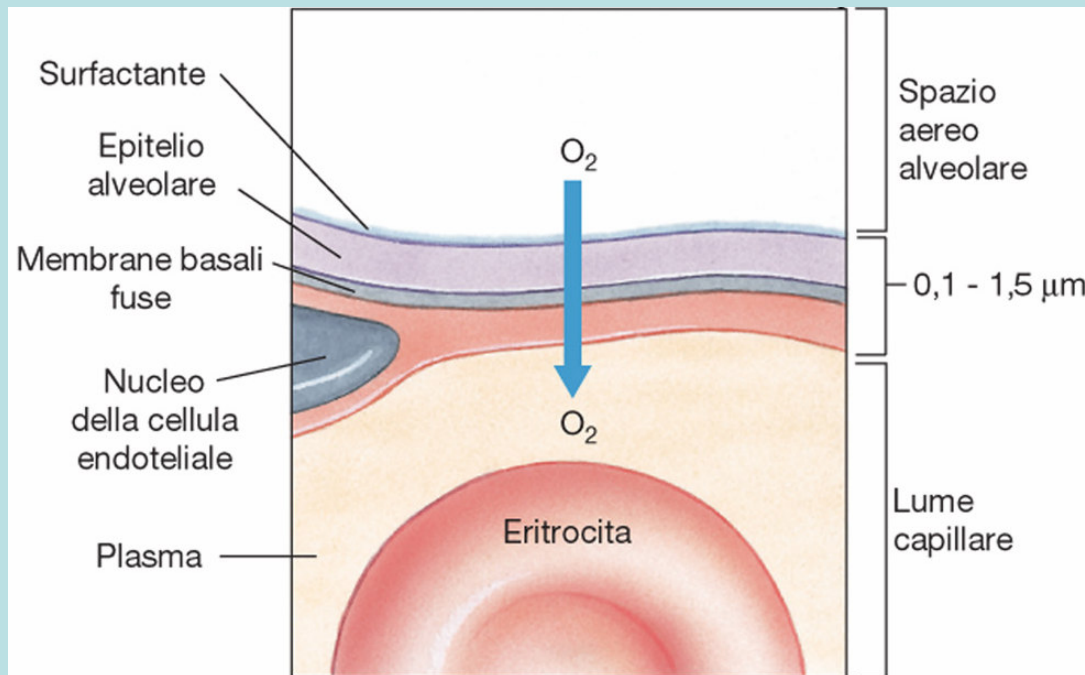


L'ossigeno **diffonde** attraverso le cellule alveolari ed endoteliali per entrare e **solubilizzarsi** nel plasma.



1

DIFFUSIONE

Lo scambio di O_2 e CO_2 tra polmoni e sangue o tra sangue e cellule segue le regole della diffusione semplice attraverso membrane, descritte dalla legge di Fick: $J = P\Delta C$

La velocità di diffusione v è data da: $v = J \times S$, dove S è la superficie attraverso cui avviene lo scambio.

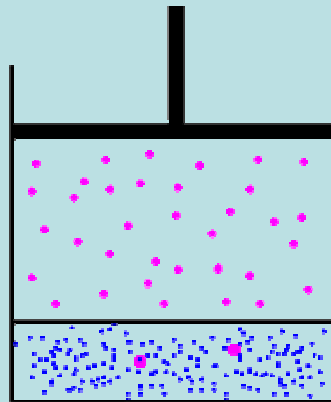
Pertanto, la velocità di diffusione è direttamente proporzionale alla superficie ed al ΔC , inversamente proporzionale allo spessore della membrana.

2

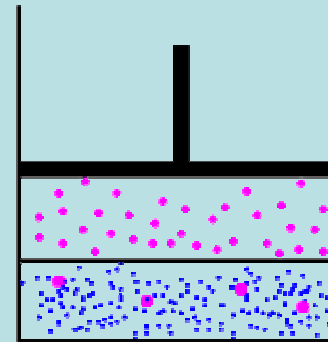
SOLUBILIZZAZIONE

Legge di Henry

- La solubilità di un gas in un liquido dipende da: temperatura, pressione parziale del gas, natura del solvente, natura del gas.
- La solubilità dei gas è governata dall'equilibrio tra fase gassosa e soluzione satura.
- Legge di Henry: $[S] = k P$ in cui $[S]$ è la solubilità, P la pressione parziale del gas e k il coefficiente di solubilità.
 $[S]$ in cm^3/L , P in atm e k in $(\text{cm}^3\text{L})/\text{atm}$ oppure
 $[S]$ in gL , P in atm e k in $(\text{gL})/\text{atm}$



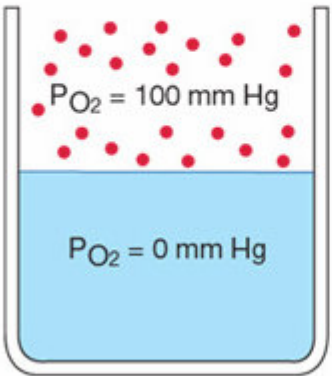
Raddoppia la pressione
parziale del gas



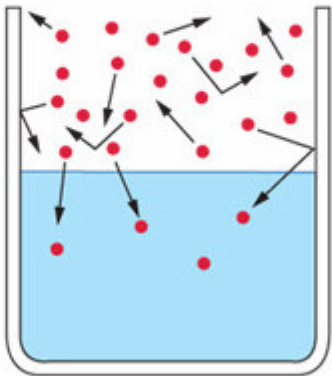
Raddoppia la solubilità

O_2

(a) Condizione iniziale:
non vi è O_2 in soluzione.



