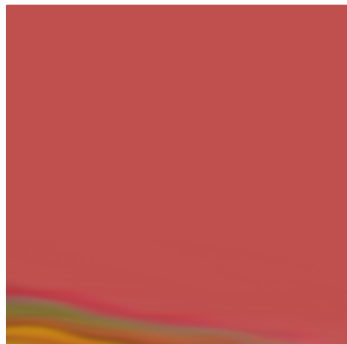
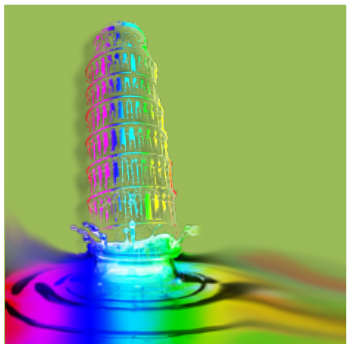
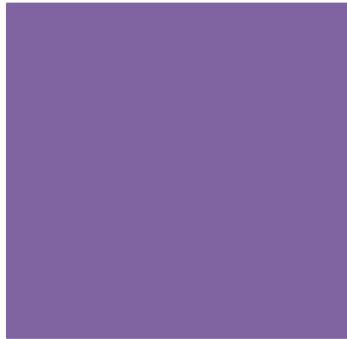




