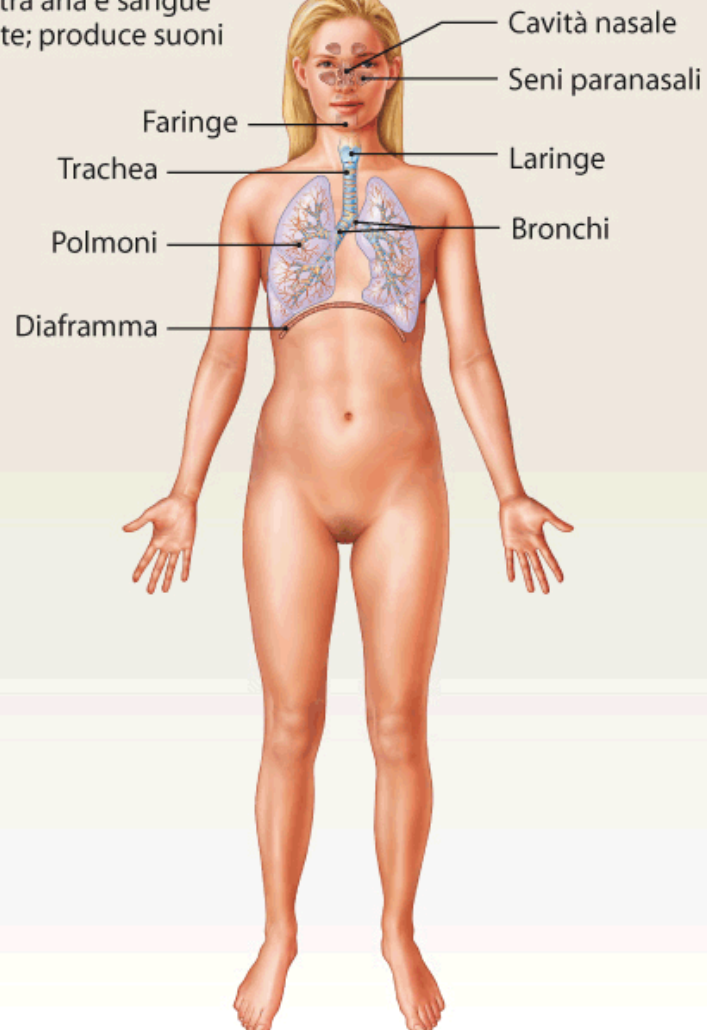


Apparato respiratorio

Convoglia l'aria nei siti in cui avvengono gli scambi gassosi tra aria e sangue circolante; produce suoni



Funzioni principali:

- **scambio di gas respiratori tra ambiente esterno e mezzo interno**
- **regolazione del pH**
- **protezione da patogeni e sostanze inalate**
- **vocalizzazione**

Organo/struttura	Funzioni principali
Cavità nasale e seni paranasali	Filtrano, riscaldano, umidificano l'aria; percepiscono gli odori
Faringe	Trasporta l'aria alla laringe; costituisce uno spazio condiviso con l'apparato digerente
Laringe	Protegge l'apertura della trachea e contiene le corde vocali
Trachea	Filtra l'aria; le cartilagini mantengono pervie le vie aeree
Bronchi	Trasportano l'aria dalla trachea ai polmoni
Polmoni	Sono responsabili del movimento dell'aria; gli alveoli presenti nei polmoni sono il sito degli scambi gassosi tra aria e sangue

I gas respiratori

A livello di organismo la respirazione (**esterna**) si manifesta con uno scambio di **gas respiratori** (O_2 e CO_2) tra ambiente esterno e mezzo interno.

La quantità di O_2 che può essere presente in soluzione acquosa è inferiore (30 volte) a quella presente in aria e, a parità di **pressione parziale**, dipende dal **coefficiente di solubilità** (Legge di Henry).

$$O_2 \text{ disciolto} = D \times pO_2$$

La concentrazione di CO_2 è invece simile in aria e in acqua in quanto questo gas è molto solubile in soluzione acquosa.

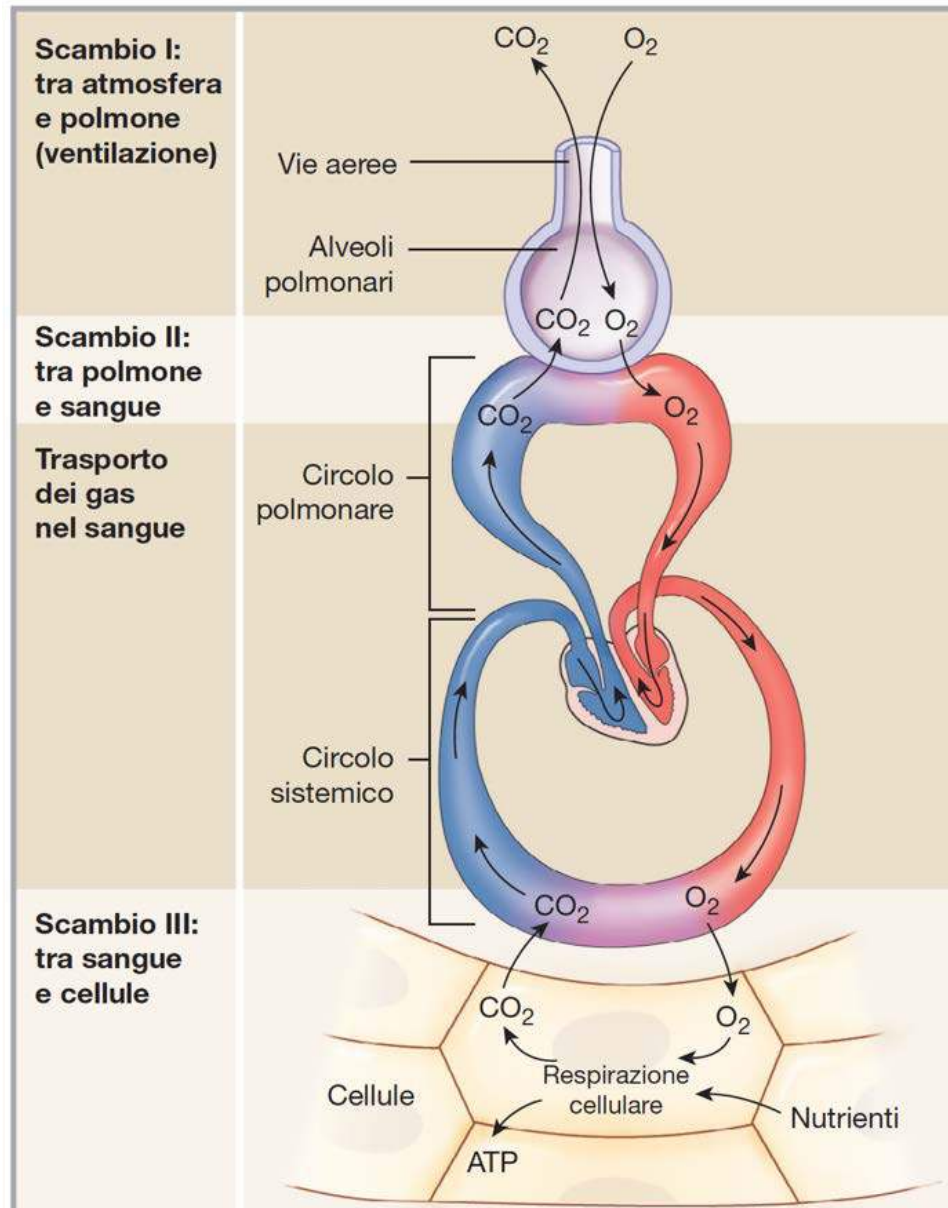
Gli scambi respiratori

Gli scambi di O₂ e CO₂ tra ambiente esterno e mezzo interno si realizzano per **diffusione** attraverso lo **scambiatore respiratorio**.

$$\Phi = -DA (\Delta pG)/x$$

1^a Legge di Fick

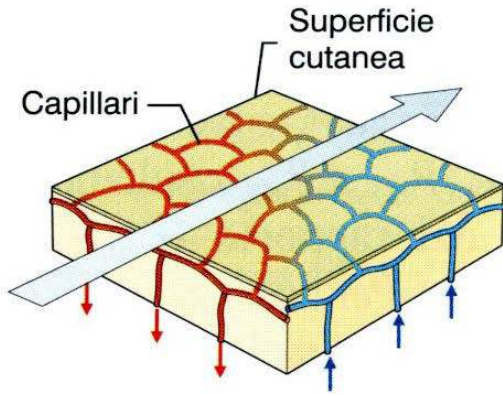
Questa relazione ci dice che, affinché il flusso sia sufficientemente elevato, le superfici di scambio (A) devono essere ampie e sottili (x), il gradiente di pressione parziale dei gas (ΔpG) deve essere massimale e deve essere assicurata una adeguata solubilità dell'O₂ (D) nel mezzo interno (sangue, e liquido interstiziale).



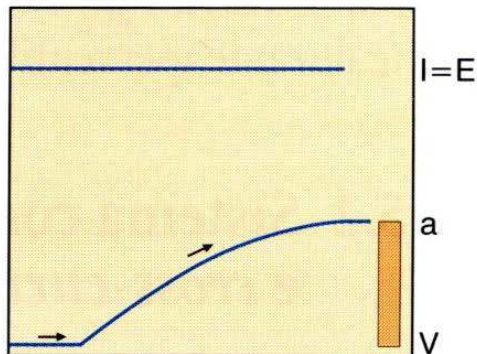
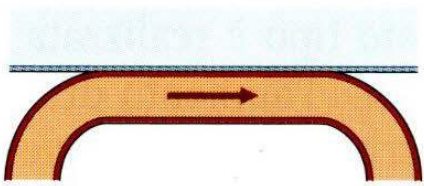
Gli scambi di O_2 e CO_2 tra mezzo interno e ambiente interno si realizzano per **diffusione** attraverso la membrana cellulare.

Lo spostamento dei gas respiratori tra atmosfera e ambiente intracellulare richiede la coordinazione dei sistemi respiratorio e circolatorio.

