

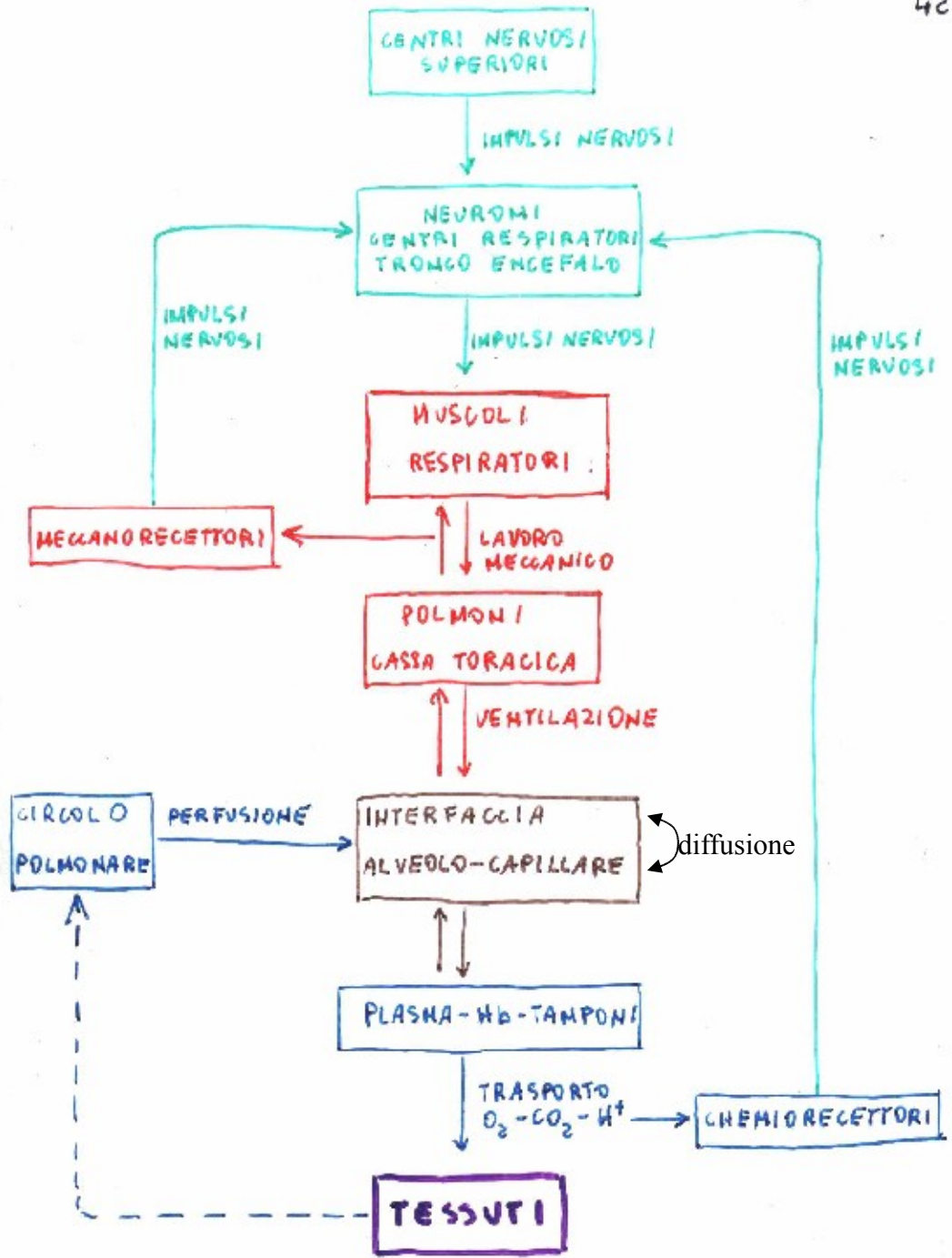
*Università di  
Cagliari*

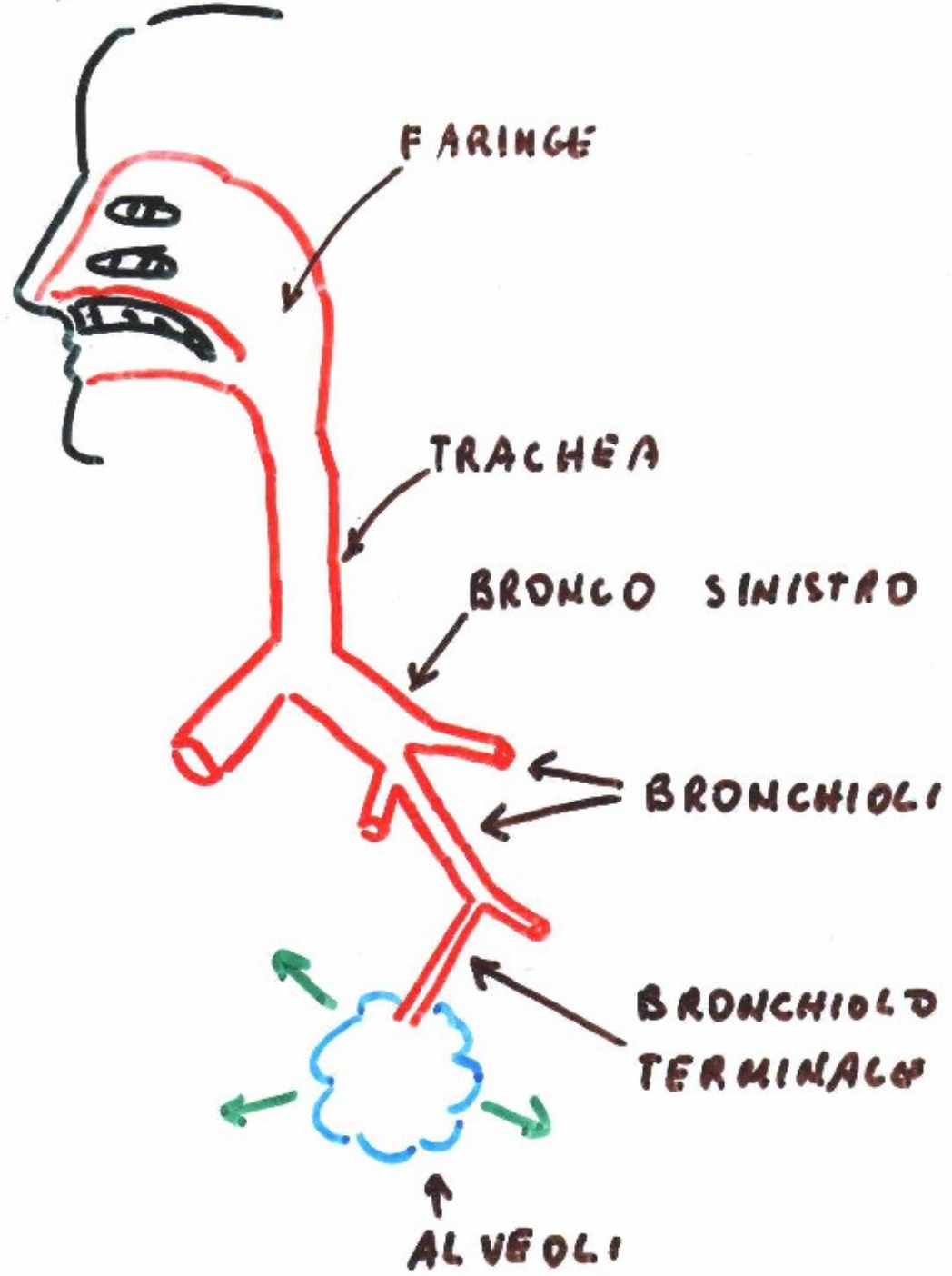
*Facoltà di Medicina e  
Chirurgia*

*CORSO DI  
FISIOLOGIA II*

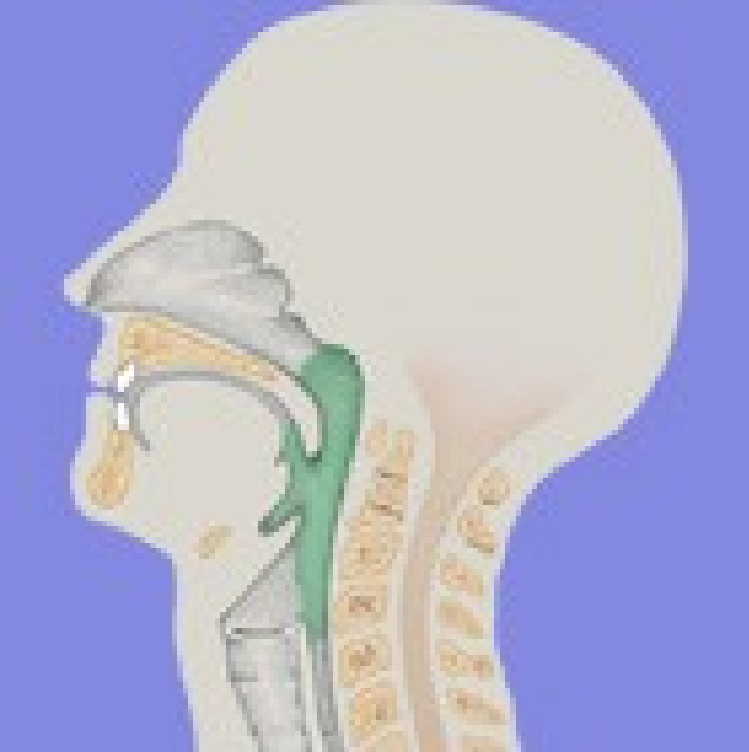
*Prof. Alberto Concu*

APPARATO RESPIRATORIO

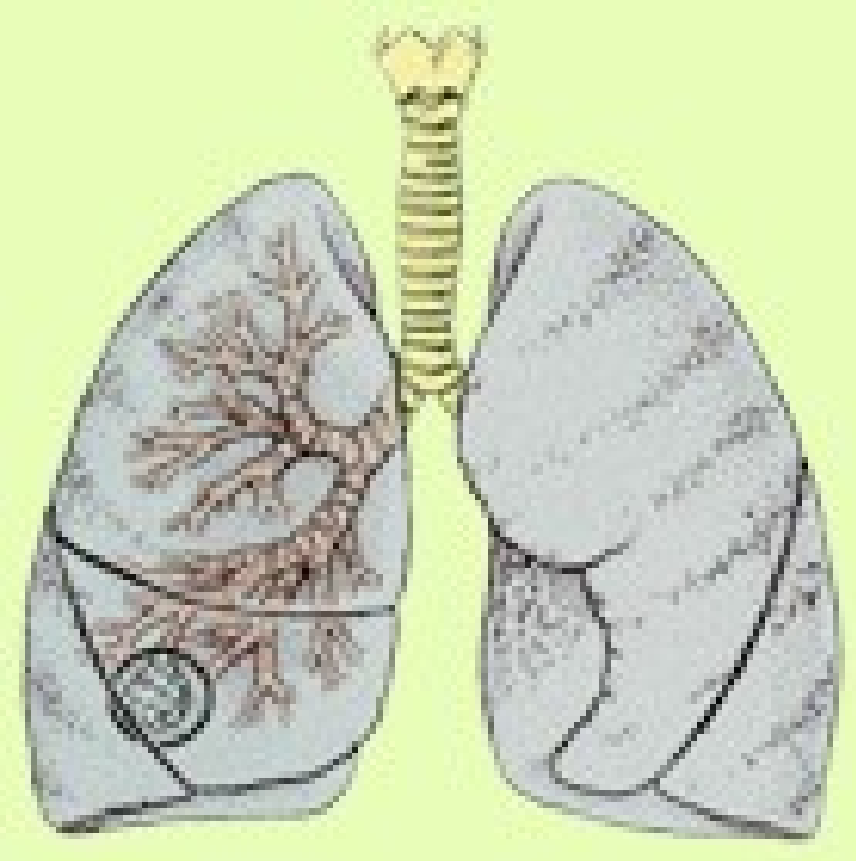




## LE VIE AERIFERE SUPERIORI

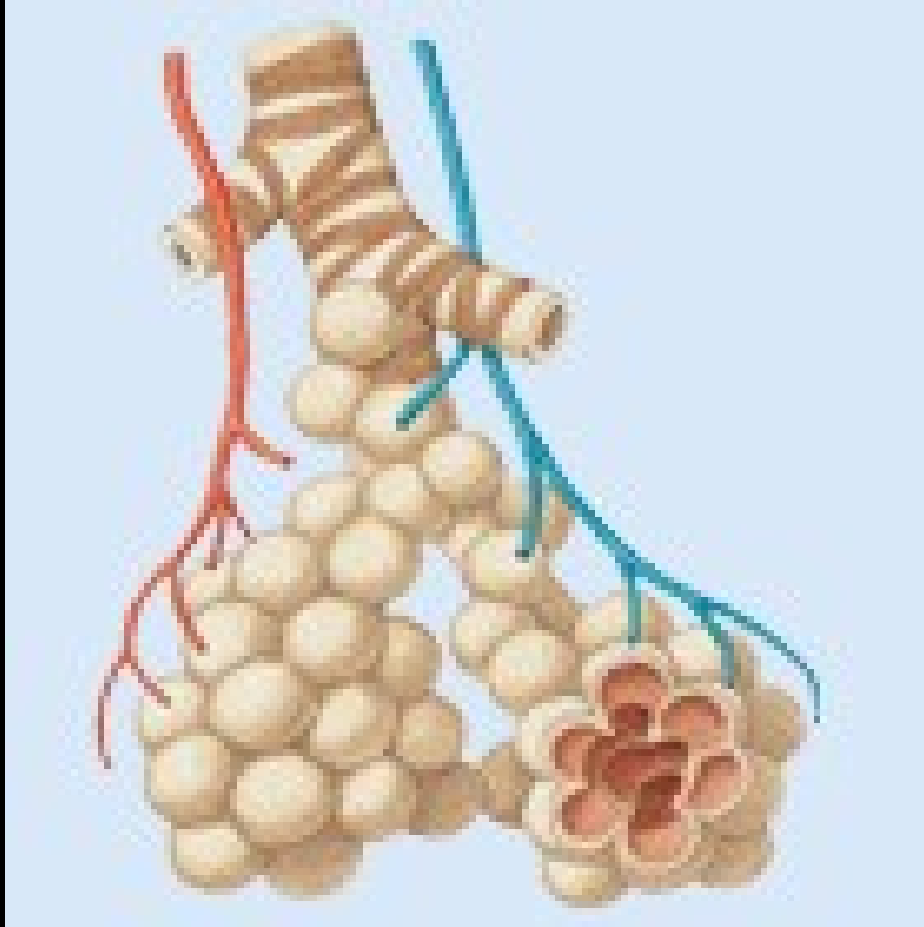


Quando l'aria inspirata passa sulla mucosa nasale, i vasi sanguigni irradiano calore in modo che la temperatura dell'aria si adegui rapidamente a quella del corpo. Le ciglia vibratili trattengono la polvere e le particelle minute presenti nell'aria e, con il loro movimento, le convogliano verso la faringe per essere deglutite.

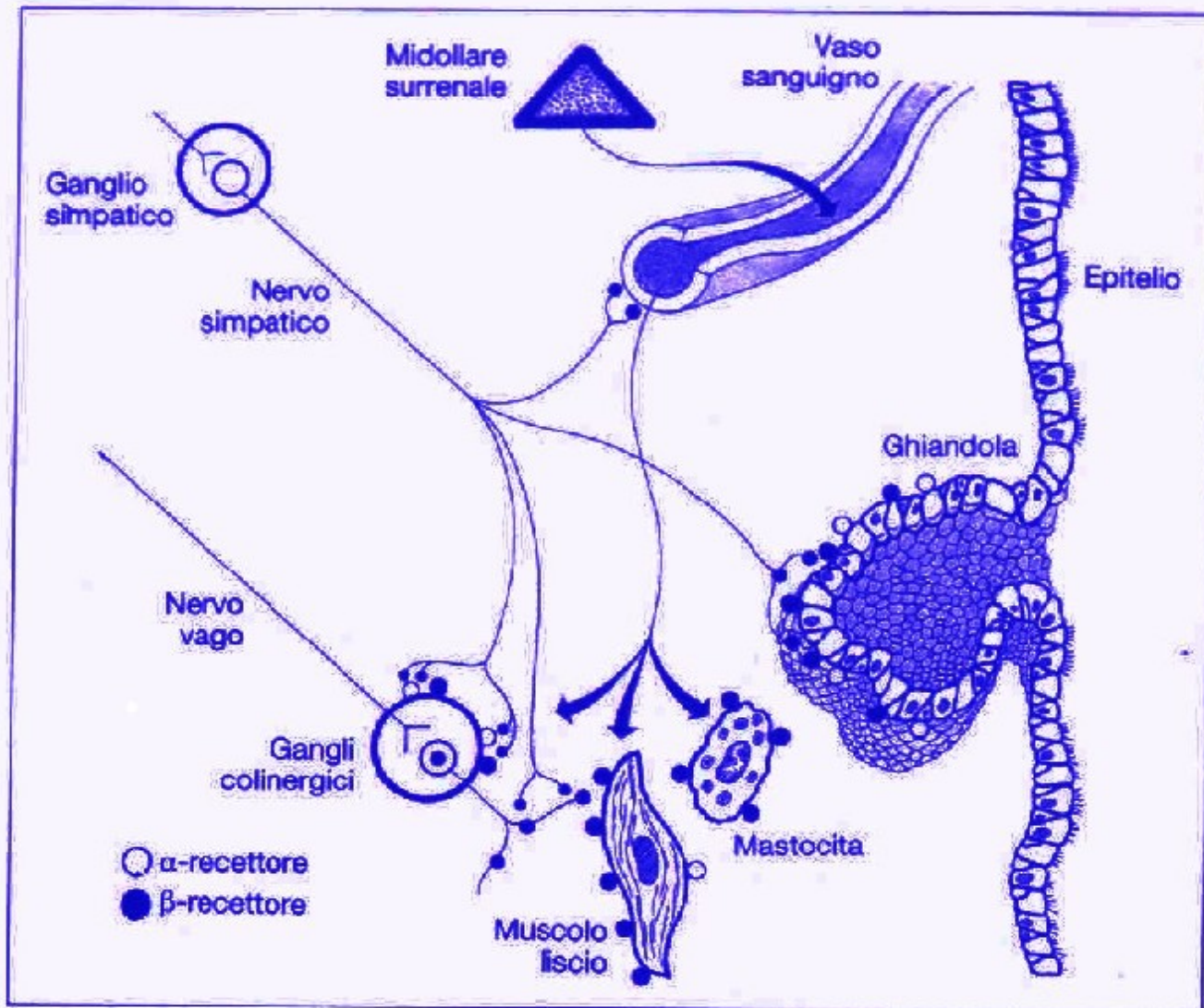