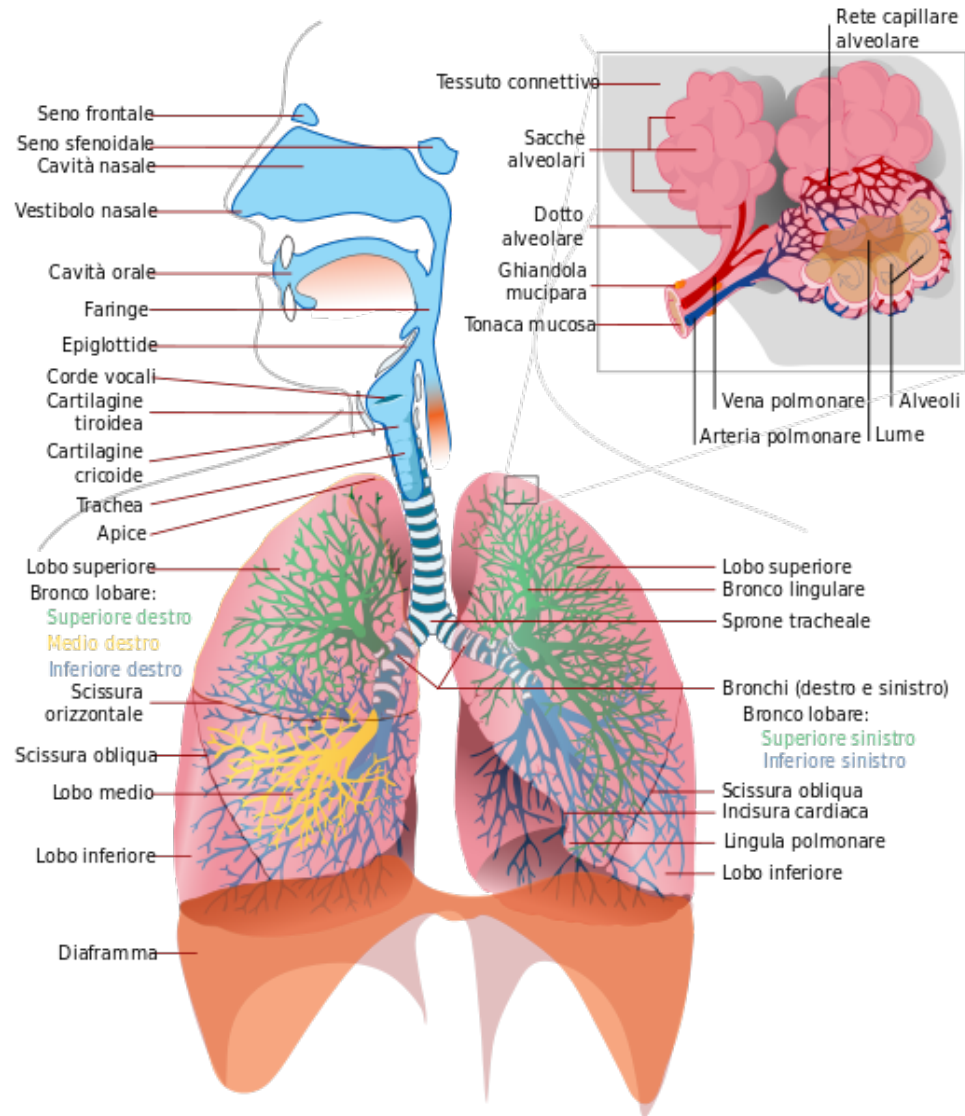
# Sistema respiratorio

---



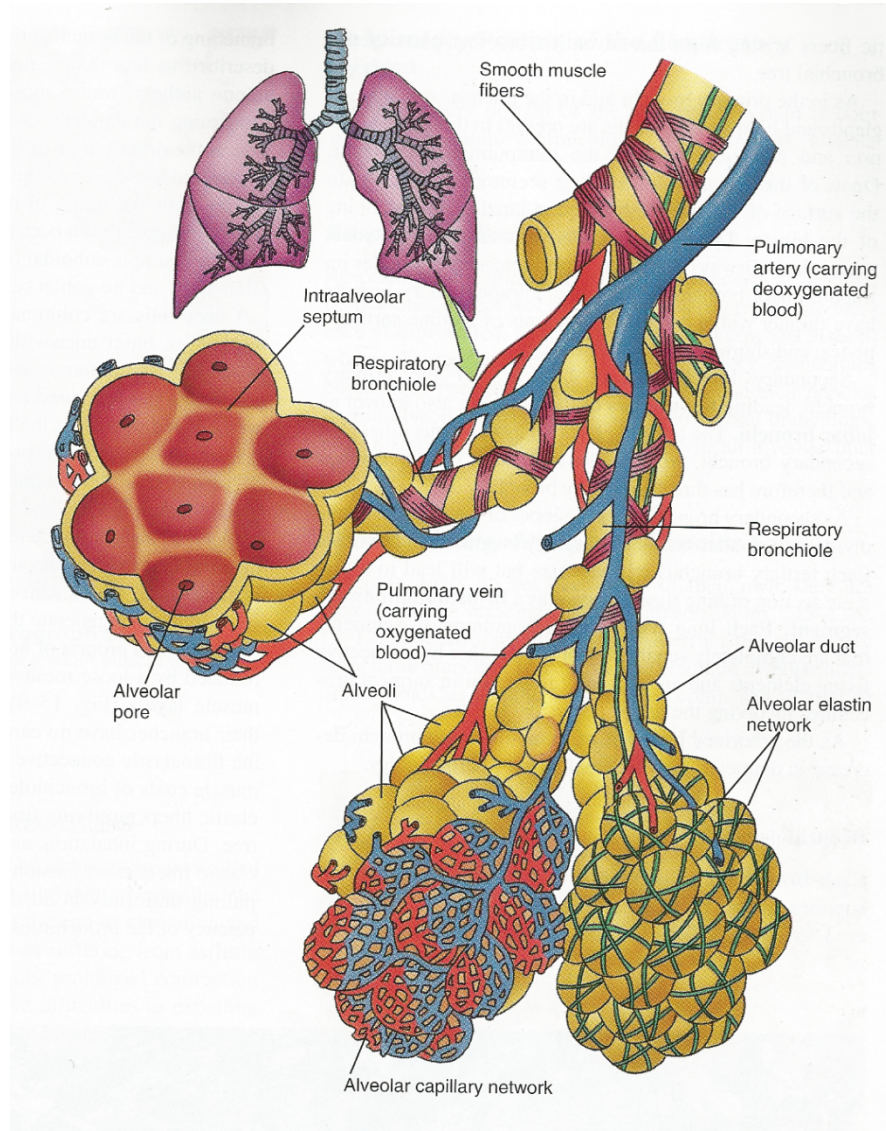


# Sistema respiratorio



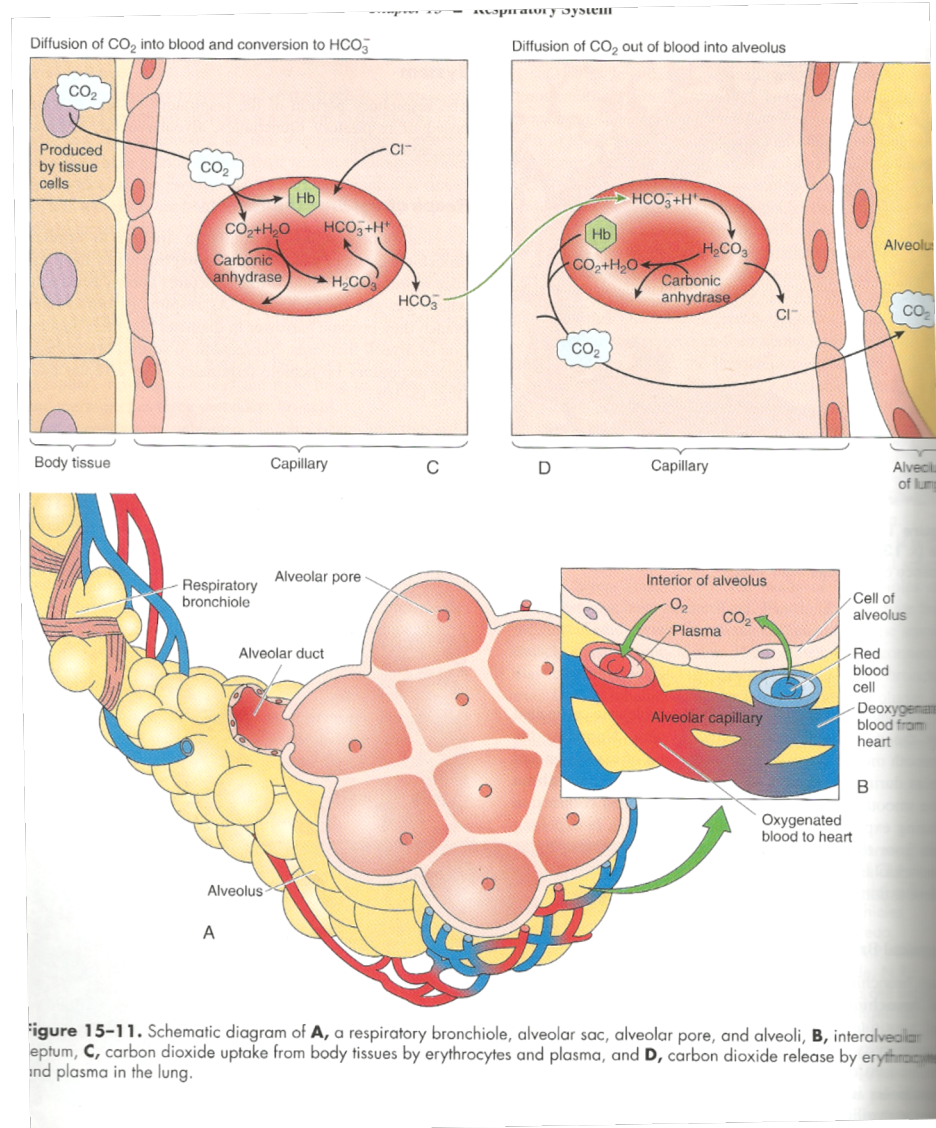


# Sistema respiratorio



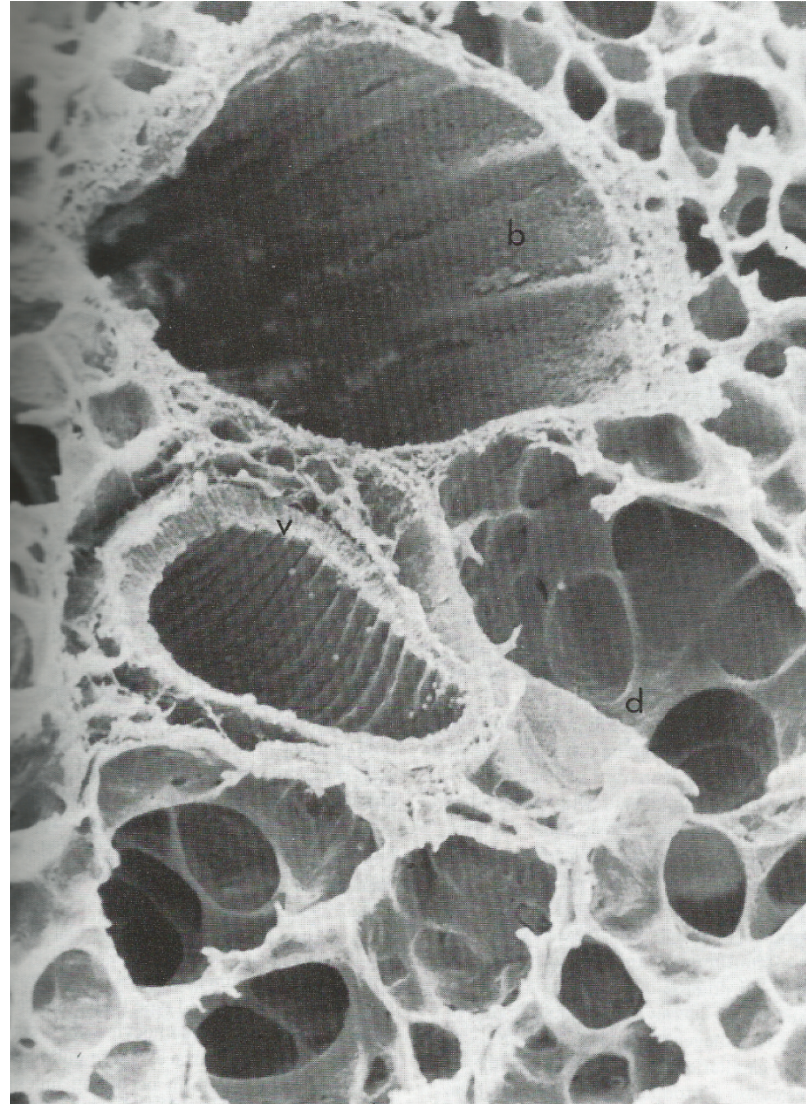


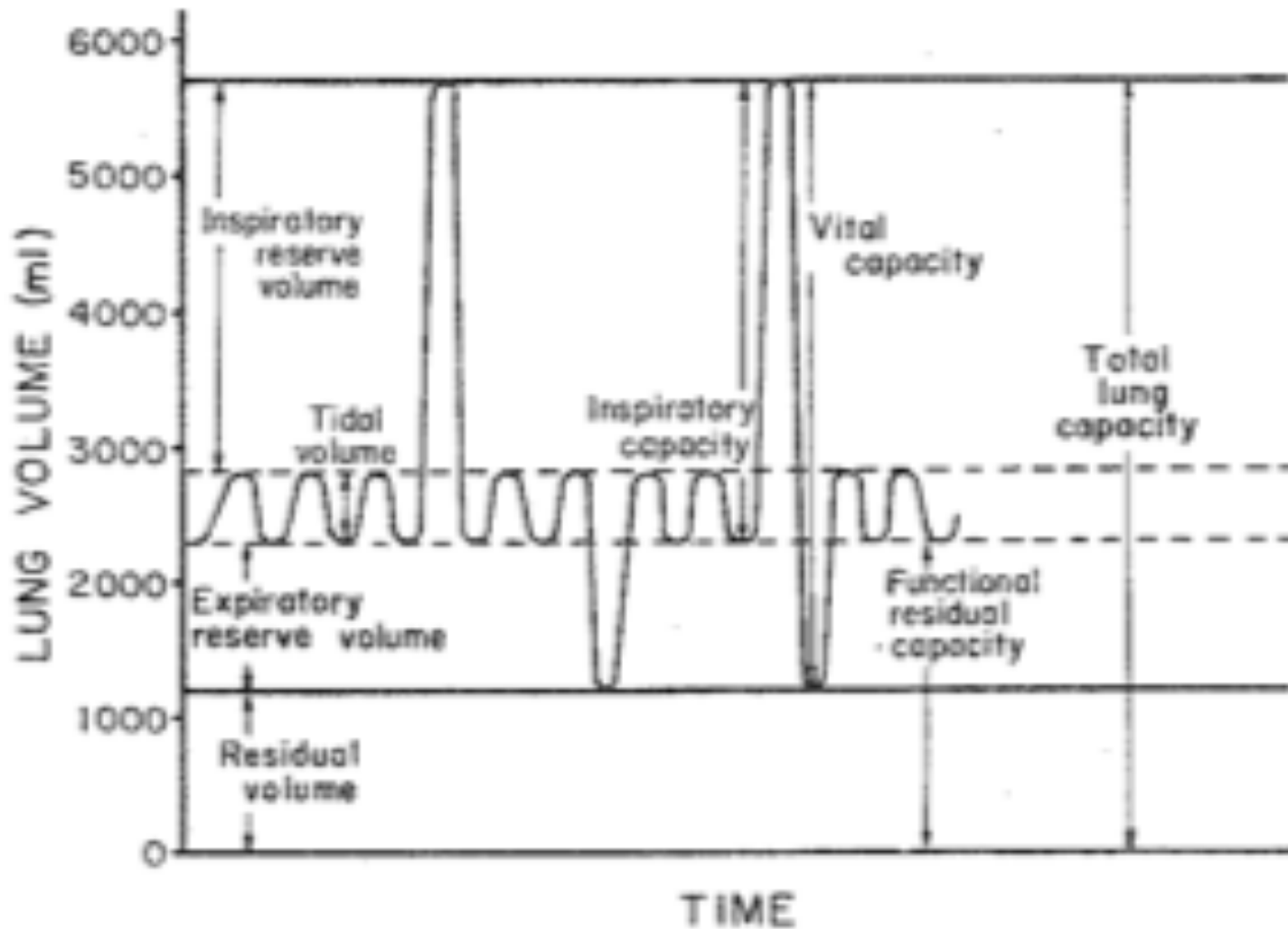
# Sistema respiratorio



+

# Sistema respiratorio



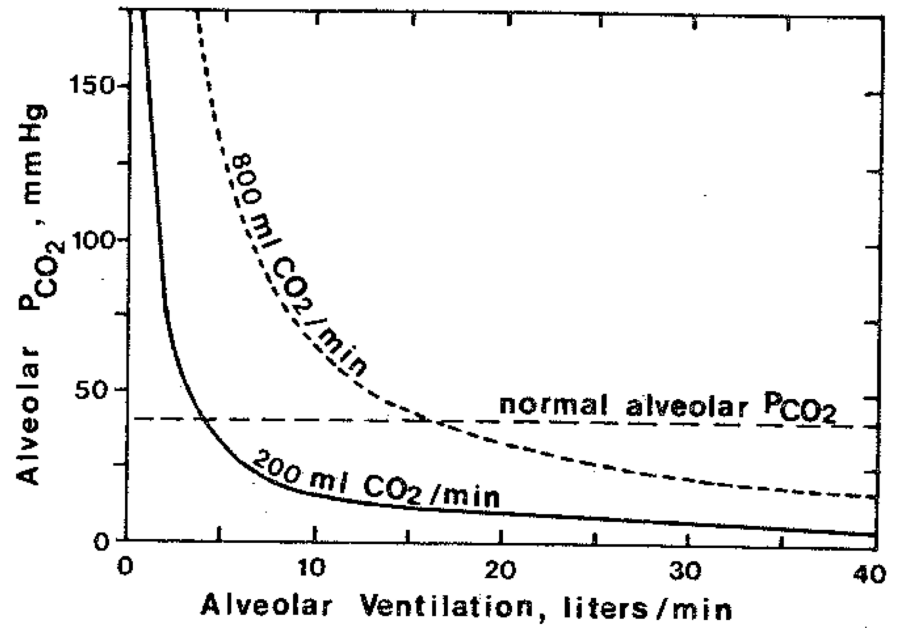
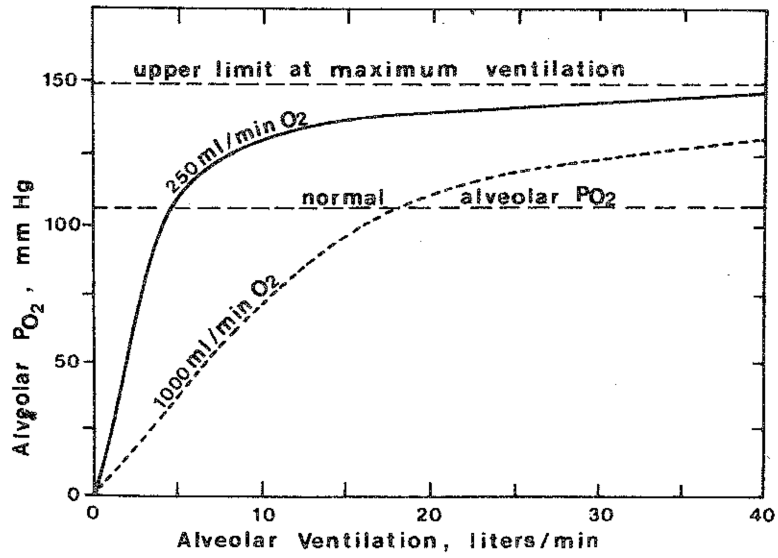


