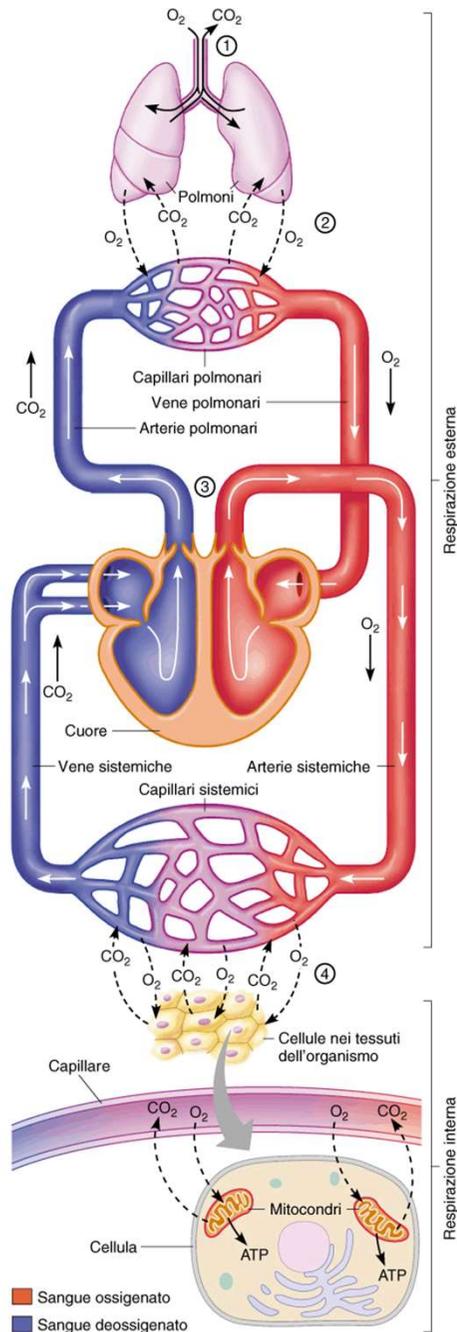
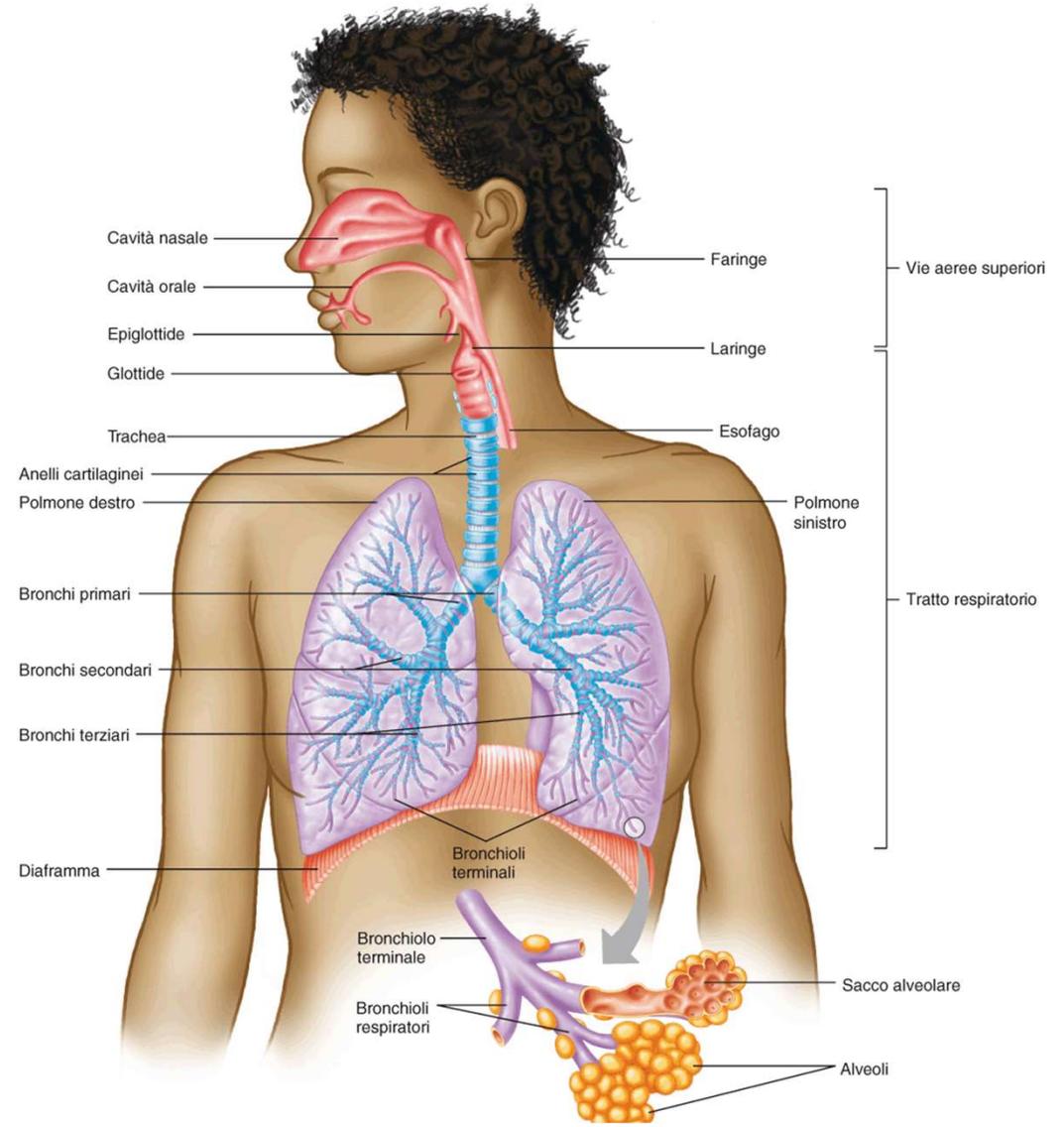


