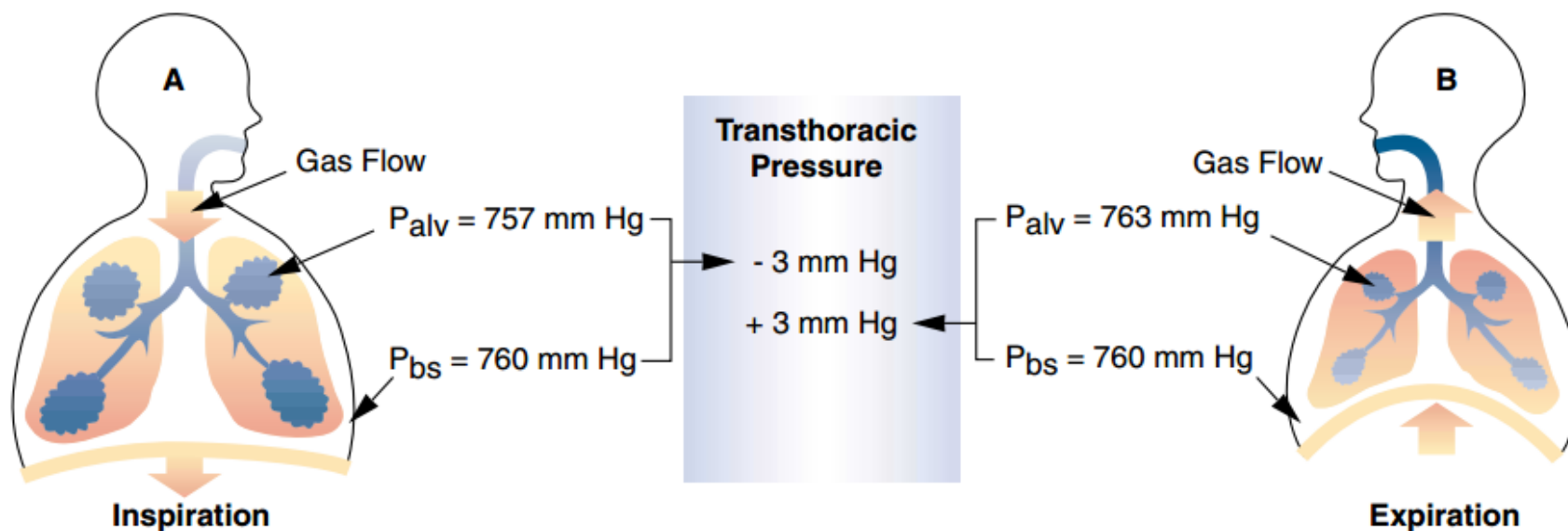
# Các thông số áp lực

- **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 ( $P_{pl}$ )
  - $P_{tp} = P_{alv} - P_{pl}$
  - Là áp lực giữ cho phế nang luôn phồng (**alveolar distending pressure**)



# 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>)
  - $P_{tp} = P_{alv} - P_{bs}$
  - Là áp lực để làm co hoặc giãn phổi và thành ngực cùng lúc.





# Suất đàn của phổi (Lung compliance ( $C_L$ )):

---


– Suất đàn được định nghĩa là sự thay đổi thể tích phổi ( $\Delta V$ ) trên một đơn vị thay đổi áp suất ( $\Delta P$ ). Đơn vị của  $C_L$  là L/cmH<sub>2</sub>O.

$$- C_L = \frac{\Delta V \text{ (L)}}{\Delta P \text{ (cmH}_2\text{O)}}$$

– Bình thường,  $C_L$  trung bình khoảng 0.1 L/cmH<sub>2</sub>O. Tức mỗi 1 cmH<sub>2</sub>O áp lực, làm thể tích phổi tăng thêm 100ml

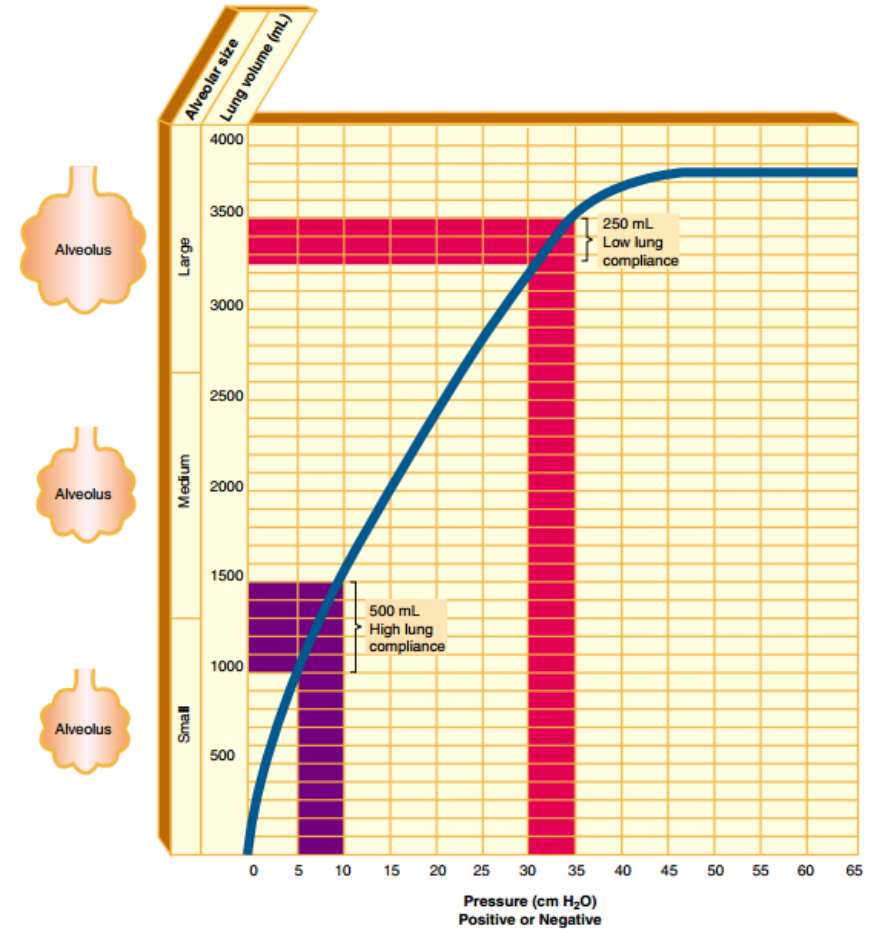
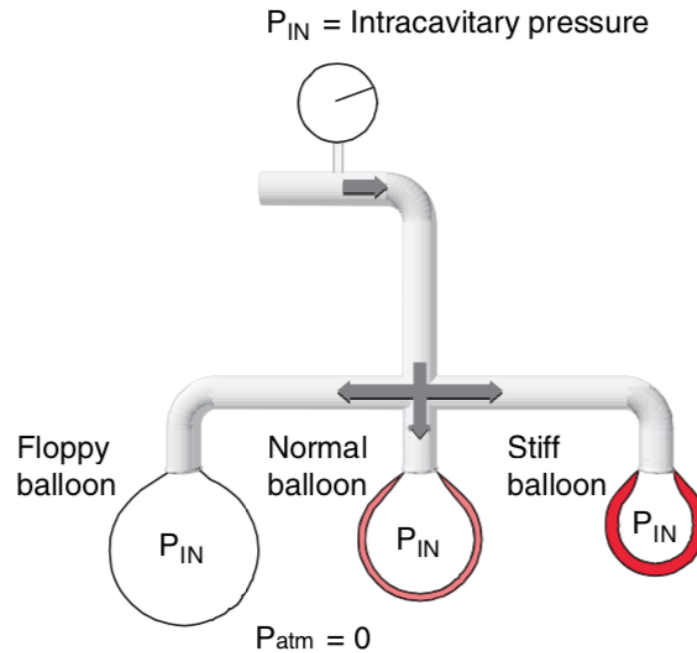
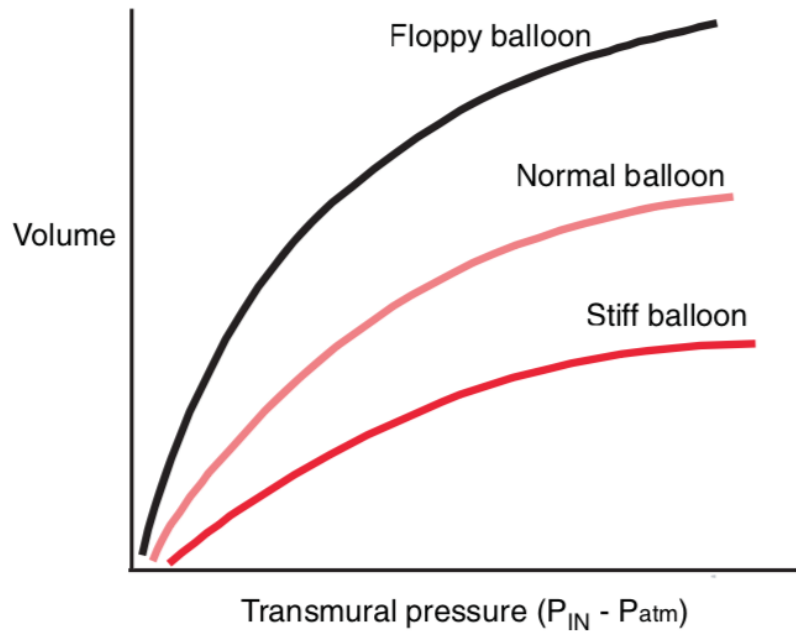
– Suất đàn ngược lại với độ đàn hồi của phổi