$V_{In} = 500 \text{ ml}$     $V_{mor} = 150 \text{ ml}$     $V_{alveolare} = 350 \text{ ml}$     $f_r = 12 \text{ respiri/min}$   
 $V_{INtotale} = 6 \text{ l/min}$     $ERV = 1500 \text{ ml}$     $\text{Capacità inspiratoria} = 3000$   
 $V_{alveolare} = 4200 \text{ ml/min}$     $\text{Volume residuo} = 1200 \text{ ml}$

TABLE 10.1

Partial Pressures of Respiratory Gases as They Enter and Leave the Lungs  
(at Sea Level)—Percent Concentrations Are Given in Parentheses<sup>a</sup>

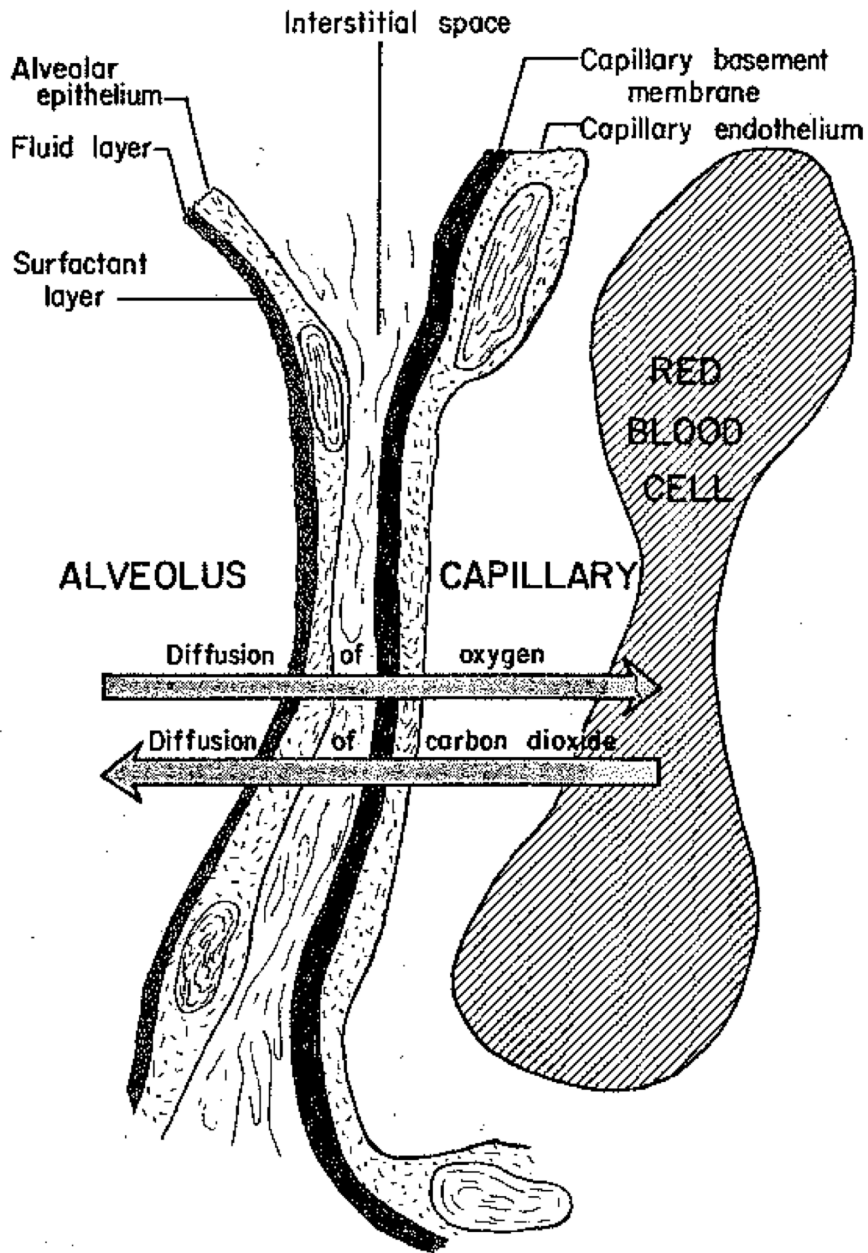
	Atmospheric air <sup>b</sup> (mm Hg)		Humidified air (mm Hg)		Alveolar air (mm Hg)		Expired air (mm Hg)	
N <sub>2</sub>	597.0	(78.62%)	563.4	(74.09%)	569.0	(74.9%)	566.0	(74.5%)
O <sub>2</sub>	159.0	(20.84%)	149.3	(19.67%)	104.0	(13.6%)	120.0	(15.7%)
CO <sub>2</sub>	0.3	(0.04%)	0.3	(0.04%)	40.0	(5.3%)	27.0	(3.6%)
H <sub>2</sub> O	3.7	(0.50%)	47.0	(6.20%)	47.0	(6.2%)	47.0	(6.2%)
Total	760.0	(100.0%)	760.0	(100.0%)	760.0	(100.0%)	760.0	(100.0%)





