

La Ventilazione

Movimento
del muco
verso la faringe



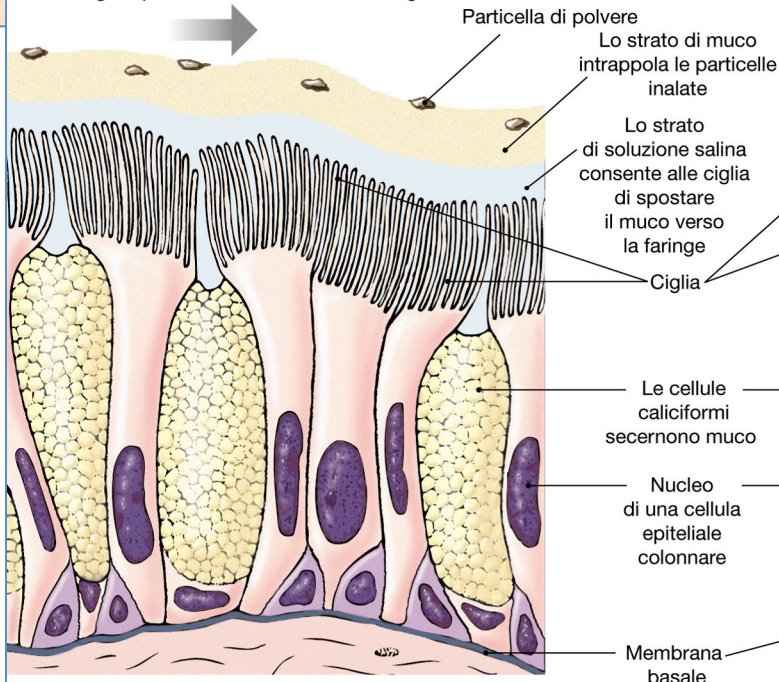
Il passaggio attraverso le vie aeree superiori ed i bronchi:

1) Riscalda l'aria alla temperatura corporea

2) Aggiunge vapore acqueo

3) Filtra materiale estraneo

Le ciglia spostano il muco verso la faringe



Particella di polvere

Lo strato di muco
intrappola le particelle
inalate

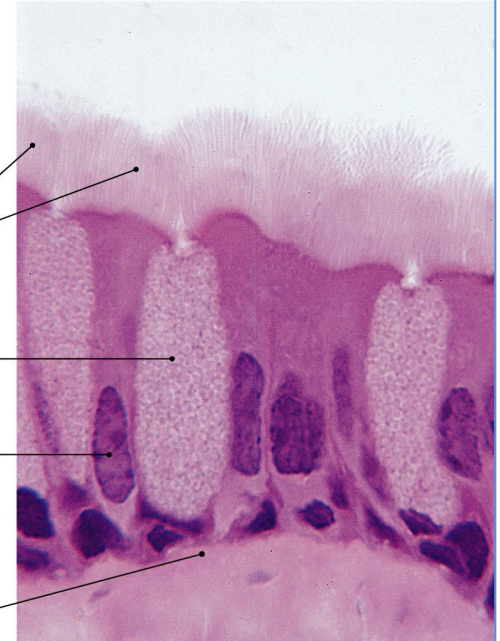
Lo strato
di soluzione salina
consente alle ciglia
di spostare
il muco verso
la faringe