$$- C_L = \frac{1}{E}$$

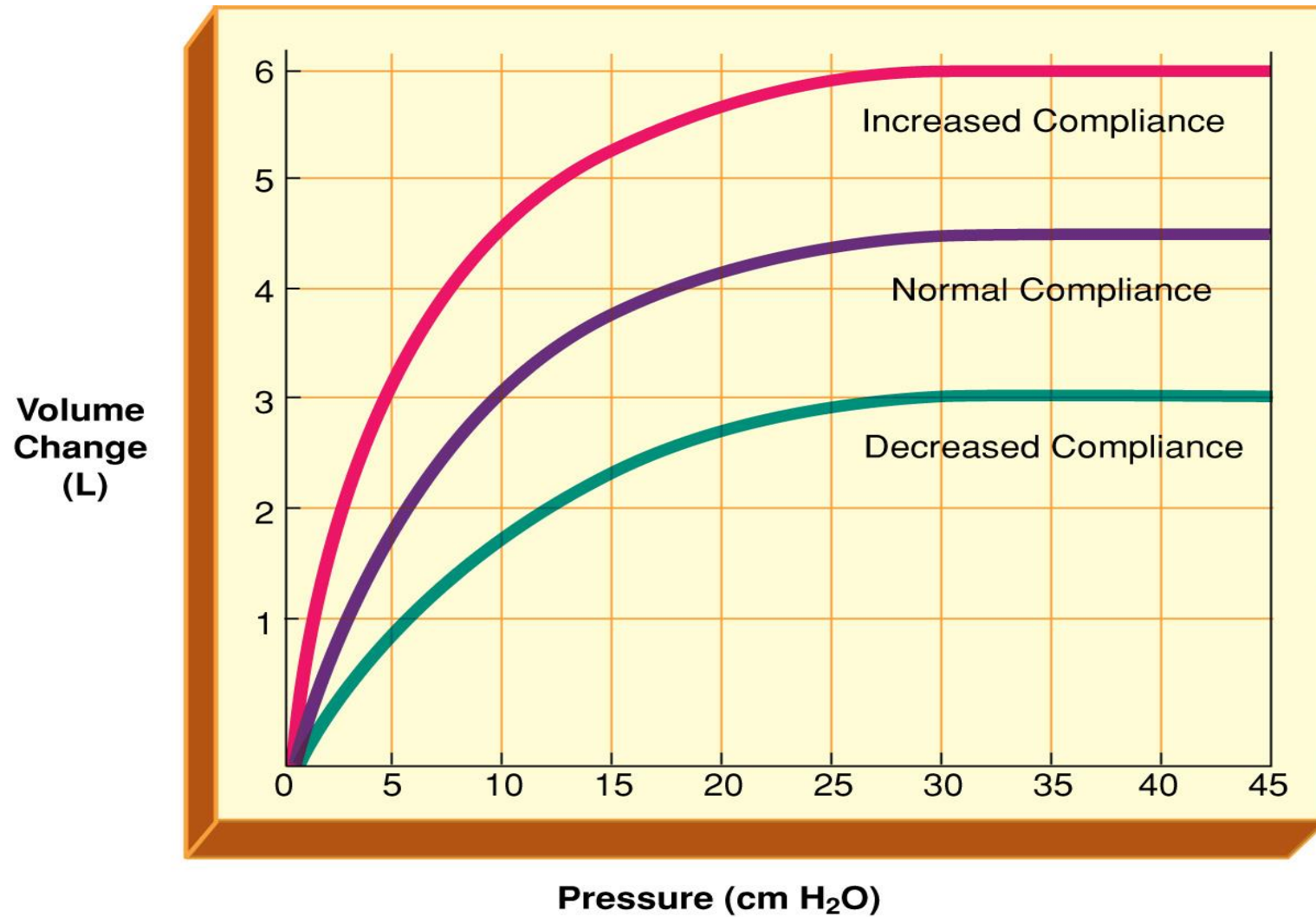
 **Key Point 1-1** Normal compliance in spontaneously breathing patients: 0.05 to 0.17 L/cm H<sub>2</sub>O or 50 to 170 mL/cm H<sub>2</sub>O

Normal compliance in intubated patients: Males: 40 to 50 mL/cm H<sub>2</sub>O, up to 100 mL/cm H<sub>2</sub>O; Females: 35 to 45 mL/cm H<sub>2</sub>O, up to 100 mL/cm H<sub>2</sub>O

# Suất đàn của phổi



# Thay đổi suất đàn của phổi



# Nguyên nhân làm thay đổi suất đàn của phổi

---

## Suất đàn của phổi giảm trong trường hợp:

- Suy tim sung huyết
- ARDS
- Xẹp phổi
- Đông đặc phổi
- Xơ hóa
- Phế nang căng quá mức
- Tràn khí màng phổi áp lực
- Tràn dịch màng phổi
- Tăng áp lực ổ bụng
- Phù thành ngực
- Dị dạng thành ngực

# Nguyên nhân làm thay đổi suất đàn của phổi

---

## Suất đàn của phổi tăng trong trường hợp:

- COPD
- Lớn tuổi
- Sử dụng giãn cơ

# Đo suất đàn của phổi

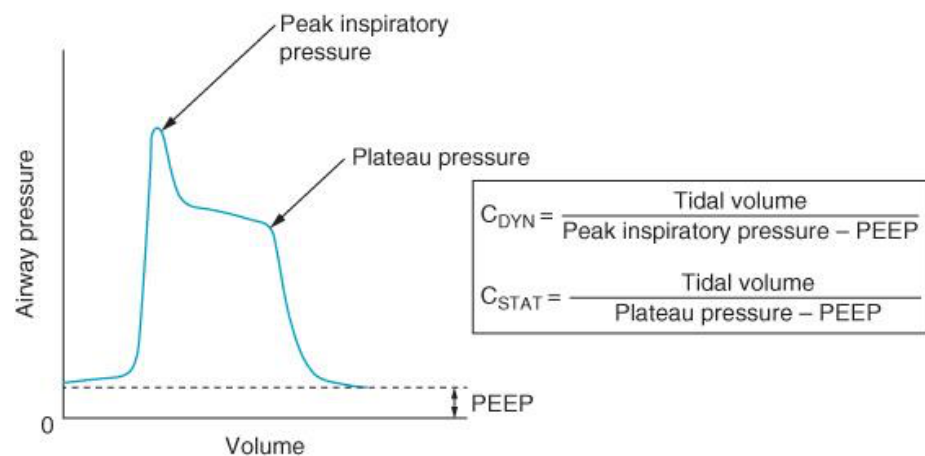
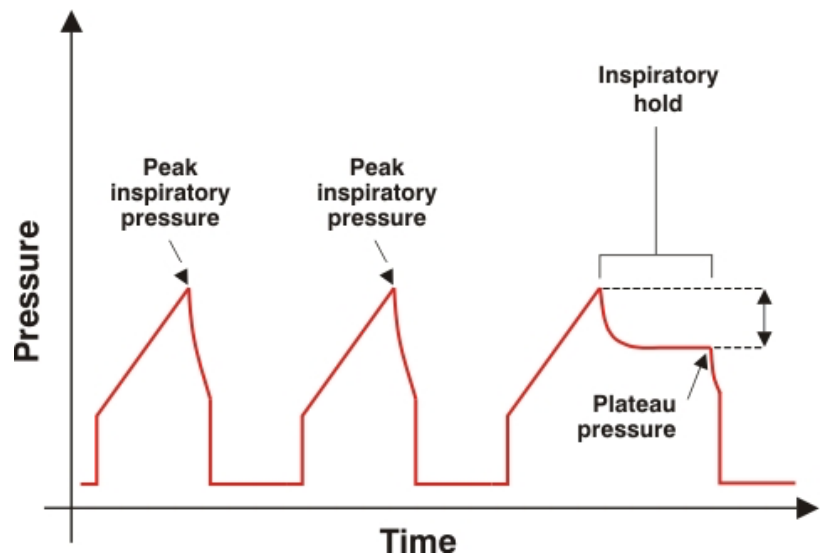
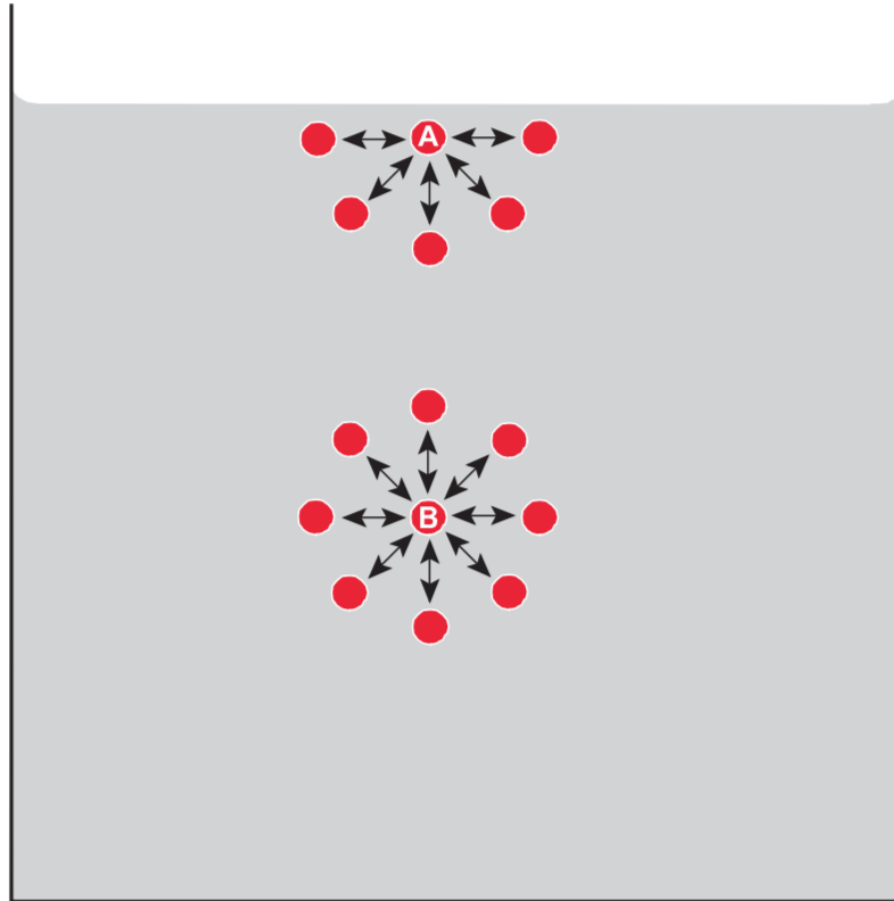