I bronchi sono i condotti attraverso i quali l'aria, arrivata fino alla trachea, viene trasportata e diffusa nei polmoni. I bronchi hanno origine dalla biforcazione della trachea in due rami, chiamati bronchi principali, sinistro e destro. Ciascun bronco penetra nel rispettivo polmone (sinistro e destro) e si divide in bronchi secondari (chiamati anche bronchi lobari), che a loro volta si suddividono ulteriormente in condotti sempre più piccoli, i bronchioli.

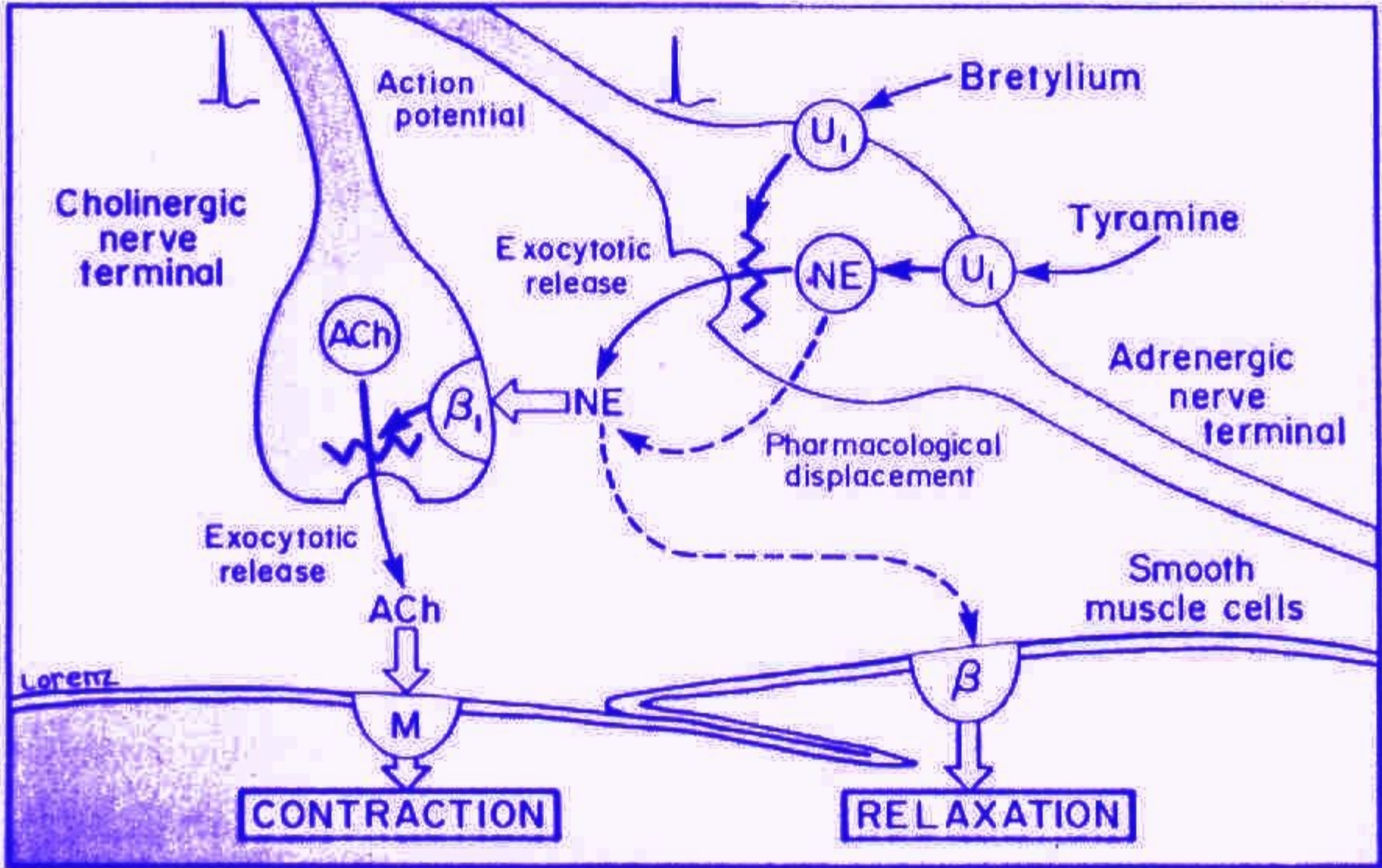
La struttura dei bronchi è simile a quella della trachea. Anch'essi infatti sono costituiti da anelli di cartilagine e sono provvisti, sulla parete interna, di ciglia che catturano e sospingono indietro i corpi estranei inalati.