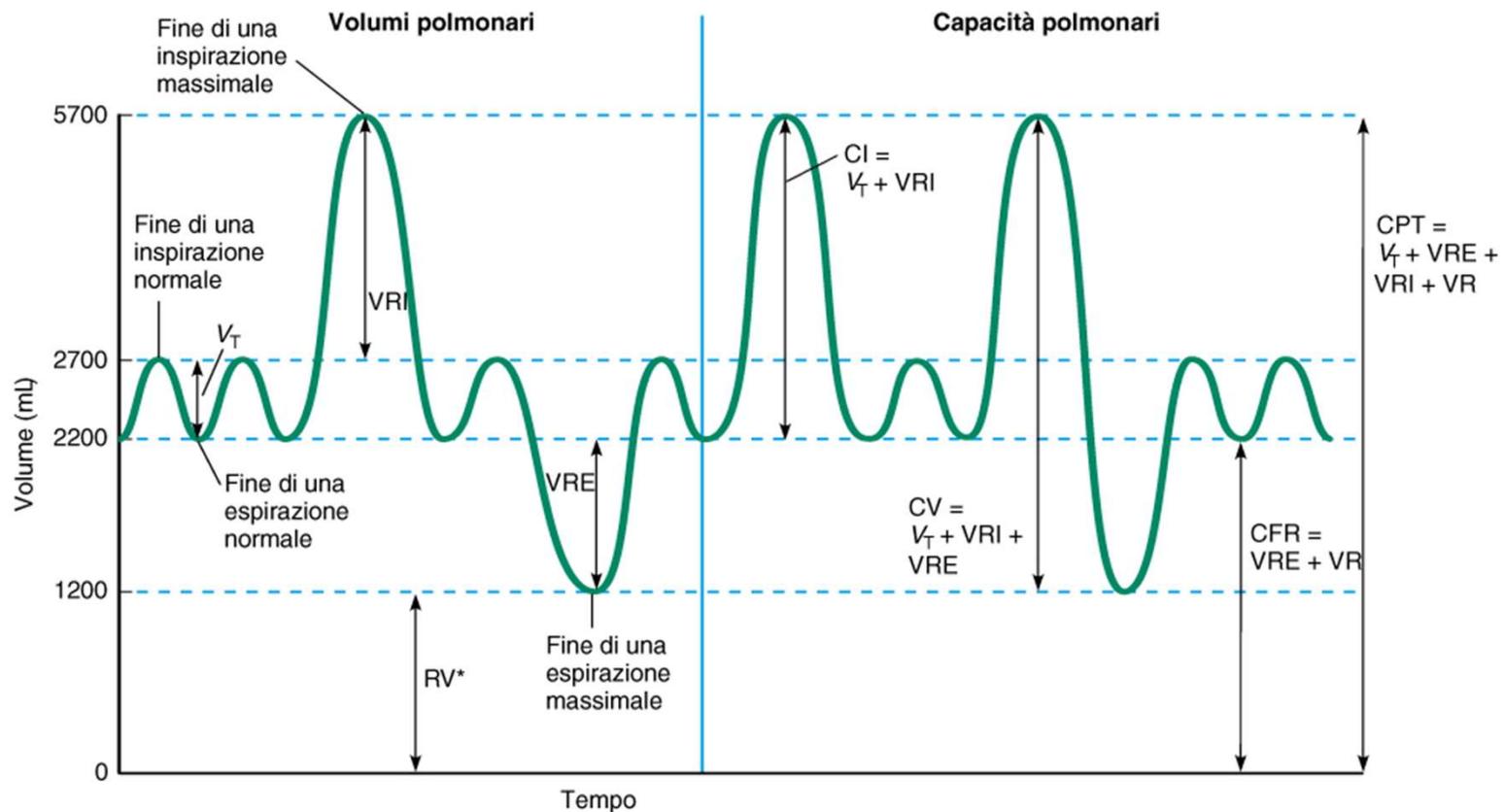
La Funzione Respiratoria

La respirazione esterna ed interna



L'apparato respiratorio





Capacità e volumi polmonari normali in un maschio sano di 70 kg di peso

Volumi polmonari

- V_T = Volume corrente = 500 mL
- VRI = Volume di riserva inspiratoria = 3000 mL
- VRE = Volume di riserva espiratoria = 1000 mL
- VR = Volume residuo* = 1200 mL

Capacità polmonari

- CI = Capacità inspiratoria = $V_T + VRI = 3500$ mL
- CV = Capacità vitale = $V_T + VRI + VRE = 4500$ mL
- CFR = Capacità funzionale residua = $VRE + VR = 2200$ mL
- CPT = Capacità polmonare totale = $V_T + VRE + VRI + VR = 5700$ mL

*Non può essere misurato con la spirometria.

FIGURA 16.16 Volumi e capacità polmonari misurate utilizzando la spirometria. Le curve mostrate sono state tracciate da uno spirometro (Figura 16.15) e rappresentano i valori medi per un maschio di 70 kg di peso.