Meccanismi di scambio



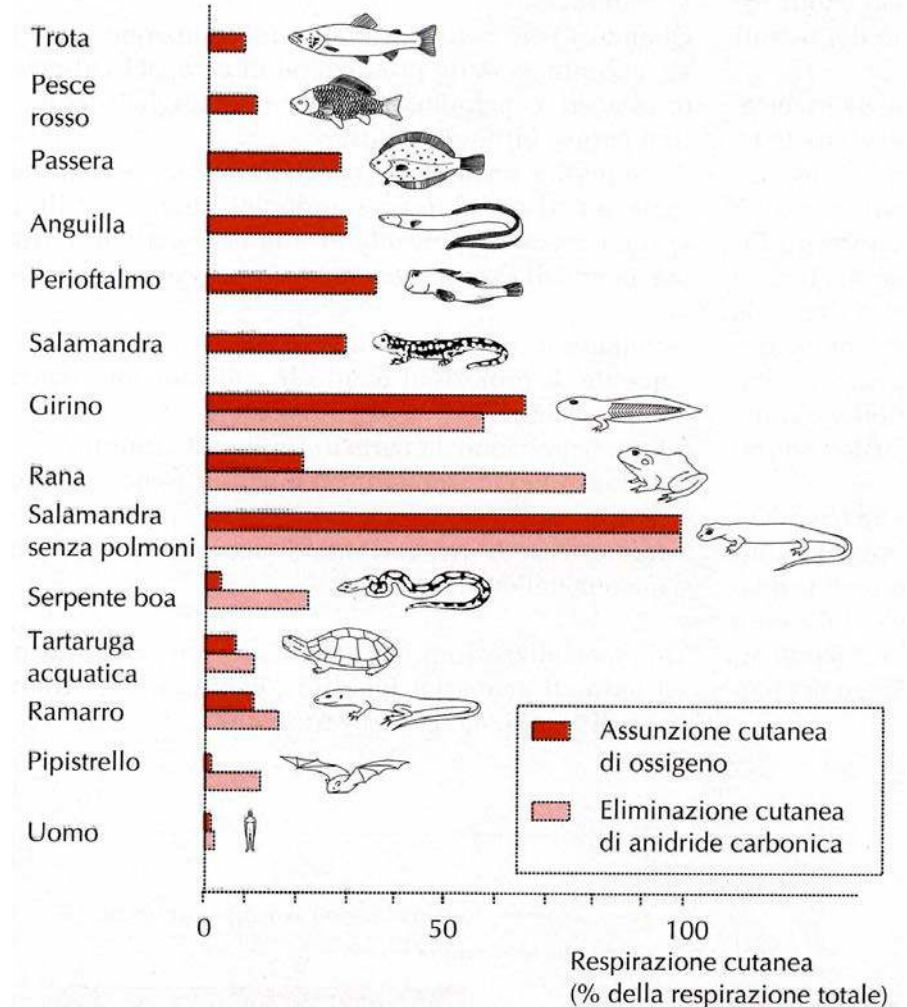
Aperto

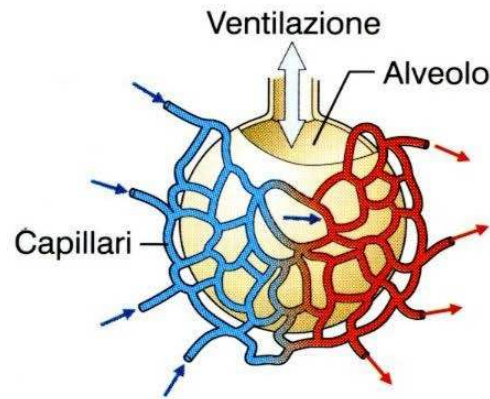


Il fluido esterno (liquido o gassoso) non circola, il fluido interno si rinnova

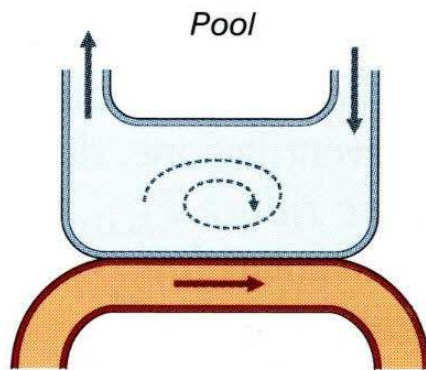
La ΔpO_2 è determinata dal consumo di O_2 da parte delle cellule o dalla presenza di un pigmento respiratorio.

Questo sistema è presente nella respirazione cutanea.



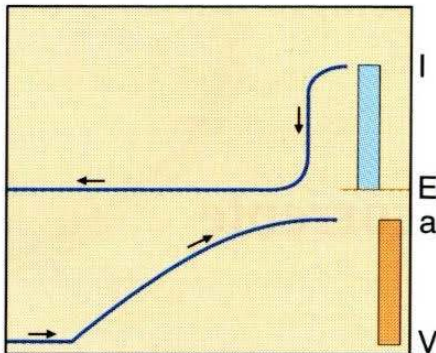


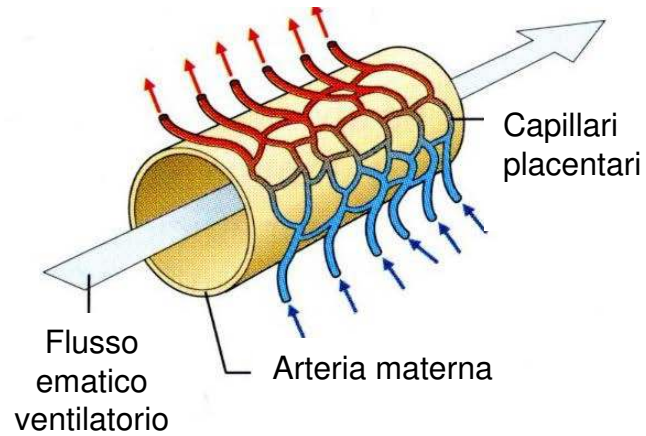
**Il fluido esterno (gassoso) e
il fluido interno si rinnovano**



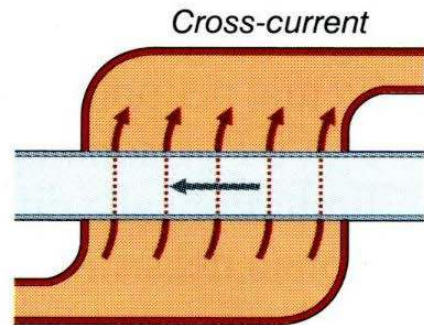
La ΔpO_2 è favorita dalla ventilazione e dal legame dell' O_2 con l'emoglobina.

Questo sistema (**Pool
Uniforme**) è presente nella respirazione polmonare.

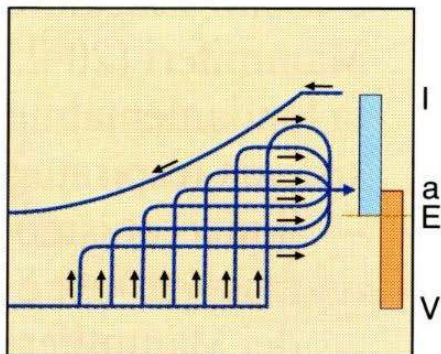




Il fluido esterno (liquido) e il fluido interno circolano in direzioni diverse e il vaso afferente si capillarizza temporaneamente a contatto con l'interfaccia.



La pO_2 vasale è più alta di quella dell'ambiente esterno.



Questo sistema (**Corrente Incrociata**) è tipico della respirazione placentare.

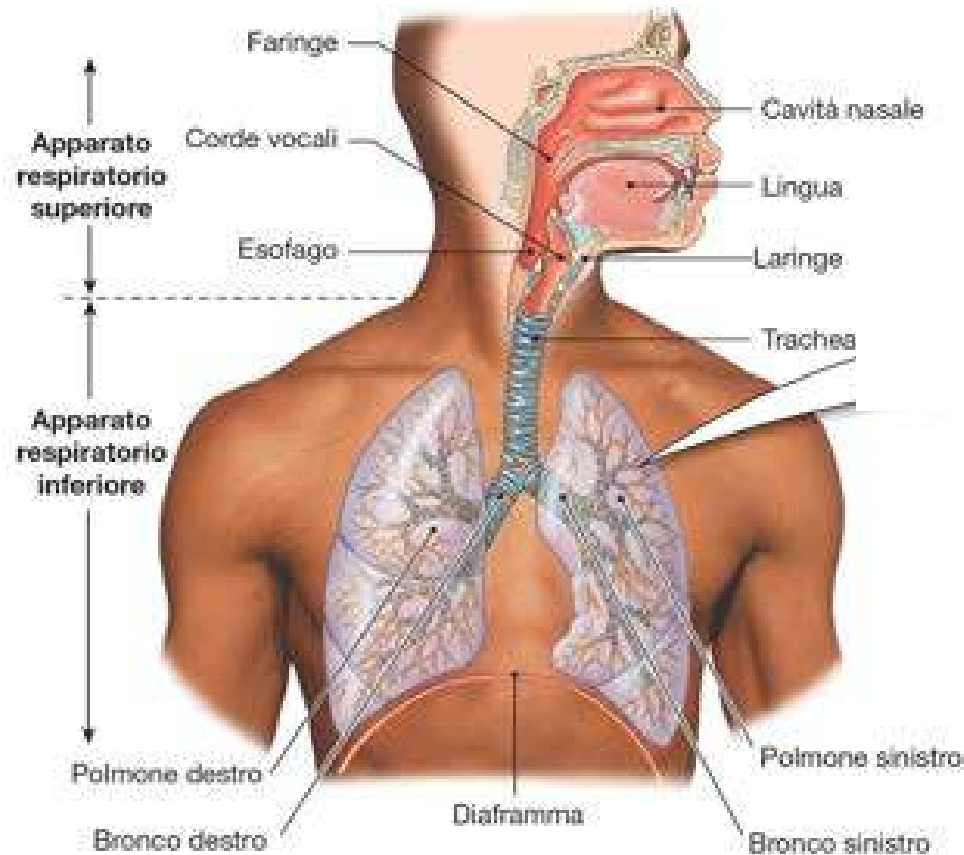
Dal punto di vista anatomico è costituito da **vie aeree superiori** e **inferiori**.

Le vie aeree superiori comprendono:

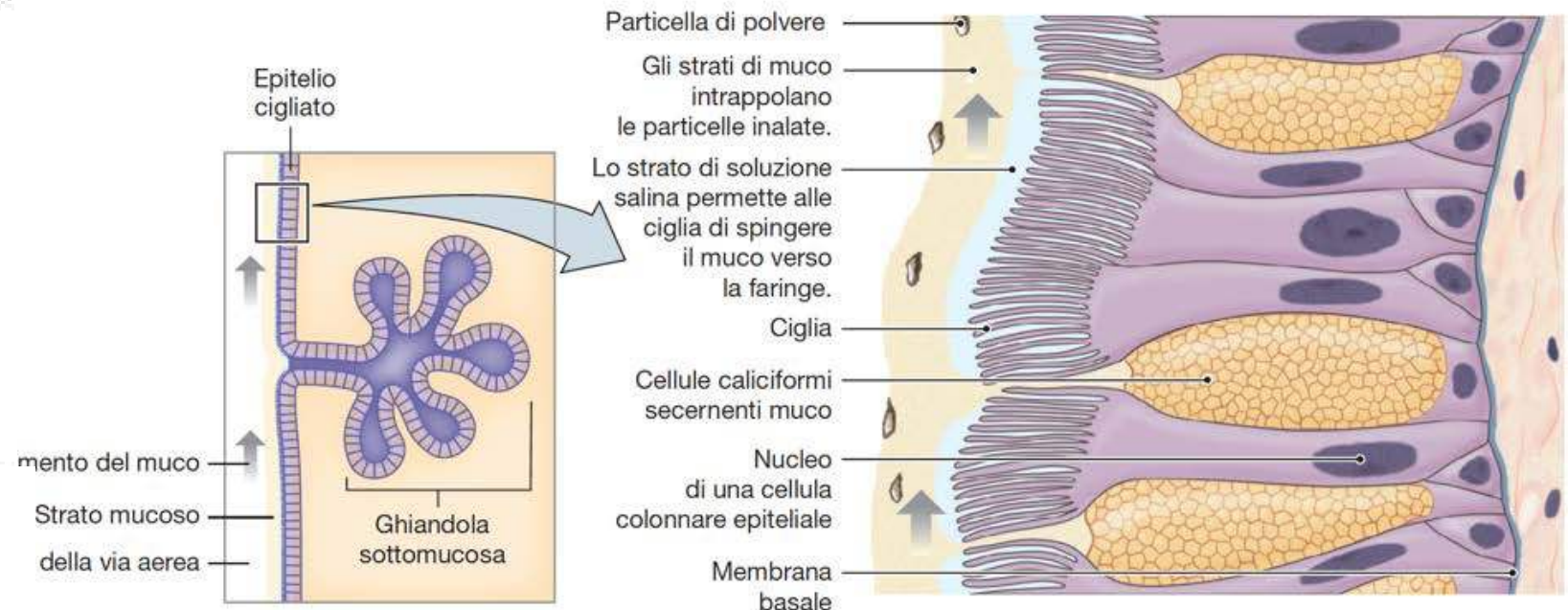
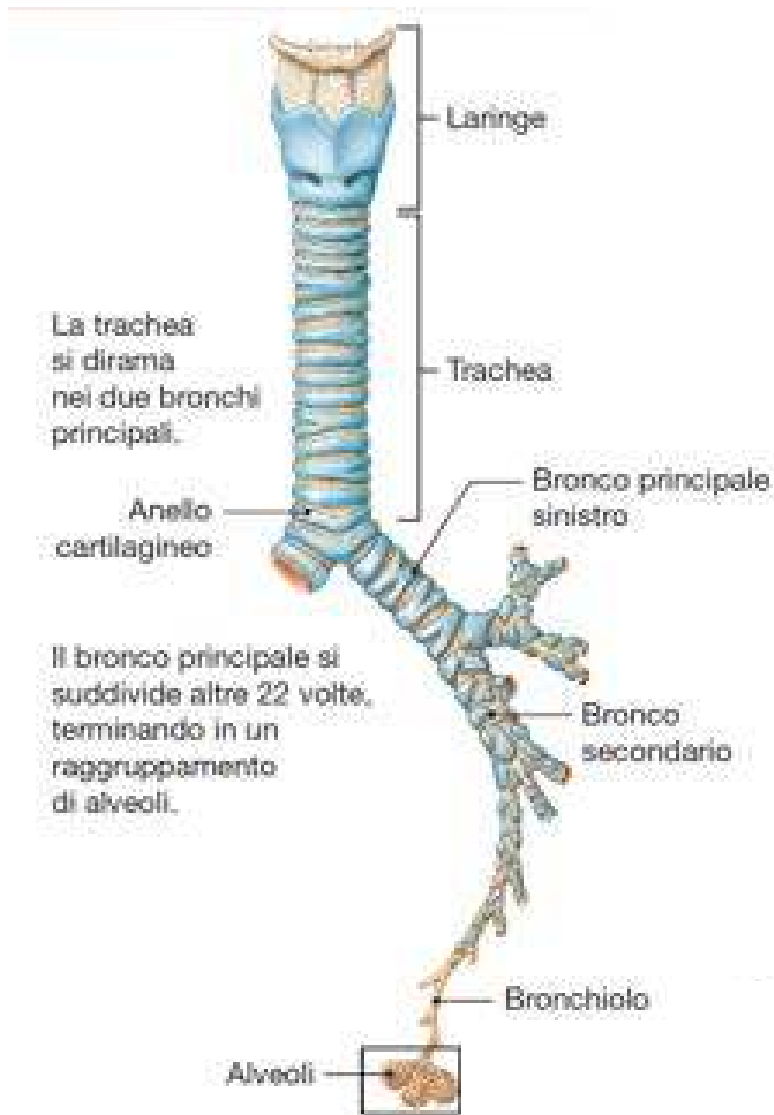
- la cavità orale
- la cavità nasale
- la faringe
- la laringe