Ciglia

Le cellule
caliciformi
secretono muco

Nucleo
di una cellula
epiteliale
colonnare

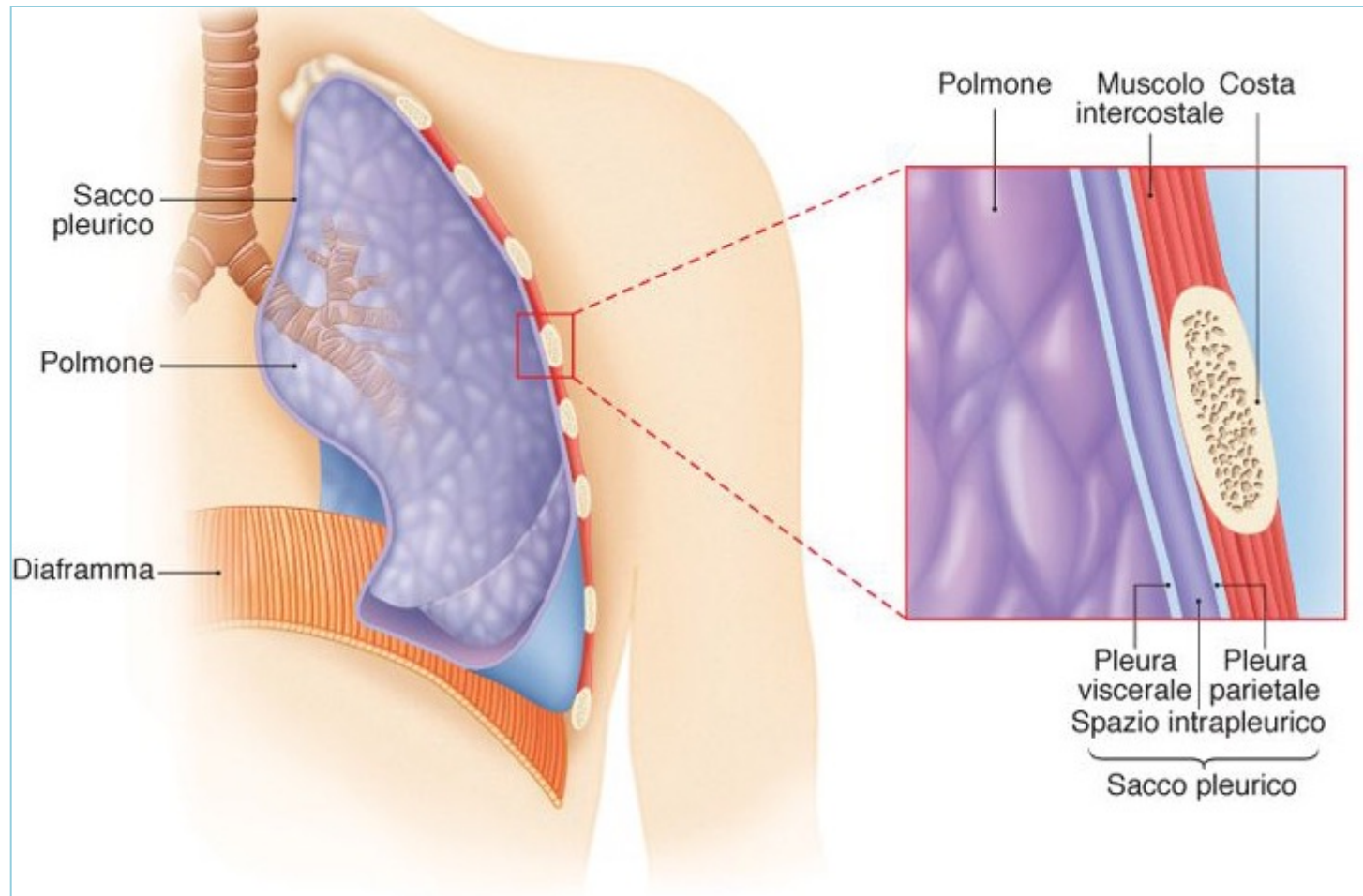
Membrana
basale



Epitelio cigliato della trachea

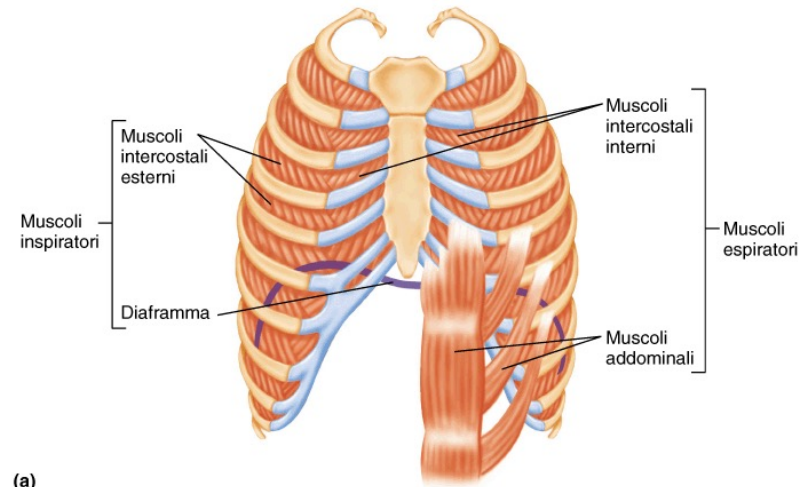
Ciclo respiratorio: inspirazione ed espirazione

Il ruolo della pleura

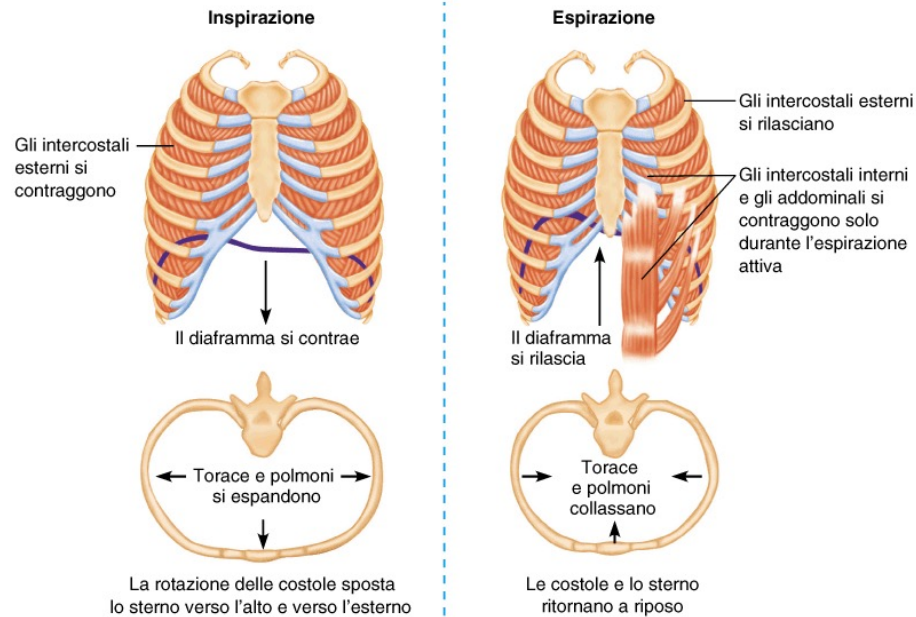


Ciclo respiratorio: inspirazione ed espirazione

Il ruolo dei muscoli intercostali



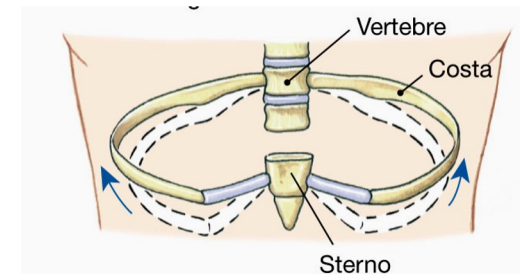
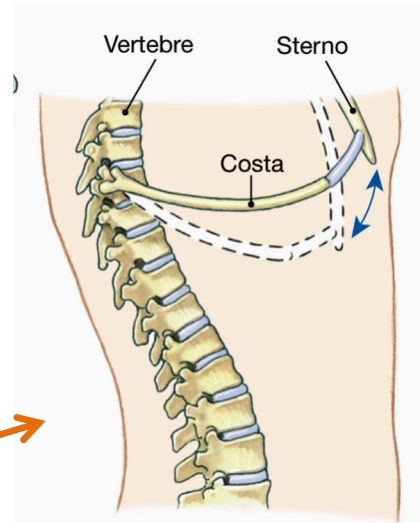
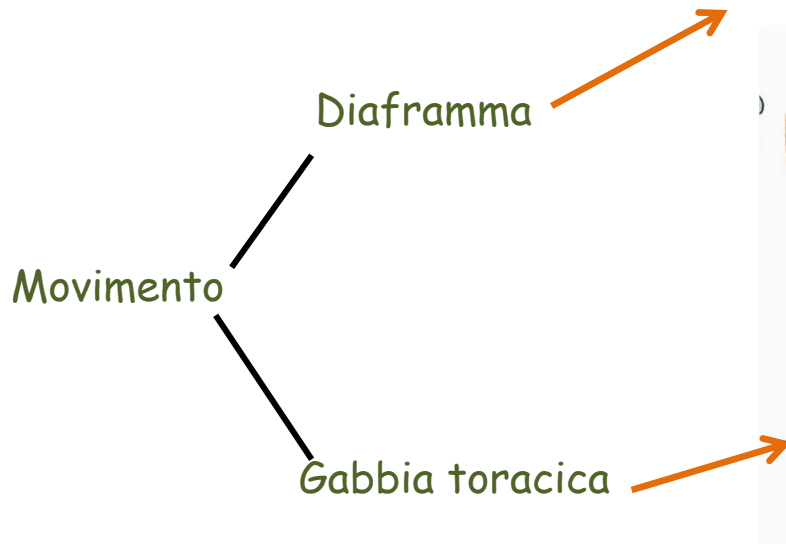
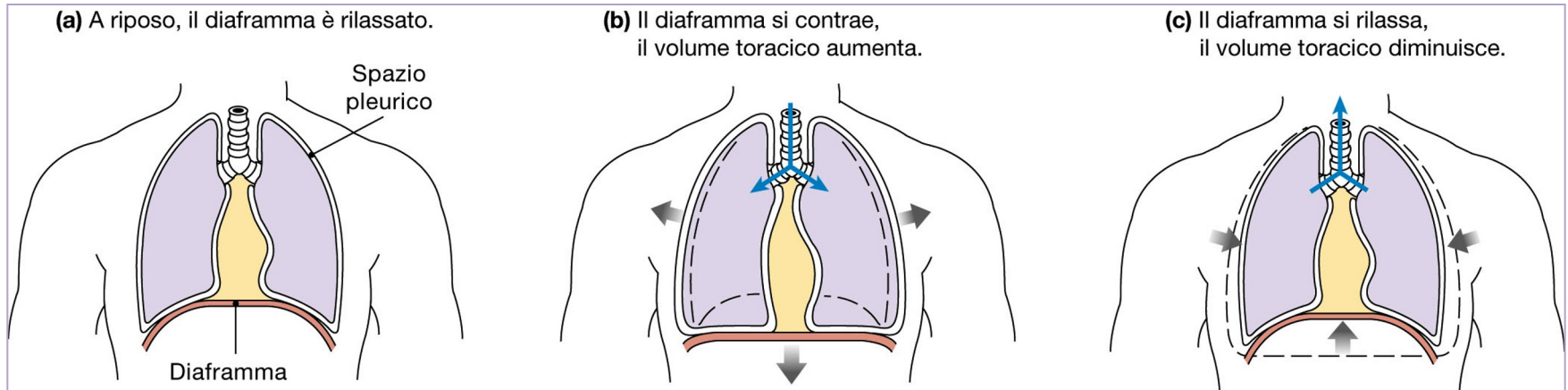
(a)