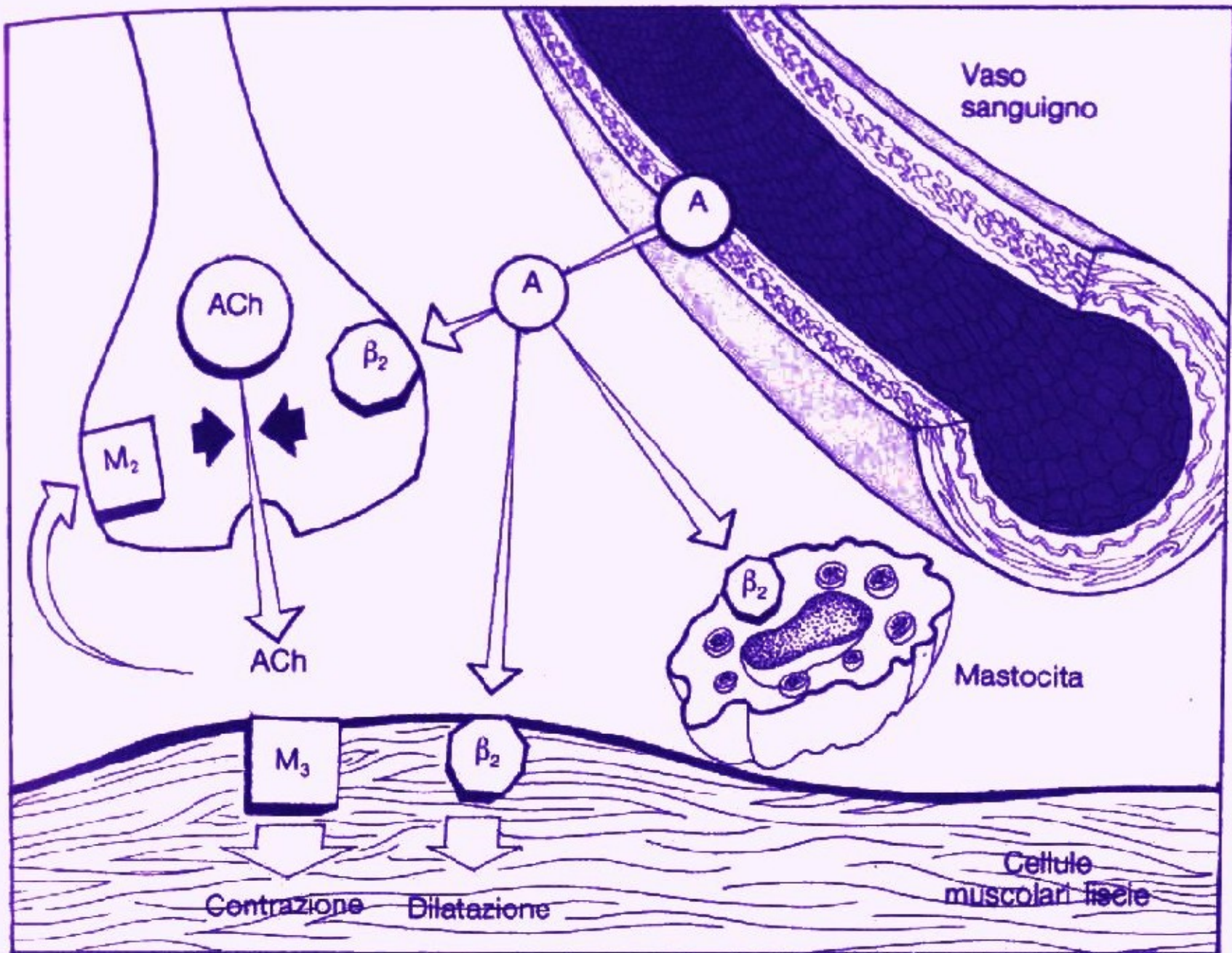
Via via che il diametro delle diramazioni bronchiali diminuisce, la quantità di cartilagine si riduce; nei bronchioli di circa 1 millimetro di diametro, la cartilagine è interamente sostituita da tessuto muscolare. Le diramazioni finali dei bronchioli, chiamate bronchioli respiratori, che misurano 0,5 millimetri circa di diametro, distribuiscono l'aria agli alveoli, le strutture polmonari nelle quali avviene lo scambio gassoso tra aria e sangue.

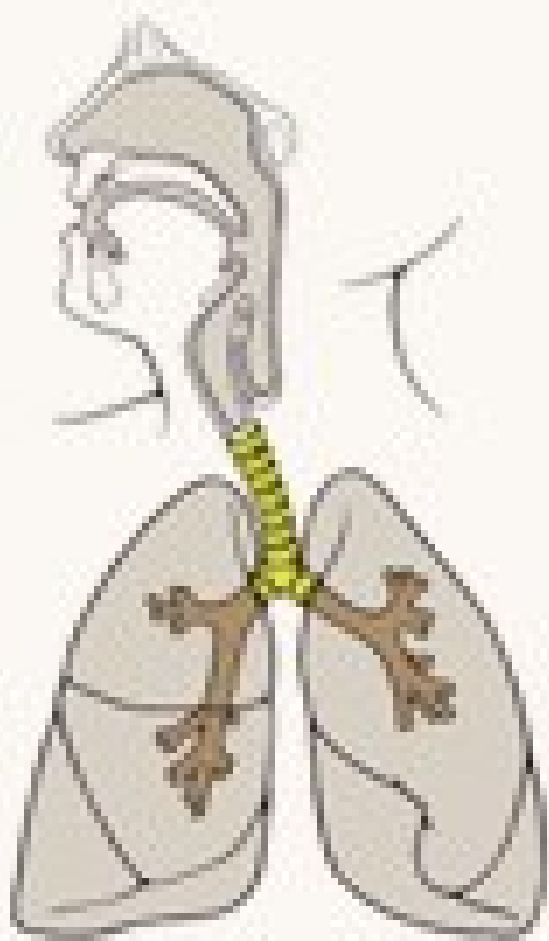


*Fig. 1* - Le tradizionali vie del sistema nervoso autonomo, il nervo vago ed il simpatico, hanno il controllo non solo della muscolatura liscia bronchiale, ma anche della secrezione di muco, del trasporto di fluidi attraverso l'epitelio, della permeabilità e del flusso dei vasi bronchiali ed infine agiscono sul rilascio di mediatori da parte di cellule infiammatorie, quali i mastociti. Il controllo adrenergico delle vie aeree è anche affidato alle catecolamine circolanti.





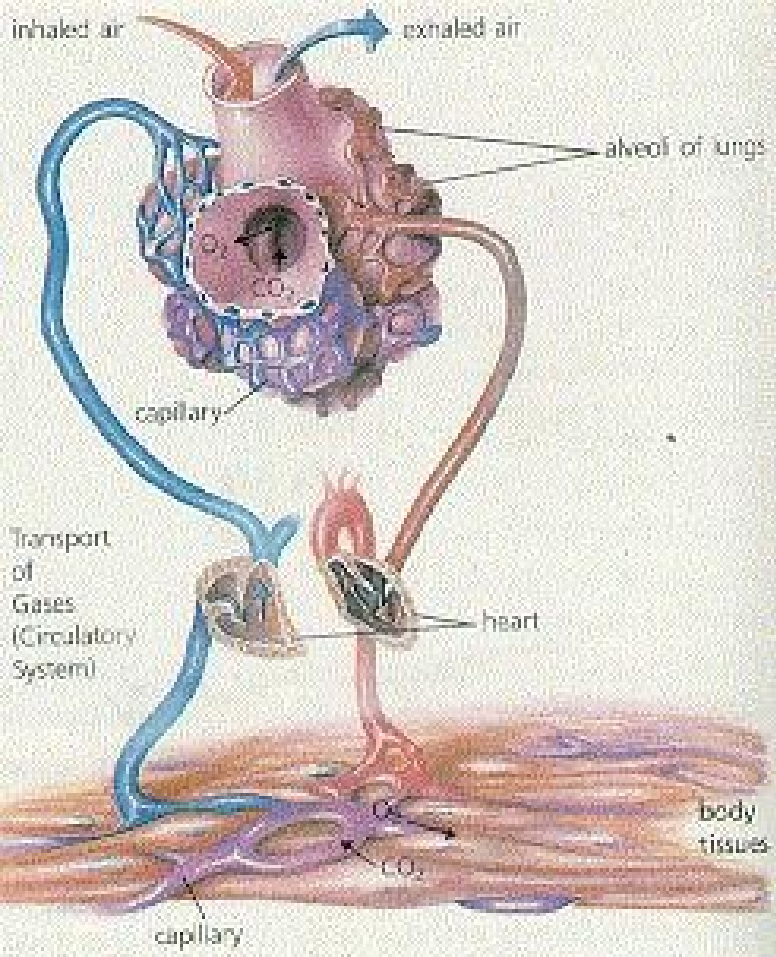




I due polmoni, destro e sinistro, sono separati tra loro da uno spazio, chiamato mediastino, nel quale trovano posto, insieme al cuore e ad altri organi, la trachea e i bronchi.

I polmoni sono organi spugnosi, di forma conica, di consistenza soffice. Sono contenuti nella cavità toracica che occupano nella quasi totalità. In un adulto maschio i polmoni hanno un diametro verticale di 25-26 centimetri circa e un diametro orizzontale, alla base, di 10 centimetri, se misurato da destra a sinistra, e di 16 centimetri, se misurato dalla parte anteriore a quella posteriore.

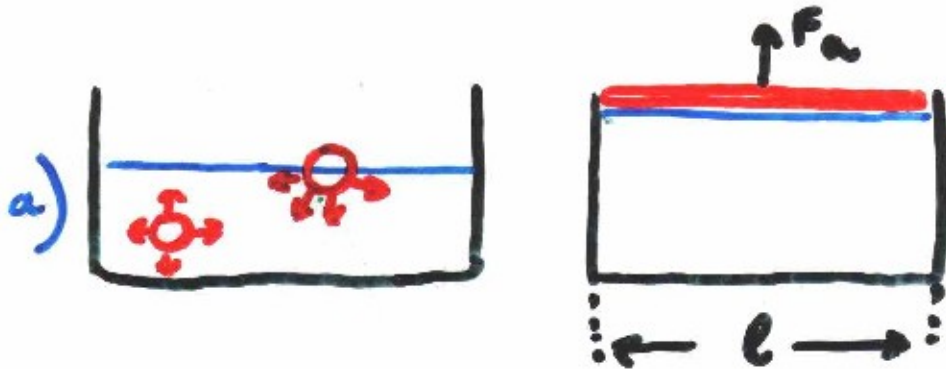
I polmoni sono completamente rivestiti da una membrana, chiamata pleura, costituita da due foglietti. Uno di essi, la pleura viscerale, è sottile e trasparente e sta strettamente adeso al polmone; l'altro, la pleura parietale, di spessore maggiore, riveste la parete interna della cavità toracica. Tra i due foglietti vi è uno spazio chiuso, chiamato cavità pleurica nel quale è contenuta una piccola quantità di liquido sieroso (circa 5 cc.), che ha funzione lubrificante e permette alle due membrane pleuriche di scorrere l'una sull'altra senza frizione durante i movimenti respiratori.



Gli alveoli sono i più piccoli elementi di cui è costituita la massa spugnosa del polmone. Essi sono dilatazioni a forma di sfera poste nella parete dei bronchioli respiratori. Si stima che, nel polmone di un adulto, il numero degli alveoli sia di circa 300 milioni e che la loro superficie abbia un'area totale di 70-80 metri quadri. Attraverso la parete degli alveoli avviene lo scambio tra l'aria esterna arrivata dai bronchi e il sangue che circola nei capillari di cui gli alveoli stessi sono fittissimamente rivestiti.