(b) L'ossigeno si discioglie.

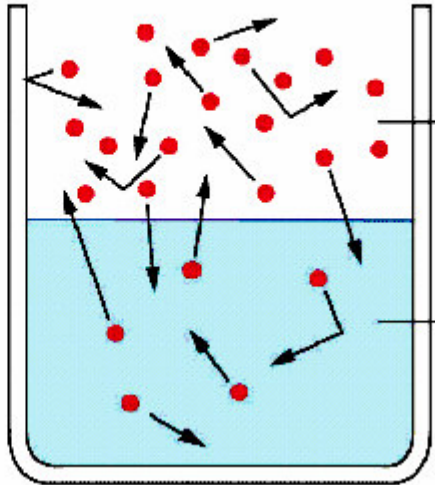


All'equilibrio
le pO_2 sono
uguali nelle
due fasi

Equazione di stato



Legge di Henry



$P_{O_2} = 100 \text{ mm Hg}$
 $[O_2] = 5.20 \text{ mmol/L}$

$P_{O_2} = 100 \text{ mm Hg}$
 $[O_2] = 0.15 \text{ mmol/L}$

Il valore di k per un certo gas dipende dalla temperatura, natura del gas e del solvente. A temperatura costante, l'equazione di Henry diventa

$$\frac{C_1}{P_1} = \frac{C_2}{P_2}$$

La concentrazione di ossigeno in acqua è 0.44g / 100 mL soluzione quando la pressione parziale è 150 mm Hg. Se la pressione è ridotta a 56 mm Hg, quale sarà la solubilità del gas?

$P_1 = 150 \text{ mm Hg}$ -----

$C_1 = 0.44 \text{ g O}_2 / 100 \text{ mL solution}$

$P_2 = 56 \text{ mm Hg}$ -----

$C_2 = ?$

$$C_2 = (56 \text{ mm-Hg}) \left(\frac{0.44 \text{ g O}_2 / 100 \text{ mL solution}}{150 \text{ mm-Hg}} \right)$$

$C_2 = 0.15 \text{ g O}_2 / 100 \text{ mL solution}$

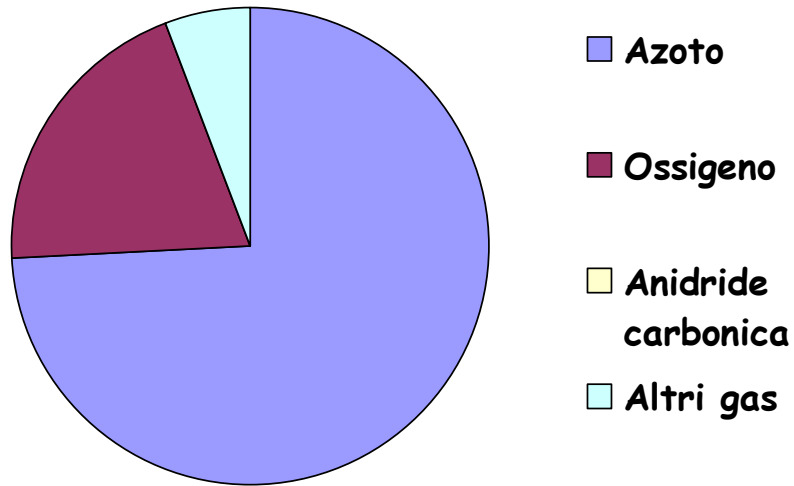
COEFFICIENTE DI SOLUBILITA' DEI GAS IN H₂O
cm³ gas/L (H₂O) x atm