(b)

Ciclo respiratorio: inspirazione ed espirazione

La meccanica



Compliance: capacità dei polmoni ad espandersi

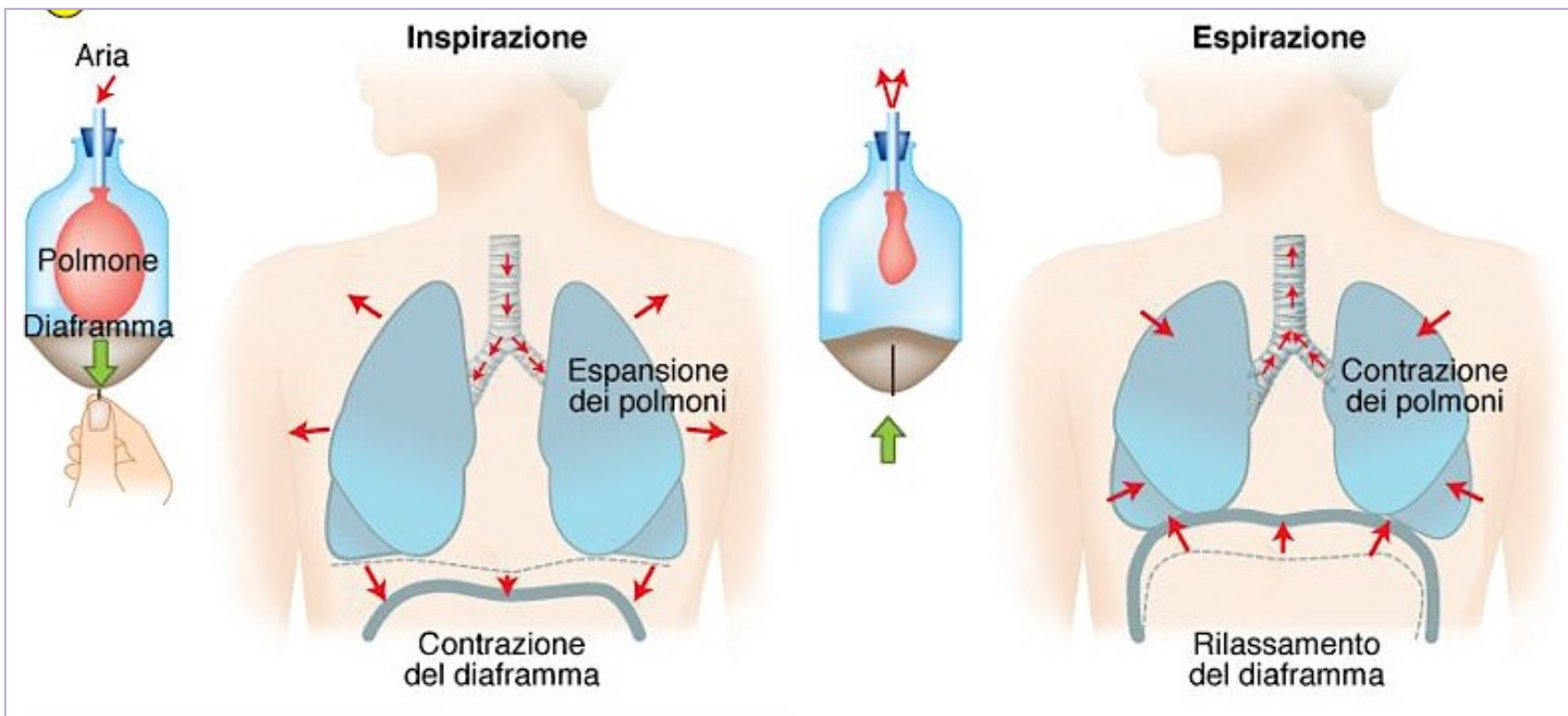
Elastanza: capacità dei polmoni di tornare al volume di riposo