# FORZE DI SUPERFICIE

wh-2)

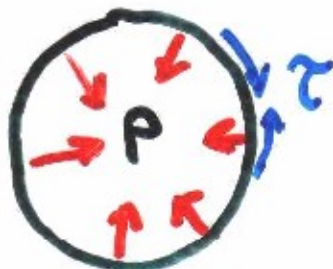


$$F_a = \tau_a \times 2l$$



$$\tau_b < \tau_a$$

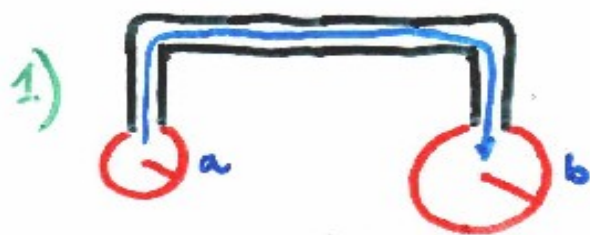
$$F_b < F_a$$



$$P = \frac{2\tau}{r} \quad [\text{LEGGE DI LAPLACE}]$$

$$P = \frac{2\tau}{r}$$

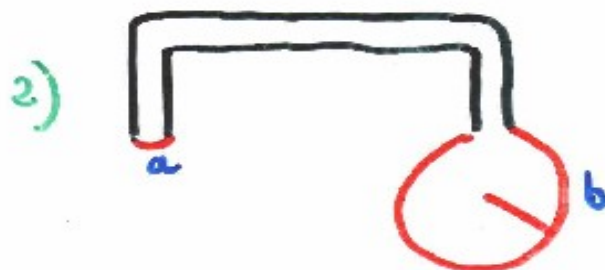
44-3



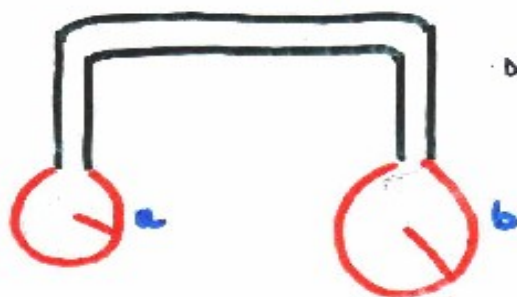
$$r_a < r_b$$

$$P_a > P_b$$

$$F(a \rightarrow b)$$



[TENSIOATTIVO]



$$r_a < r_b$$

$$\tau_a < \tau_b$$

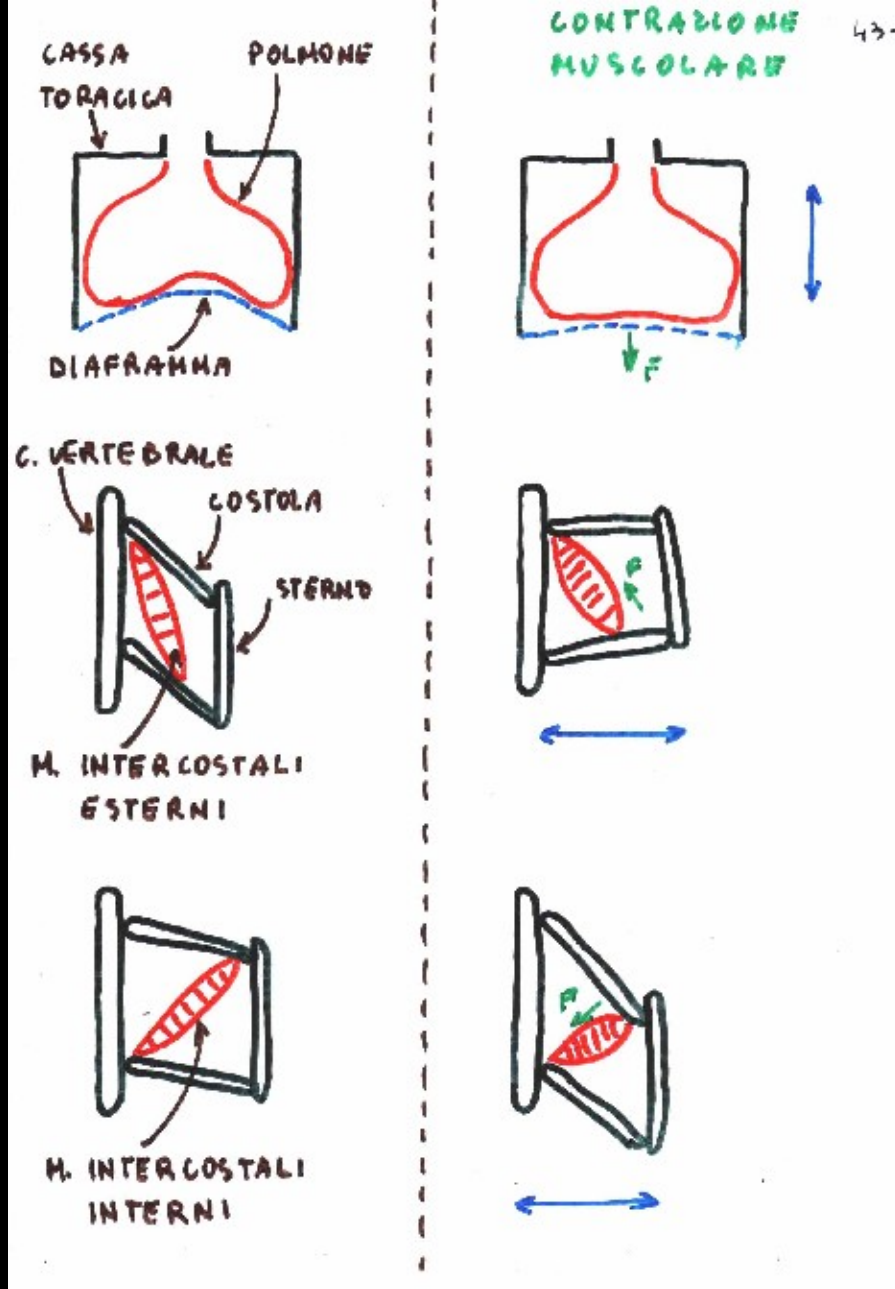
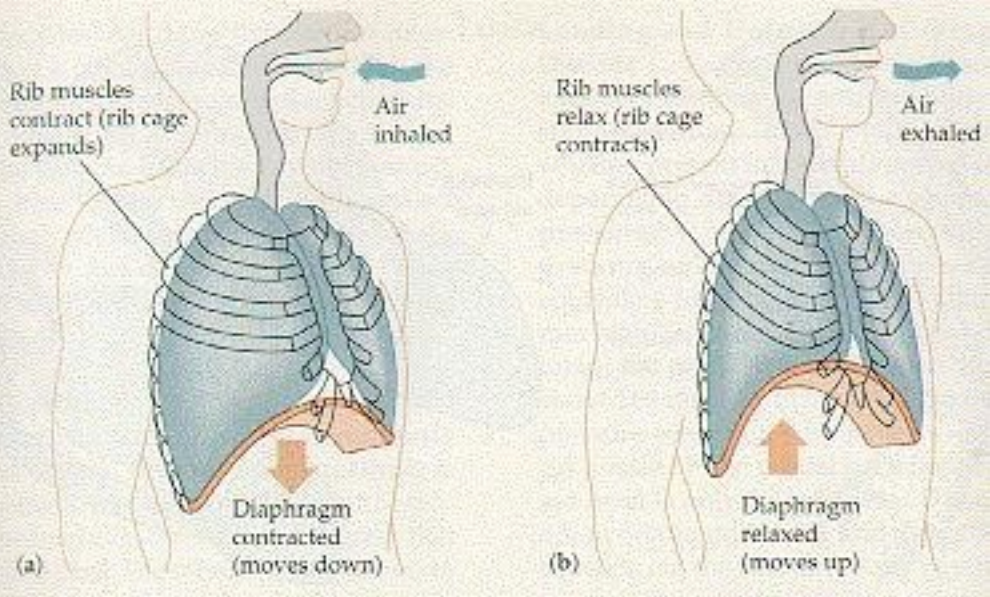
PNEUMOCITI GRANULARI II° TIPO



DIPALMITOIL-LECITINA —  $P_2$

$$P_a = P_b$$

$$F = 0$$



Quando la pressione interna dei polmoni diminuisce, la pressione atmosferica, divenuta maggiore, sospinge aria dall'esterno nelle vie respiratorie. Le variazioni di pressione che si verificano all'interno dei polmoni, e che rendono possibile la respirazione, sono causate dall'attività del diaframma e dai muscoli intercostali.

# MUSCOLI ACCESSORI ALLA RESPIRAZIONE

43

## INSPIRAZIONE

### 1) STERNOCLEIDOMASTOIDEI.

TIRANO LO STERNO VERSO L'ALTO.

### 2) SCALENI.

SOLLEVANO LE PRIME DUE COSTOLE.

## ESPIRAZIONE

### 1) RETTI ADDOMINALI.

COMPRIMONO IN ALTO IL DIAPHRAMMA E TIRANO IN BASSO LE ULTIME COSTOLE.

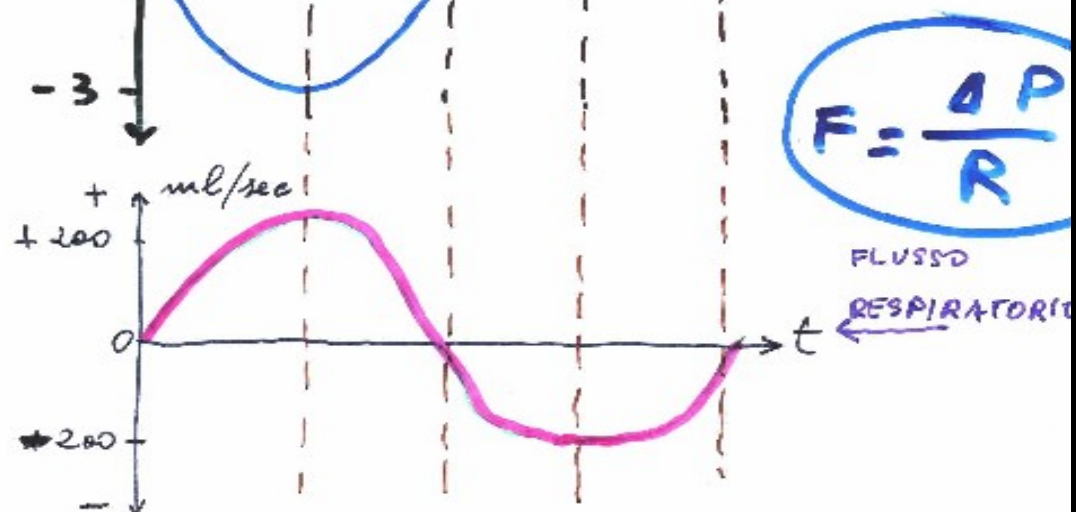
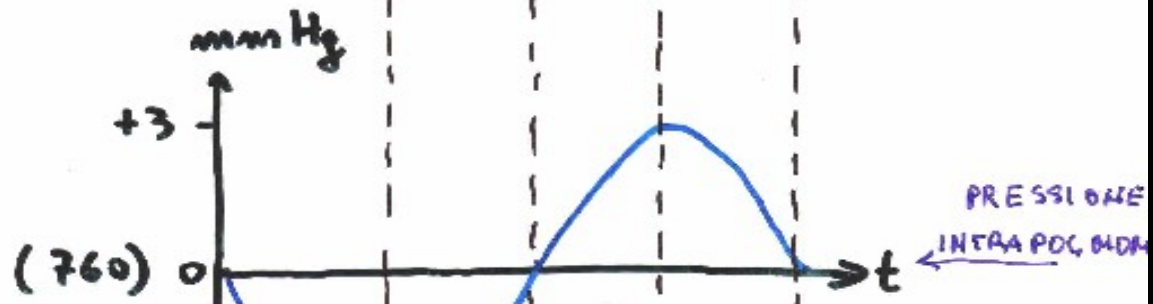
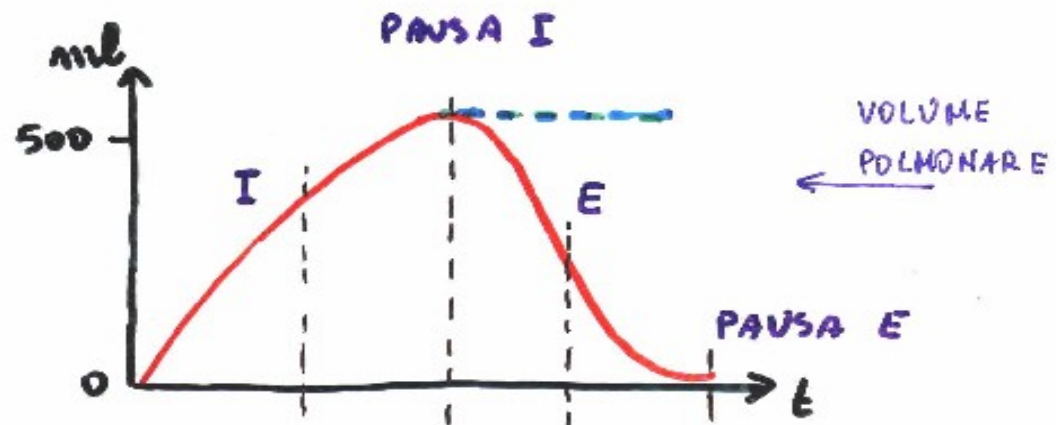
### 2) INTERCOSTALI INTERNI.