Illustration of tidal volume from positive pressure ventilation



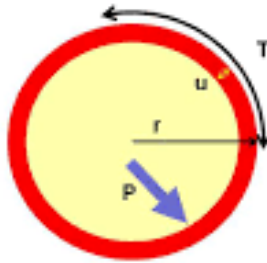
# Sức căng bề mặt và surfactant

---

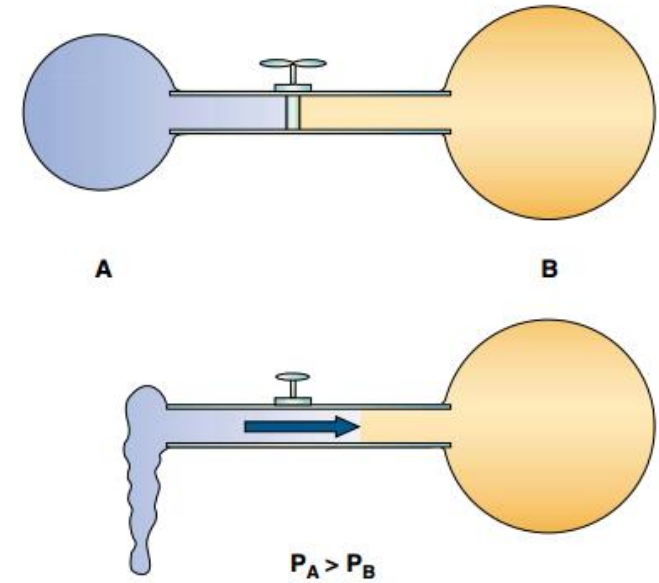
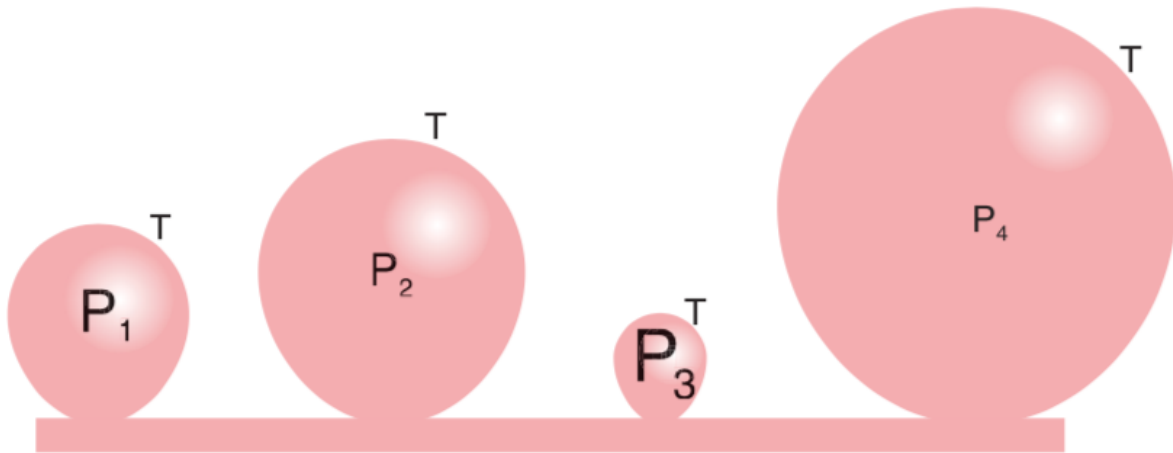


# Định luật Laplace

LaPlace's Law



$$\text{Wall Tension (T)} = \frac{\text{Transmural Pressure (P)} \times \text{Radius (r)}}{2 \times \text{Wall Thickness (u)}}$$

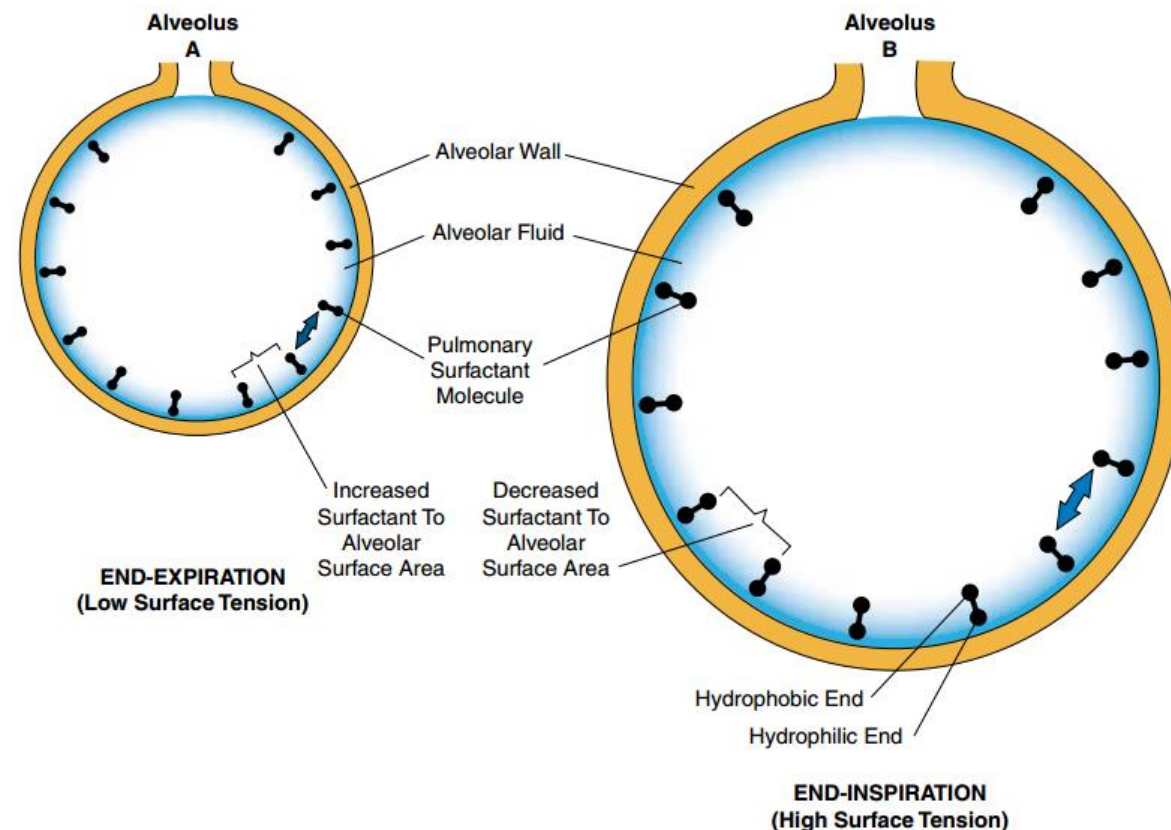


**Figure 2-15.** Bubbles A and B have the same surface tension. When the two bubbles are in direct communication, the higher pressure in the smaller bubble (A) causes it to empty into the large bubble (B).

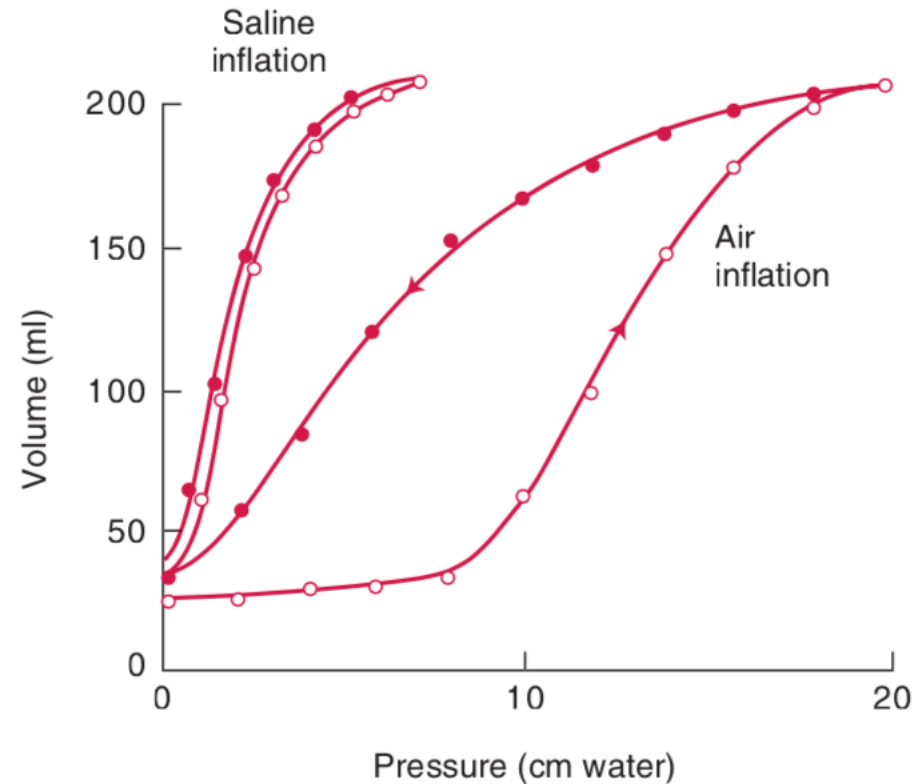
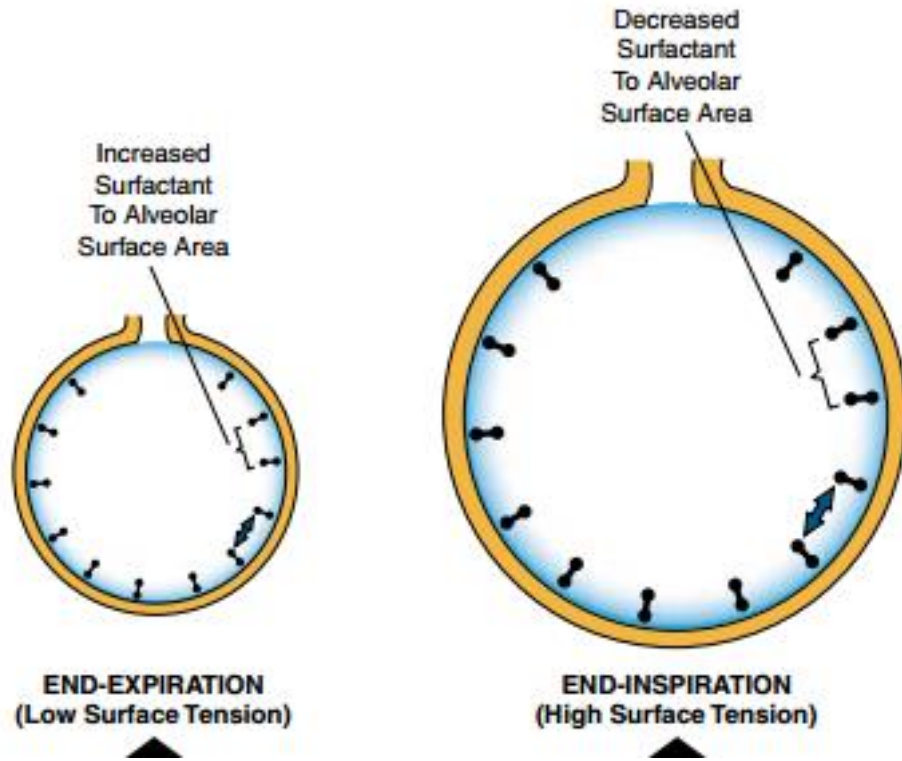