Le vie aeree inferiori comprendono:

- la trachea
- i bronchi
- i bronchioli
- gli alveoli

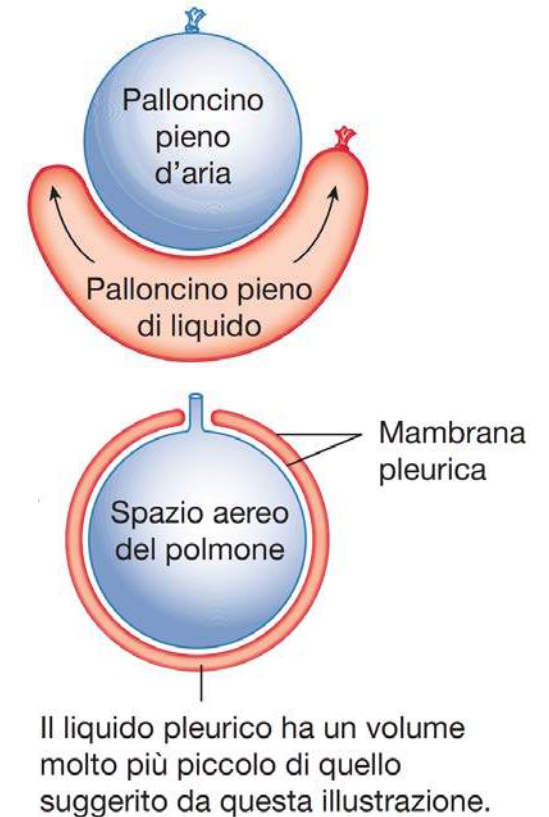
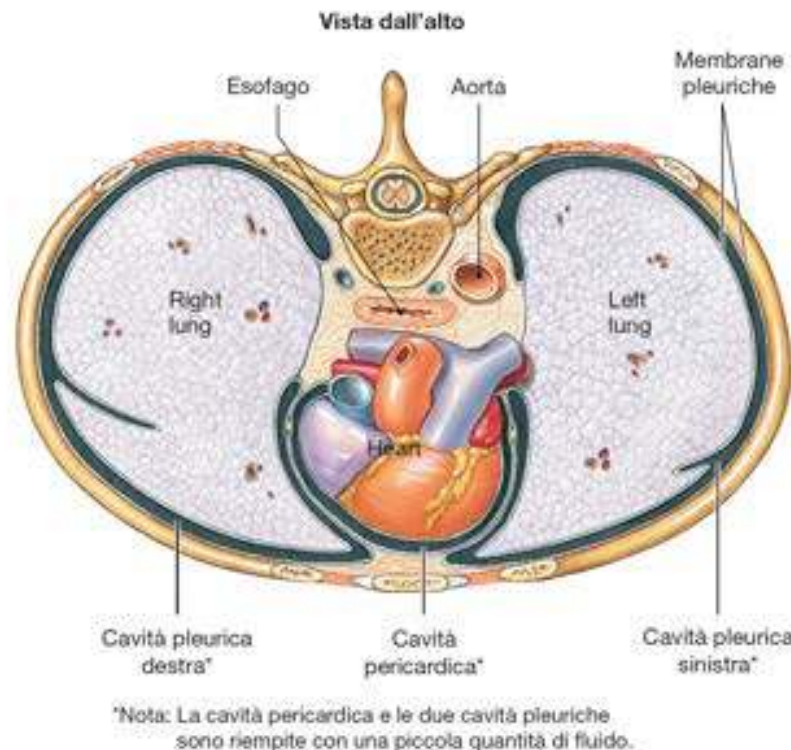
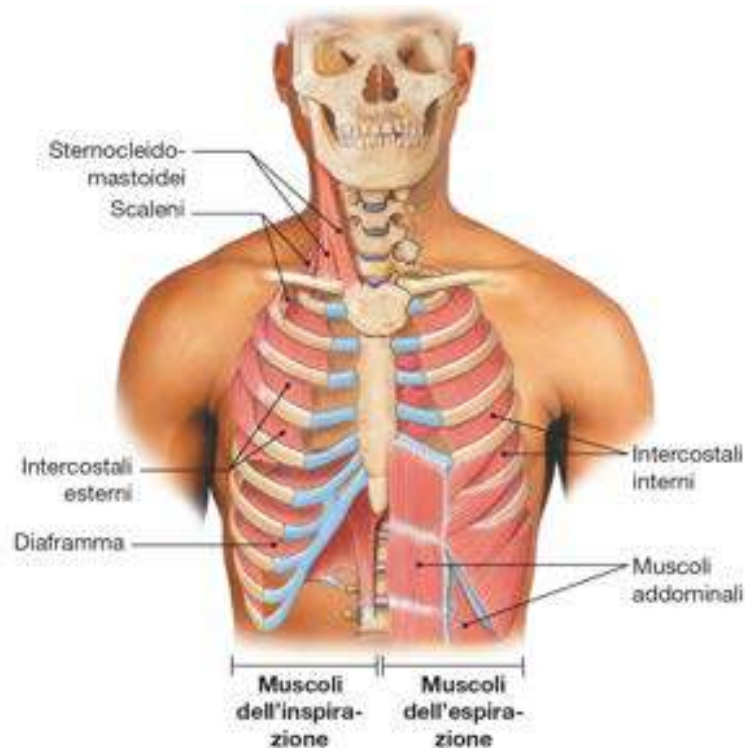


La trachea e i bronchi sono rivestiti esternamente da **anelli cartilaginei** che hanno la funzione di non far collassare queste vie aeree. Internamente sono rivestiti da un **epitelio ciliato**, tra le cui cellule sono inserite delle **cellule mucipare caliciformi**. Il muco intrappola le particelle che entrano con la ventilazione e le ciglia le spingono verso l'esterno.



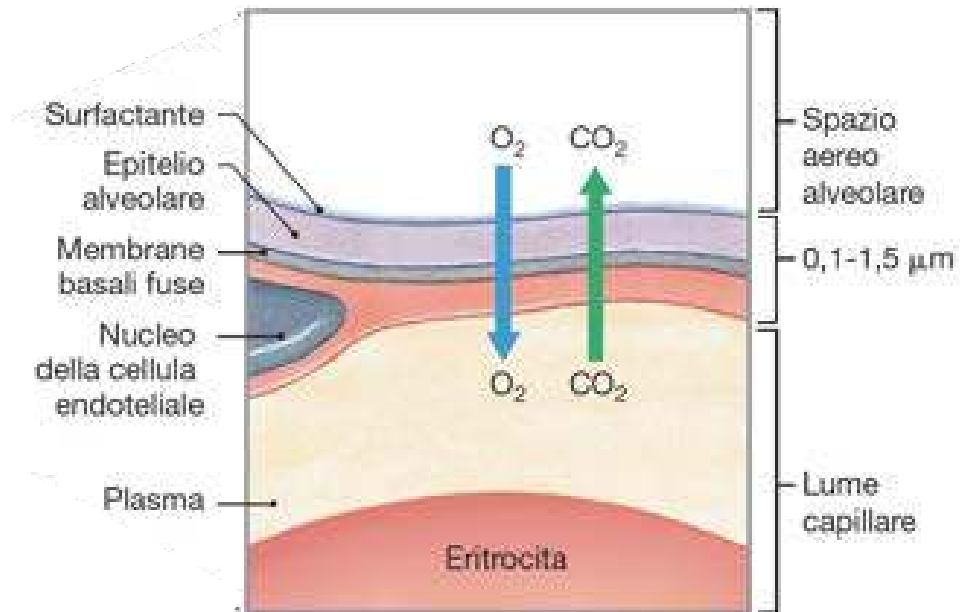
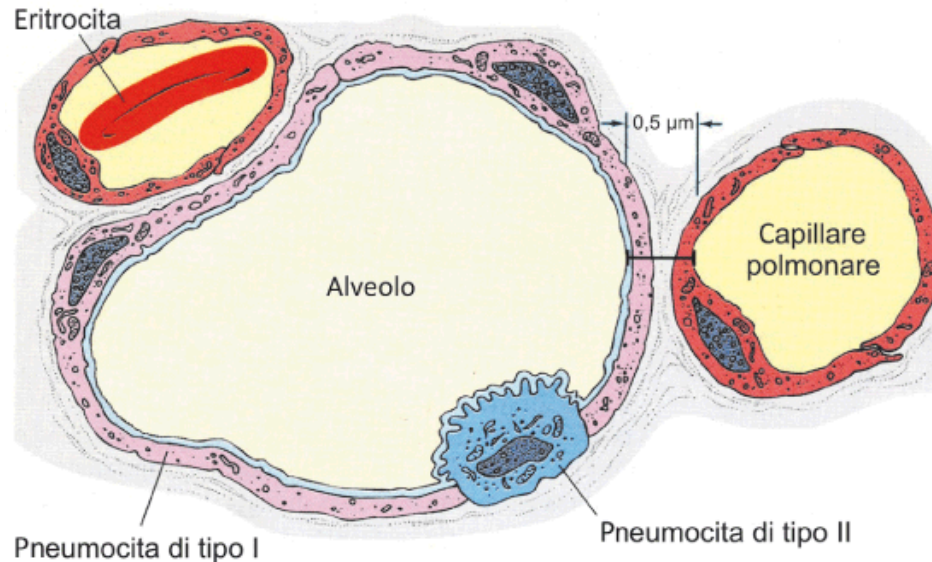
I polmoni sono posti all'interno della **gabbia toracica**, uno spazio delimitato da ossa e muscoli: superiormente e lateralmente da **costole**, **sterno**, **colonna vertebrale** e **muscoli intercostali**; inferiormente dal **diaframma**.