Ciclo respiratorio: inspirazione ed espirazione

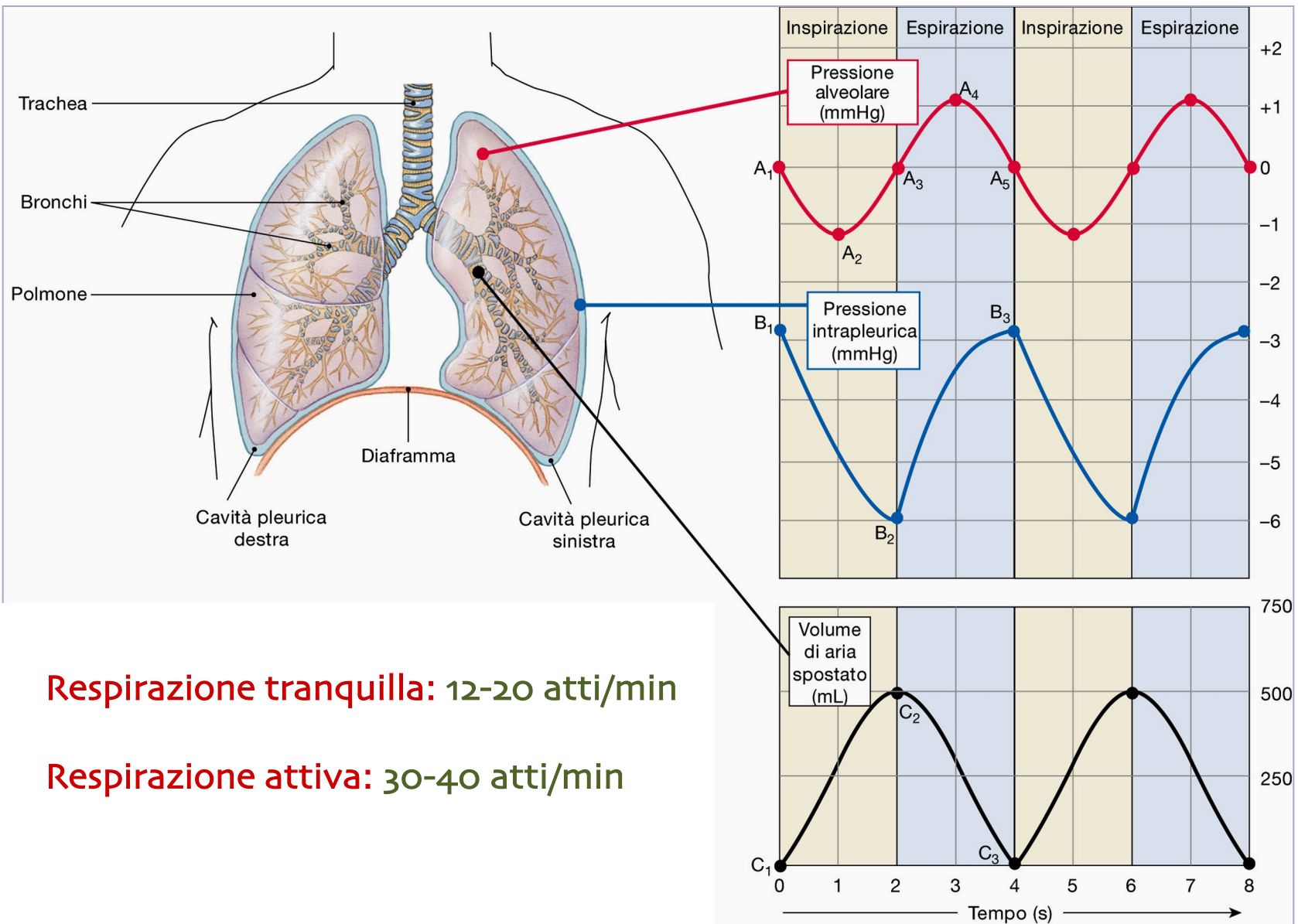
La meccanica e il flusso di aria

FLUSSO $\Delta P/R$ - Il flusso aereo nelle vie respiratorie:

- 1) segue un gradiente di pressione (ΔP)
- 2) decresce quando la resistenza (R) del sistema al flusso aumenta

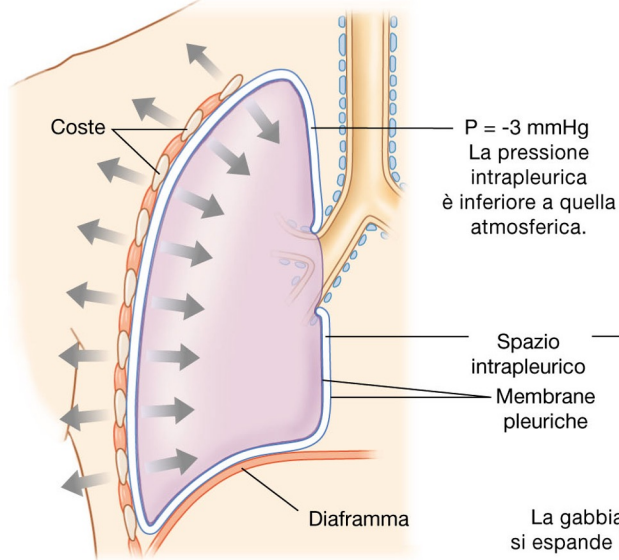


Cambiamenti della pressione durante la respirazione tranquilla

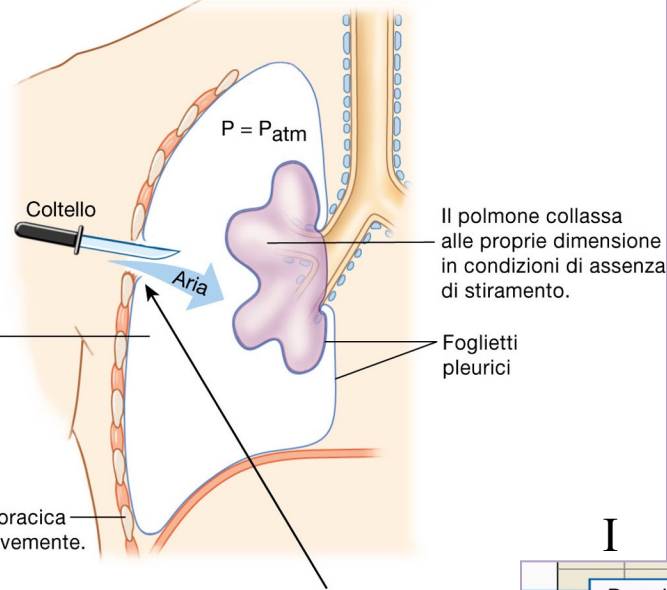


Pressione nella cavità pleurica

(a) Polmone normale a riposo



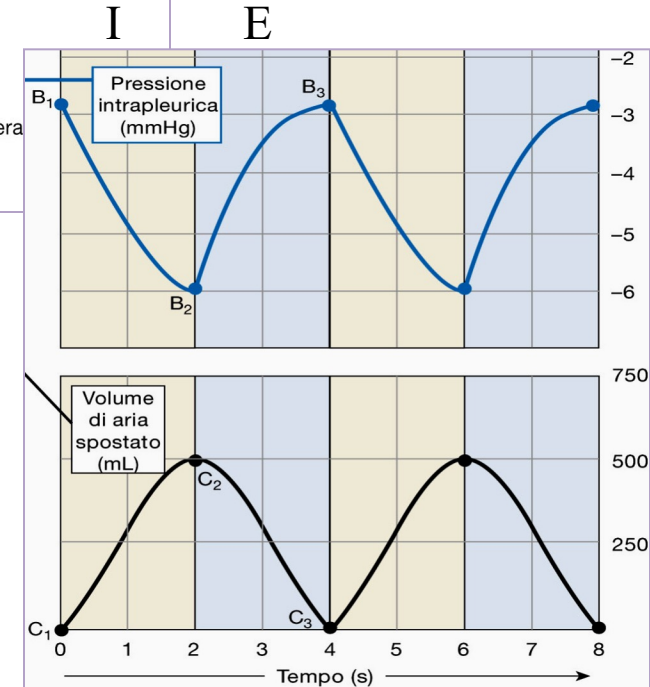
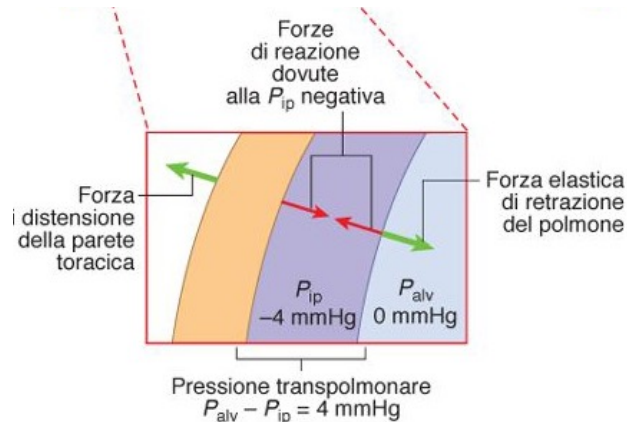
(b) Pneumotorace



La ritrazione elastica della parete toracica tende a tirare la parete toracica verso l'esterno.