# Vai trò của surfactant trong điều hòa sức căng bề mặt phế nang

- Surfactant là một hỗn hợp bao gồm phospholipids (90%) và protein (10%)
- Được sản xuất bởi tế bào phế nang tít 2.
- Thành phần chính là phospholipid dipalmitoyl phosphatidylcholine (DPPC), có tính ưa nước và kỵ nước đồng thời → giảm đáng kể sức căng bề mặt phế nang

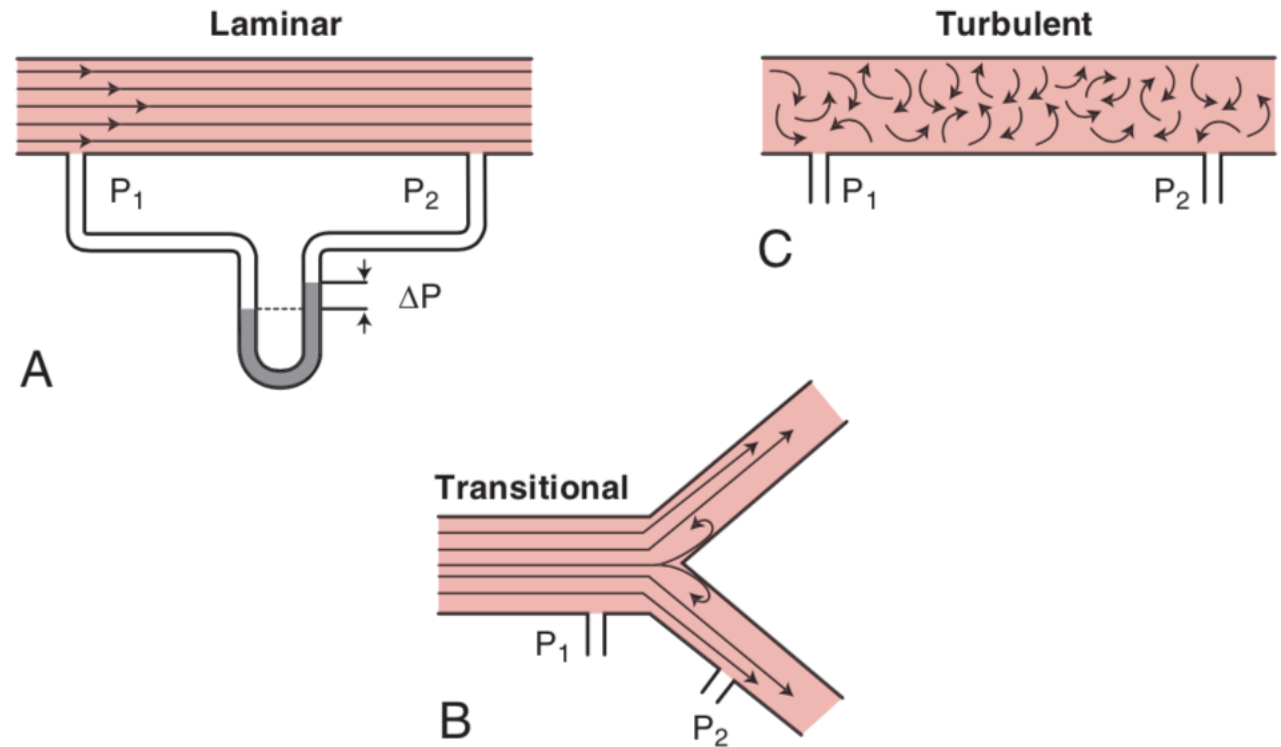


# Vai trò của surfactant trong điều hòa sức căng bề mặt phế nang



# ĐẶC ĐIỂM ĐỘNG CỦA PHỔI

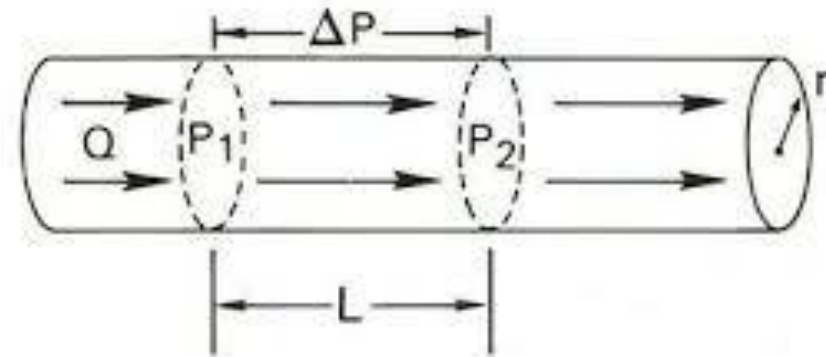
- Đặc điểm động của phổi đề cập thông số của phổi khi sự di chuyển khí vào và ra phổi
- Đặc điểm động của phổi:
  - Sức cản đường thở
  - Hằng số thời gian
  - Suất đàn động



# Định luật Poiseuille cho lưu lượng

$$\dot{V} = \frac{\Delta P r^4 \pi}{8l\eta}$$

- $V$ : lưu lượng khí qua ống dẫn
- $\Delta P$ : chênh lệch áp suất
- $r$ : bán kính ống dẫn
- $L$ : chiều dài ống dẫn
- $\eta$ : độ nhớt máu
- $\pi/8$ : hằng số



POISEUILLE'S LAW

$$Q = \frac{\Delta P r^4 \pi}{\eta L 8}$$

# Định luật Poiseuille cho áp lực

---

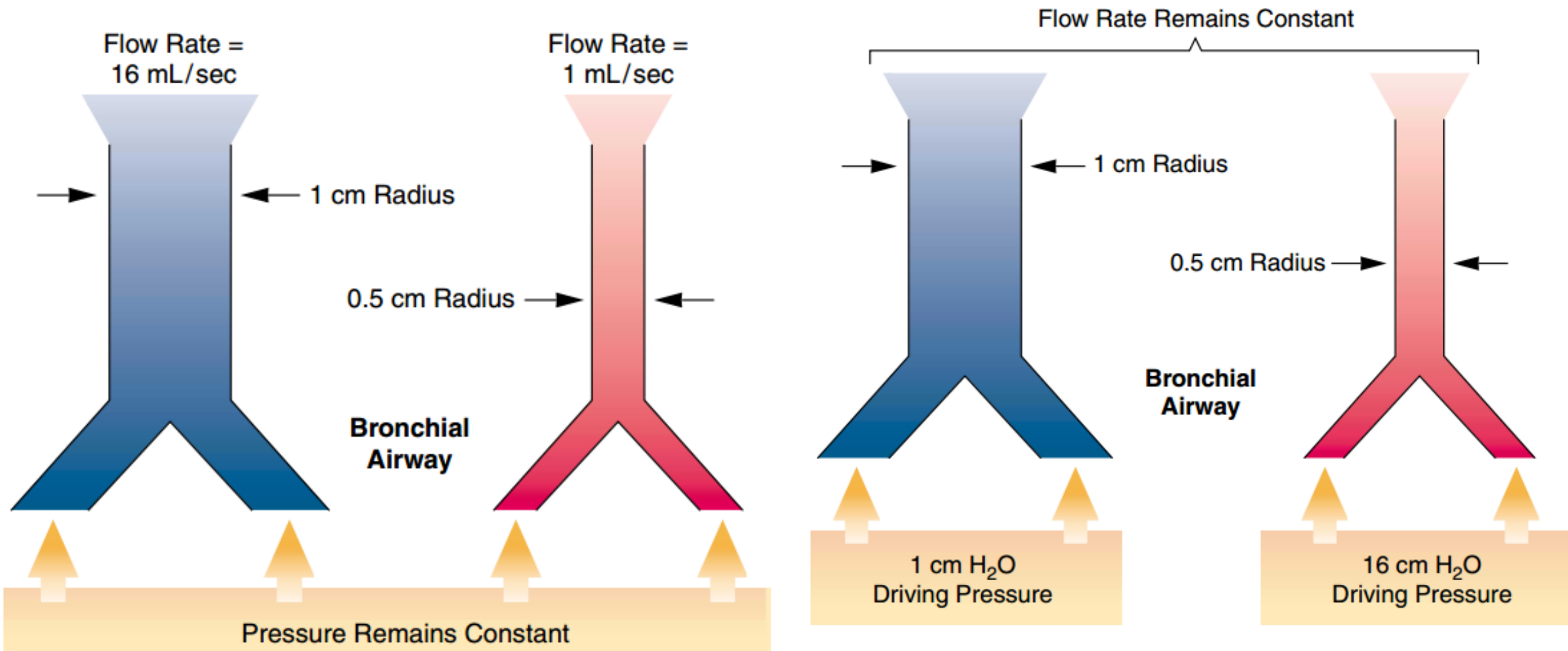
$$P = \frac{\dot{V}8l\eta}{r^4\pi}$$

- $\dot{V}$ : lưu lượng khí qua ống dẫn
- $P$ : áp suất
- $r$ : bán kính ống dẫn
- $L$ : chiều dài ống dẫn
- $\eta$  : độ nhớt máu
- $\pi/8$ : hằng số