I polmoni sono collegati alla gabbia toracica da due sacchi di tessuto connettivo elastico detti **pleure**.

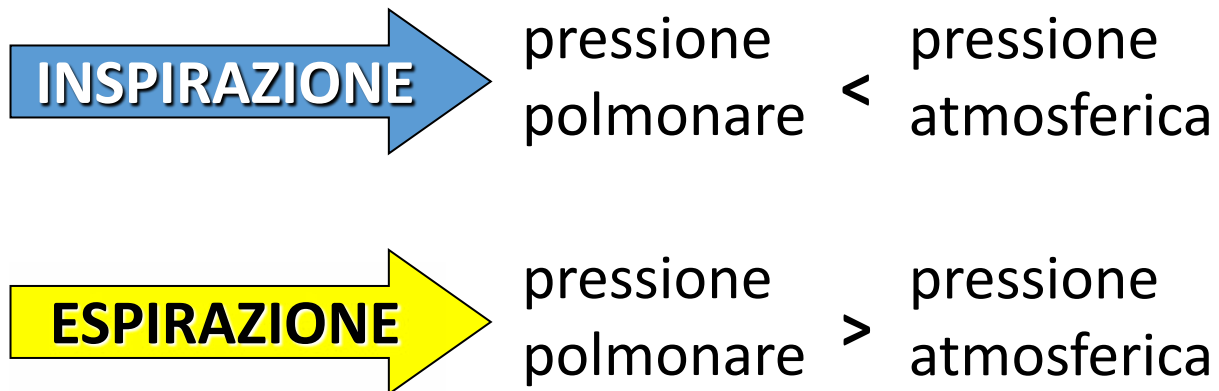


L'epitelio alveolare è costituito da due tipi principali di cellule:

- **pneumociti di tipo I** (cellule appiattite che costituiscono lo scambiatore insieme all'endotelio capillare)
- **pneumociti di tipo II** (cellule più voluminose che secernono il **surfactant**, un miscuglio di fosfolipidi e proteine che facilita l'espansione dei polmoni riducendo la tensione superficiale).

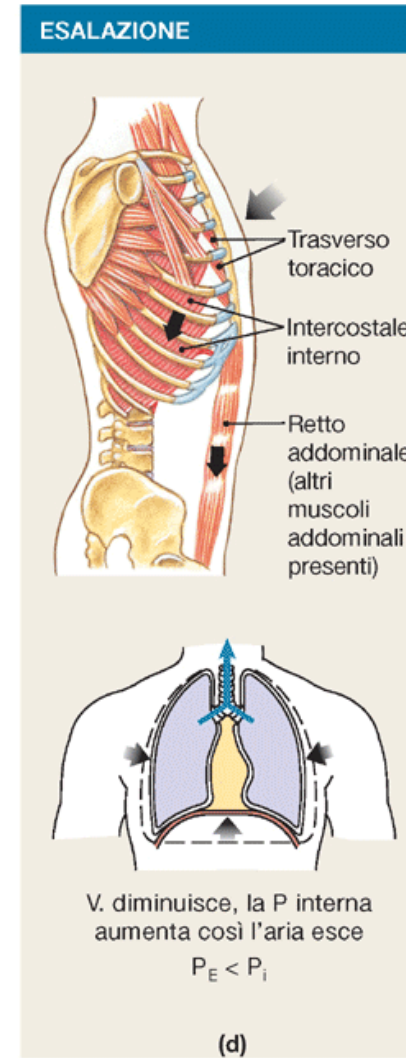
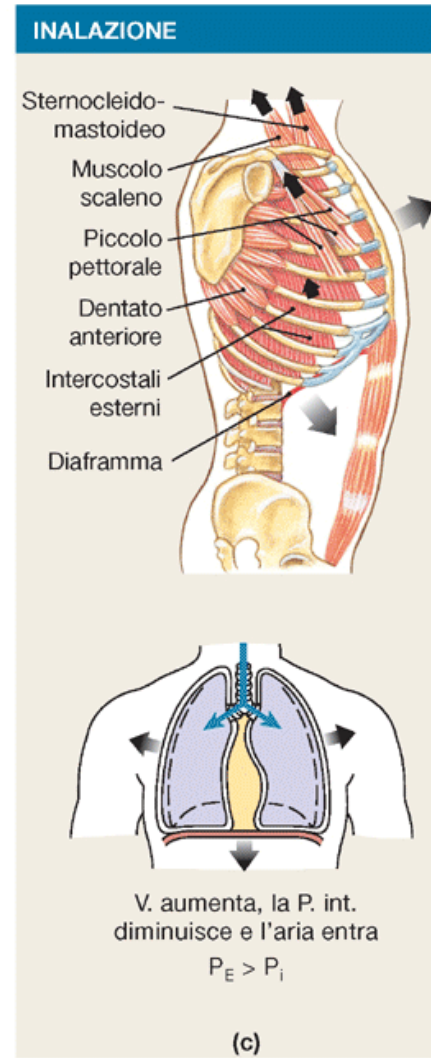
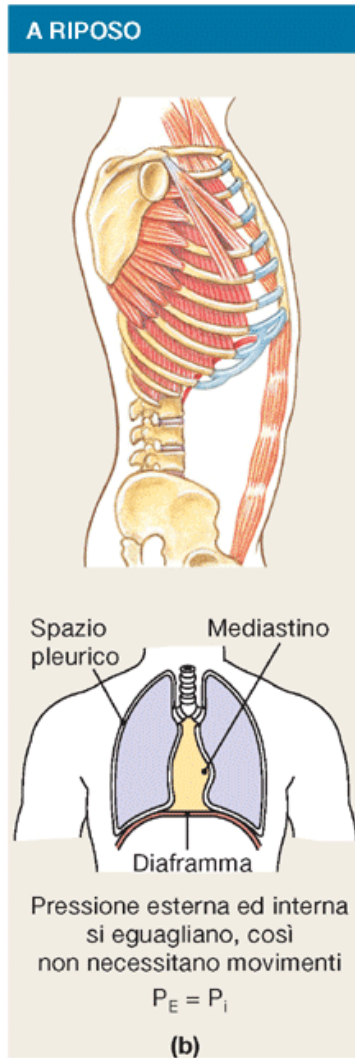
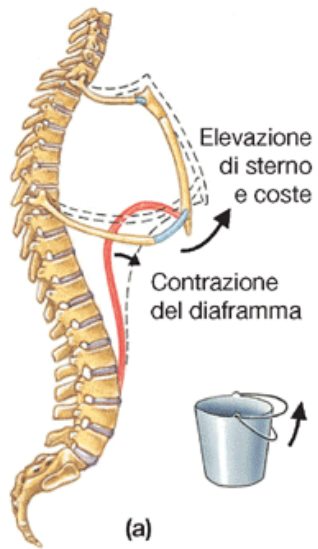


La ventilazione polmonare consiste in una circolazione di aria nelle vie aeree a seguito di variazioni di pressione.



Legge di Boyle

$$pV = \text{cost.}$$



L'inspirazione è un processo **attivo** e dipende dalla contrazione dei muscoli intercostali e del diaframma. All'espansione polmonare contribuisce anche la pressione intrapleurica negativa.

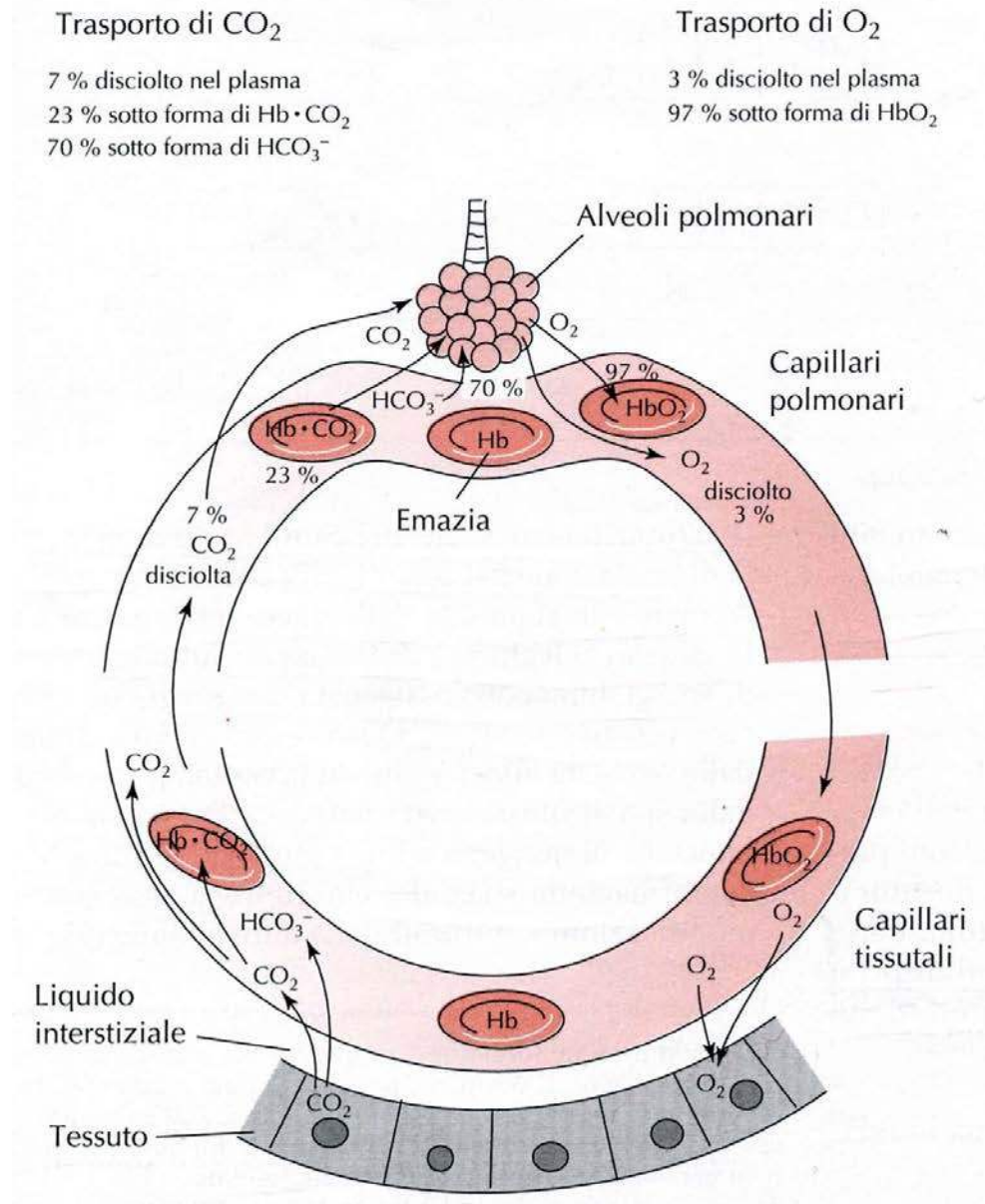
L'espirazione è un processo **passivo**.