	0°	37°
N₂	24	13
O₂	49	25
CO₂	170	56

COEFFICIENTI DI SOLUBILITA' DEI GAS ANESTETIZZANTI A 37°C
cm³/L x atm

Ciclopropano	415
Etere etilico	1520

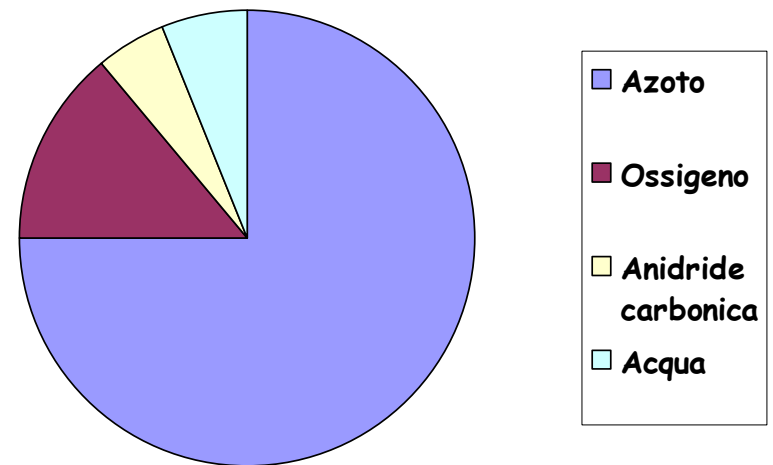
ARIA ATMOSFERICA SECCA



$$P_{O_2} = P_{atm} \times 0,21$$

$$P_{N_2} = P_{atm} \times 0,78$$

ARIA ALVEOLARE

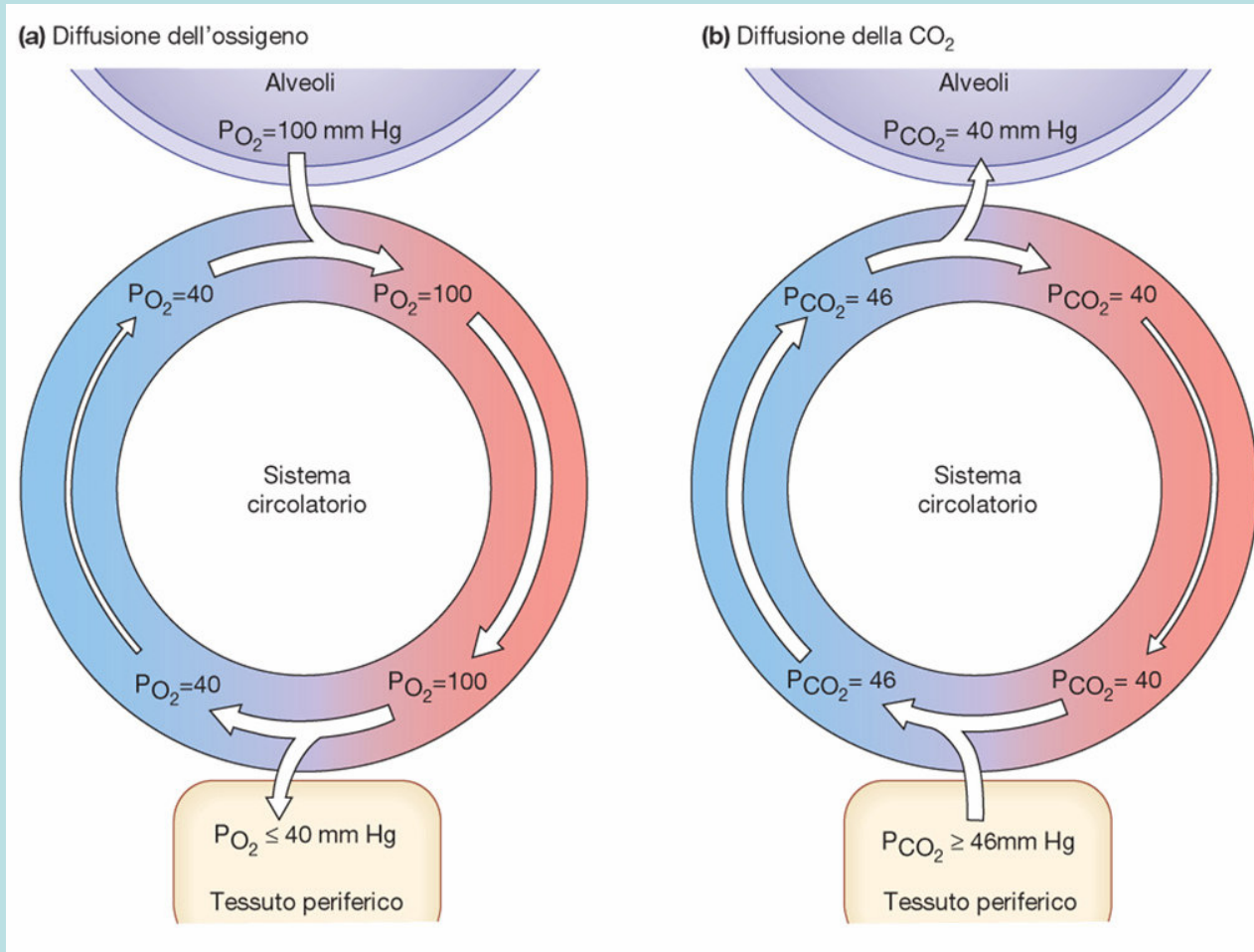


$$P_{O_2} = P_{atm} \times 0,14$$

$$P_{N_2} = P_{atm} \times 0,75$$

$$P_{CO_2} = P_{atm} \times 0,05$$

$$P_{H_2O} = 47 \text{ mmHg}$$

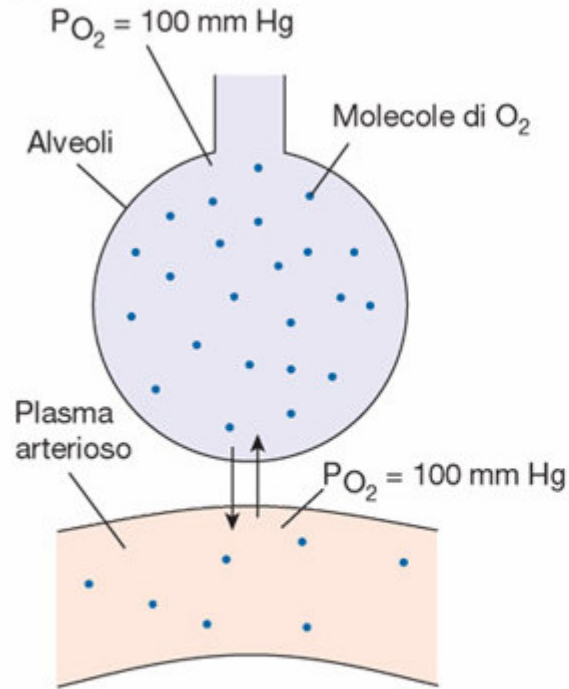


Valori normali dei gas ematici e del pH