# Định luật Poiseuille cho lưu lượng

$$\dot{V} \approx \Delta P r^4$$

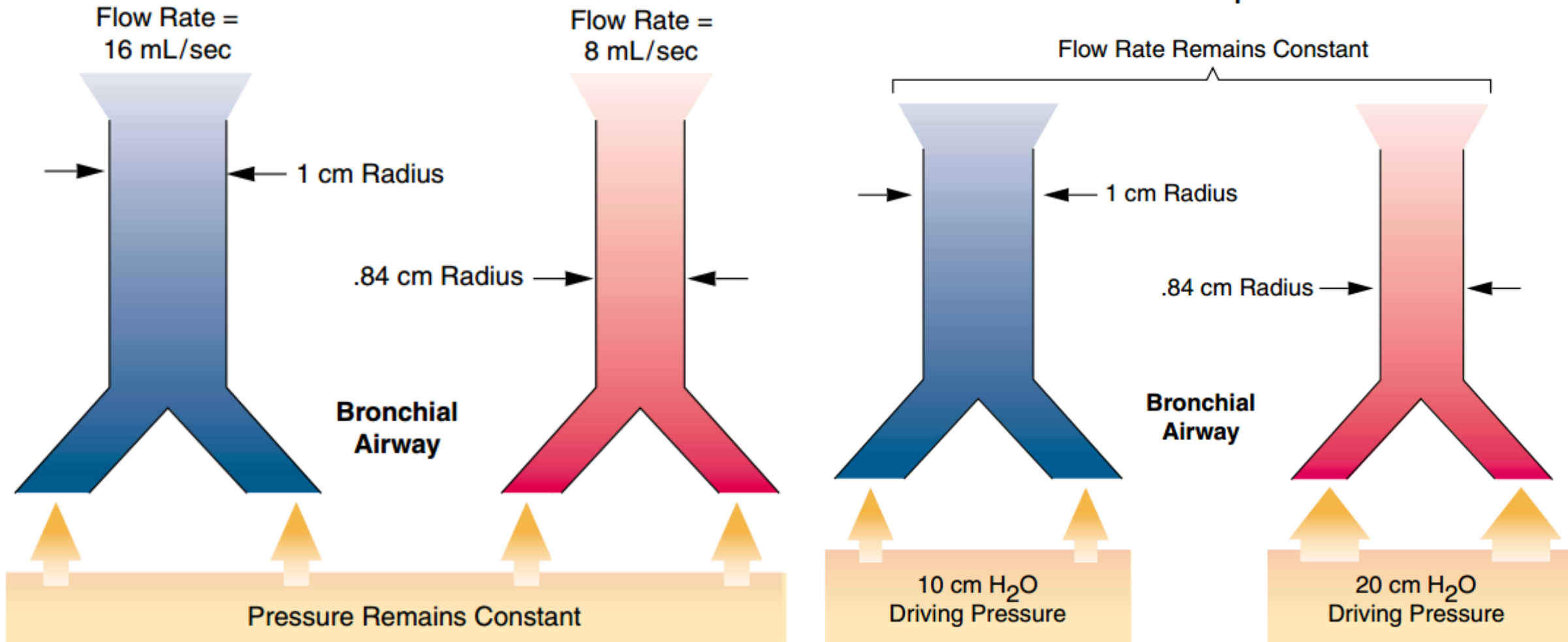
$$P \approx \frac{\dot{V}}{r^4}$$



# Định luật Poiseuille cho lưu lượng

$$\dot{V} \approx \Delta P r^4$$

$$P \approx \frac{\dot{V}}{r^4}$$



# Kháng lực đường thở

---

- **Kháng lực đường thở (Airway resistance ( $R_{aw}$ ))**
  - Đánh giá lực ma sát mà dòng khí phải vượt qua trong hô hấp
  - Là thương số giữa áp suất xuyên đường thở (chênh lệch áp suất giữa miệng và áp suất phế nang) và vận tốc dòng khí.

$$-R_{aw} = \frac{\Delta P \text{ (cm H}_2\text{O)}}{V \left(\frac{L}{\text{giây}}\right)}$$

- Bình thường,  $R_{aw}$  khoảng 0,5–1,5 cmH<sub>2</sub>O/L/giây



# Kháng lực đường thở

**Key Point 1-2**  $R_{aw} = (PIP - P_{plateau}) / \text{flow}$  (where PIP is peak inspiratory pressure); or  $R_{aw} = P_{TA} / \text{flow}$ ; example

$$R_{aw} = \frac{[40 - 25 \text{ cmH}_2\text{O}]}{1(\text{L/s})} = 15 \text{ cmH}_2\text{O}/(\text{L/s})$$

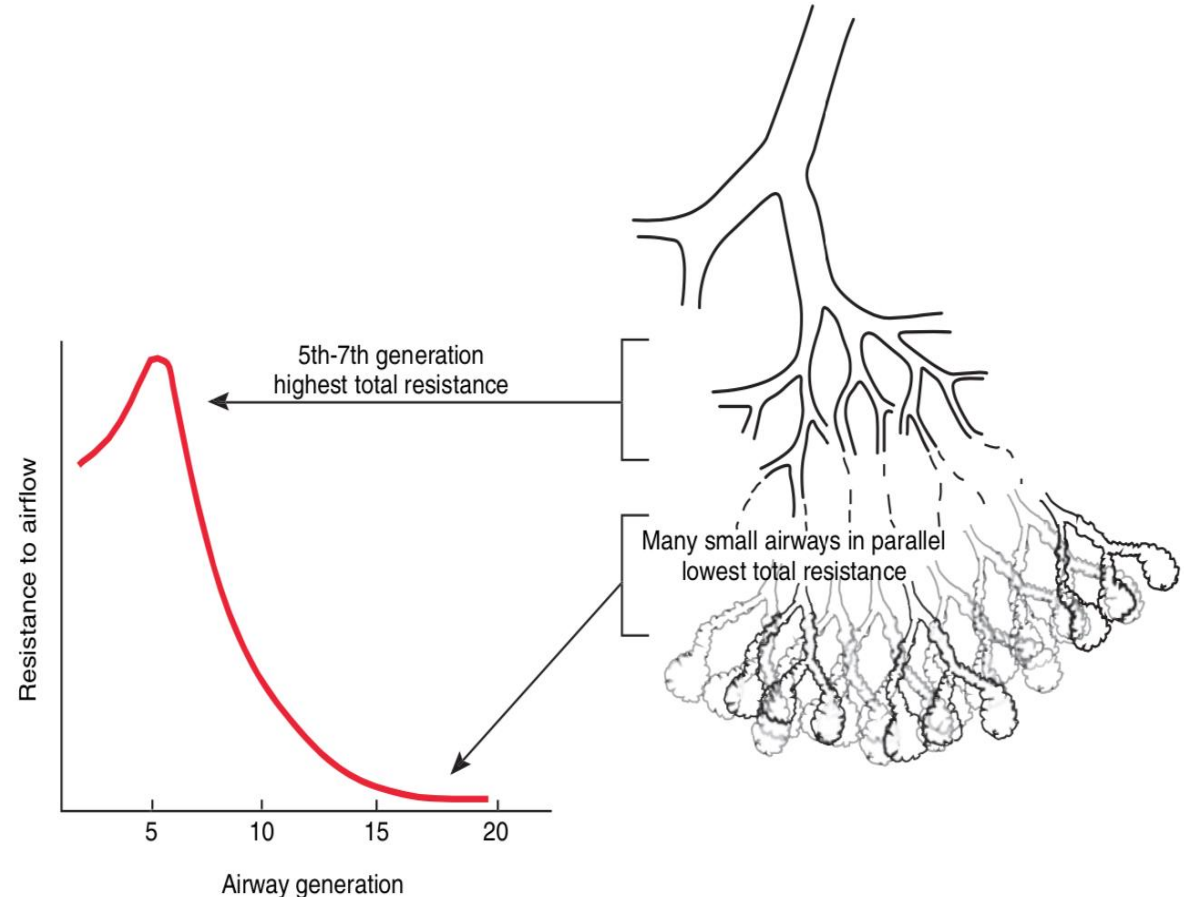
## BOX 1-4 Normal Resistance Values

### Unintubated Patient

0.6 to 2.4 cm H<sub>2</sub>O/(L/s) at 0.5 L/s flow

### Intubated Patient

Approximately 6 cm H<sub>2</sub>O/(L/s) or higher (airway resistance increases as endotracheal tube size decreases)