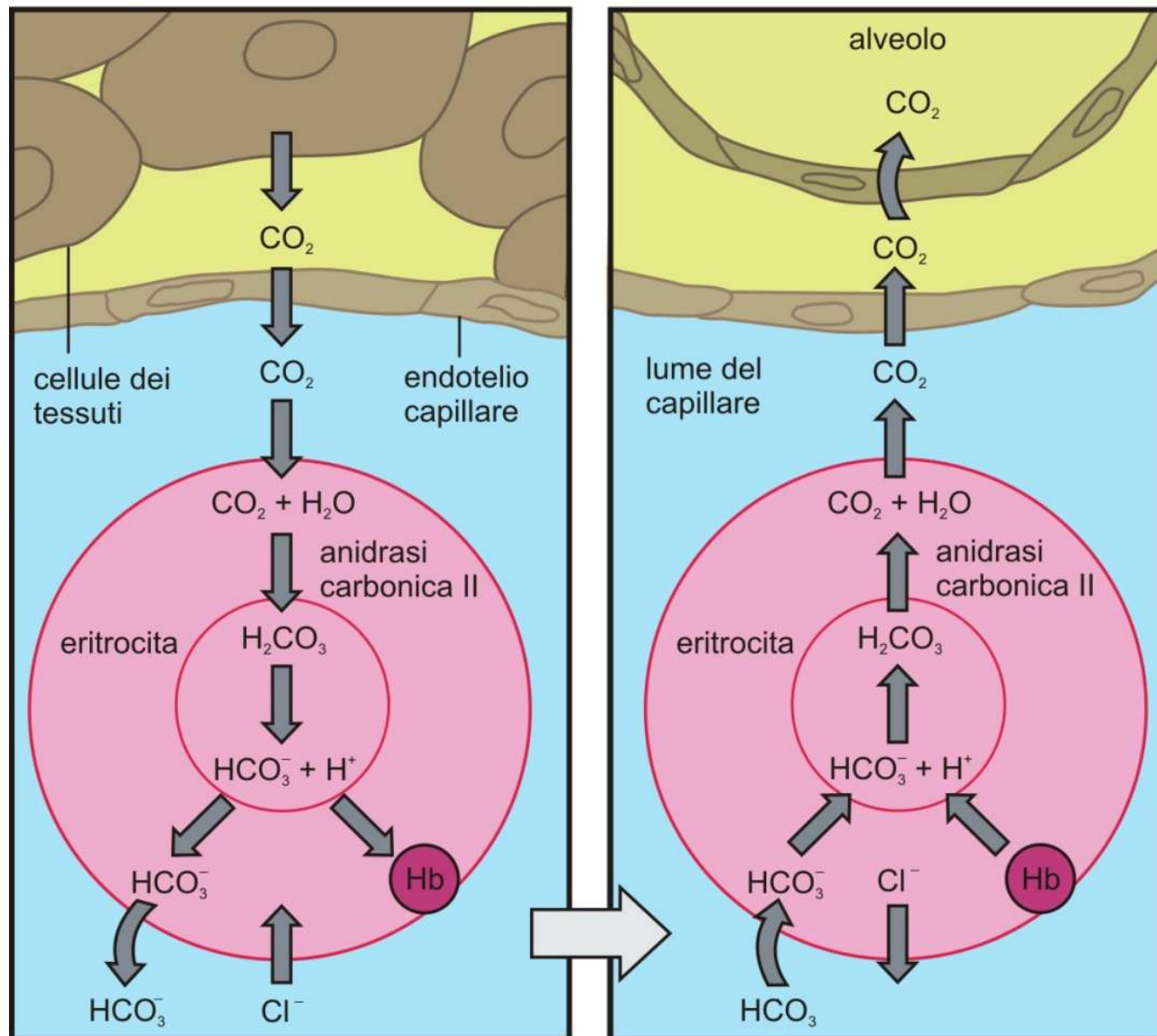
La ventilazione nei polmoni può essere definita **ventilazione da pressione negativa**.

Il trasporto dei gas respiratori nei fluidi interni

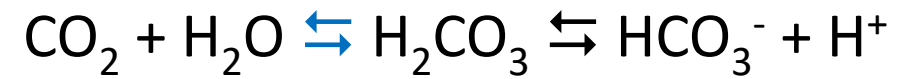
Il legame con l' O_2 è fondamentale per tutti gli organismi.

Il legame con la CO_2 è significativo solo negli animali a respirazione polmonare (regolazione del pH).



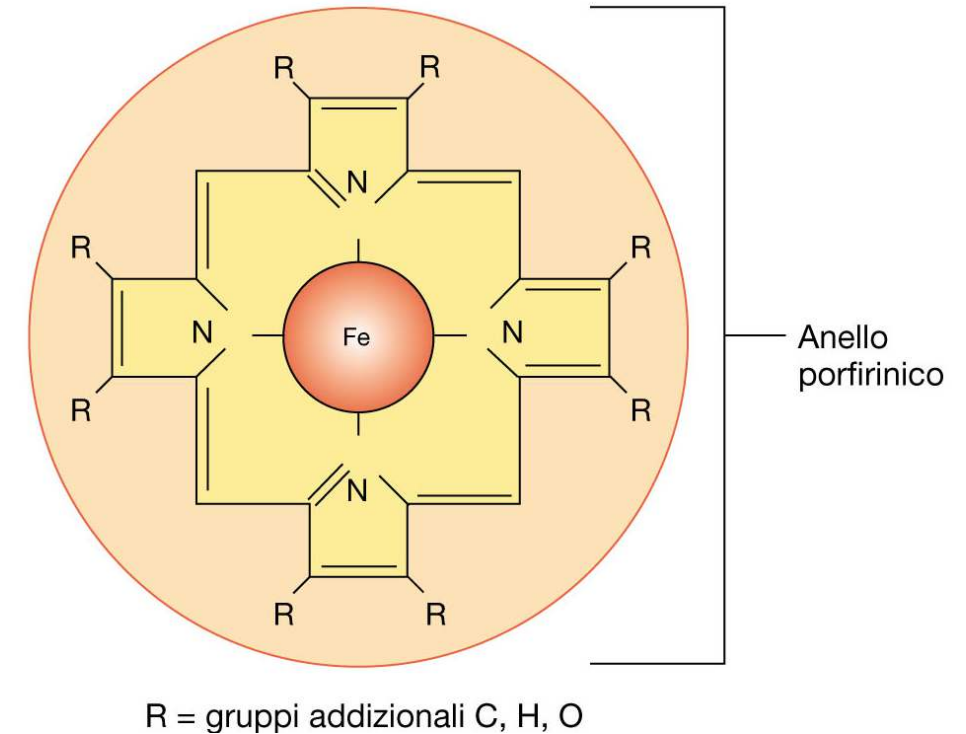
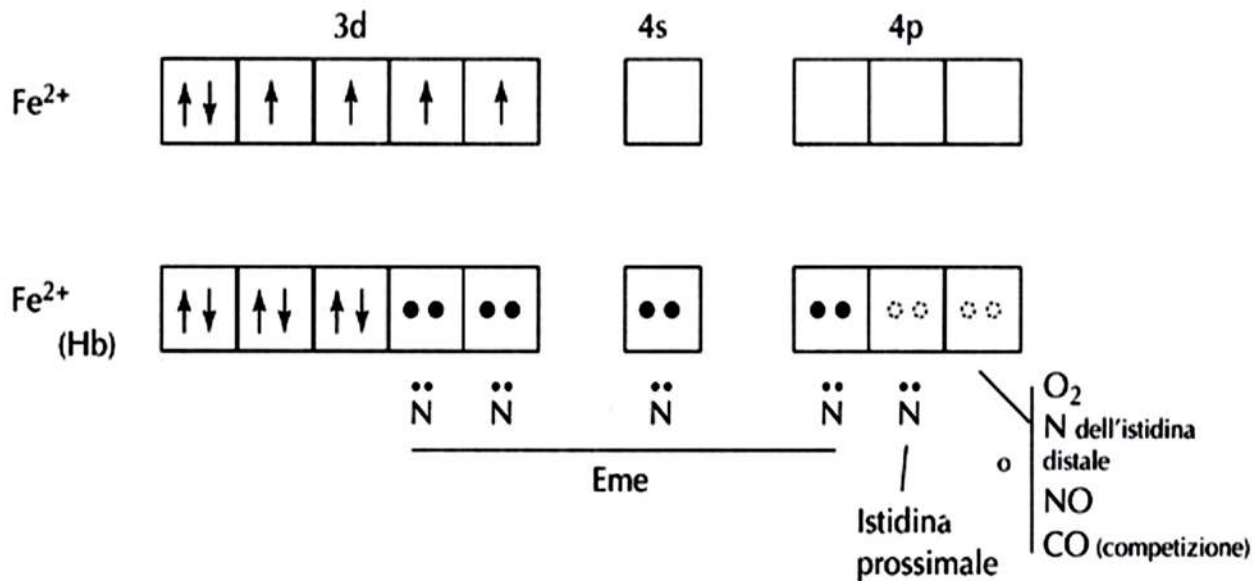


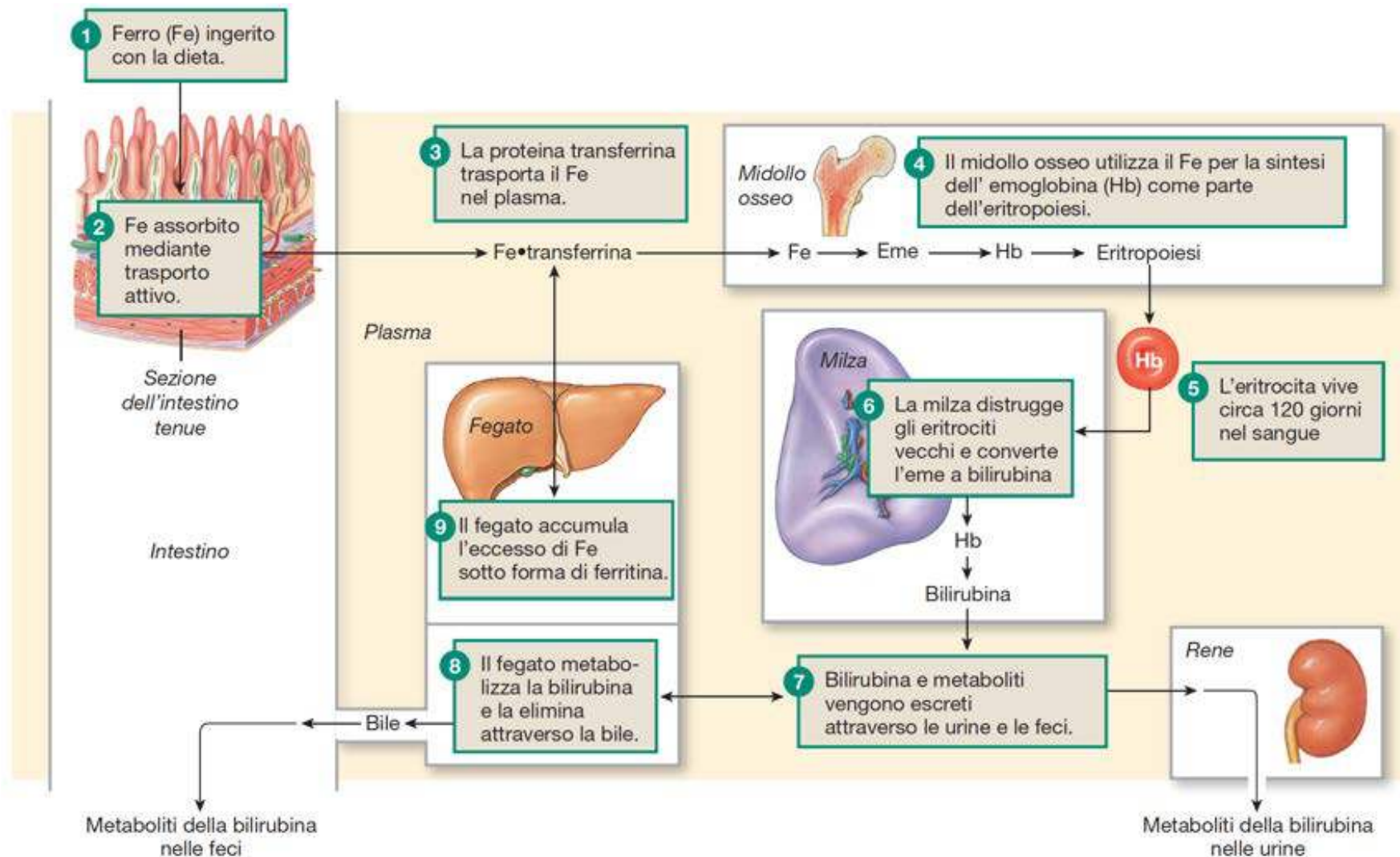
anidrasi carbonica II



EMOGLOBINE rosso vivo (ossigenate) o rosso porpora (deossigenate) contenenti Fe^{2+} -eme.