	Sangue arterioso	Sangue venoso
P_{O_2}	95 mmHg (85-100)	40 mmHg
P_{CO_2}	40 mmHg (35-45)	46 mmHg
pH	7,4 (7,38-7,42)	7,37

(a) Trasporto dell'ossigeno nel sangue in assenza di emoglobina.

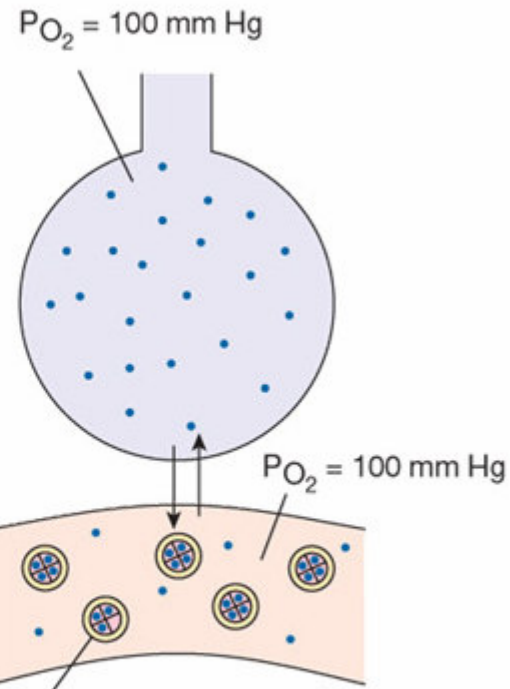
P_{O_2} alveolare = P_{O_2} arteriosa



$K = 25 \text{ cm}^3/\text{L atm}$

Contenuto di O_2 nel plasma = 3 mL O_2/L sangue

(b) Trasporto dell'ossigeno con P_{O_2} normale nel sangue in presenza di emoglobina.

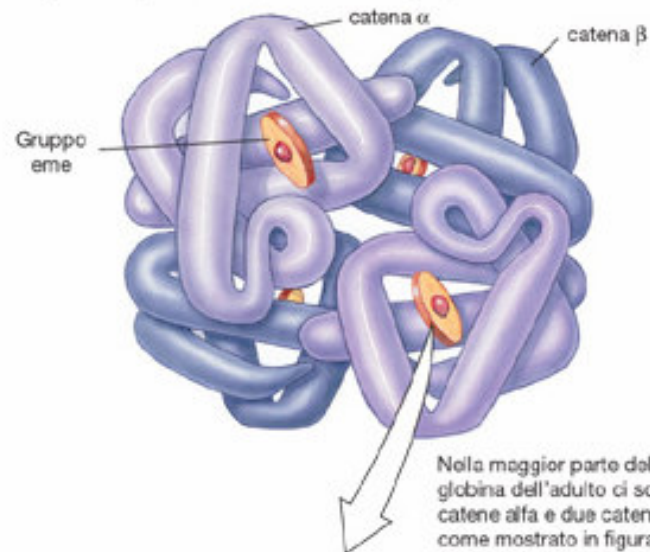


Gli eritrociti contenenti emoglobina trasportano il 98% del loro massimo carico di ossigeno.