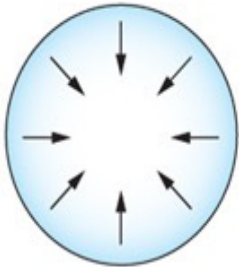
La ritrazione elastica del polmone genera una tensione verso l'interno.

Se la cavità pleurica entra in comunicazione con l'atmosfera l'aria vi fluisce dentro.



Tensione superficiale

(a) La pressione è superiore nell'alveolo più piccolo.



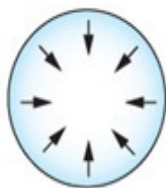
Bolla più grande

$$r = 2$$

$$T = 3$$

$$P = (2 \times 3)/2$$

$$P = 3$$



Bolla più piccola

$$r = 1$$

$$T = 3$$

$$P = (2 \times 3)/1$$

$$P = 6$$

Legge di Laplace: $P = 2T/r$

P = pressione

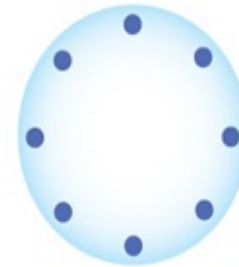
T = tensione superficiale

r = raggio

Per la legge di Laplace, se due bolle hanno la medesima tensione superficiale, la bolla più piccola presenta una pressione maggiore.

(b) Il surfactante riduce la tensione superficiale (T).

La pressione diviene uguale nella bolla piccola e in quella grande.



$$r = 2$$

$$T = 2$$

$$P = (2 \times 2)/2$$

$$P = 2$$



$$r = 1$$

$$T = 1$$

$$P = (2 \times 1)/1$$

$$P = 2$$

Il surfactante riduce la tensione superficiale ed il lavoro ventilatorio

Fattori che influenzano la resistenza delle vie aeree

Legge di Poiseuille

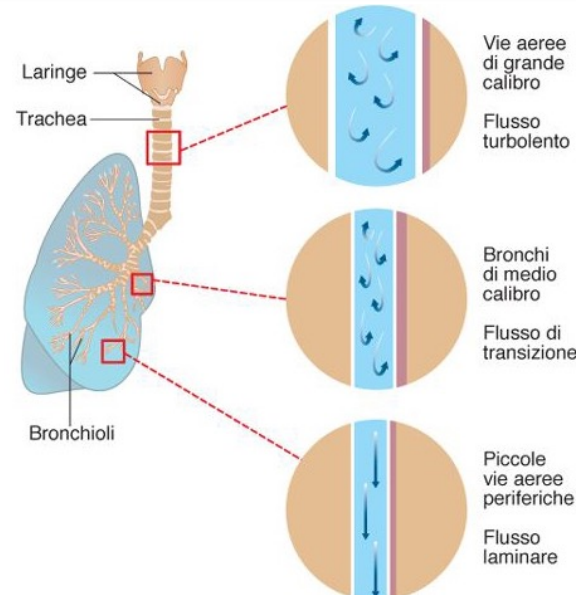
$$R = L \eta / r^4$$

R = resistenza

L = lunghezza del sistema

η = viscosità dell'aria

r = raggio dei condotti del sistema

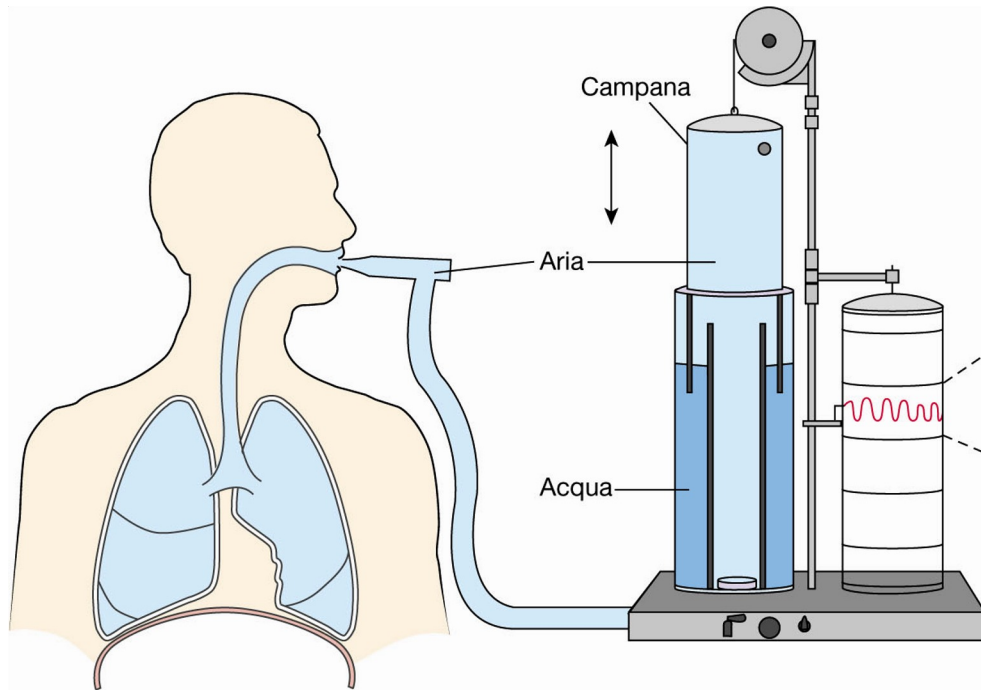


Il flusso dipende dalla densità della miscela dei gas

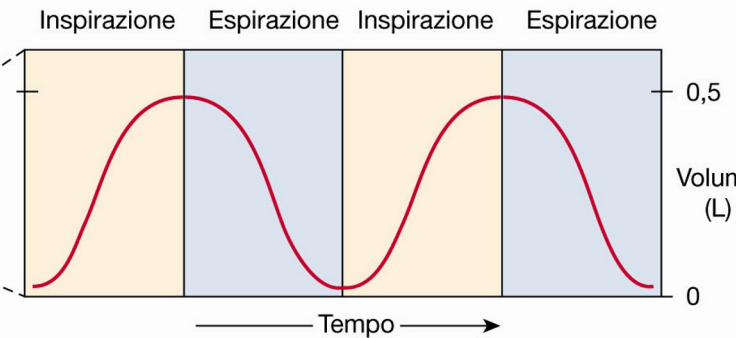
Correlazione lineare tra pressione e flusso secondo la legge di Poiseuille