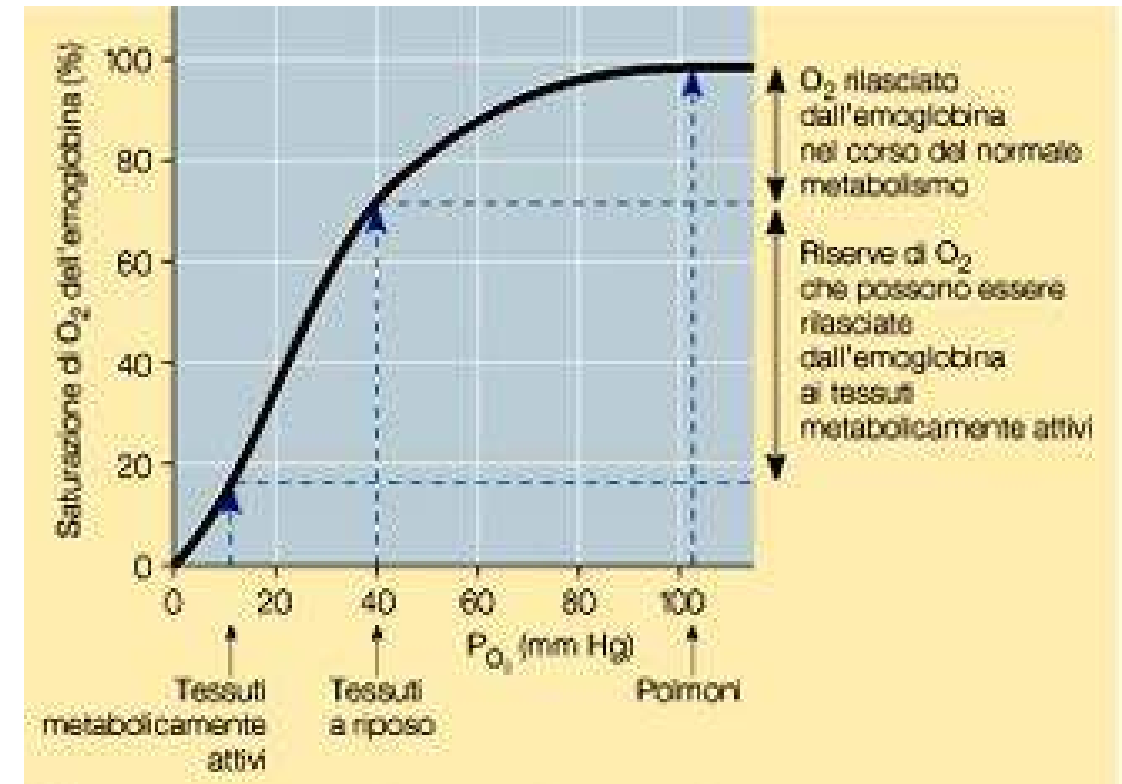
Proteine tetrameriche (64 kDa) a localizzazione intracellulare.

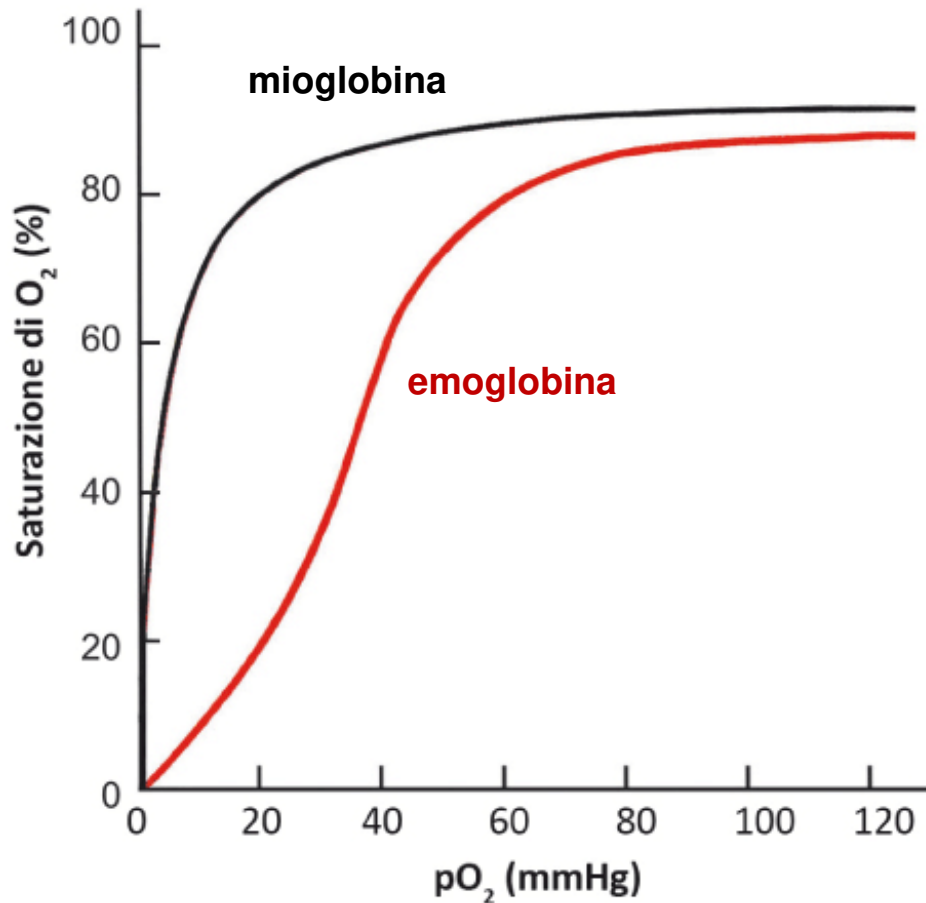




Il ferro contenuto nell'emoglobina viene recuperato dalla dieta e il suo metabolismo coinvolge, oltre all'epitelio intestinale, il fegato, il midollo osseo, la milza e il rene.

- saturazione reversibile, in relazione alla pO_2
- saturazione pressoché totale nei capillari alveolari
- dissociazione efficace ma parziale a livello dei tessuti
- curva di saturazione sigmoide (**effetto cooperativo**) in quanto l'ossigenazione parziale produce un cambiamento conformazionale, passando da una conformazione tesa (conformazione T) ad uno stato rilassato (conformazione R), il quale facilita l'accesso di altre molecole di O_2 alle subunità non ossigenate

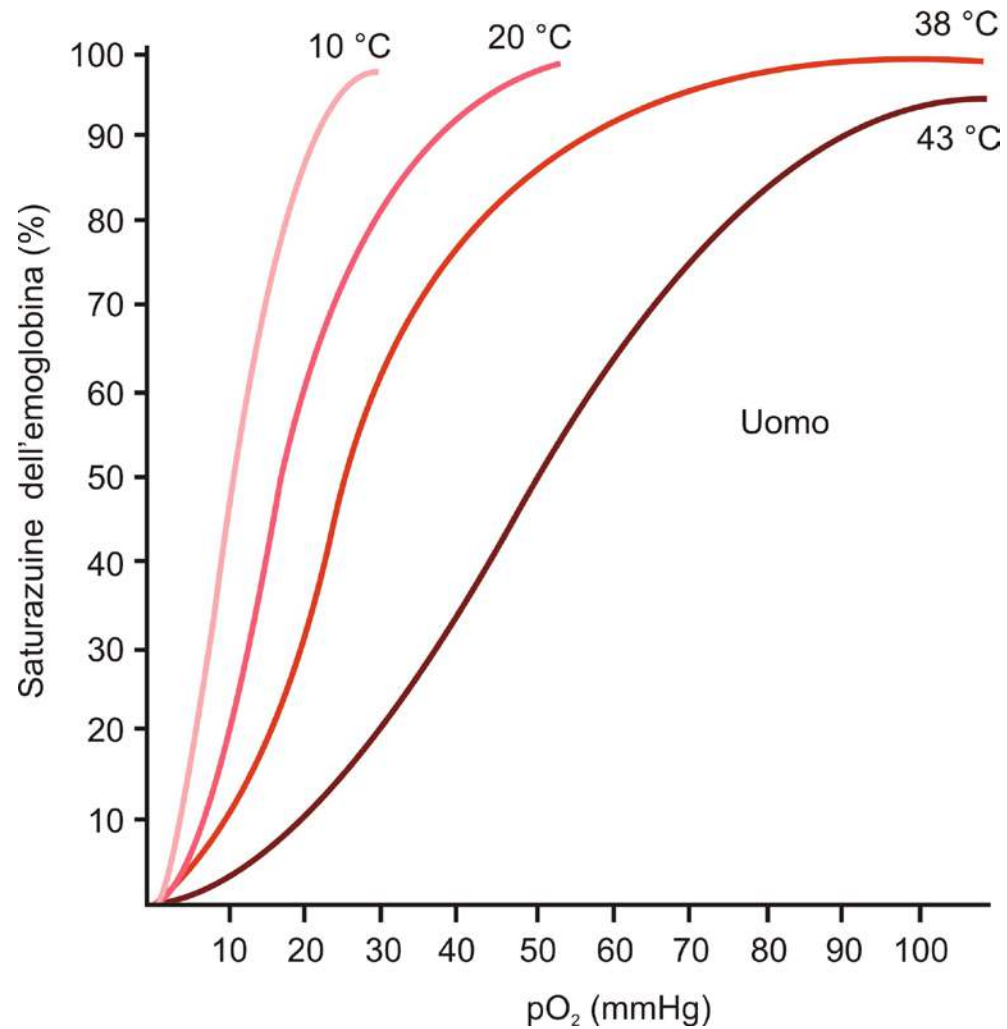




La **mioglobina** è una proteina monomerica (24 kDa) localizzata nei muscoli, soprattutto nelle fibrocellule muscolari scheletriche e nel cuore con funzione di riserva di O₂.