# Nguyên nhân làm thay đổi kháng lực đường thở

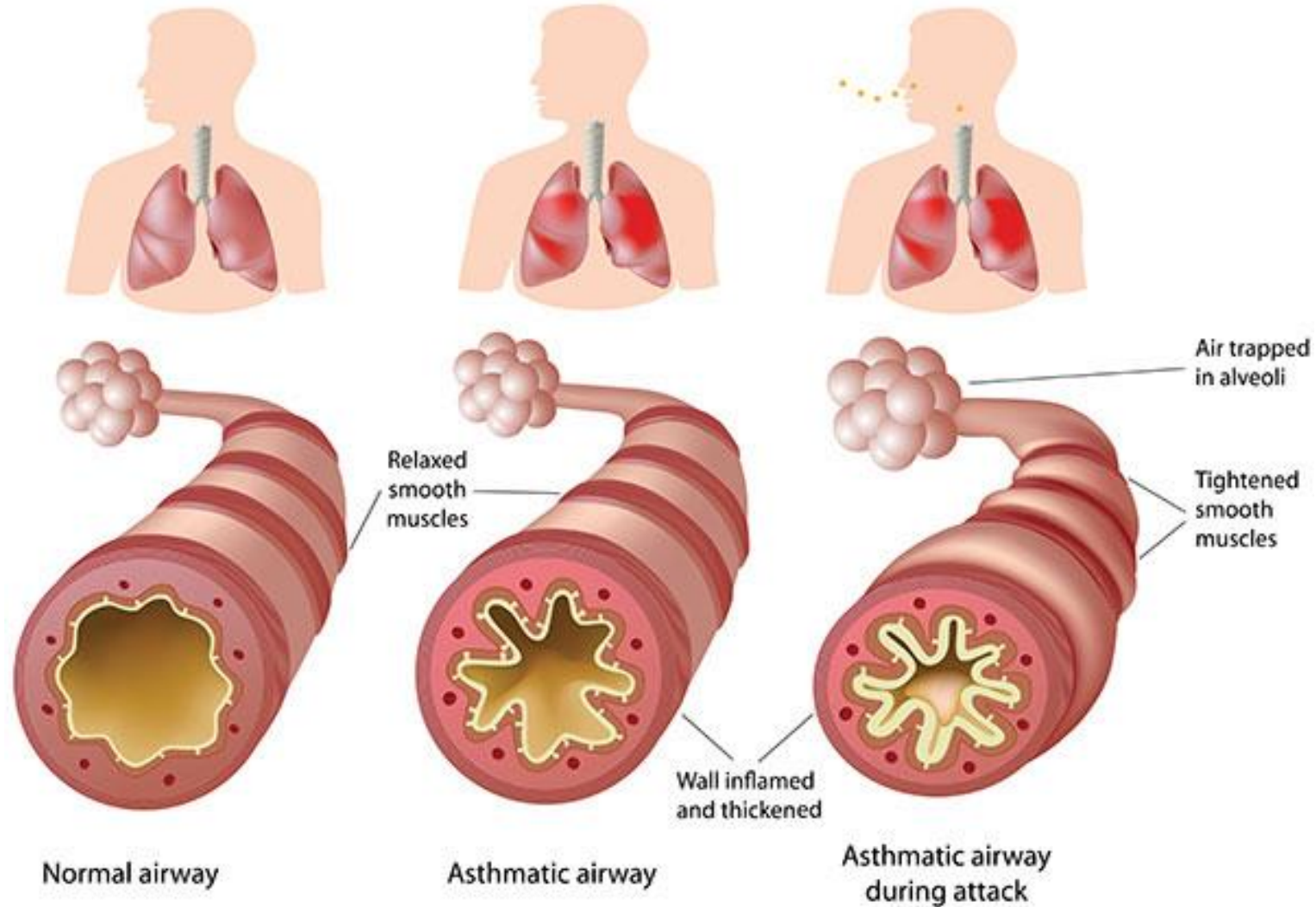
---

## Kháng lực đường thở của phổi tăng trong trường hợp:

- Hen
- Tắc nghẽn đường thở

# Kháng lực đường thở

## Asthma and Your Airways



# Đo kháng lực đường thở ( $R_{aw}$ ) và suất đàn tĩnh của phổi ( $C_{st}$ )

Measurement of the airway resistance ( $R_{aw}$ ) and static lung compliance ( $C_{st}$ ) under VCV, controlled mode, square waveform flow

$$R_{aw} = (P_{peak} - P_{plat}) / \text{Flow}$$

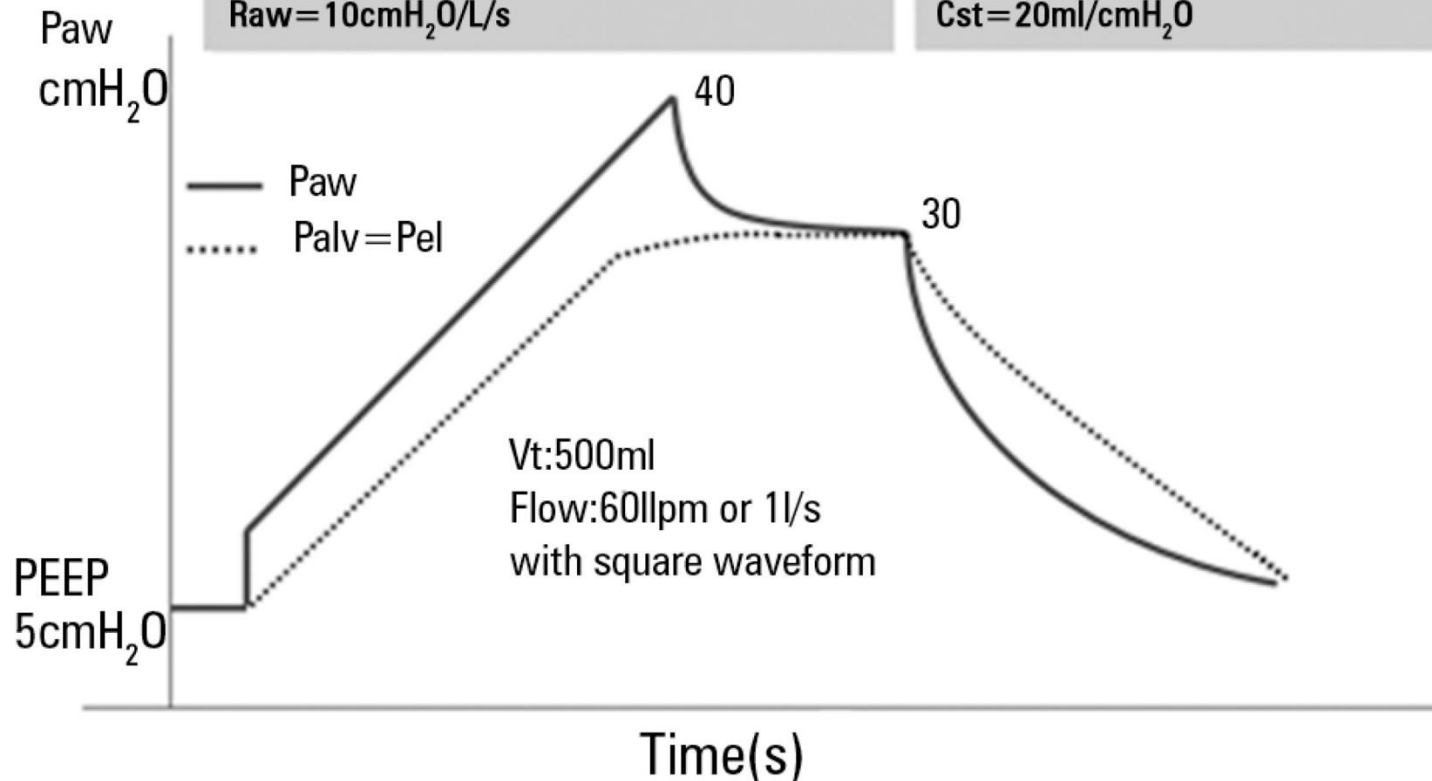
$$R_{aw} = 40 - 30 / 1$$

$$R_{aw} = 10 \text{ cmH}_2\text{O} / \text{L/s}$$

$$C_{st} = eV_t / (P_{plat} - \text{PEEP})$$

$$C_{st} = 500 / 30 - 5$$

$$C_{st} = 20 \text{ ml/cmH}_2\text{O}$$



# Hằng số thời gian (time constants – $T_c$ )

---

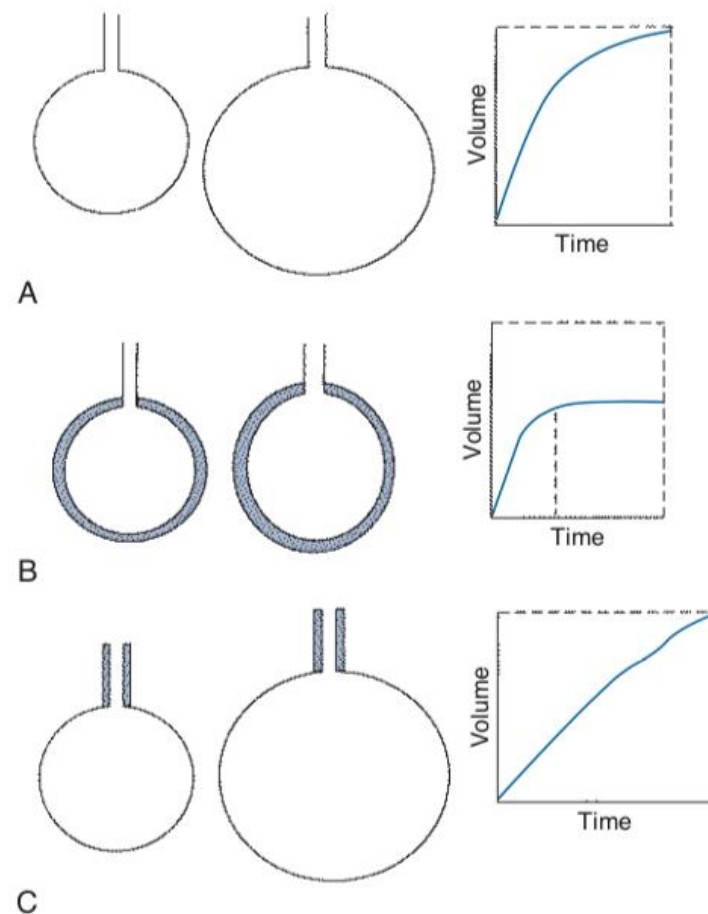
- Là chỉ số đại diện cho cơ học của một đơn vị phổi thể hiện tốc độ khí đi vào và đi ra đơn vị phổi đó
- Hằng số thời gian  $T_c = R_{aw} \times C_L$

$$TC \text{ (sec)} = \frac{\Delta P \text{ (cm H}_2\text{O)}}{\dot{V} \text{ (L/sec)}} \times \frac{\Delta V \text{ (L)}}{\Delta P \text{ (cm H}_2\text{O)}}$$