TIRANO LE COSTOLE INDIETRO.

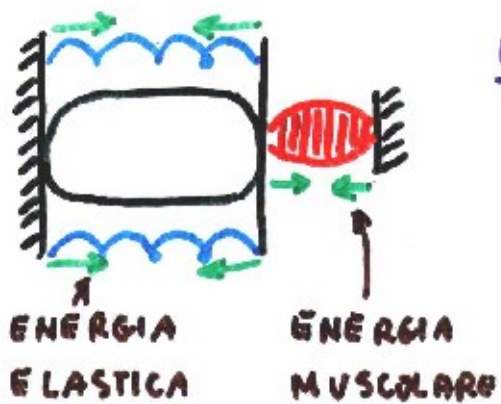
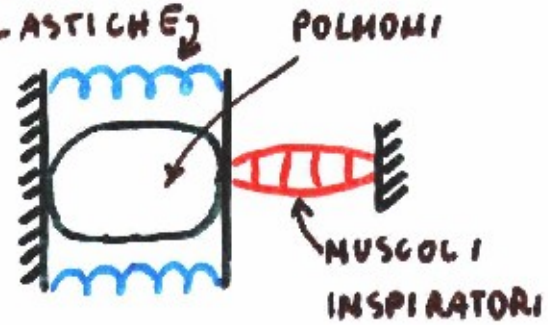


Il diaframma è un organo muscolo-tendineo a forma di cupola, posto alla base dei polmoni, che separa trasversalmente la cavità toracica da quella addominale. Durante la contrazione, il diaframma si appiattisce determinando una dilatazione della cavità toracica. Come conseguenza, la pressione endoalveolare si riduce rispetto alla pressione atmosferica dando avvio al processo di inspirazione: l'aria entra nelle vie respiratorie e i polmoni si dilatano. I polmoni e la parete toracica contengono una notevole percentuale di tessuti elastici che, durante la dilatazione polmonare, si distendono.

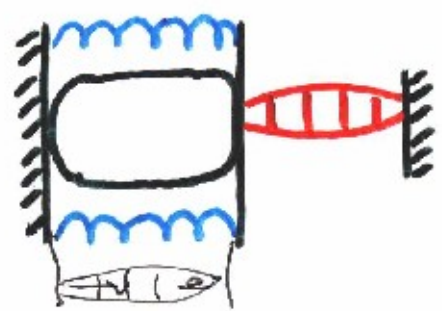
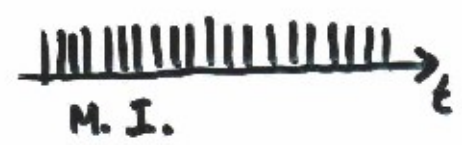
Dopo l'inspirazione, questi tessuti tendono a ritornare alla loro condizione di partenza. Contemporaneamente, il diaframma si rilassa e riprende la sua forma a cupola, spingendo verso l'alto. Queste due azioni combinate riducono il volume della cavità toracica con conseguente aumento della pressione endoalveolare che dà il via all'espiazione: l'aria presente all'interno dei polmoni viene espulsa.



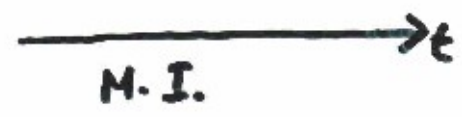
RESISTENZE ELASTICHE

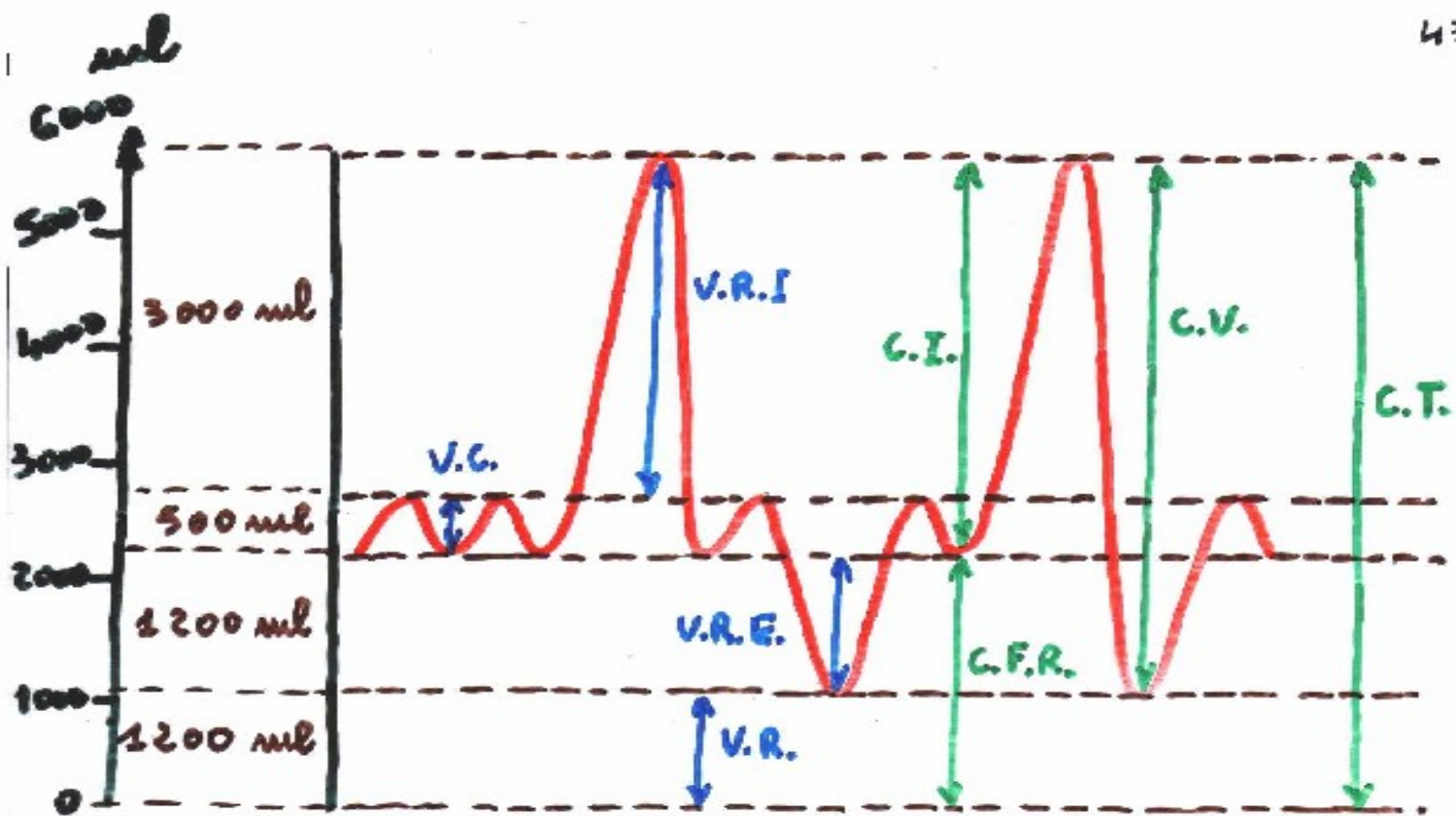


INSPIRAZIONE (ATTIVA)



ESPIRAZIONE (PASSIVA)





$$C.I. (\text{CAPACITA' INSPIRATORIA}) = V.C. + V.R.I. = 3500 \text{ ml}$$

$$C.F.R. (\text{C. FUNZIONALE RESIDUA}) = V.R.E. + V.R. = 2400 \text{ ml}$$

$$C.V. (\text{C. VITALE}) = V.R.I. + V.C. + V.R.E. = 4700 \text{ ml}$$

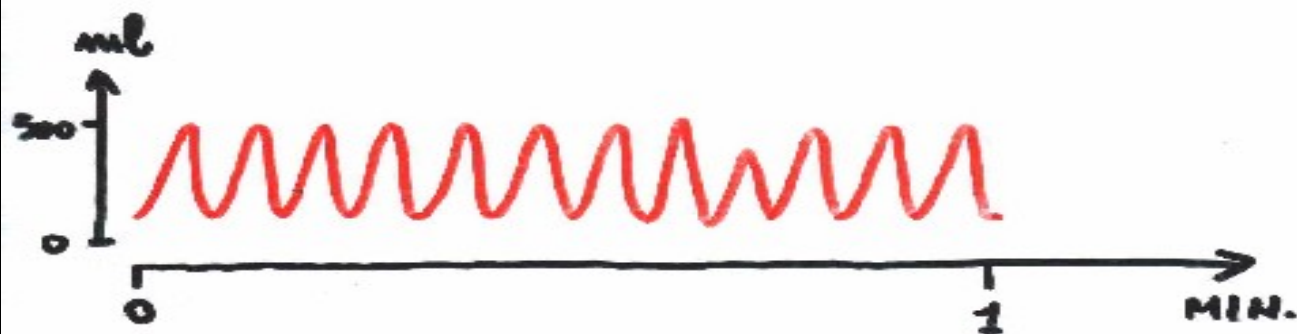
$$C.T. (\text{C. TOTALE}) = V.R.I. + V.C. + V.R.E. + V.R. = 5900 \text{ ml}$$

FATTORI CHE  
CONDIZIONANO LA C.V.

- 1) ALTEZZA.  
CIRCONFERENZA TORACE.  
LUNGHEZZA TRONCO.
- 2) SESSO.
- 3) ATTIVITA' MUSCOLARE.
- 4) ETA'.
- 5) POSIZIONE DEL CORPO.
- 6) PARALISI M. RESPIRATORI.
- 7) DEFORMITA' TORACE O C. VERTEBRALE.
- 8) LIMITAZIONE MOVIMENTI DEL DIAFRAMMA.
- 9) LESIONI PEURICHE.
- 10) FIBROSI POLMONARE.
- 11) STENOSI BRONCHIALE.

FATTORI CHE  
CONDIZIONANO IL V.R.

- 1) ETA'
- 2) SOVRA DISTENSIONE POLMONARE.
- 3) ENFISEMA.
- 4) PNEUMECTOMIA.
- 5) INNALZAMENTO DEL DIAFRAMMA.