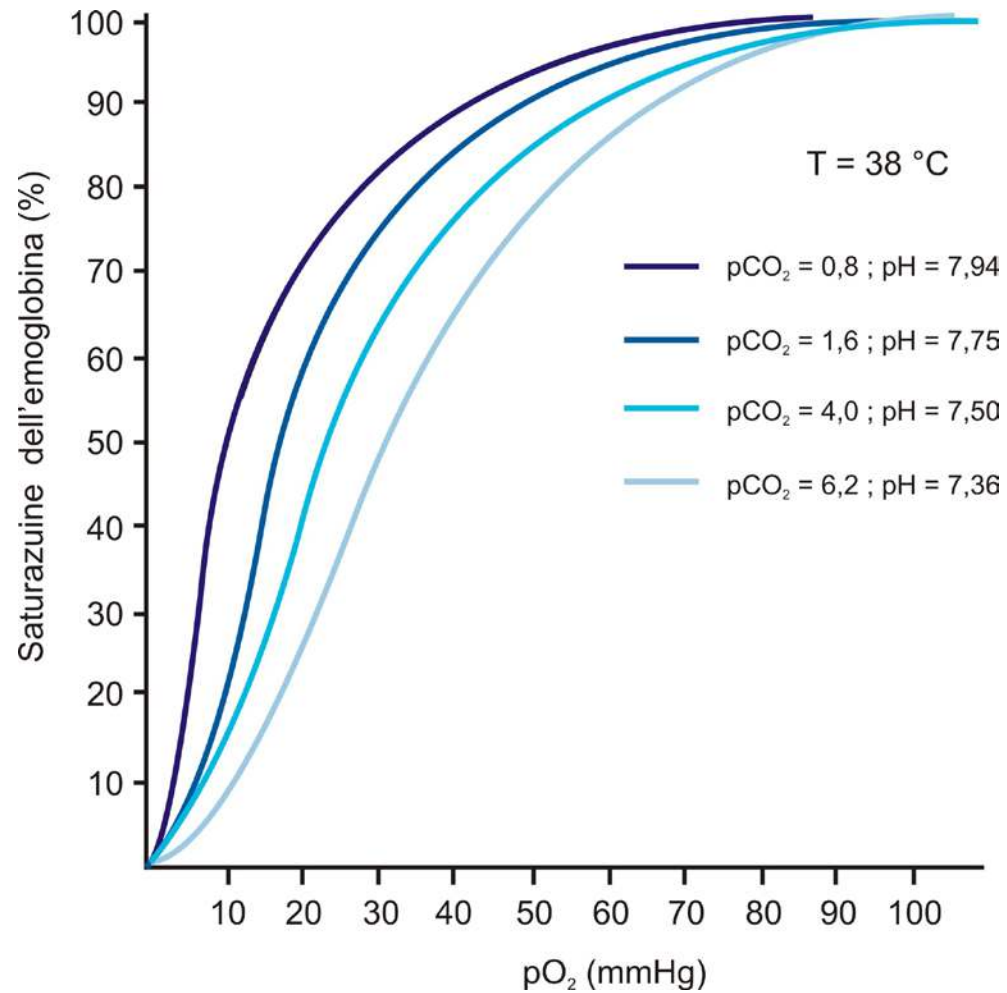
Nel cervello dei mammiferi sono presenti alcuni pigmenti respiratori (**neuroglobina** e **citoglobina**) che potrebbero avere un ruolo protettivo in condizioni di scarsa disponibilità di O₂ e ad un incremento della formazione di ROS.

L'influenza della temperatura



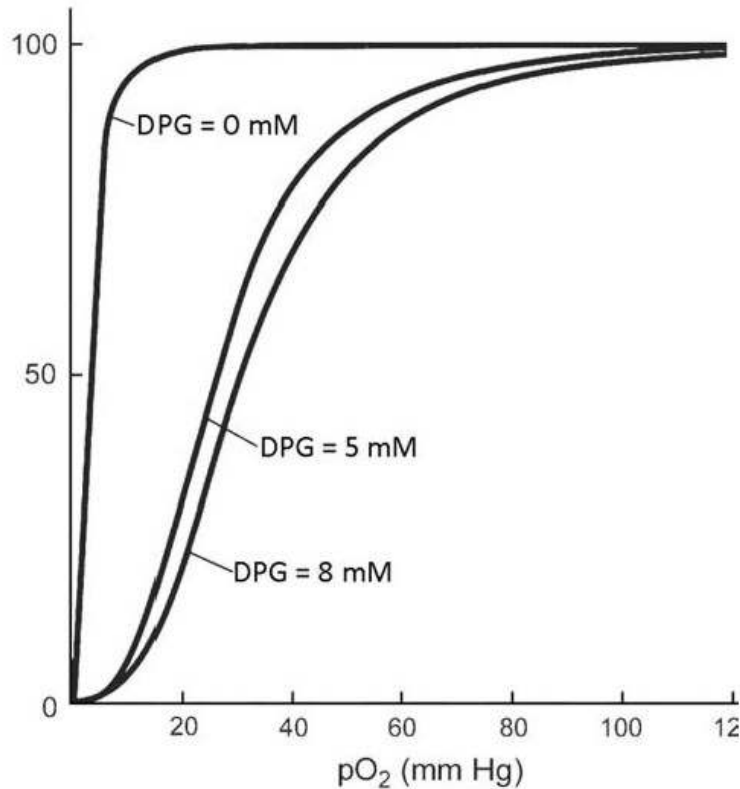
La diminuzione della temperatura favorisce la saturazione.

L'influenza del pH

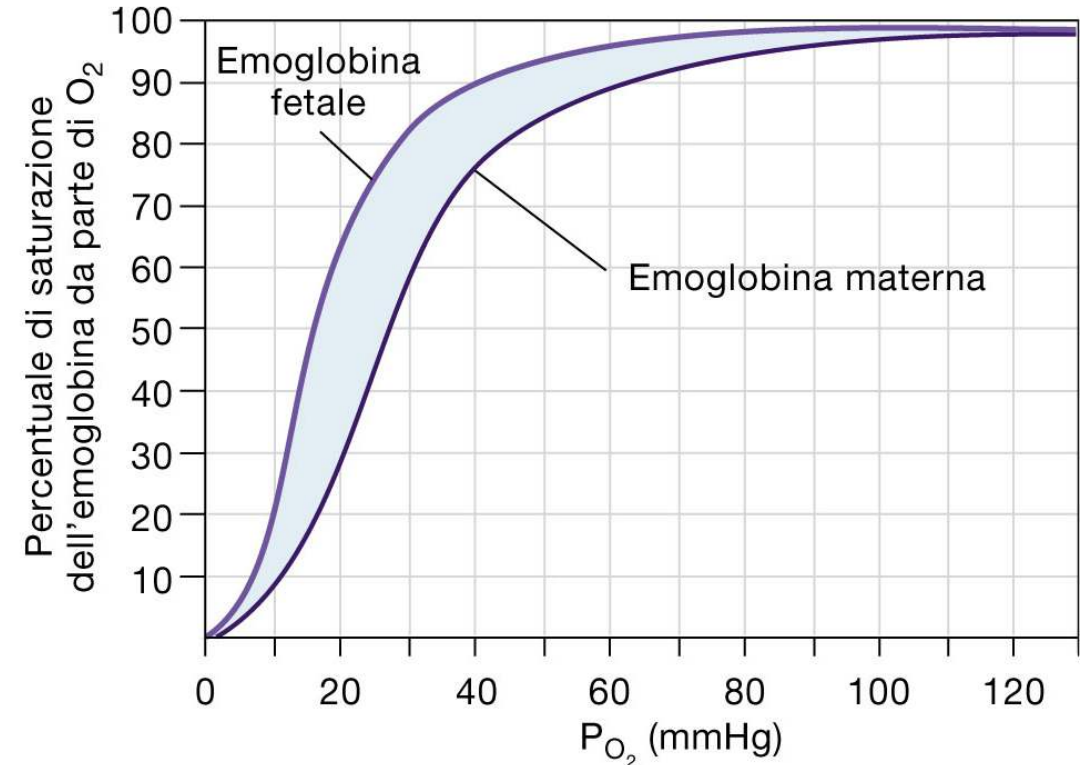


L'aumento della pCO_2 e la diminuzione del pH favoriscono il rilascio di O_2 (**effetto Bohr**).

L'influenza del 2,3-DPG



Nel feto prevale l'emoglobina $\alpha_2\gamma_2$ (emoglobina fetale o emoglobina F), mentre nell'adulto prevale l'emoglobina $\alpha_2\beta_2$.



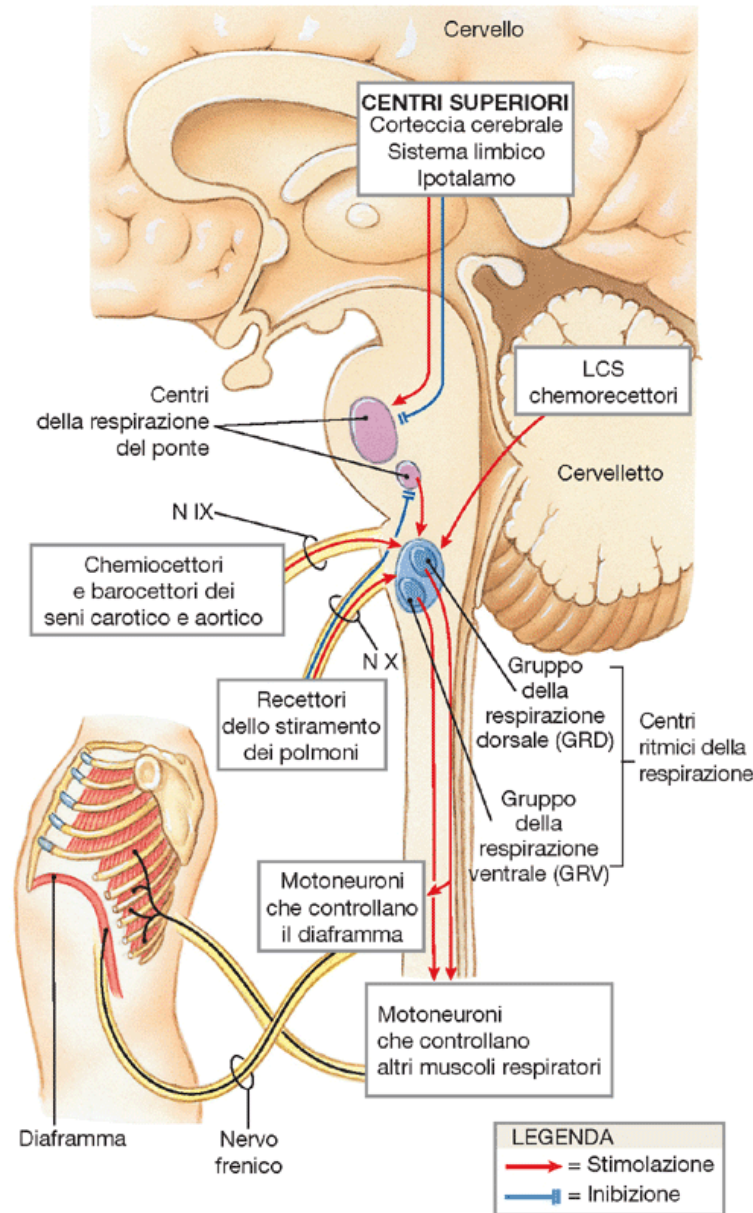
L'attività respiratoria è prodotta da un'attività nervosa ritmica generata a livello del **regolatore del pattern centrale**.