Le forze coinvolte nella ventilazione polmonare

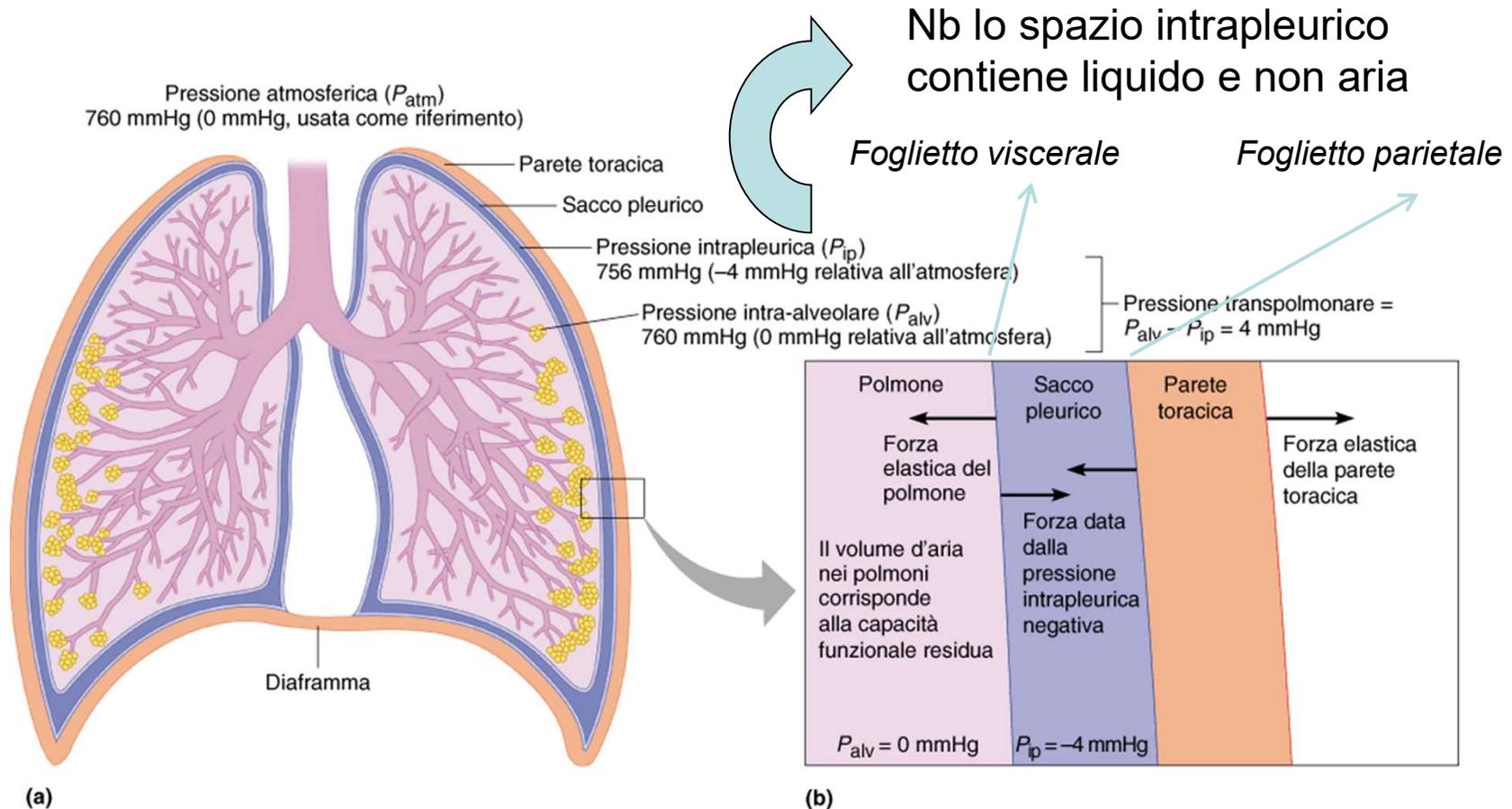


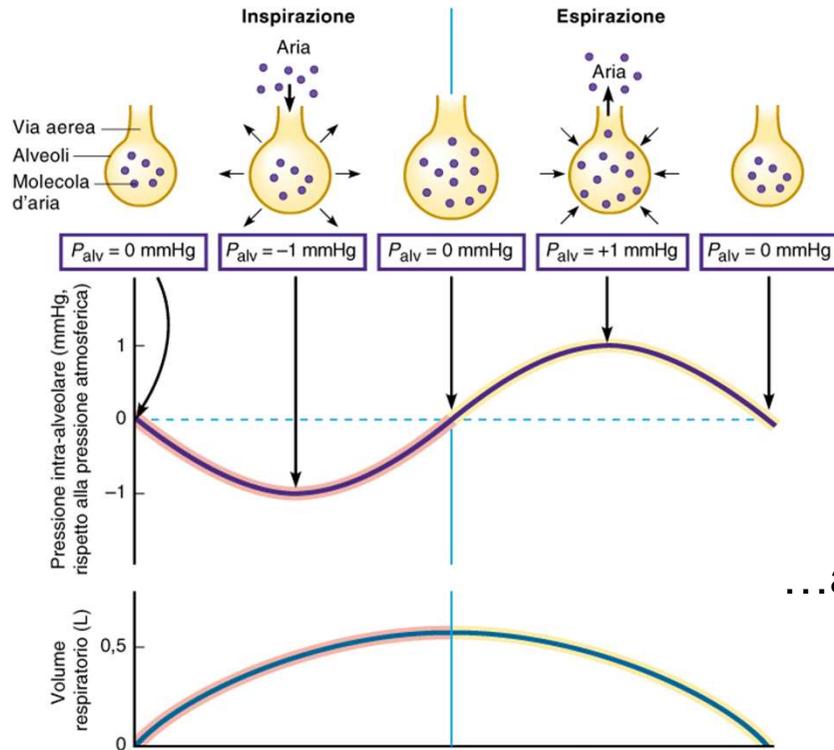
FIGURA 16.8 Pressioni polmonari a riposo. (a) Pressioni polmonari in un polmone a riposo. La pressione intra-alveolare è la pressione all'interno degli alveoli; la pressione intrapleurica è la pressione all'interno del sacco pleurico. La pressione transpolmonare è la differenza tra pressione intra-alveolare e pressione intrapleurica. Tutte le pressioni sono indicate come pressioni assolute e come pressioni relative a quella atmosferica. (b) Pressioni e forze elastiche quando i polmoni si trovano alla capacità funzionale residua. In tale condizione, la pressione intra-alveolare (P_{alv}) = pressione atmo-