Tidal Volume (mL)	Respiratory rate (Breaths /min)	Total Pulmonary ventilation	Fresh air to alveoli (mL) (tidal - dead space volumes)	Alveolar Ventilation (mL/min)
500	12 (normal)	6000	350	4200
300	20 (rapid)	6000	150	3000
750	8 (slow)	6000	600	4800

La ventilazione cambia con l'intensità e la velocità di respirazione



# Meccanismo di trasporto dei gas nei polmoni

$$N_i - X_i \sum_j N_j = -D_i \frac{dC_i}{dz} \quad \text{Trasporto di tipo passivo}$$

Essendo il secondo termine molto piccolo lo posso trascurare

$$N_i = -D_i \frac{dC_i}{dz} \quad \frac{dC_i}{dz} = \frac{\Delta C_i}{\partial}$$

Per la legge di Henry  $\Delta C_i = K_{Di} \Delta P_i$

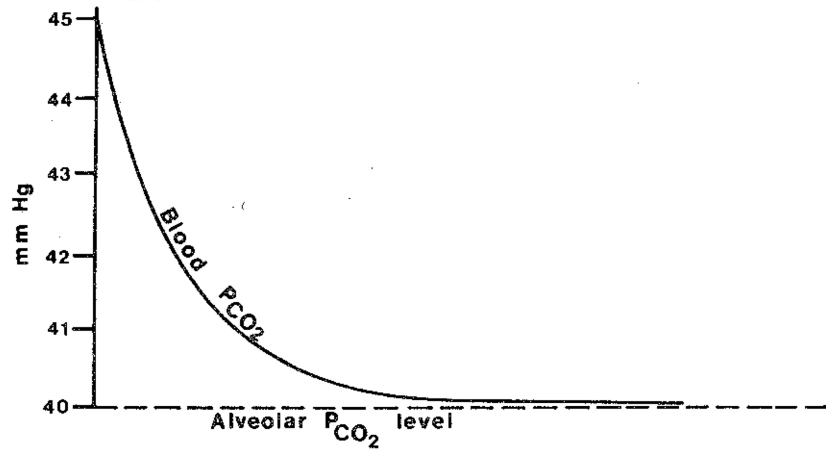
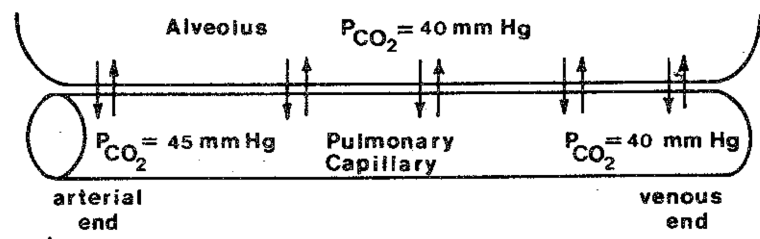
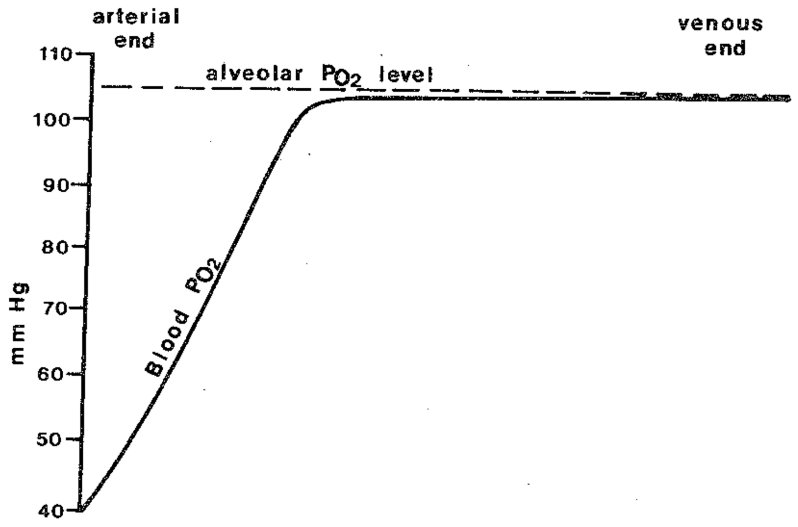
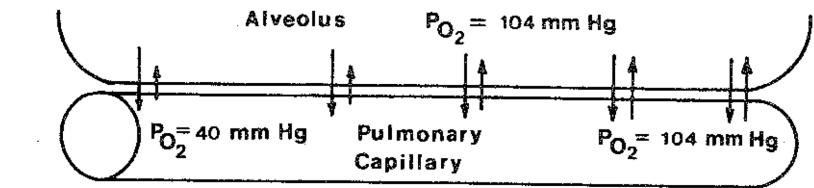
Dove K è il coefficiente di solubilità del gas o anche costante di Henry