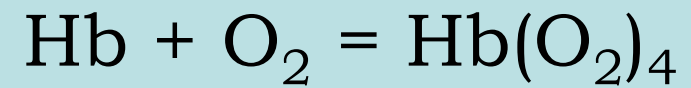
$K = 165 \text{ cm}^3/\text{L atm}$

Contenuto di O_2 nel plasma = 200 mL O_2/L sangue

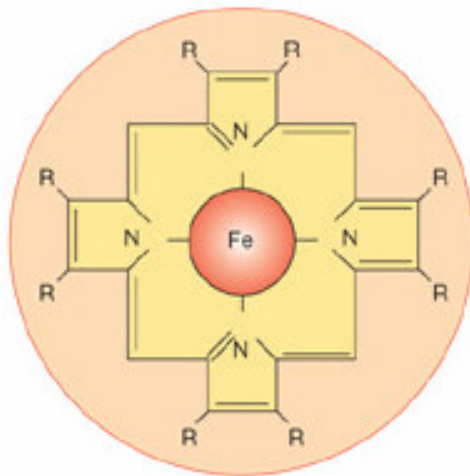
(a) Una molecola di emoglobina è costituita da quattro catene della proteina globina, ognuna delle quali circonda un gruppo eme.



Nella maggior parte dell'emoglobina dell'adulto ci sono due catene alfa e due catene beta, come mostrato in figura.

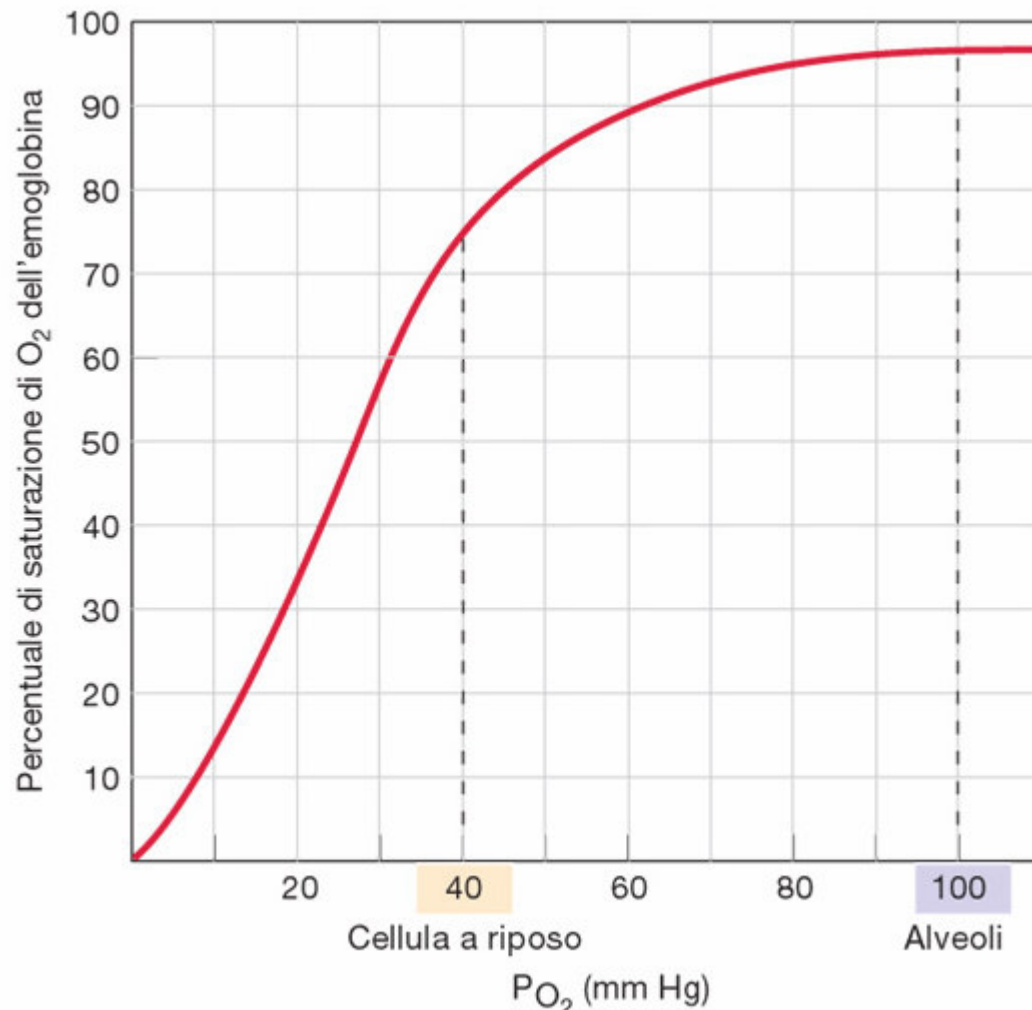


(b) Un gruppo eme è costituito da un anello di porfirina con un atomo di ferro al centro.



R = gruppi addizionali contenenti C, H, O

Il legame della prima molecola di O_2 influenza l'affinità di legame delle molecole successive.