Nb lo spazio intrapleurico contiene liquido e non aria

sferica = 0 mmHg (valore relativo). Il polmone è relativamente espanso e le forze elastiche tendono a farlo collassare; la gabbia toracica è compressa e tende ad espandersi sotto l'azione di forze elastiche con direzione opposta. La forza netta che queste due forze opposte esercitano sulle pareti del sacco pleurico crea una pressione intrapleurica negativa (P_{ip}). L'intero sistema è stabile, nel senso che le forze elastiche dei polmoni e della parete toracica sono in equilibrio e quindi non si verifica alcun cambiamento in dimensioni dei polmoni o della parete toracica.

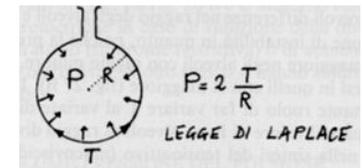
Meccanica respiratoria

Segue la legge dei gas di Boyle: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ \longrightarrow Le pressioni esercitate da un gas è inversamente proporzionale al volume



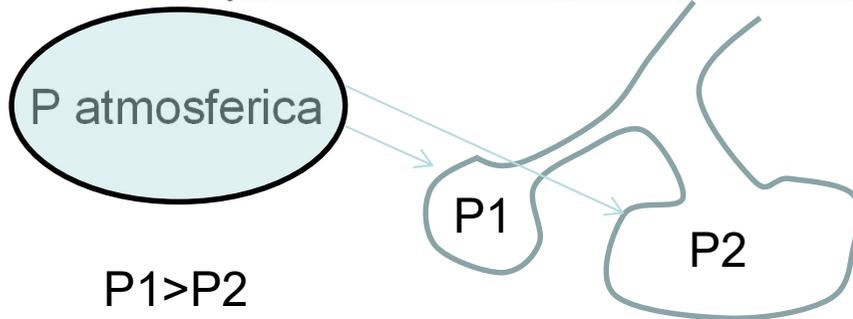
Presenza di liquido (tensioattivo) che ricopre gli alveoli e DIMINUISCE la loro tensione superficiale (aumenta quindi anche la compliance).

...a cosa serve il tensioattivo?