L'attività ritmica neuronale
si riflette in tre fasi
respiratorie:

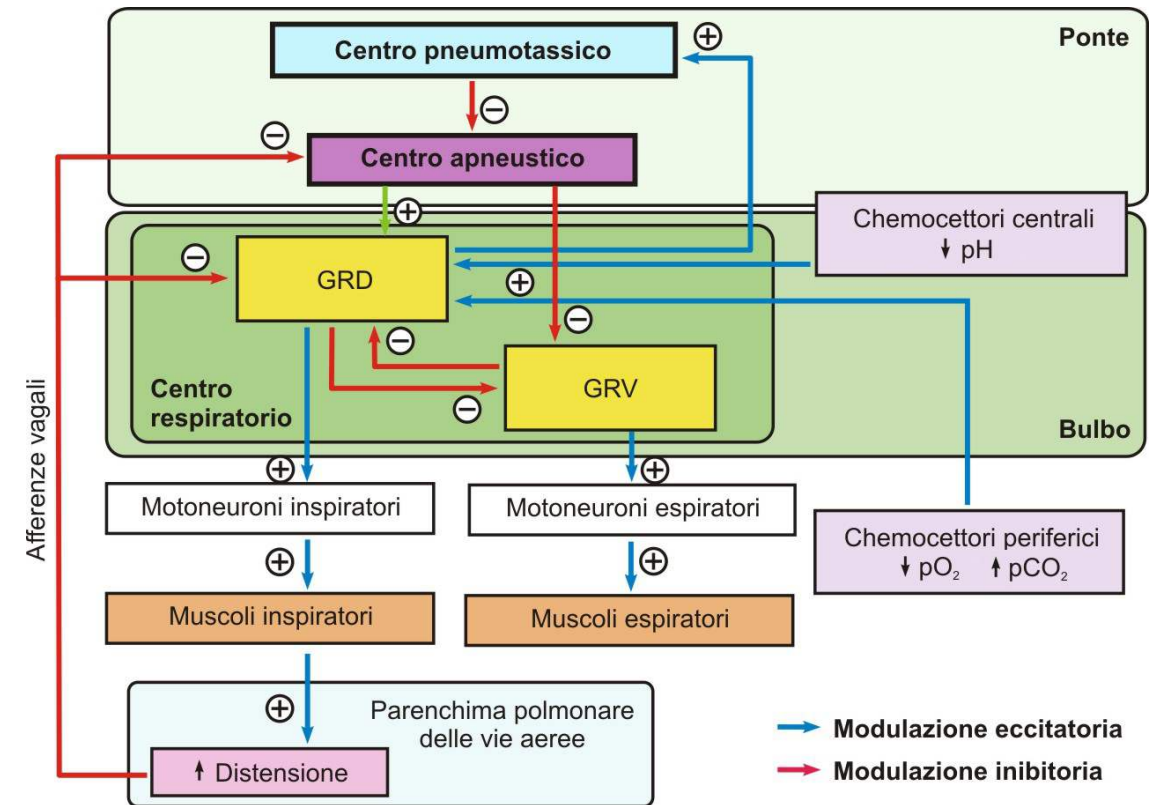
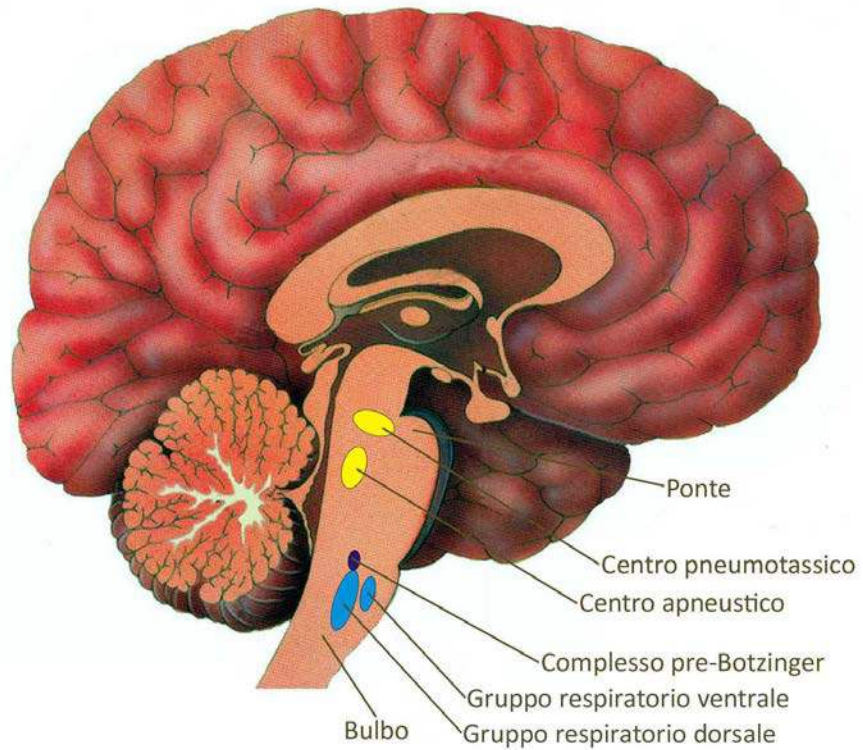
FASE INSPIRATORIA (I)

FASE POSTINSPIRATORIA o
ESPIRATORIA PASSIVA (**E1**)

FASE ESPIRATORIA ATTIVA (E2)



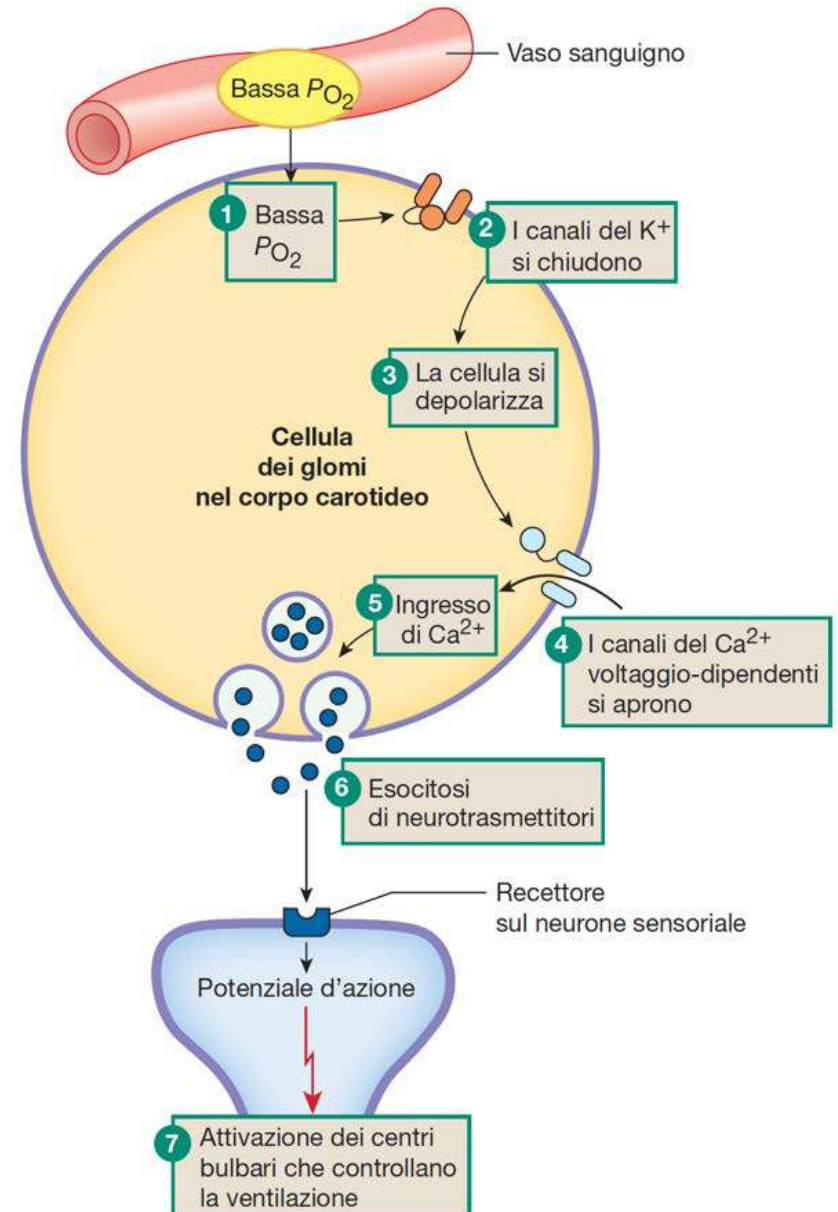
Il controllo della respirazione polmonare



Ci sono due tipi di recettori coinvolti nella regolazione della respirazione:

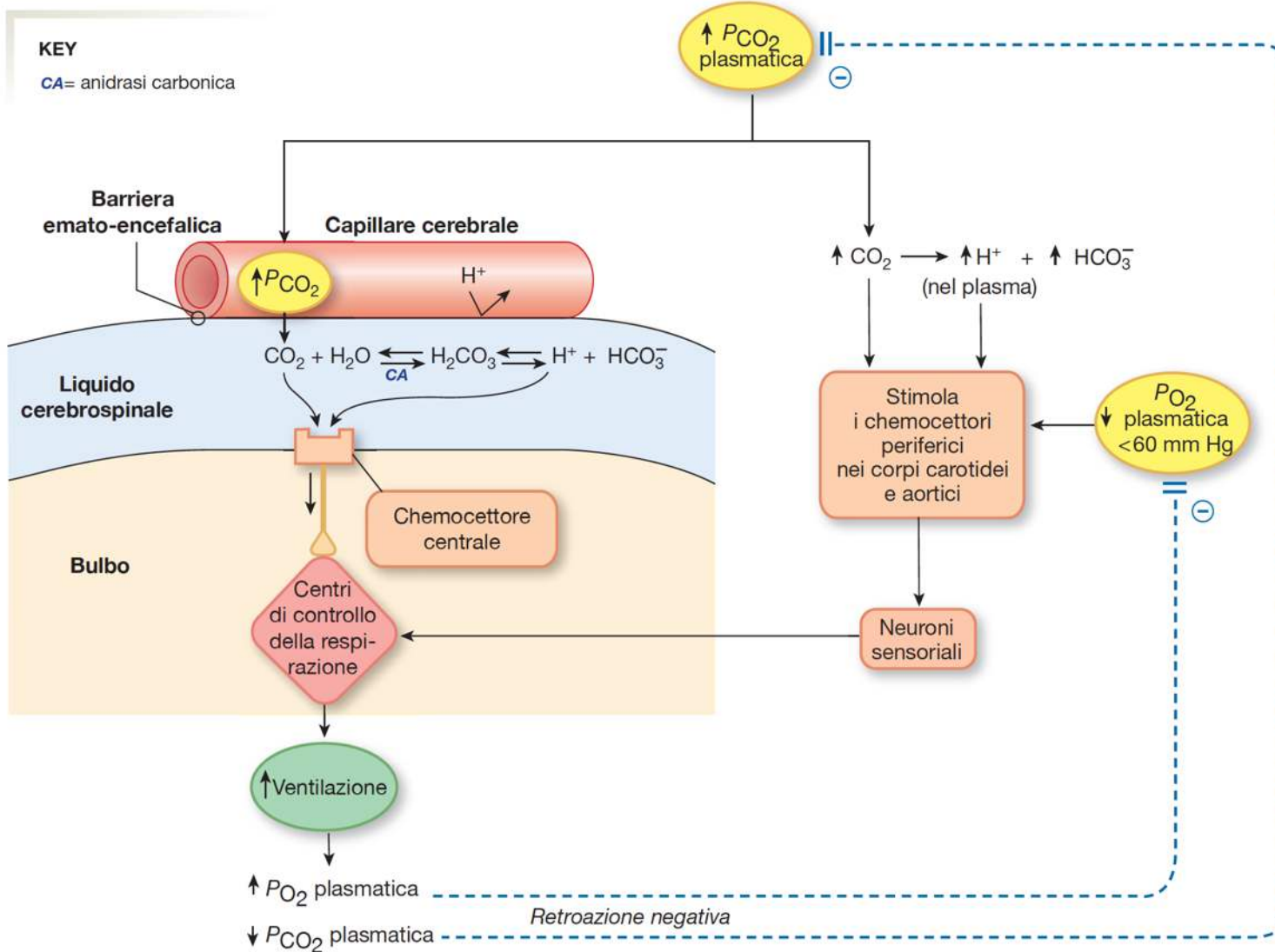
❖ **Chemiorecettori centrali** (bulbari) maggiormente sensibili a variazioni del pH

❖ **Chemiorecettori periferici** (aortici e carotidei) maggiormente sensibili a variazioni della $p\text{CO}_2$ o della $p\text{O}_2$.



I chemocettori centrali rilevano la CO_2 nel liquido cerebrospinale.

I chemocettori carotidei e aortici rilevano CO_2 , O_2 , e H^+ .



Il ritmo respiratorio di base e l'ampiezza degli atti respiratori possono essere modificati.

Il fattore di controllo principale è la pCO_2 e, in misura minore, la pO_2 (solo quando scende al di sotto dei 60 mm Hg).

Le ROS (Reactive Oxygen Species)