Fattore	Influenzato	Mediato
Lunghezza del sistema	Costante; non è un fattore rilevante	
Viscosità dell'aria	Di solito costante. Umidità e altitudine possono variarla lievemente	
Diametro delle vie aeree		
<i>Vie aeree superiori</i>	Ostruzione fisica	Muco e altri fattori
<i>Bronchioli</i>	Broncocostrizione	Acetilcolina (parasimpatico, recettori muscarinici), istamina, leucotreni
	Broncodilatazione	CO ₂ , adrenalina (recettori β_2)

Volumi polmonari: la spirometria

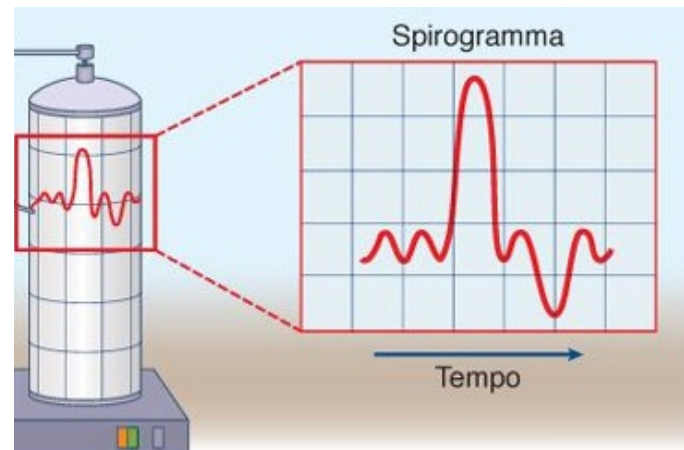


Respiro tranquillo



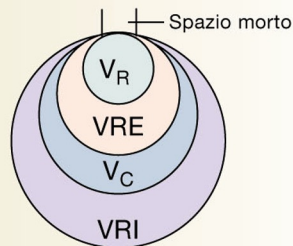
Quando il soggetto inspira, l'aria fluisce nei polmoni. Il volume della campana diminuisce e la penna sale sul tracciato.

Respiro forzato



Volumi e capacità polmonari

I quattro volumi polmonari

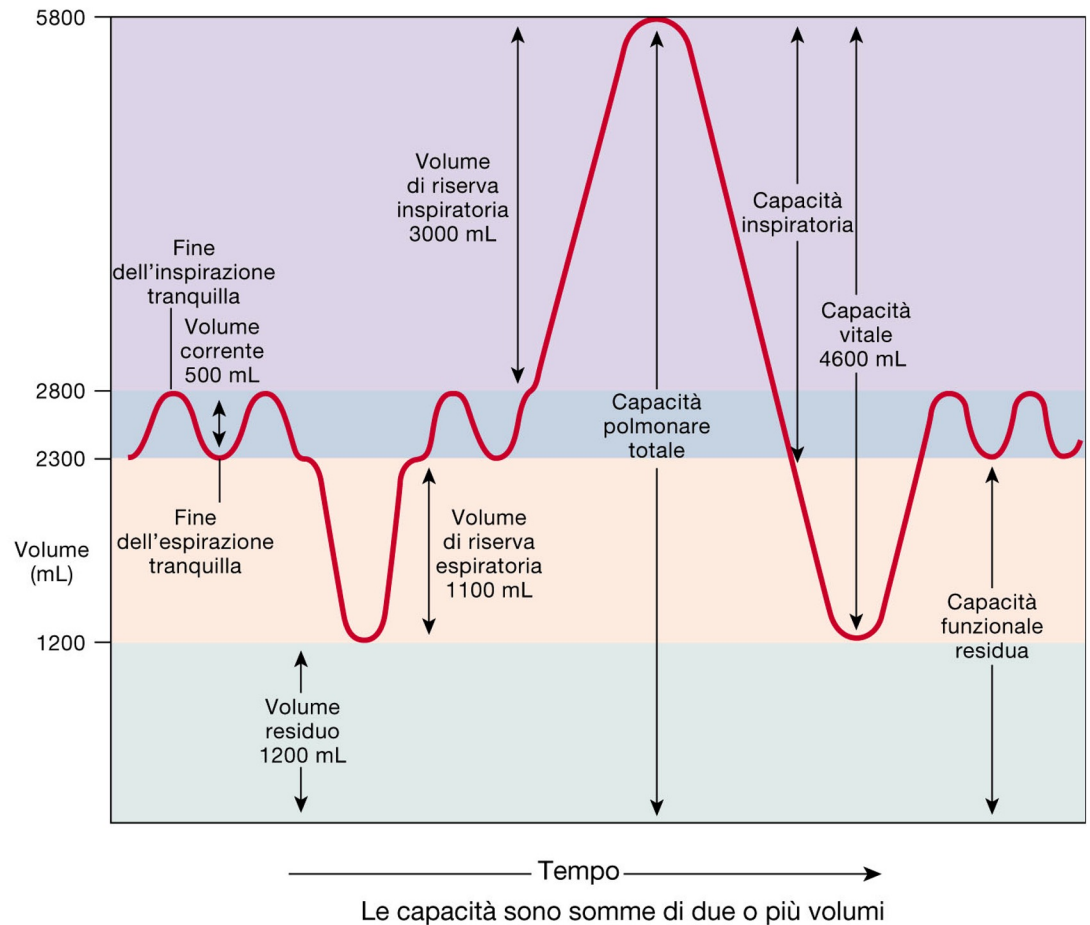


V_R = Volume residuo
 VRE = Volume di riserva espiratoria
 V_C = Volume corrente
 VRI = Volume di riserva inspiratoria

Volumi polmonari

	Maschi	Femmine	
Capacità vitale	VRI 3000	1900	Capacità inspiratoria
	V_C 500	500	
	VRE 1100	700	Capacità funzionale residua
Volume residuo	1200	1100	
	5800 mL	4200 mL	