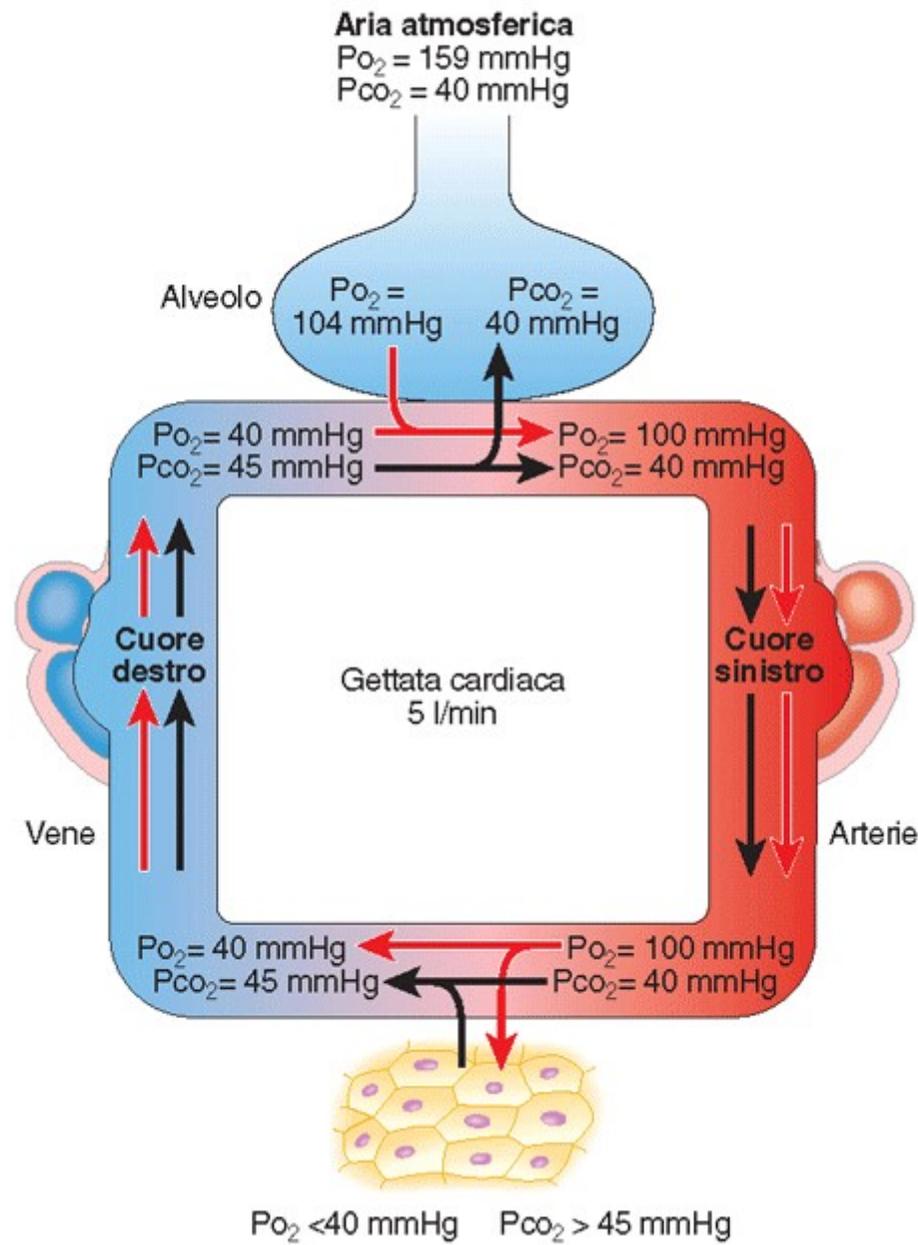


Legge di Laplace

$P = 2T/r$ dove P_1, P_2 sono le pressioni interne che l'aria nell'alveolo deve esercitare per impedirne il collasso; T è la tensione superficiale; r è il raggio dell'alveolo



$P_1 > P_2$



L'emoglobina ed il trasporto dell'ossigeno nel sangue

Ciascun litro di sangue arterioso contiene 200ml di ossigeno in gran parte legato all'emoglobina localizzata all'interno degli eritrociti.

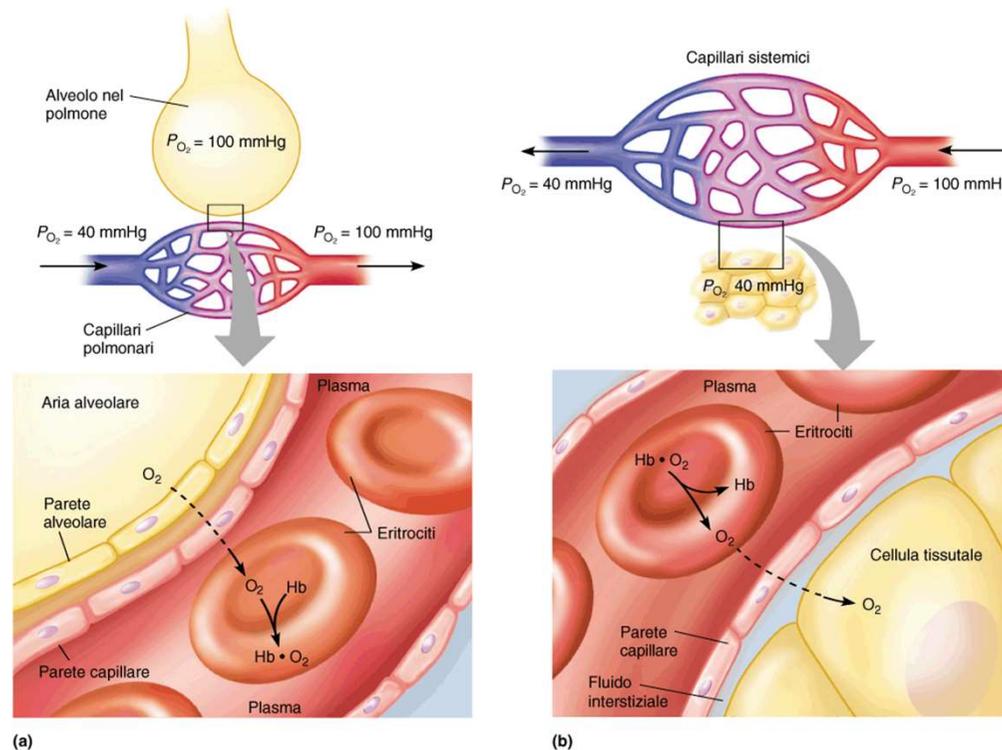


FIGURA 17.6 Il trasporto dell'ossigeno da parte dell'emoglobina. (a) Formazione dell'ossiemoglobina. L'ossigeno si diffonde dall'aria alveolare al sangue dei capillari polmonari, quindi all'interno degli eritrociti dove si lega all'emoglobina per essere trasportato dal sangue. (b) Dissociazione dell'ossigeno dall'emoglobina. Nei capillari sistemici, l'emoglobina degli eritrociti rilascia l'ossigeno, che diffonde dal sangue alle cellule dei tessuti.

Curva di dissociazione dell'emoglobina

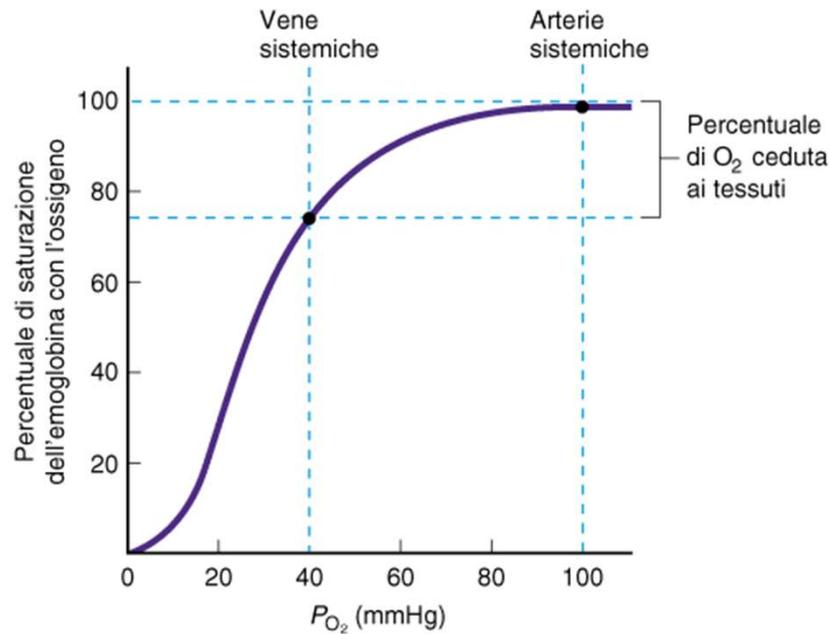
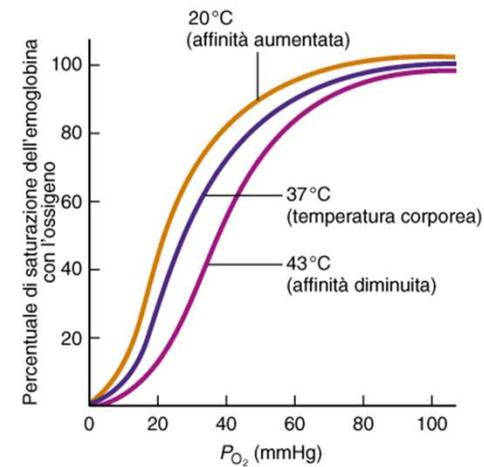