### FREQUENZA RESPIRATORIA

$F_R$  : CICLI RESPIRATORI / MIN

NEONATI : 60 / MIN

ADULTI : 12 / MIN

### VENTILAZIONE POLMONARE

$\dot{V}_P$  (MIN) :  $\sum_{i=1}^n$  VOLUME RESPIRATORIO [ml/MIN]

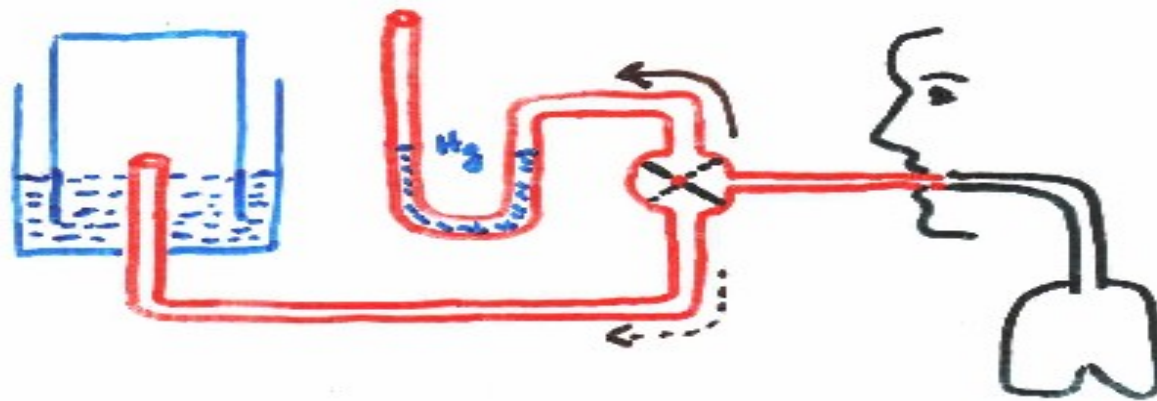
### RESPIRAZIONE TRANQUILLA

$F_R = 12 / \text{MIN}$  ;  $V_R = 500 \text{ ml}$

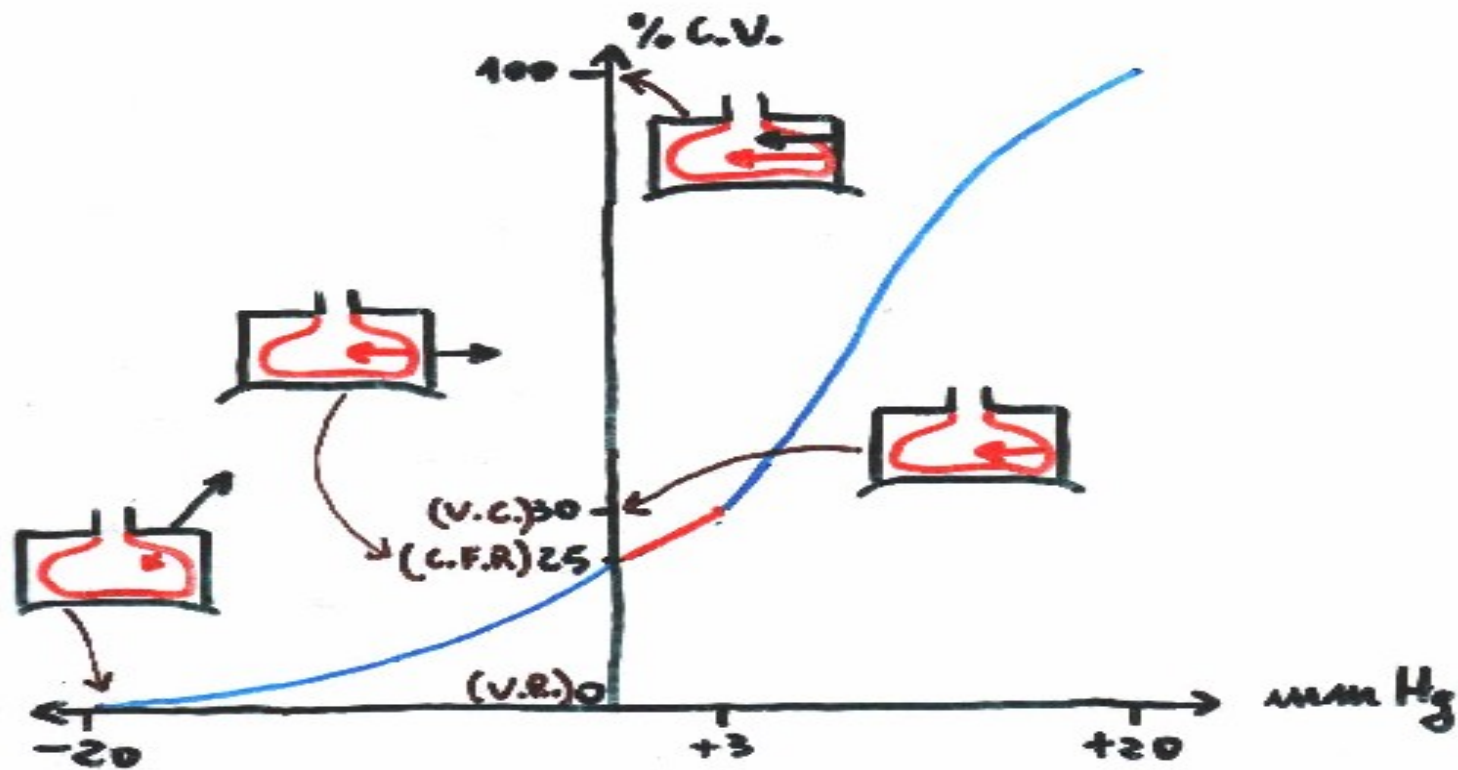
$\dot{V}_P = 12 \times 500 = 6000 \text{ ml / MIN}$