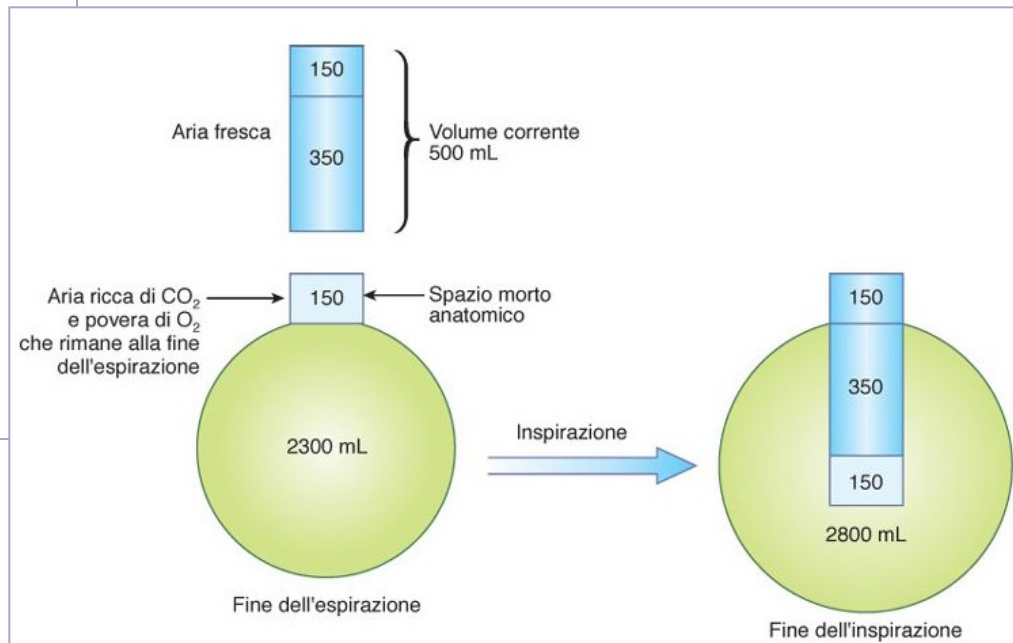
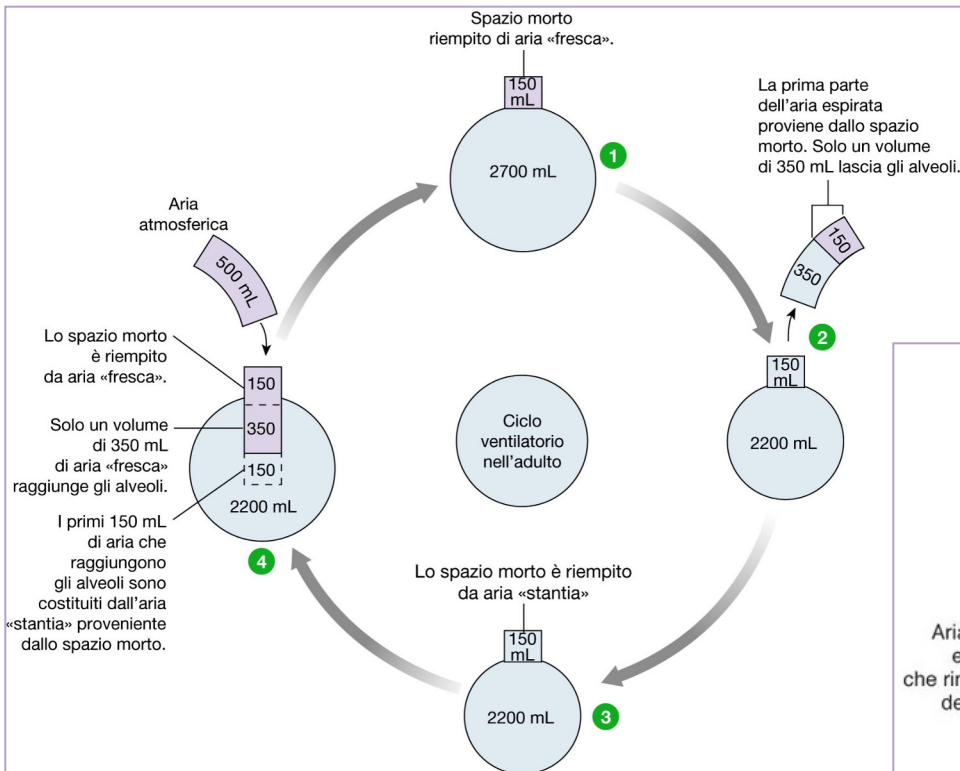
Un tracciato spirometrico che mostra i volumi e le capacità polmonari