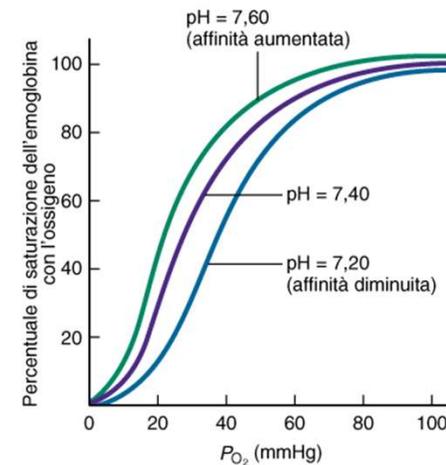
FIGURA 17.8 Curva di dissociazione dell'emoglobina. Il legame dell'ossigeno con l'emoglobina dipende dalla pressione parziale dell'ossigeno nel sangue. A pressioni parziali basse, poco ossigeno si lega all'emoglobina. All'aumentare della P_{O_2} la quantità di ossigeno che si lega all'emoglobina prima aumenta rapidamente e poi tende a stabilizzarsi quando la saturazione si avvicina al 100%.



Bruice
Chimica Organica, II Ed.
Edises



(a) Effetti della temperatura



(b) Effetti del pH

Effetto Bohr

FIGURA 17.10 Effetti della temperatura e del pH sulla curva di dissociazione dell'emoglobina. (a) Aumenti o diminuzioni della temperatura corporea, che in condizioni normali è di 37°C, determinano rispettivamente diminuzioni o aumenti nell'affinità dell'emoglobina per l'ossigeno. (b) Aumenti o diminuzioni del pH del sangue arterioso, che normalmente è di 7,4, determinano rispettivamente aumenti o diminuzioni nell'affinità dell'emoglobina per l'ossigeno.

Il trasporto della CO₂

TABELLA 17.3 Trasporto di anidride carbonica nel sangue

Forma	Sangue arterioso sistemico		Sangue venoso sistemico	
	Volume (mL CO ₂ /L di sangue)	% della CO ₂ totale nel sangue	Volume (mL CO ₂ /L di sangue)	% della CO ₂ totale nel sangue
Disciolta nel sangue	27	5,5	31	5,8
Disciolta come bicarbonato	439	89,6	470	87,0
Legata all'emoglobina	24	4,9	39	7,2
Totale	490	100,0	540	100,0

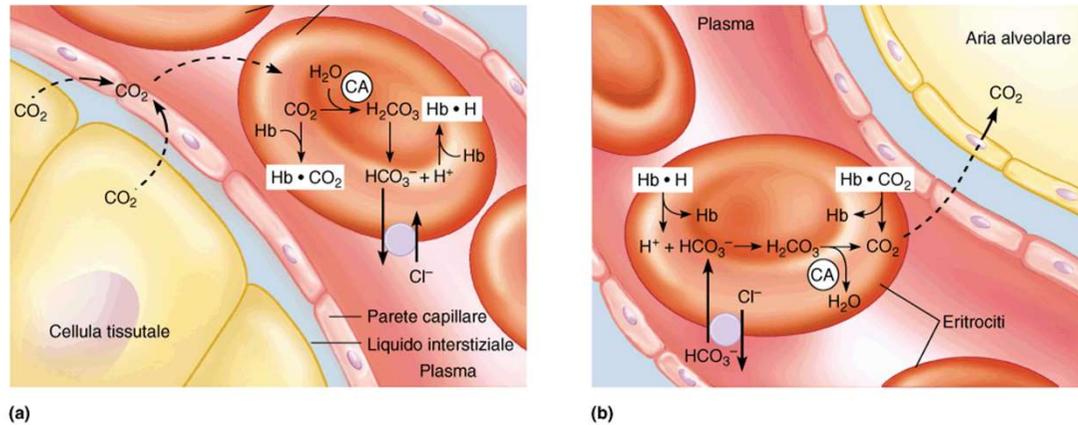
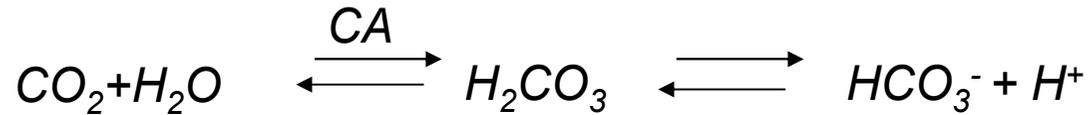