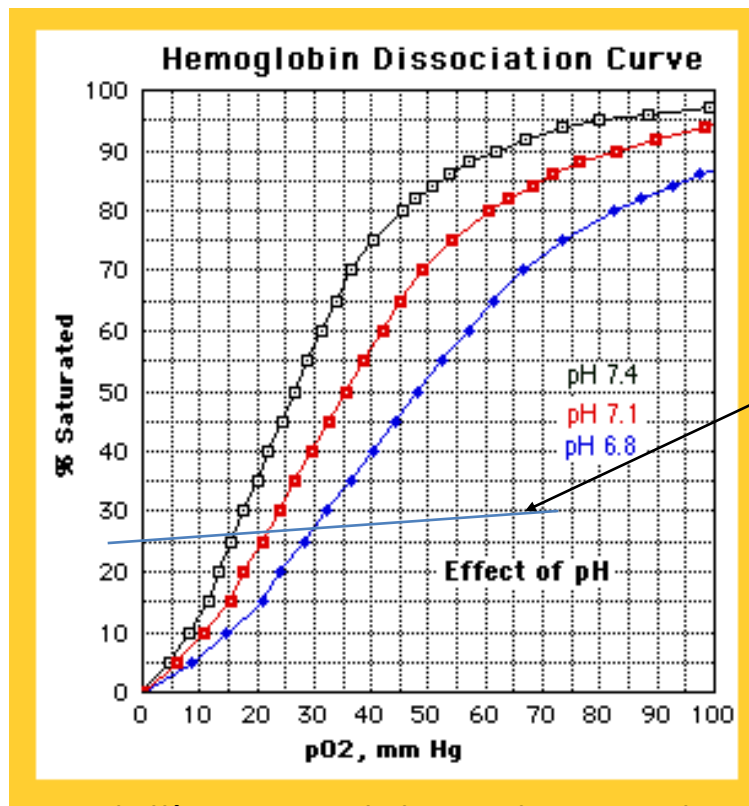
$$N_i = -D_i \frac{K_{Di} \Delta P_i}{\partial}$$

Per avere il flusso totale trasferito attraverso la parete polmonare basta che moltiplico per A

$$W = -D_i \frac{K_{Di} A \Delta P_i}{\partial} = -D_{Li} \Delta P_i$$

Dove  $D_{Li}$  è la capacità diffusiva del gas

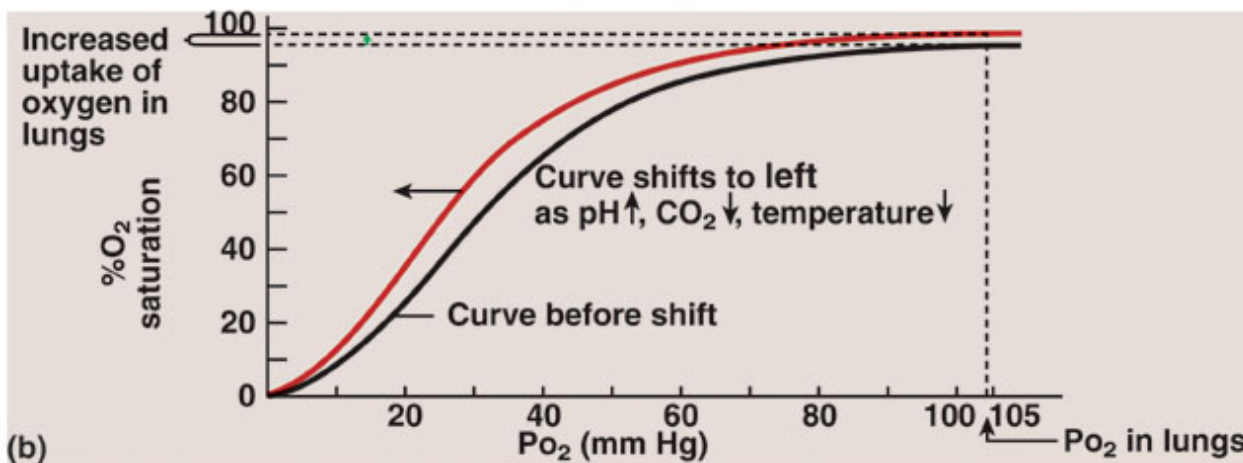
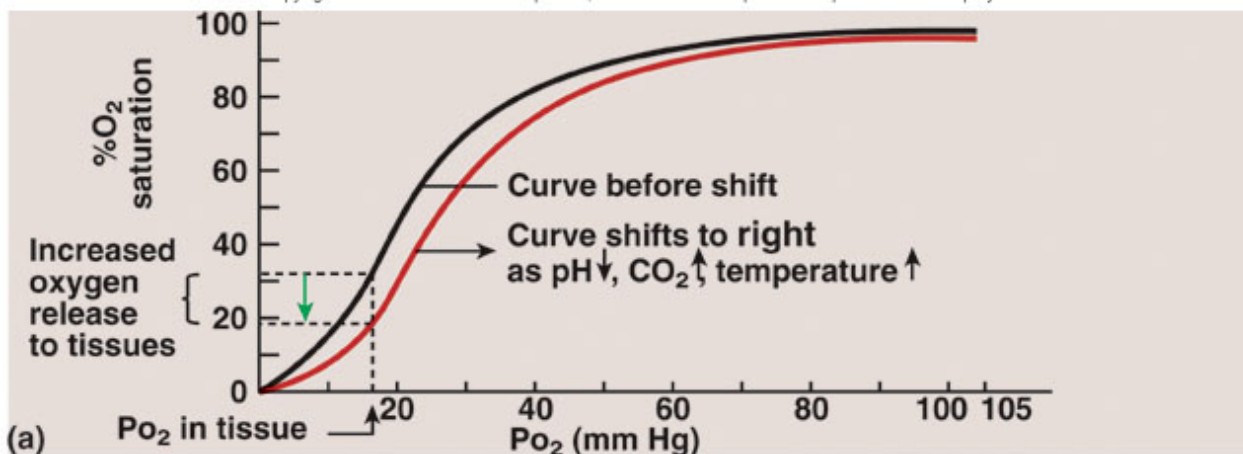




La curva di dissociazione dell'ossiemoglobina descrive la relazione tra la pressione parziale di ossigeno (asse x) e la saturazione di ossigeno (asse y) . L'ossigeno viene trasportato dall'emoglobina (98,5 %) e viene disciolto nel plasma (1,5 %).