$(R_{aw})$   $(C_L)$

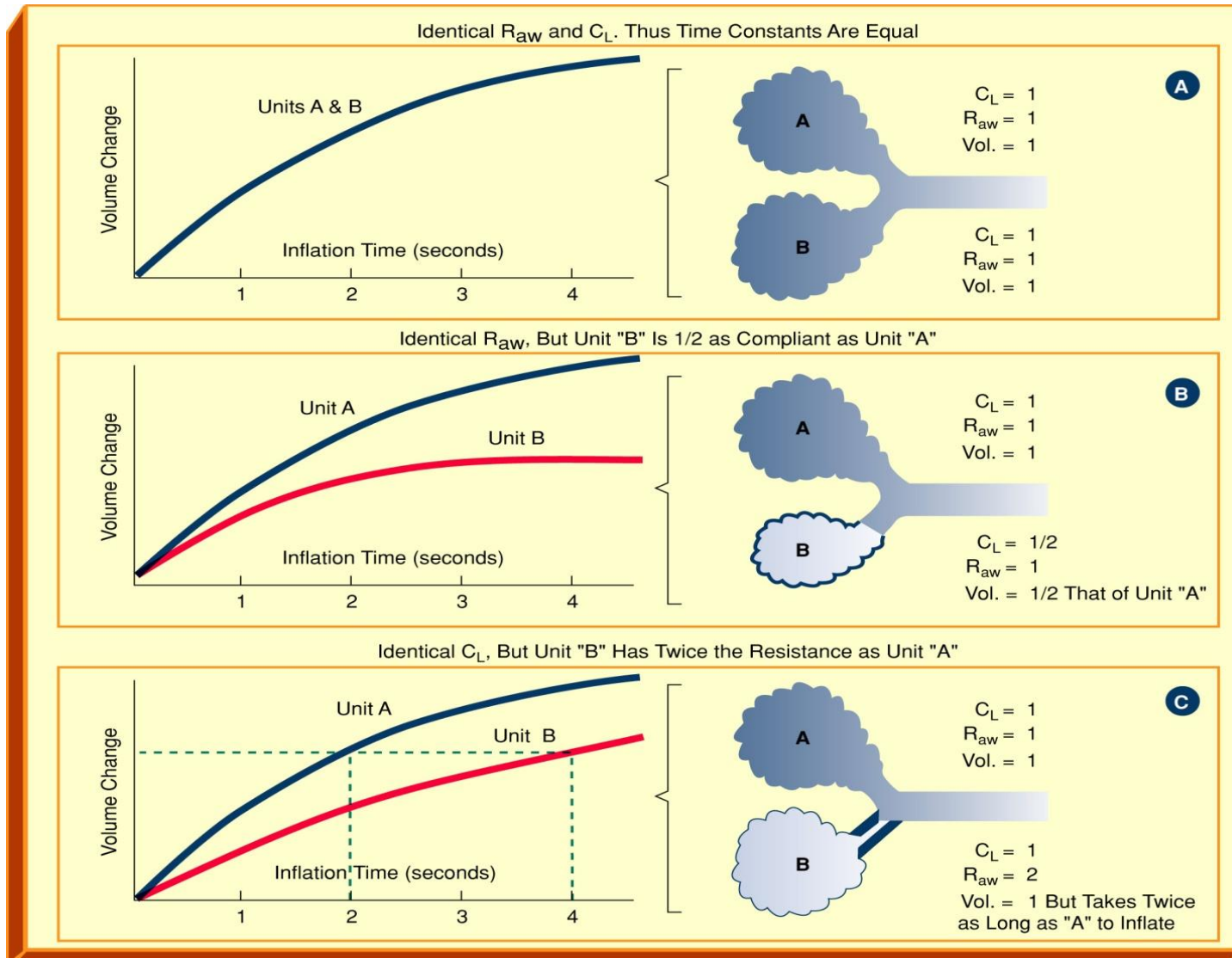
# Hằng số thời gian (time constants – $T_c$ )

Nếu một đơn vị phổi tăng suất đàn hay tăng kháng lực đường thở đều ảnh hưởng đến khí vào và ra một đơn vị phổi



**Fig. 1-5** **A**, Filling of a normal lung unit. **B**, A low-compliance unit, which fills quickly but with less air. **C**, Increased resistance; the unit fills slowly. If inspiration were to end at the same time as in **(A)**, the volume in **(C)** would be lower.

# Hằng số thời gian và phế nang



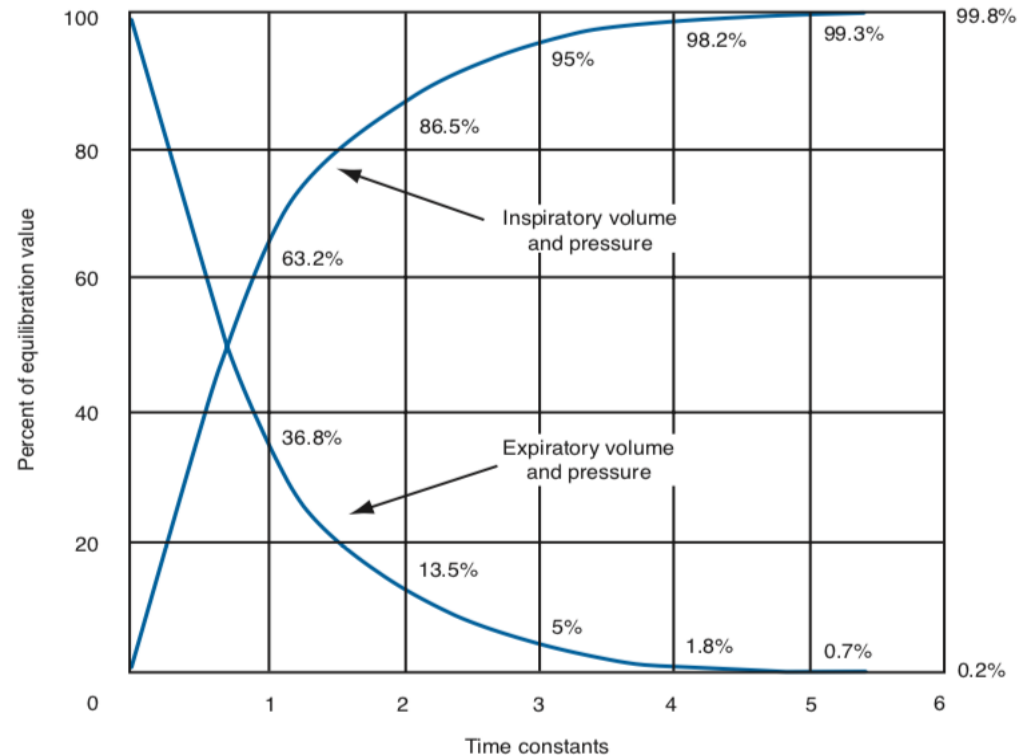
# Hằng số thời gian (time constants – $T_c$ )

- Hằng số thời gian được định nghĩa là thời gian (giây) cần thiết để làm đầy/xẹp một lượng dung tích phổi.

## BOX 1-5 Calculation of Time Constant

Time constant =  $C \times R_{aw}$   
Time constant =  $0.1 \text{ L/cm H}_2\text{O} \times 1 \text{ cm H}_2\text{O}/(\text{L/s})$   
Time constant = 0.1 s

In a patient with a time constant of 0.1 s, 63% of inhalation (or exhalation) occurs in 0.1 s; that is, 63% of the volume is inhaled (or exhaled) in 0.1 s, and 37% of the volume remains to be exchanged.

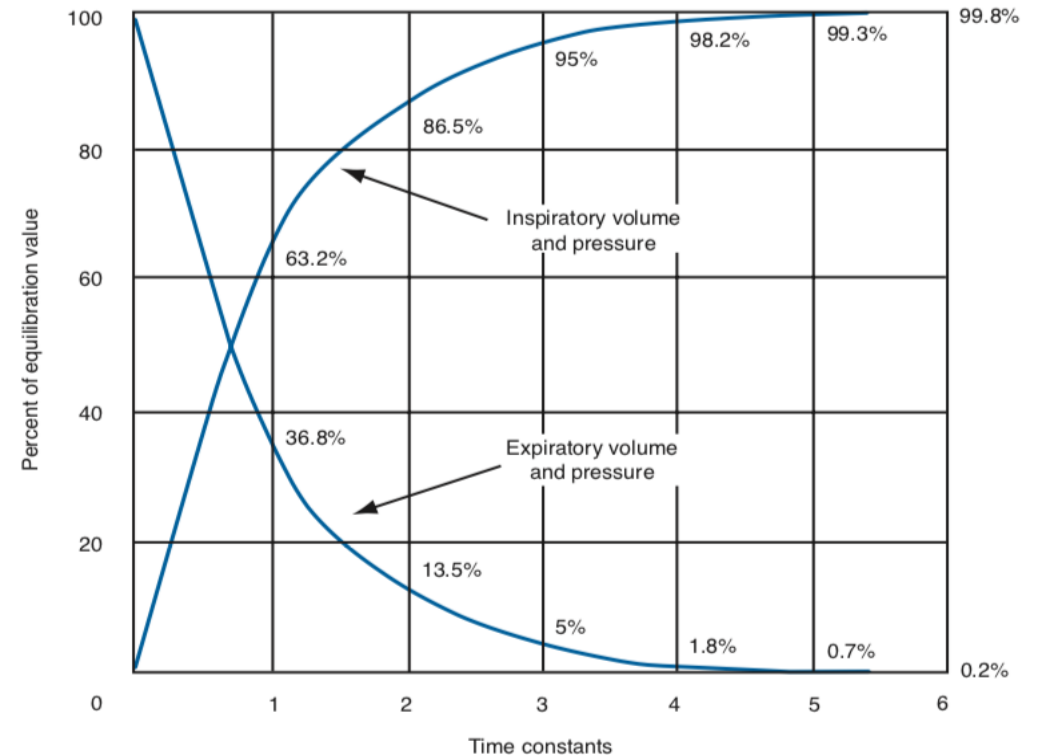


**Fig. 1-6** The time constant (compliance  $\times$  resistance) is a measure of how long the respiratory system takes to passively exhale (deflate) or inhale (inflate). (From Kacmarek RM, Stoller JK, Heuer AJ, editors: Egan's fundamentals of respiratory care, ed 10, St Louis, 2013, Elsevier.)