FIGURA 17.11 Scambio dell'anidride carbonica e suo trasporto nel sangue. **(a)** L'anidride carbonica prodotta nei tessuti diffonde nel sangue e quindi negli eritrociti. L'aumento di P_{CO_2} negli eritrociti induce la maggior parte delle molecole di anidride carbonica a trasformarsi in bicarbonato, alcune a legarsi all'emoglobina ed altre a rimanere disciolte nel sangue. Il bicarbonato viene trasportato dagli eritrociti al plasma. In seguito al formarsi del bicarbonato, gli ioni idrogeno prodotti vengono tamponati quando si legano all'emoglobina (CA = anidrasi carbonica). **(b)** Nei polmoni, l'anidride carbonica diffonde dal sangue all'aria alveolare, diminuendo la P_{CO_2} nel sangue. Al diminuire della P_{CO_2} negli eritrociti, il bicarbonato entra negli eritrociti e gli ioni idrogeno sono rilasciati dall'emoglobina. Il bicarbonato e gli ioni idrogeno sono quindi convertiti in anidride carbonica che diffonde negli alveoli.

Effetto Aldane

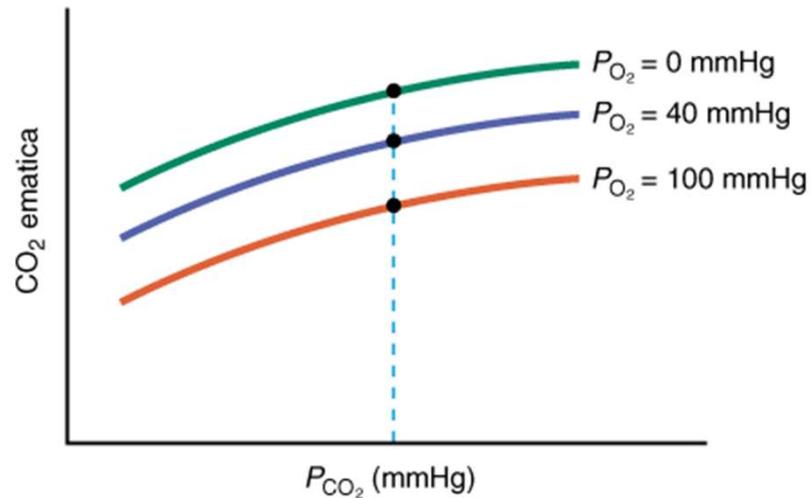


FIGURA 17.12 Effetti della P_{O_2} sul trasporto dell'anidride carbonica.

Un aumento della P_{O_2} nel sangue diminuisce l'affinità dell'emoglobina per l'anidride carbonica, diminuendo la capacità del sangue di trasportare anidride carbonica. Quindi ad una certa P_{O_2} (linea verticale tratteggiata), viene trasportata più anidride carbonica con una P_{O_2} di 0 mmHg che con una P_{O_2} di 100 mmHg.

L'ossigeno influenza la quantità di Hb legata alla CO_2 legandosi all'Hb e diminuendo l'affinità dell'Hb per la CO_2

Nb stessa cosa avviene da parte della CO_2 nei confronti dell' O_2

Controllo nervoso della respirazione

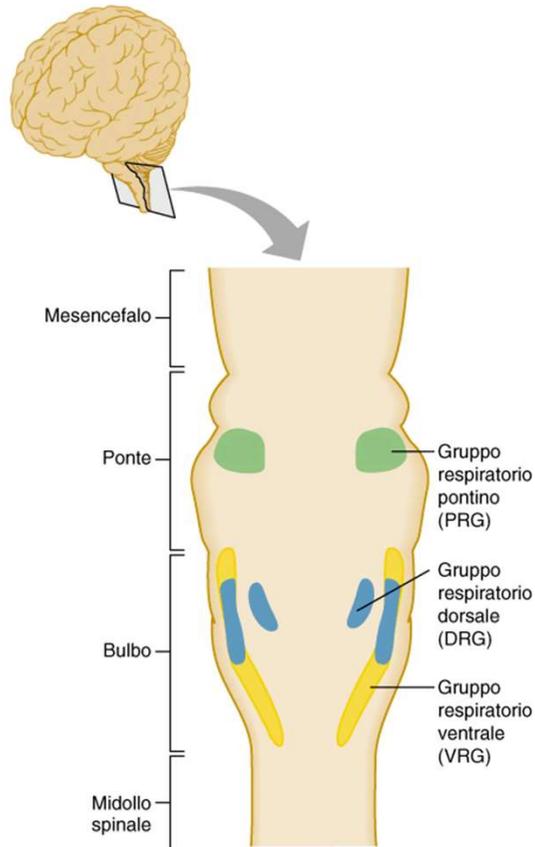
Nervo frenico :innerva il diaframma

Nervi intercostali: innervano i muscoli intercostali

} Presenza di muscoli scheletrici

Respirazione tranquilla: l'espiazione è un processo passivo

Respirazione attiva: l'espiazione è un processo attivo



Controllo volontario ed involontario: centri respiratori localizzati nel ponte e bulbo del tronco encefalico dove sono presenti neuroni inspiratori ed espiratori

Diversi input sensoriali modulano l'attività respiratoria:

Chemocettori (localizzati nell'encefalo ed arterie)