$\dot{V}_A = 12 \times 350 = 4200 \text{ ml / MIN}$





### CURVA P-V A RILASCIAMENTO

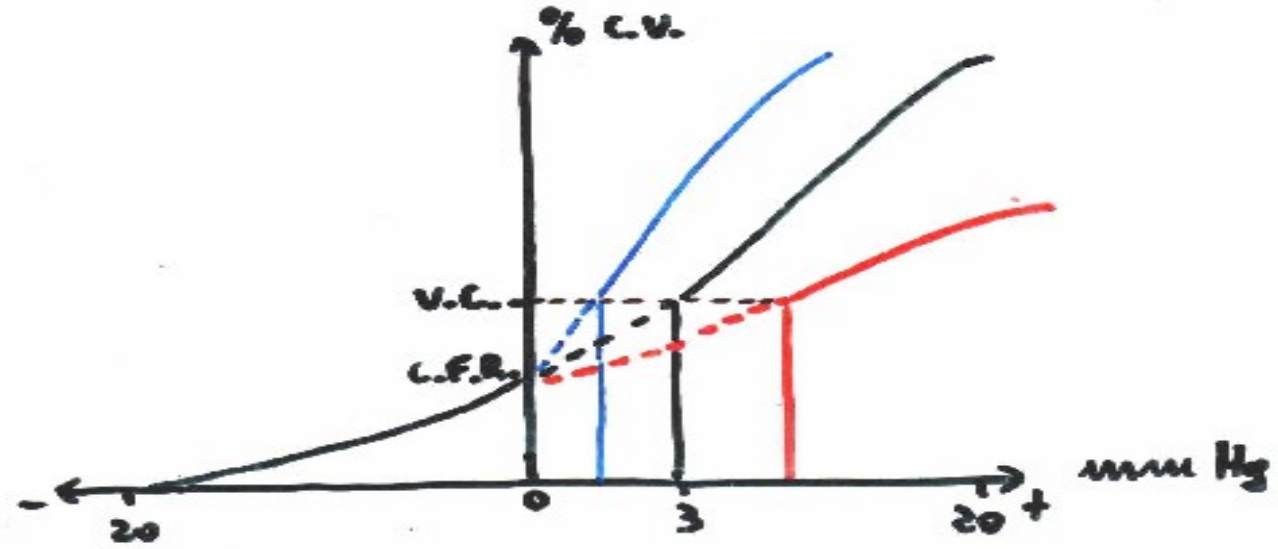


RIGIDITA' P.-G.T. (R) =  $\frac{\Delta P}{\Delta V}$

COMPLIANCE P.-G.T. (C) =  $\frac{1}{R}$

$C = \frac{\Delta V}{\Delta P} \left[ \frac{l}{\text{mmHg}} \right]$

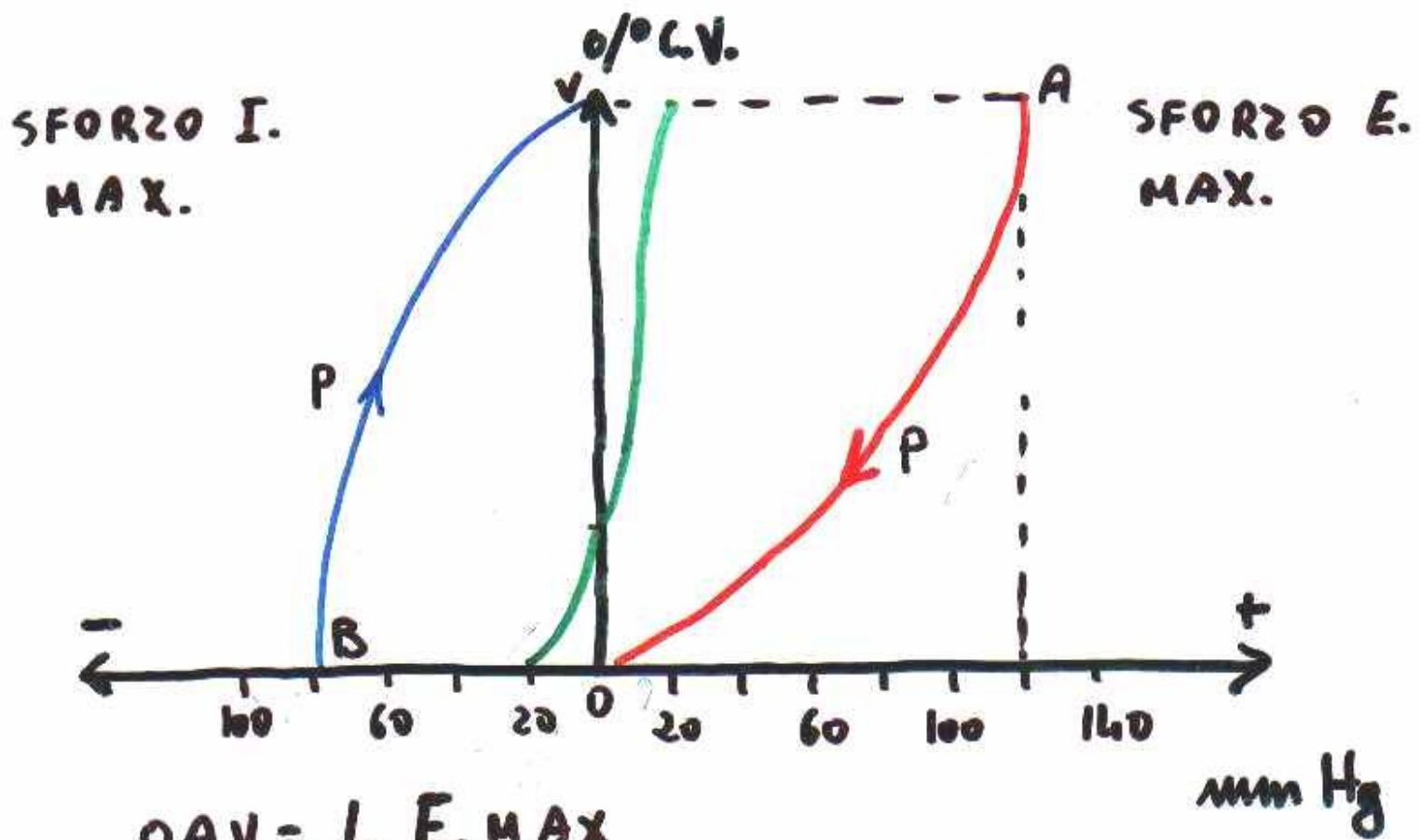
C (P.-G.T.) A V.C. = 0,13-0,16 l/mmHg



- | NORMALE
- | FIBROSI
- | ENFISEMA

$L_E < L_N < L_F$





$$OAV = L. E. MAX$$

$$OBV = L. I. MAX$$

# RESISTENZE GEOMETRICHE AL FLUSSO

46-1



$$P_1 > P_2$$

$$F = \frac{\Delta P}{R}$$

$$R = \frac{8\eta l}{\pi r^4}$$

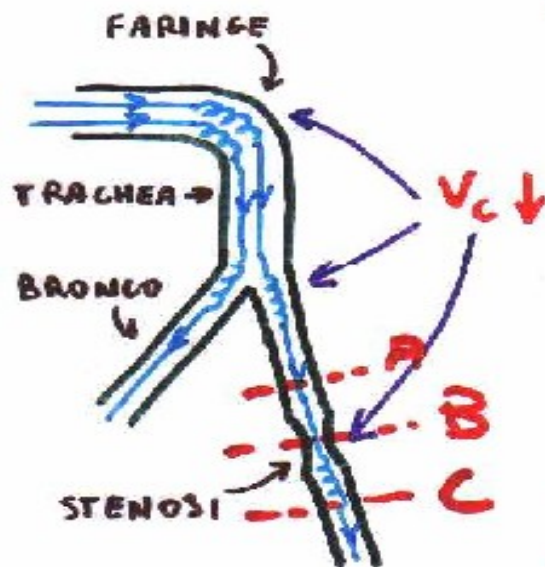
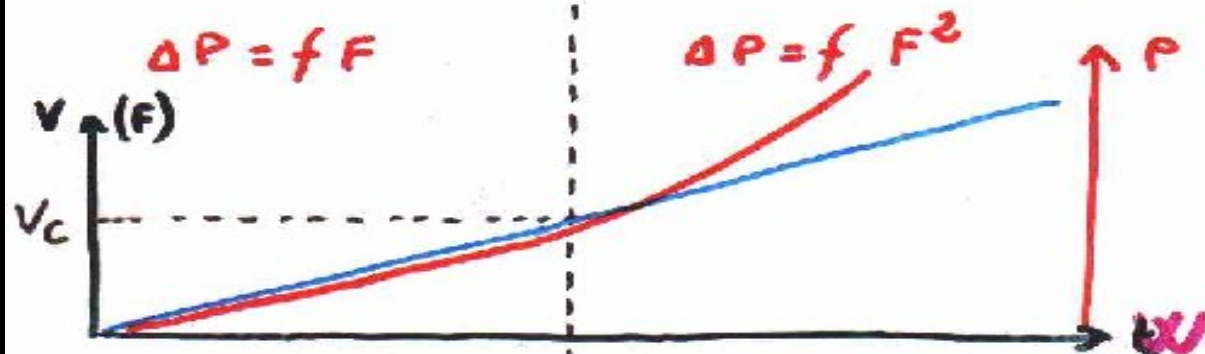
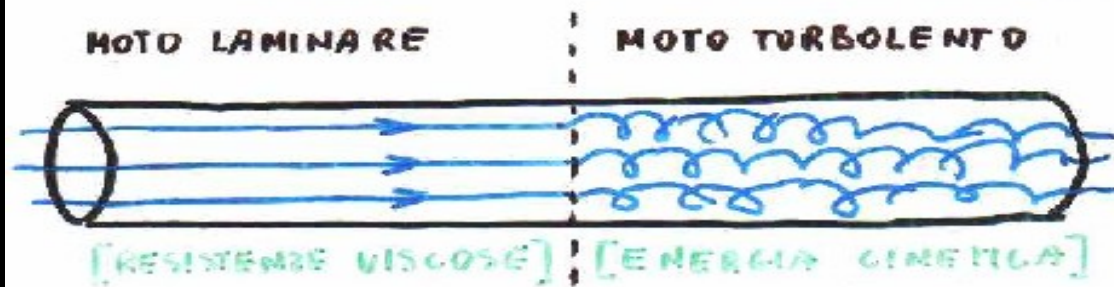
[ $\eta = \text{VISCOSITA'}$ ]

LEGGE DI  
POISEUILLE

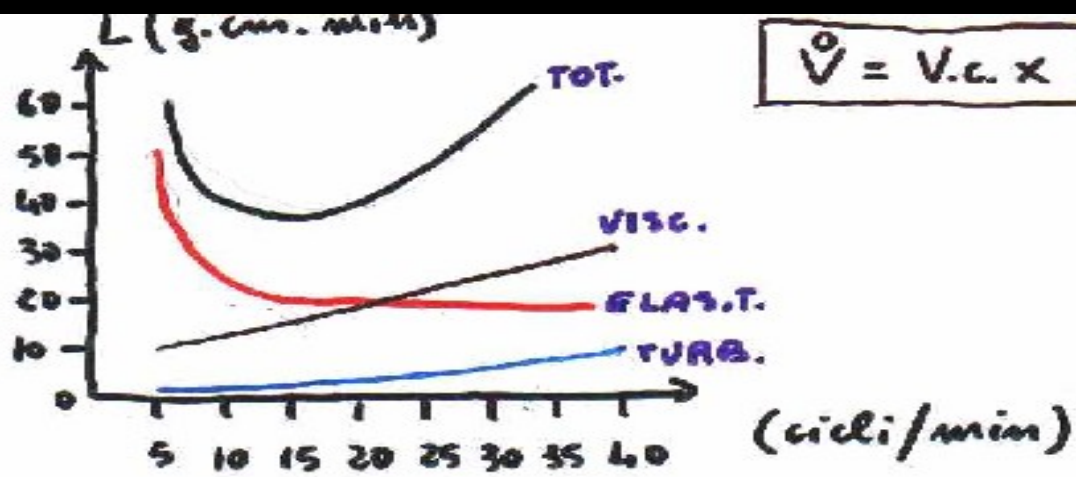
$$\frac{8\eta l}{\pi} = k \rightarrow R = \frac{k}{r^4}$$

# TURBOLENZA

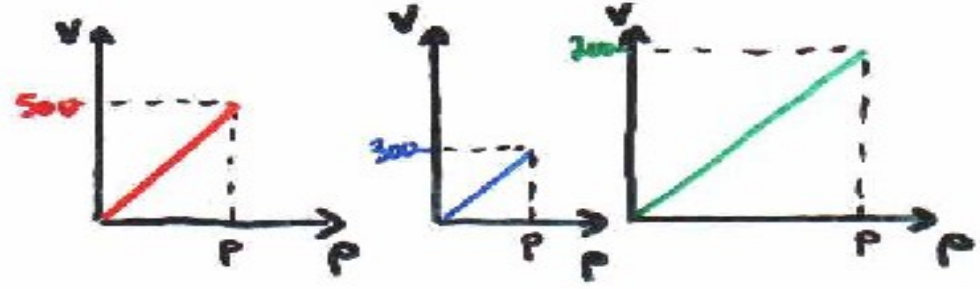
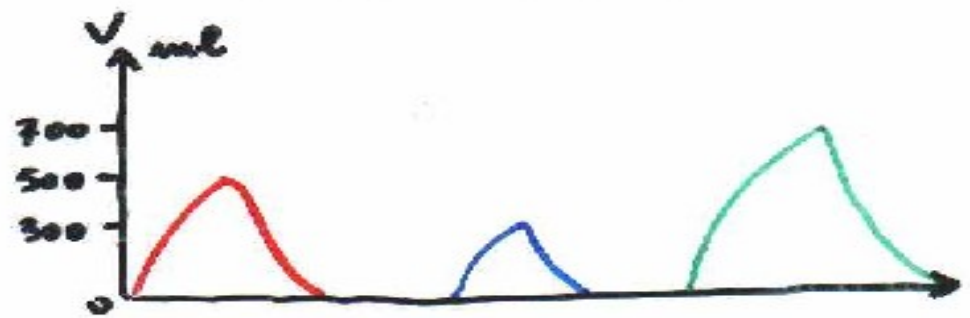
46-2



$$V_c = R \frac{\mu}{\rho r} \left\{ \begin{array}{l} R = n. \text{ Reynolds} \\ \rho = \text{densità} \end{array} \right.$$