Osservazioni

A valori di
 $pO_2 = 100 \text{ mmHg}$
% saturazione Hb=98%

Tra 70 e 100 mmHg la
curva è piatta.

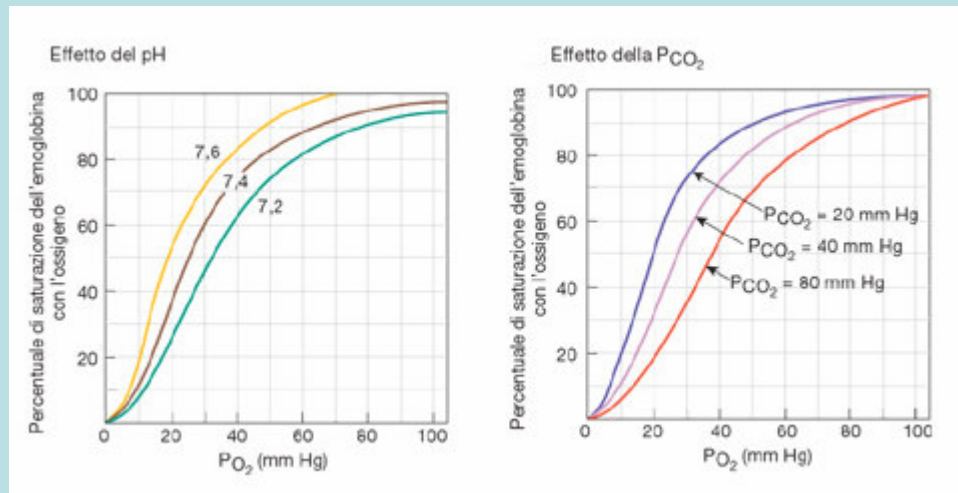
Il 100% di saturazione
si raggiunge a
650 mmHg.

Tra 60 e 10 mmHg, la
pendenza della curva
è ripida.

Significato

Nei tessuti metabolicamente attivi ($pO_2 \leq 40$), l'HbO₂ si dissocia rapidamente.

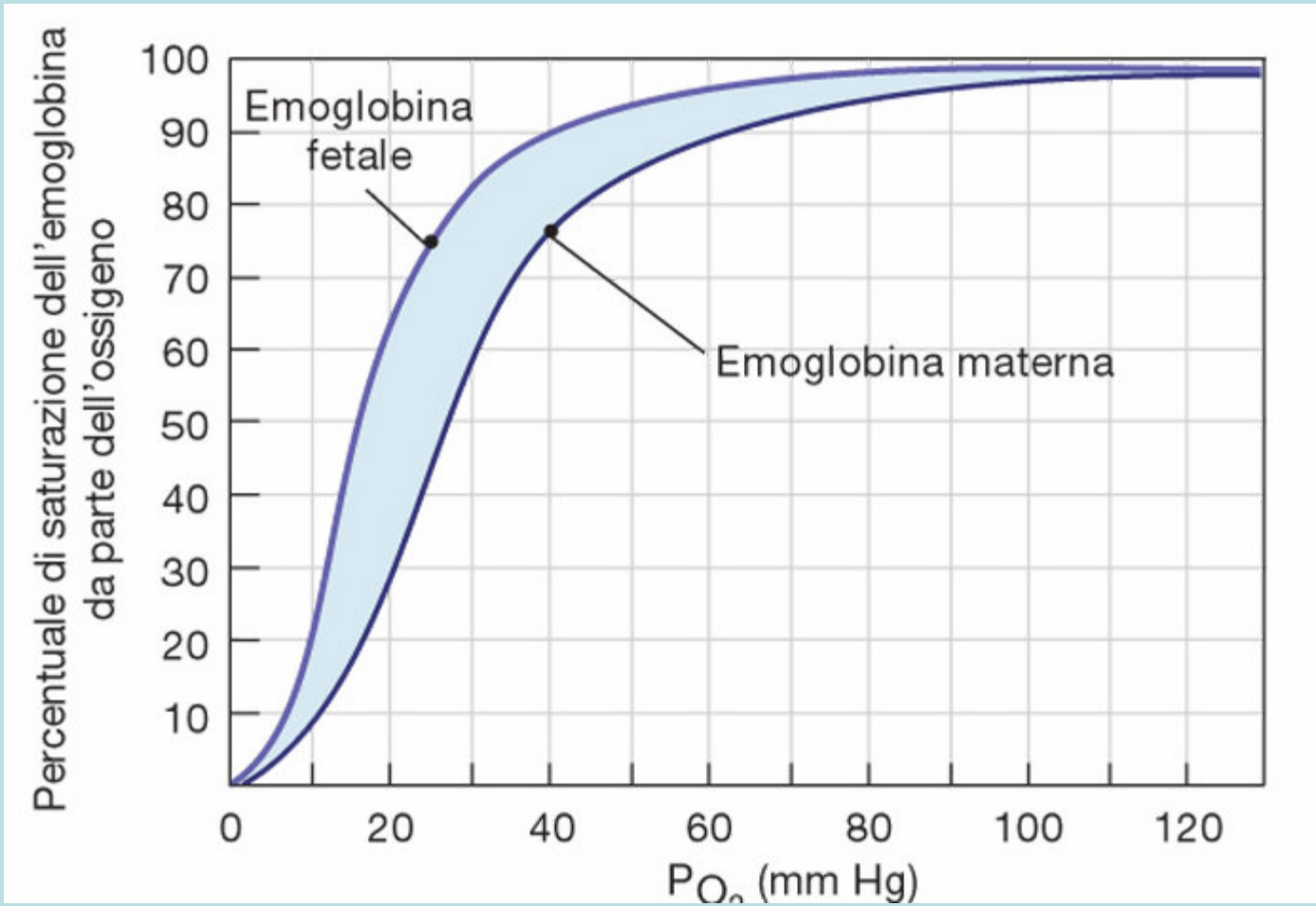
Effetto Bohr = spostamento della curva di affinità al variare del pH. Al diminuire del pH l'affinità decresce.