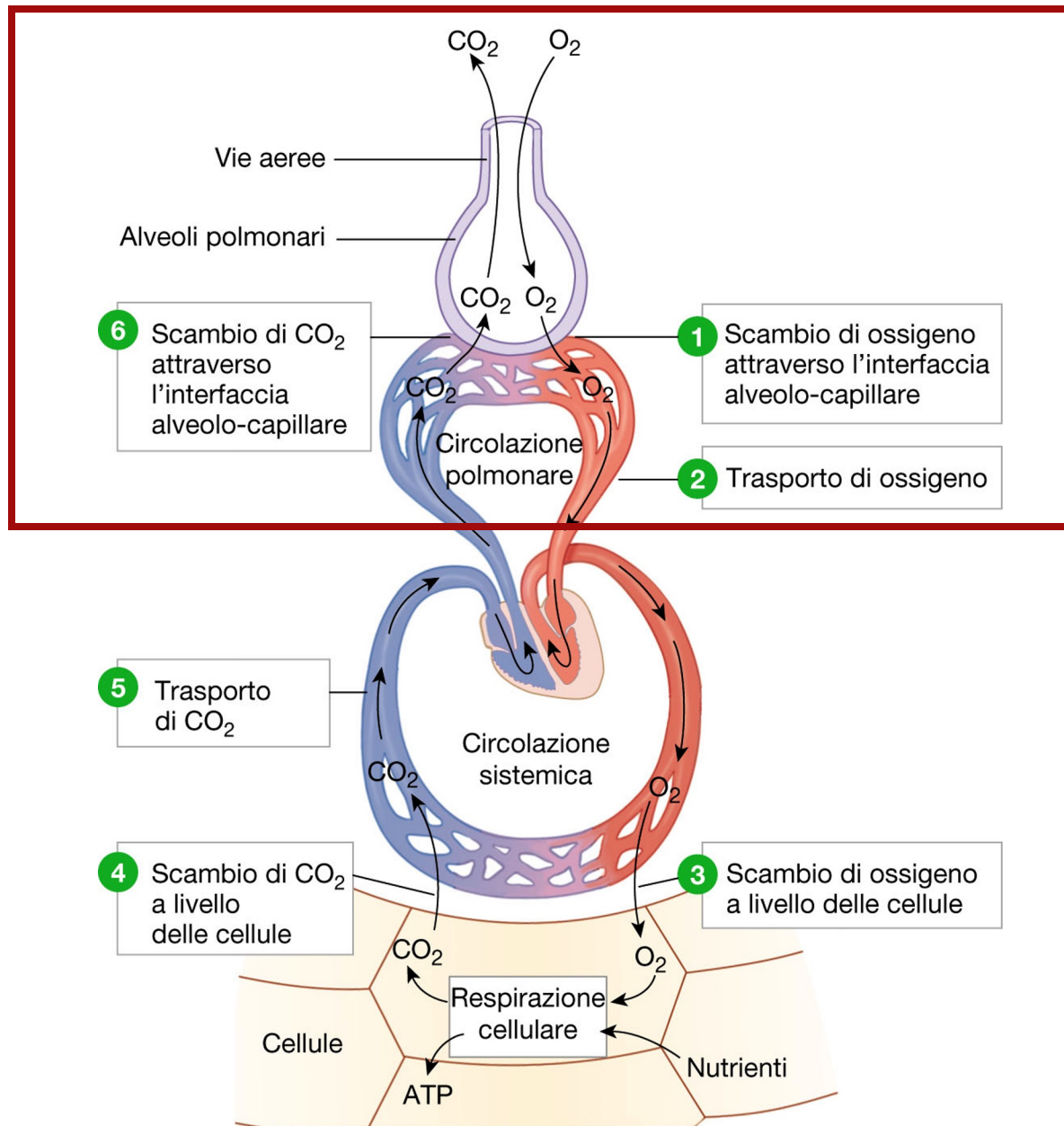


Ventilazione polmonare totale e ventilazione alveolare

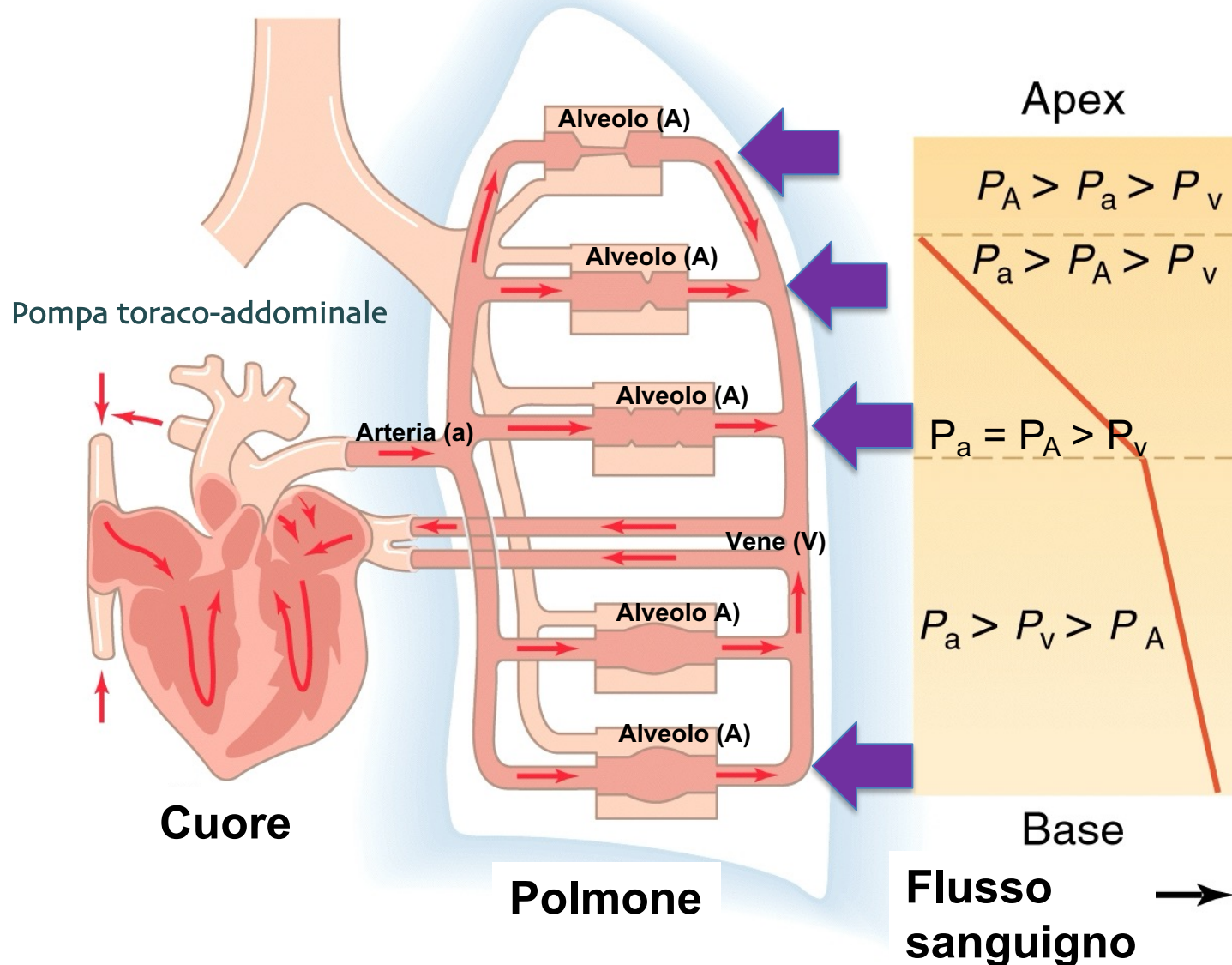
Volume di aria spostato dentro e fuori dai polmoni/min: frequenza respiratoria (12-20 atti/min) x volume corrente (500 ml/atto) = 6 L

Volume di aria che raggiunge gli alveoli/min: frequenza respiratoria (12-20 atti/min) x (volume corrente 500 ml - spazio morto 150 ml) = 4,2 L





Circolazione polmonare (flusso a strato sottile)

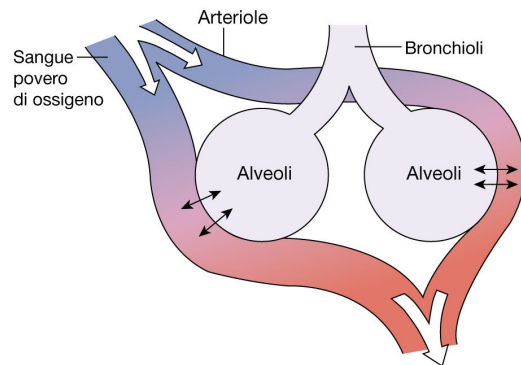


La Pressione Transmurale ($P_{\text{arteriosa}} - P_{\text{Alveolare}}$) determina il diametro dei capillari polmonari

Un controllo locale accoppia ventilazione e perfusione

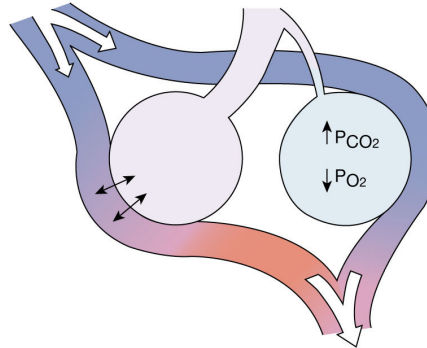
Composizione del gas	Bronchioli	Arteriole polmonari	Arterie sistemiche
Aumento PCO_2	Dilatazione	Costrizione	Dilatazione
Diminuzione PO_2	Dilatazione	Costrizione	Dilatazione
Diminuzione PCO_2	Costrizione	Dilatazione	Costrizione
Aumento PO_2	Costrizione	Dilatazione	Costrizione

(a) La ventilazione degli alveoli è accoppiata alla perfusione dei capillari polmonari.



(b) Disaccoppiamento ventilazione-perfusione.

Se la ventilazione diminuisce in un gruppo di alveoli (in blu), PCO_2 aumenta e PO_2 diminuisce. Il sangue che fluisce oltre questi alveoli non è ossigenato.



(c) I meccanismi di controllo locale tendono a mantenere accoppiate ventilazione e perfusione.

La riduzione di PO_2 attorno agli alveoli ipoventilati provoca la costrizione delle loro arteriole, convogliando il sangue verso alveoli ventilati meglio. Flusso di sangue convogliato verso alveoli con ventilazione migliore.