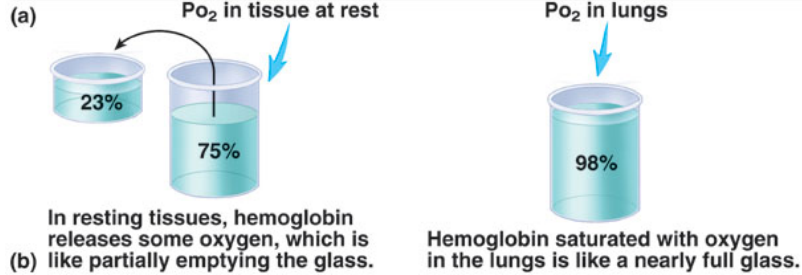
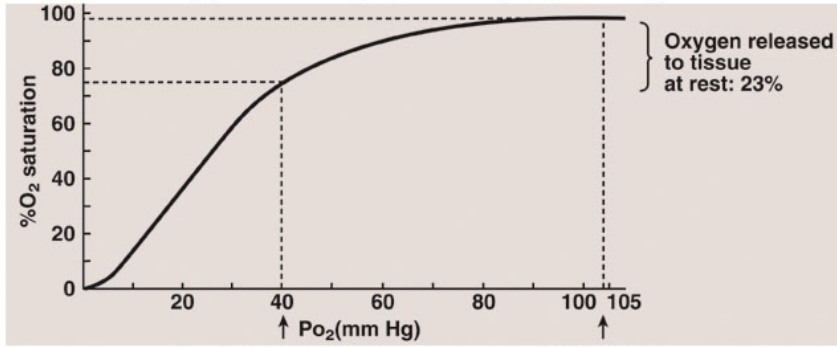
L'affinità dell' emoglobina per l'ossigeno aumenta via via che le molecole di ossigeno si legano. Come il limite massimo si avvicina (sopra 80 mmHg), si verifica uno scarso ulteriore legame con l'emoglobina e la curva raggiunge la saturazione. Per avere più ossigeno ai tessuti sarebbe necessario fare delle trasfusioni di sangue per aumentare la quantità di emoglobina (e quindi la capacità di trasporto dell'ossigeno), o ossigeno supplementare che aumenterebbe l'ossigeno disciolto nel plasma .

A basse pressioni, l'ossigeno viene rilasciato .



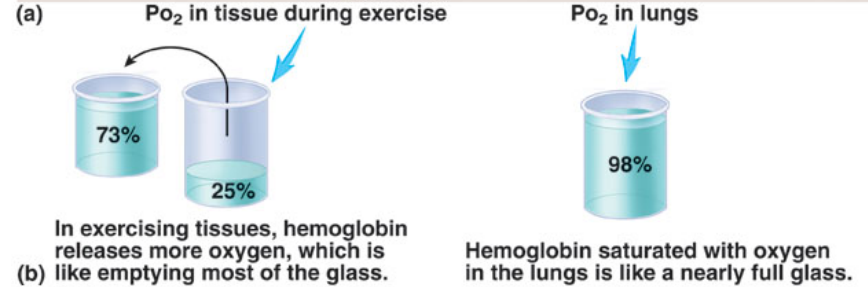
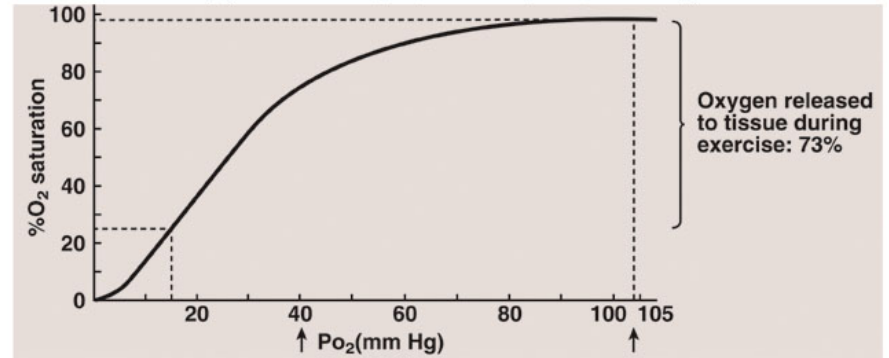
Uno spostamento della curva a sinistra a causa di un aumento del pH, una diminuzione di anidride carbonica, o una diminuzione temperatura comporta un aumento della capacità dell'emoglobina di legare ossigeno, mentre uno spostamento verso destra a causa di una diminuzione pH, un aumento di anidride carbonica, o un aumento di temperatura comporta una diminuzione della capacità di legare emoglobina.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



A riposo

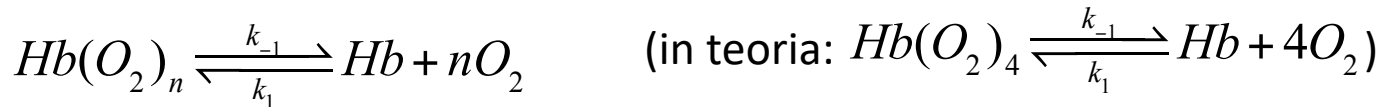
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Sotto attività fisica

## Equazione di Hill per il legame ossigeno-emoglobina.

Il legame dell'ossigeno con l'emoglobina è di tipo cooperativo, cioè il legame che si instaura tra ossigeno ed emoglobina favorisce che i gruppi eme possano legare altro ossigeno. L'emoglobina ha in tutto 4 gruppi eme che possono legare ciascuno una molecola di  $O_2$  (sebbene a volte ci possono essere delle condizioni steriche che non lo rendono possibile). Scriviamo un'equazione di bilancio dove  $n$  è il numero di molecole di  $O_2$  che si legano con Hb inizialmente non nota.



All'equilibrio possiamo scrivere  $\frac{d[Hb]}{dt} = k_1[Hb(O_2)_n] - k_{-1}[Hb][O_2]^n = 0$

Da cui si ha:  $[Hb(O_2)_n] = k_d[Hb][O_2]^n$  dove  $k_d = \frac{k_{-1}}{k_1}$

La frazione di saturazione è:  $Y = \frac{[Hb(O_2)_n]}{[Hb(O_2)_n] + [Hb]} = \frac{k_d[O_2]^n}{1 + k_d[O_2]^n}$

Per la legge di Henry  $C_{\text{oxygen}} \equiv H_{\text{oxygen}} pO_2$

(cioè la pressione parziale di ossigeno nel sangue è il prodotto della concentrazione di ossigeno disciolto nel sangue per la costante di Henry). Quindi si ottiene

$$\frac{1}{k_d H_{\text{oxygen}}^n} = P_{50}^n$$

$P_{50}$  è la pressione parziale di ossigeno per cui si ha saturazione al 50% ( $Y=0.5$ , and  $Hb=Hb(O_2)_n$ )