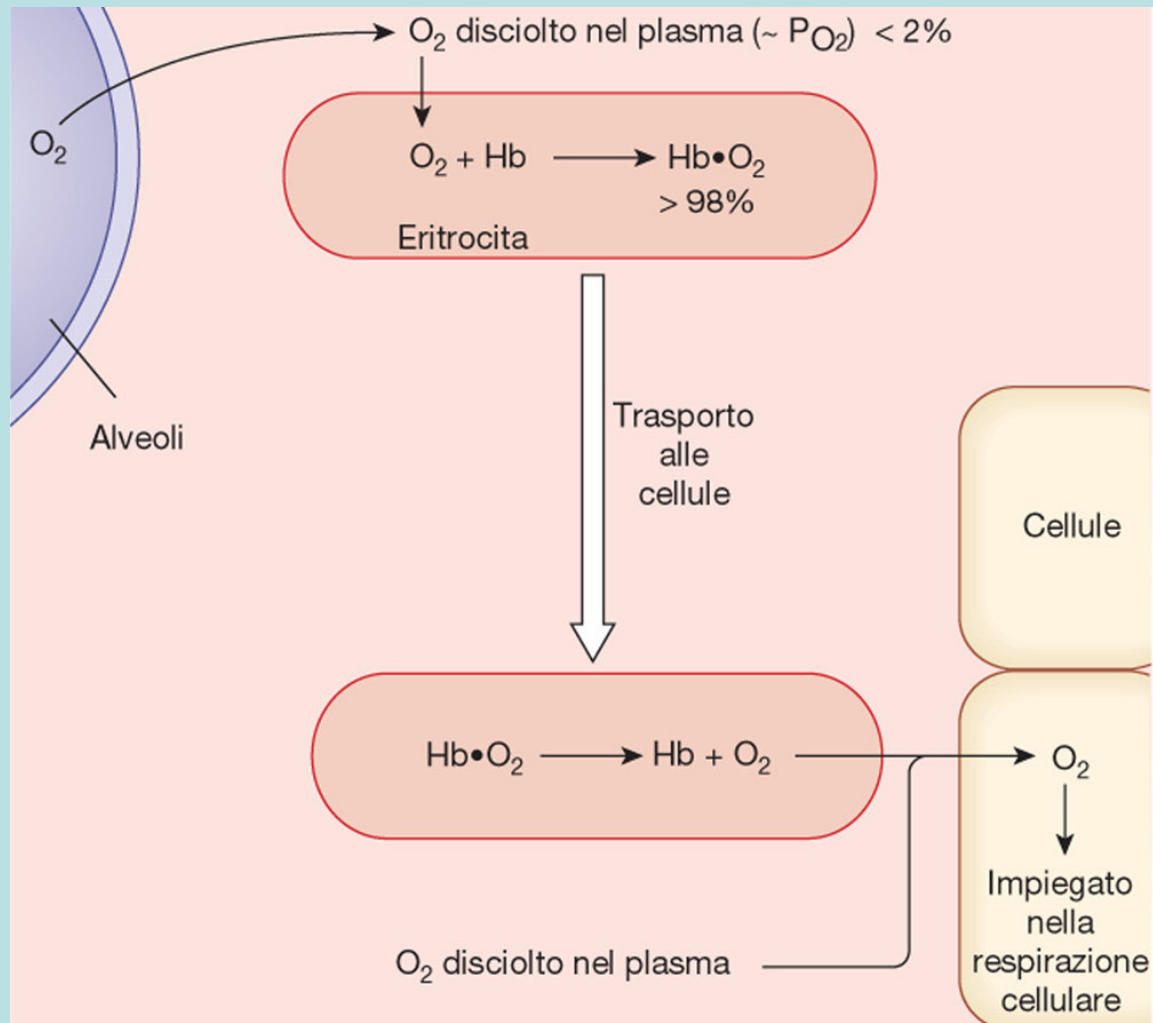


La $p\text{CO}_2$ influenza la posizione della curva di saturazione.