# Hằng số thời gian (time constants – $T_c$ )

- Mode PCV:  $T_i \sim 5 \times T_c$
- $T_e \sim 3-4 \times T_c$

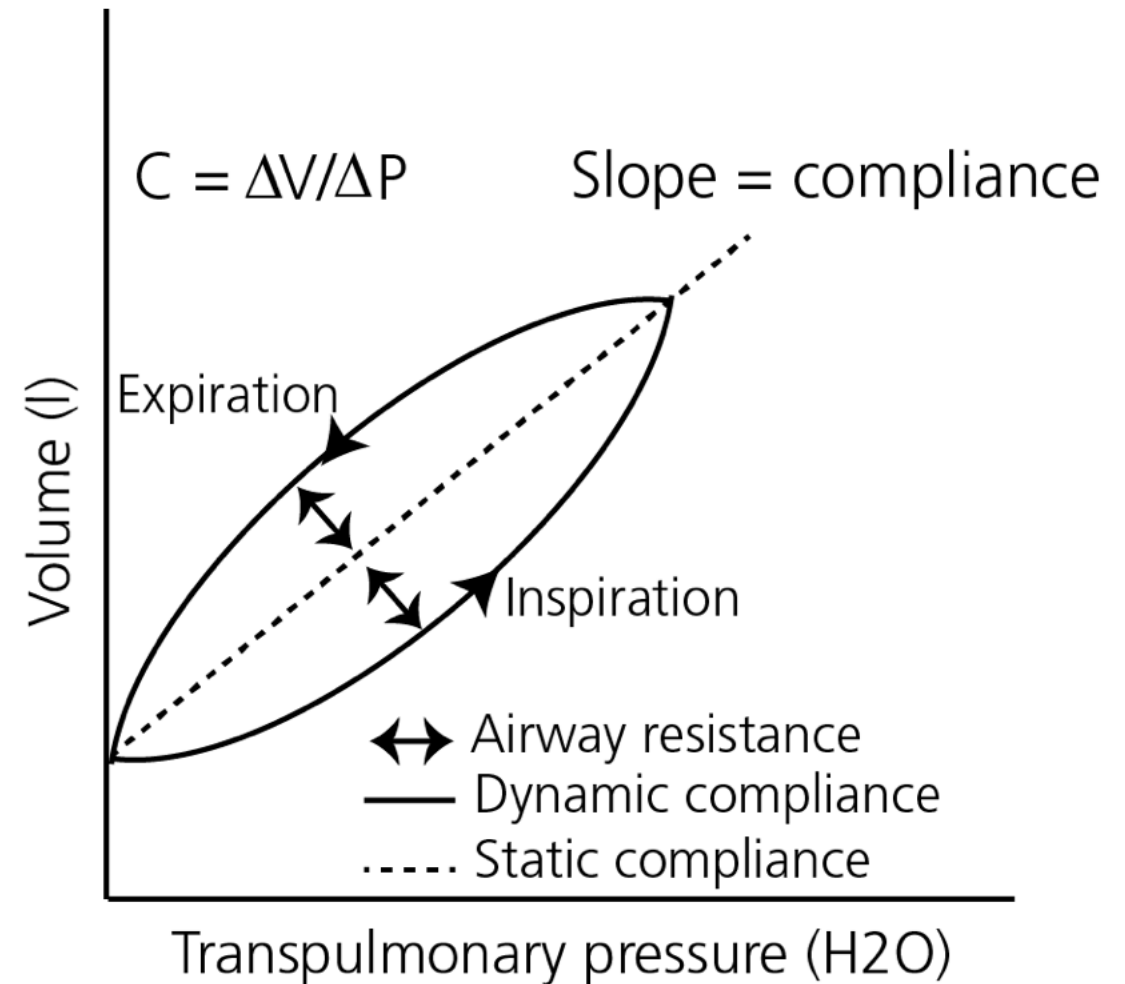


**Fig. 1-6** The time constant (compliance  $\times$  resistance) is a measure of how long the respiratory system takes to passively exhale (deflate) or inhale (inflate). (From Kacmarek RM, Stoller JK, Heuer AJ, editors: Egan's fundamentals of respiratory care, ed 10, St Louis, 2013, Elsevier.)

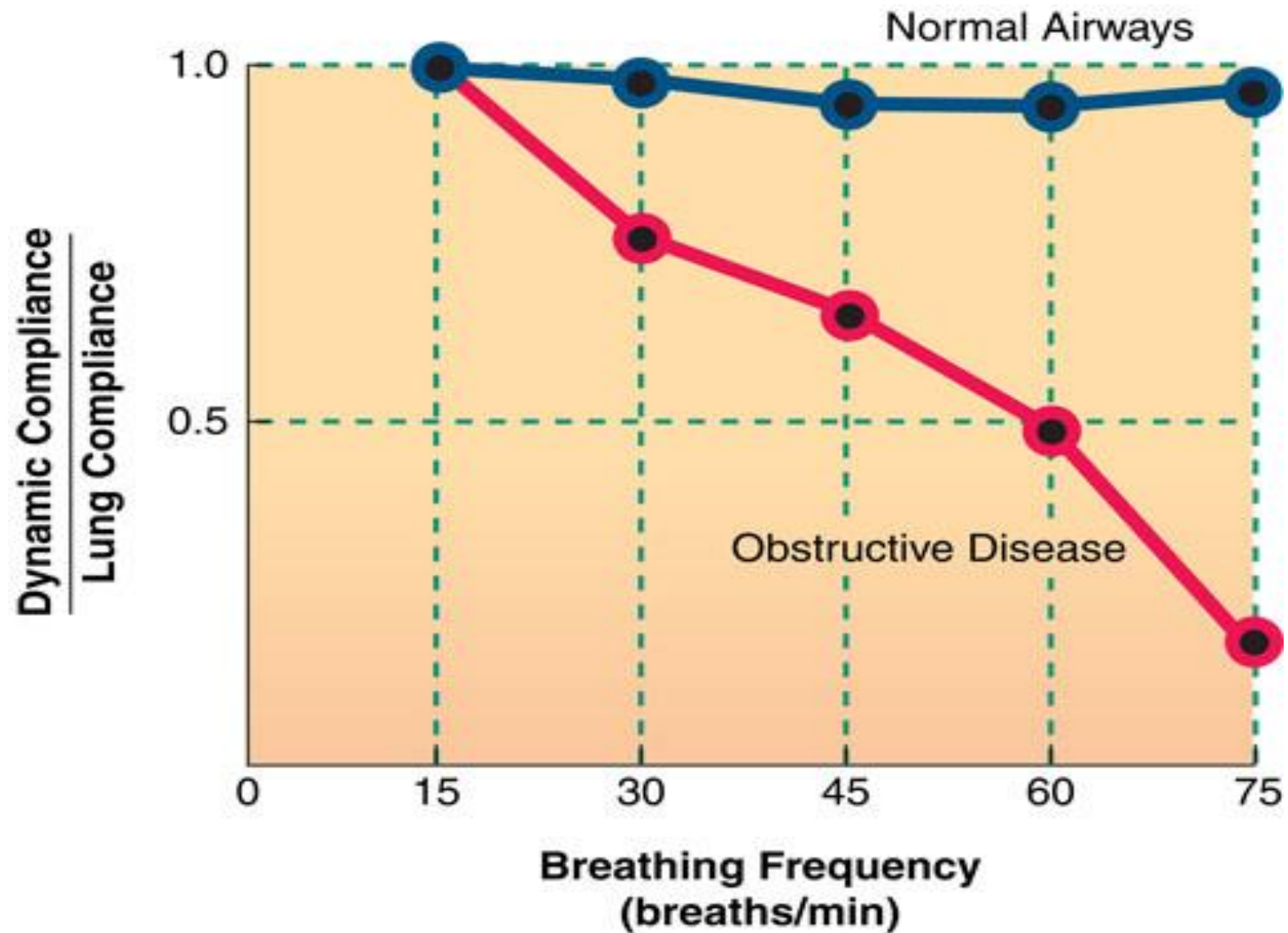
# Suất đàn động (Dynamic Compliance)

Pressure-volume loop

- Suất đàn động được tính bằng sự thay đổi thể tích phổi chia cho áp lực xuyên phổi trong thời gian cần thiết cho mỗi nhịp thở
- Khác với suất đàn tĩnh, suất đàn động được đo khi có dòng khí lưu thông



# Suất đàn động/suất đàn tĩnh



# Suất đàn động/suất đàn tĩnh

---

If static compliance and dynamic compliance are both decreasing, it means that the lung is becoming stiff

- Pulmonary edema
- Consolidation
- Atelectasis
- Pleural effusion
- Pneumothorax

If the dynamic compliance has decreased whereas the static compliance has remained relatively unaffected, it means that the airway is obstructed

- Endotracheal tube obstruction
- HME blockage
- Endotracheal tube kinked or bit upon
- Bronchospasm

# TAKE HOME MESSAGE

---

- Hiểu được các đặc điểm tĩnh của phổi: thông số thể tích, suất đàn, sức căng bề mặt
- Hiểu được các đặc điểm động của phổi: kháng lực đường thở, hằng số thời gian, suất đàn động...
- Ứng dụng cơ học phổi trong cài đặt máy thở và theo dõi bệnh nhân thở máy



**Thank you!**