Quindi data la saturazione al 50%

$$\frac{1}{k_d H_{\text{oxygen}}^n} = P_{50}^n$$

Sostituendo nell'equazione di Hill

$$Y = \frac{(pO_2)^n}{P_{50}^n + (pO_2)^n}$$

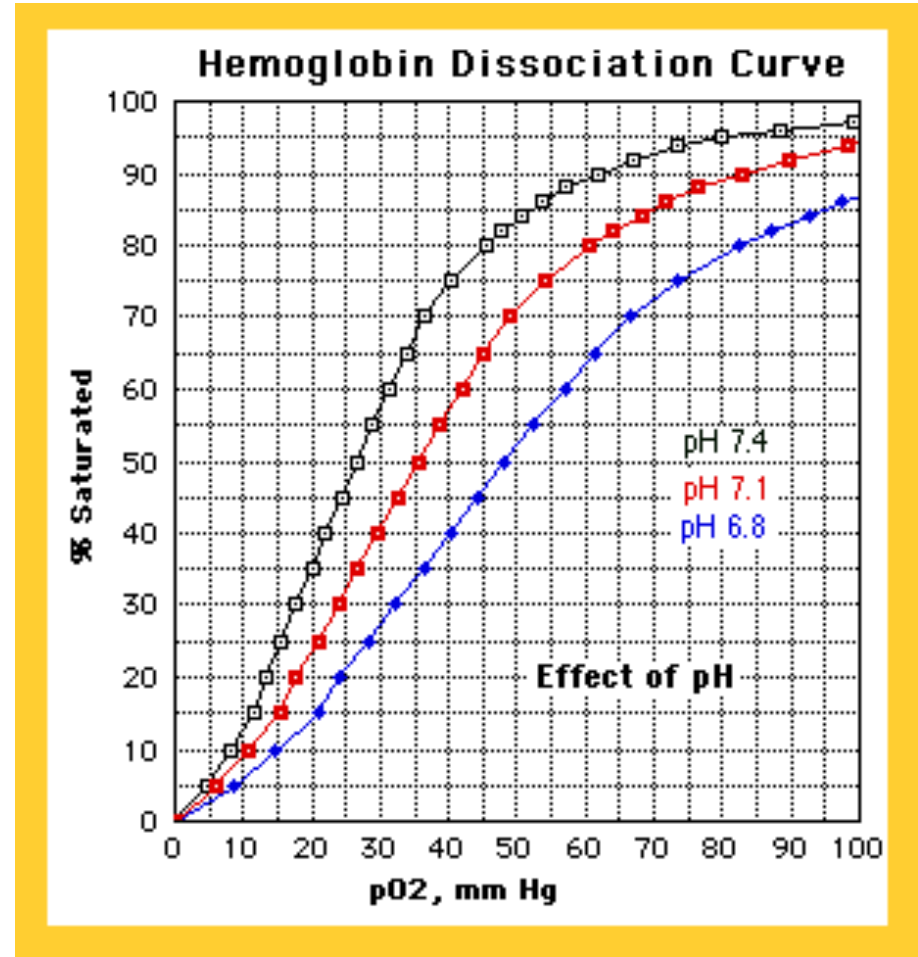
Da cui si ricava

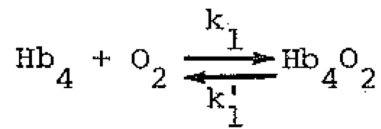
$$\ln\left(\frac{Y}{1-Y}\right) = n \ln(pO_2) - n \ln(P_{50})$$

$$n = 2.34;$$

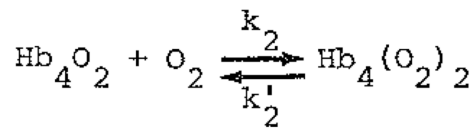
$$P_{50} = 26 \text{ mmHg}$$

$$H_{\text{oxygen}} = 0.74 \text{ mmHg}/\mu\text{M per sangue a } 37^\circ\text{C}$$

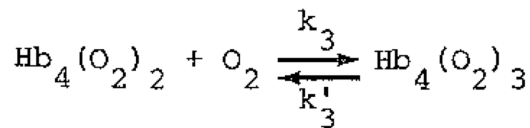




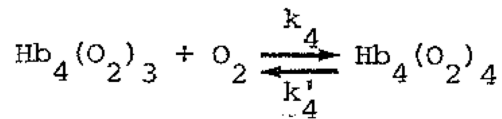
$$[\text{Hb}_4\text{O}_2] = K_1 P [\text{Hb}_4]$$



$$[\text{Hb}_4\text{O}_4] = K_2 P [\text{Hb}_4\text{O}_2] = K_1 K_2 P^2 [\text{Hb}_4]$$



$$[\text{Hb}_4\text{O}_6] = K_3 P [\text{Hb}_4\text{O}_4] = K_1 K_2 K_3 P^3 [\text{Hb}_4]$$



$$[\text{Hb}_4\text{O}_8] = K_4 P [\text{Hb}_4\text{O}_6] = K_1 K_2 K_3 K_4 P^4 [\text{Hb}_4]$$

**Ossigeno combinato col gruppo eme:**

$$[\text{Hb}_4\text{O}_2] + 2[\text{Hb}_4\text{O}_4] + 3[\text{Hb}_4\text{O}_6] + 4[\text{Hb}_4\text{O}_8]$$

**Capacità dell'ossigeno di legarsi al sangue**

$$4([\text{Hb}_4] + [\text{Hb}_4\text{O}_2] + [\text{Hb}_4\text{O}_4] + [\text{Hb}_4\text{O}_6] + [\text{Hb}_4\text{O}_8])$$

$$\psi = \frac{K_1 P + 2K_1 K_2 P^2 + 3K_1 K_2 K_3 P^3 + 4K_1 K_2 K_3 K_4 P^4}{4(1 + K_1 P + K_1 K_2 P^2 + K_1 K_2 K_3 P^3 + K_1 K_2 K_3 K_4 P^4)}$$

# Trasporto di CO<sub>2</sub>

- L'anidride carbonica è trasportata come ioni bicarbonato (70%) in combinazione con le proteine del sangue (23%) e in soluzione con il plasma (7 %)
- L'emoglobina che ha rilasciato ossigeno si lega più facilmente all'anidride carbonica che l'emoglobina che ha ossigeno legato ad esso (effetto Haldane)
- Nei capillari tissutali, l'anidride carbonica si combina con l'acqua all'interno del plasma per formare acido carbonico che si dissocia per formare ioni bicarbonato e ioni idrogeno
- Nei capillari polmonari, ioni bicarbonato si combinano con gli ioni di idrogeno per formare acido carbonico. L'acido carbonico viene convertito in anidride carbonica e acqua. L'anidride carbonica diffonde dal plasma.
- L'aumento di anidride carbonica nel plasma abbassa il pH del sangue. Il sistema respiratorio regola il pH del sangue , regolando i livelli di anidride carbonica del plasma