Un effetto analogo è mostrato dal 2,3-DPG. Il 2,3-DPG riduce l'affinità dell'Hb per l'O₂.

L'ipossia cronica (lungo periodo di carenza di O₂) innesca un aumento della produzione di 2,3-DPG. L'elevata altitudine e l'anemia innalzano i livelli di 2,3-DPG.





IPOSSIA

Insufficienza di O_2 a
Livello alveolare
(ipossia ipossica)

Disturbi nello scambio di O_2
(ipossia ipossica)

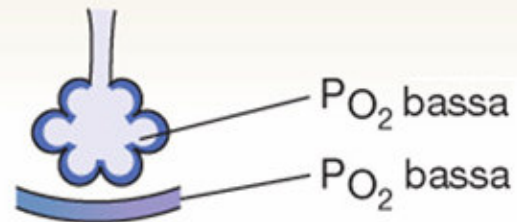
Inadeguatezza del trasporto
di O_2 nel sangue
(ipossia anemica)

Insufficienza di O₂ a
Livello alveolare
(ipossia ipossica)

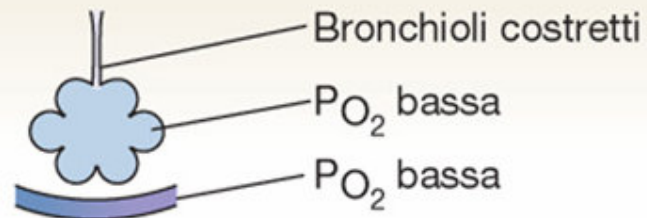
Fisiologica (altitudine)
riduzione pO₂ alveolare

Ipoventilazione

(c) Fibrosi polmonare La perdita della complianza polmonare può diminuire la ventilazione alveolare.

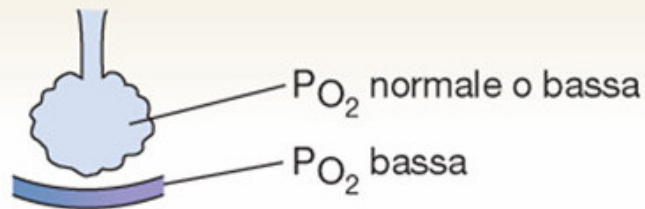


(e) Asma: l'aumento della resistenza delle vie aeree riduce la ventilazione.

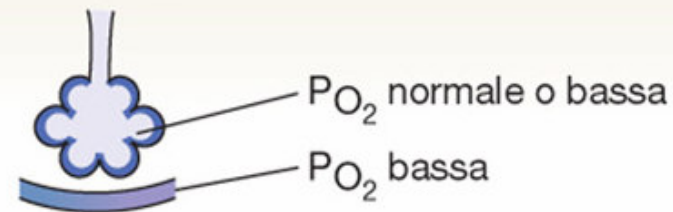


Disturbi nello scambio di O_2 (ipossia ipossica)

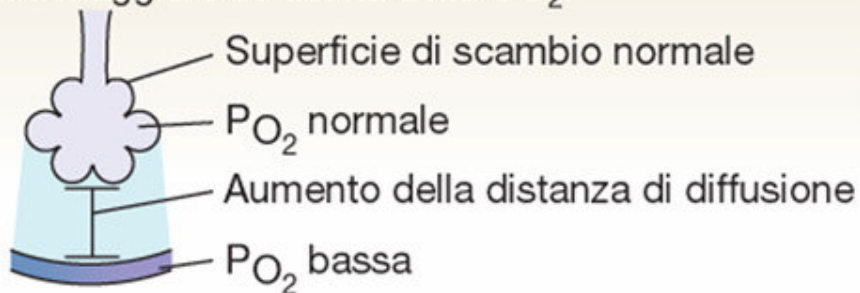
(b) Enfisema: la distruzione degli alveoli determina una diminuzione dell'area utile per lo scambio di gas.



(c) Fibrosi polmonare: l'ispessimento della membrana alveolare determina un rallentamento



(d) Edema polmonare: il liquido nello spazio interstiziale aumenta la distanza di diffusione. La P_{CO_2} nel sangue arterioso può essere normale a causa della maggiore solubilità della CO_2 .



Cause e tipi di ipossia

Ipossia ipossica: bassa P_{O_2} arteriosa

- Fisiologica: elevata altitudine
- Ipoventilazione alveolare
- Riduzione della capacità di diffusione alveolare

Ipossia anemica: riduzione della quantità totale di O_2

- Perdita di sangue ed anemia
- Inalazione di CO

Ipossia ischemica: riduzione del flusso ematico ai tessuti

Ipossia istotossica: incapacità delle cellule ad utilizzare O_2

- Cianuri ed altri veleni metabolici