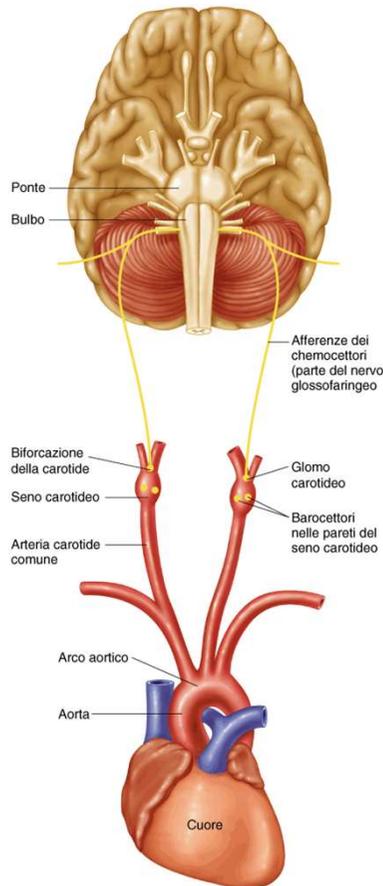
Recettori da stiramento polmonari (proteggono i polmoni da eccessive inspirazioni)

Recettori sost. irritanti: broncocostrizione e starnuti

Chemocettori → **Periferici** (glomi carotidei, glomi aortici)

A diretto contatto con il sangue arterioso, comunicano con i centri respiratori bulbari

Sensibili a variazioni di P_{O_2} , P_{CO_2} ma soprattutto di ioni H^+ (**pH**)



→ **Centrali** (bulbo)

Rispondono a variazioni di concentrazione di ioni H^+ che però non attraversano la barriera ematoencefalica mentre la CO_2 sì

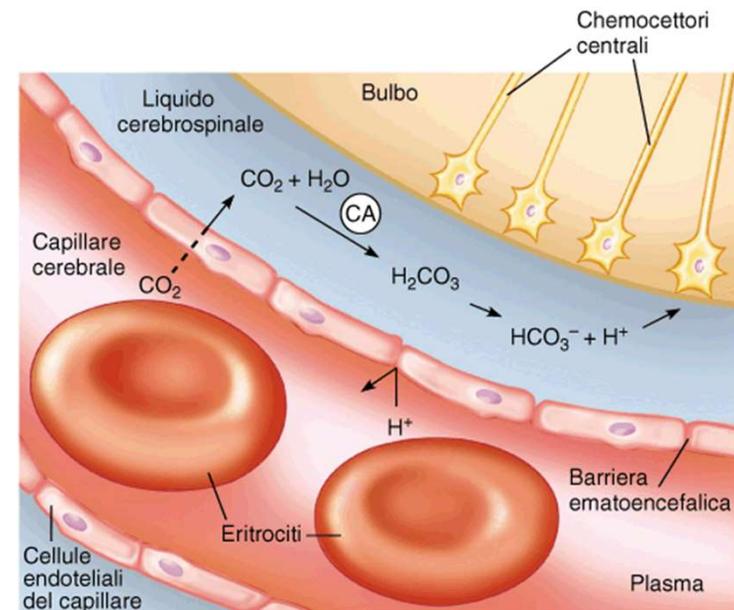
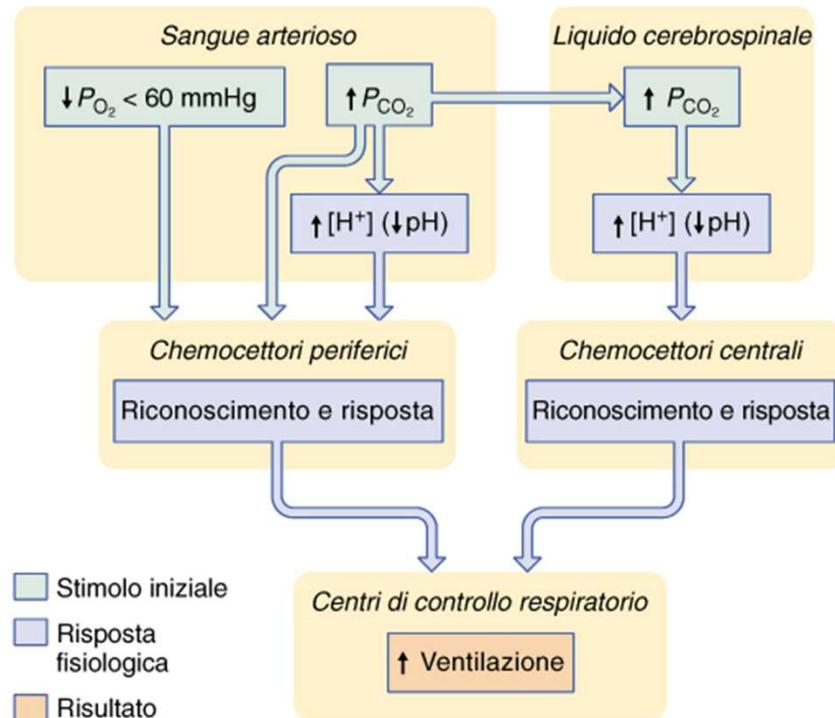


FIGURA 17.20 Attivazione dei chemocettori centrali nel bulbo. I chemocettori centrali rispondono principalmente alle modificazioni di pH del liquido cerebrospinale. Gli ioni idrogeno, però, non possono attraversare la barriera ematoencefalica. L'anidride carbonica nel sangue, invece, diffonde nel liquido cerebrospinale, dove l'anidrasi carbonica (CA) catalizza la conversione di anidride carbonica e acqua in acido carbonico (H_2CO_3), che si dissocia in ioni bicarbonato (HCO_3^-) e ioni idrogeno (H^+). Gli ioni idrogeno possono, quindi, attivare i chemocettori centrali.



Respirazione e controllo del pH

Cooperazione con apparato renale a mantenere il pH del sangue arterioso a 7.4

Ruolo dell'Hb: $\text{Hb} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{HbH}$ Legando ioni H^+ , oltre che l'ossigeno, l'Hb contribuisce a tamponare il pH acido che tenderebbe a formarsi in seguito alla produzione di CO_2 da parte dei tessuti