$$\dot{V} = V.c. \times F = K$$

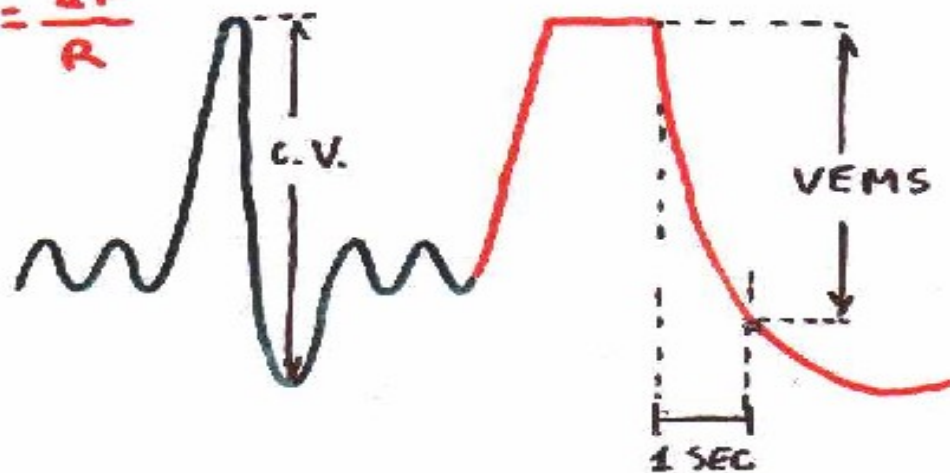


# VEMS - FEV<sub>2</sub>

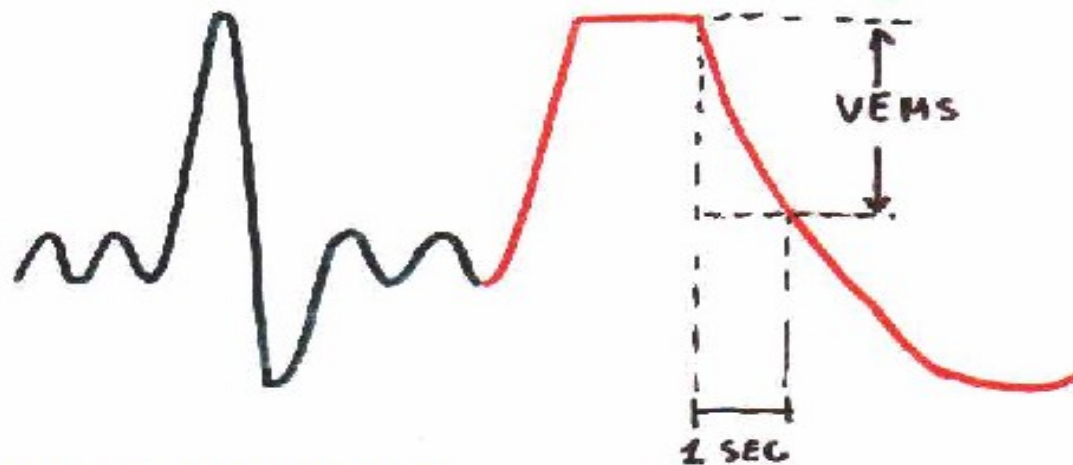
46-3

VOLUME - ESPIRATORIO - MASSIMO - SEC

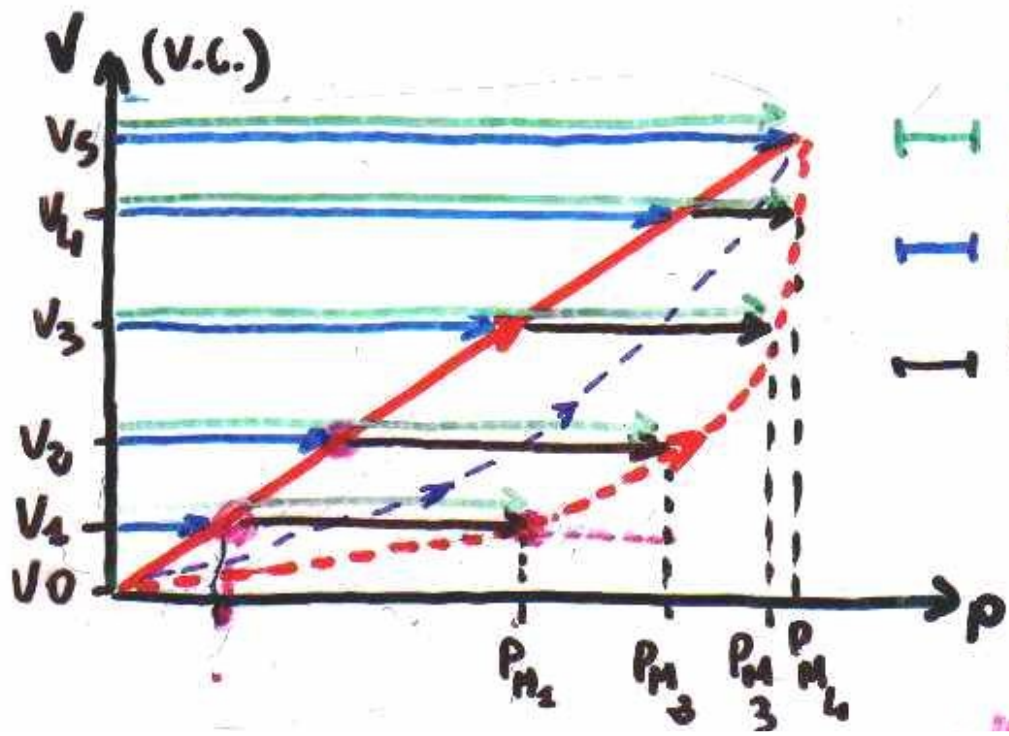
$$F = \frac{\Delta P}{R}$$






INDICE DI TIFFENEAU =  $\frac{VEMS}{C.V.} \times 100$  [77 ÷ 85%]

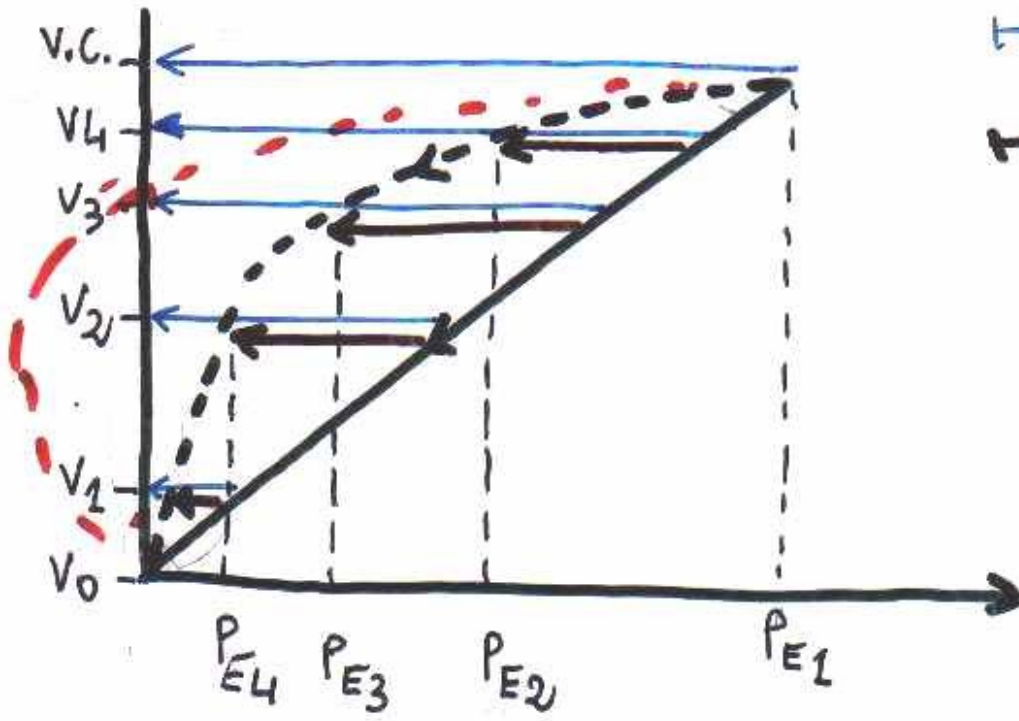


DANNO OSTRUTTIVO



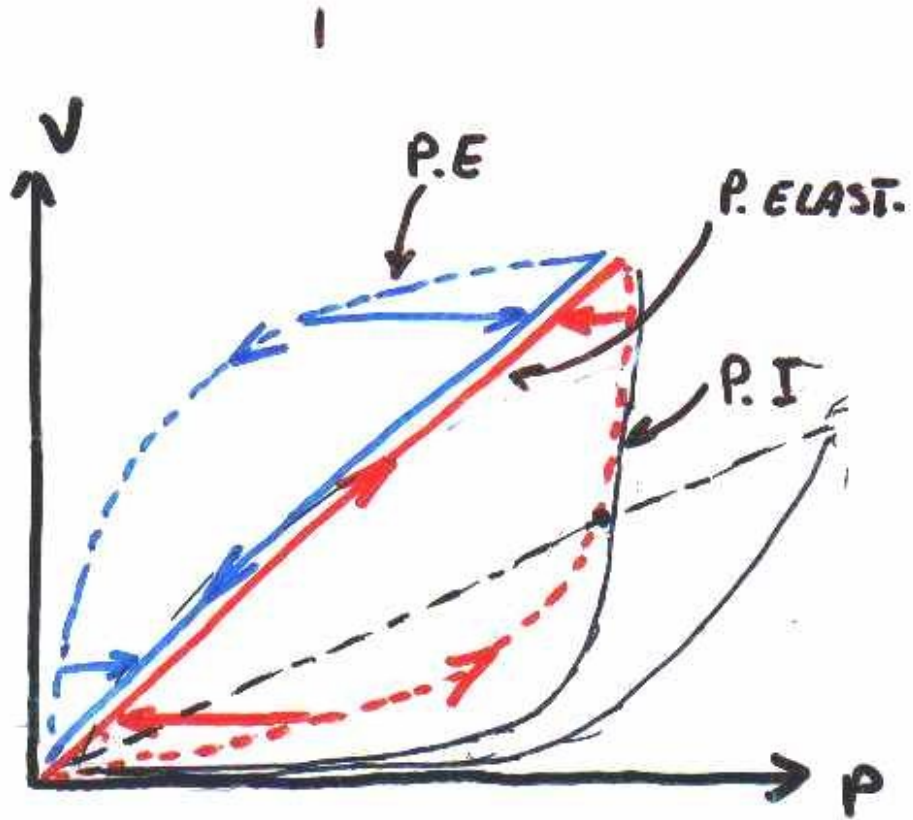
 P. TOT.  
 P. ELAST.  
 P. FLUSSD

46-7



$P_{TOT}$  (ELAST.)

$P$  FLUSSO





# COMPOSIZIONE ARIA ATMOSFERICA

16-1

	%	mm Hg
O <sub>2</sub>	20,84	158,38
CO <sub>2</sub>	0,03	0,23
N <sub>2</sub>	79,13	601,4
H <sub>2</sub> O	VARIABLE	VARIABLE

$$\frac{P_{PA}}{P_T} = \frac{A\%}{100}$$

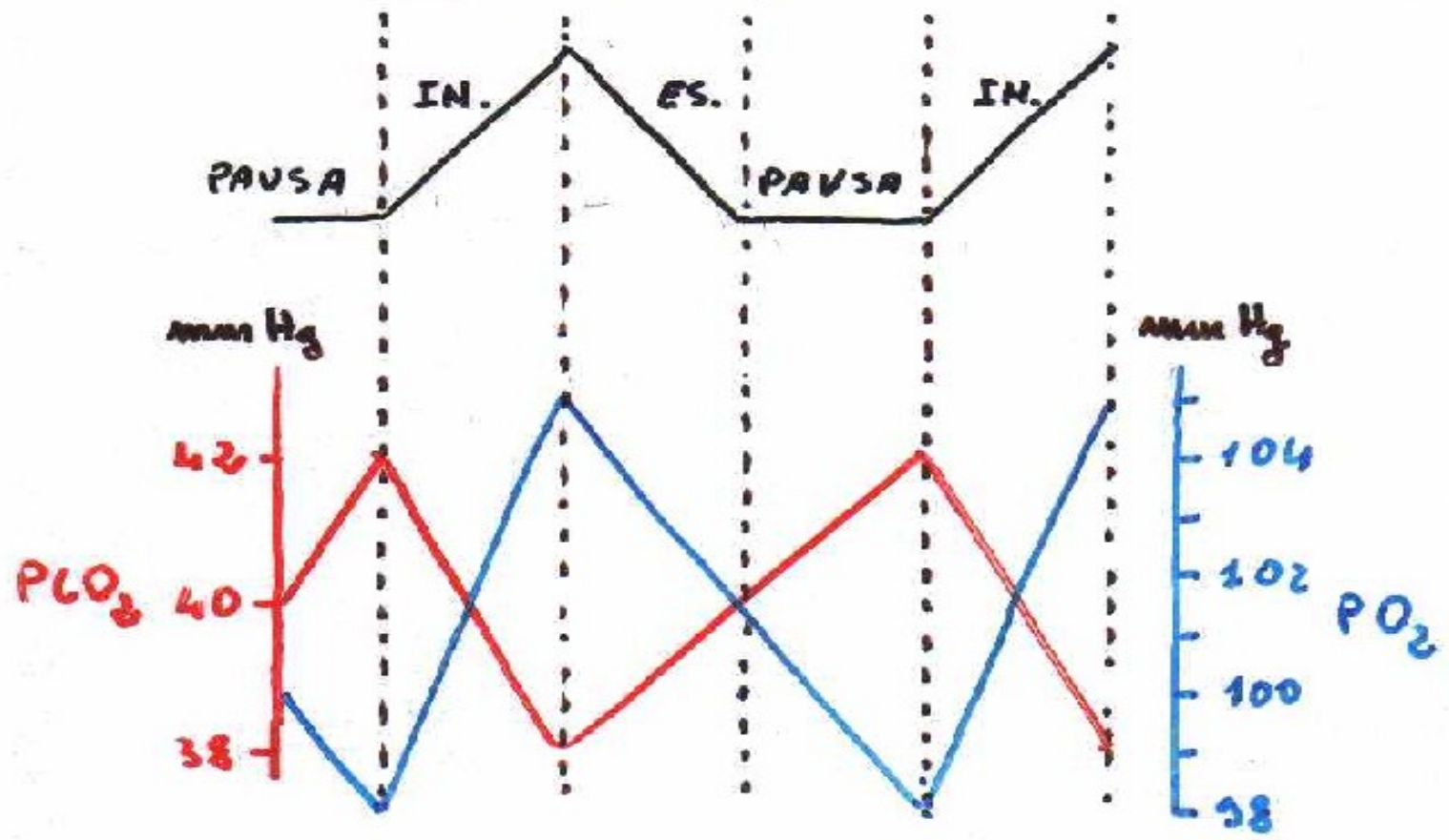
$$O_2\% = 20,84 \rightarrow P_{O_2} = \frac{P_T \times O_2\%}{100} = \frac{(760) \times (20,84)}{100}$$

$$P_{O_2} = 158,38 \text{ mm Hg}$$

$$P_{CO_2} = 0,23 \text{ mmHg} \rightarrow CO_2\% = \frac{P_{CO_2}}{P_T} \times 100 = \frac{0,23}{760} \times 100$$

$$CO_2\% = 0,03$$

ALVEOLO ← CAPILLARE  
 $P_{O_2}$  →  $P_{CO_2}$



VENTILAZIONE ↑ :  $\begin{cases} P_{O_2}(ALV.) \uparrow \\ P_{CO_2}(ALV.) \downarrow \end{cases}$

ATMOSFERA

ALVEOLI

CAPILLARI POLM. <sup>46-46</sup>

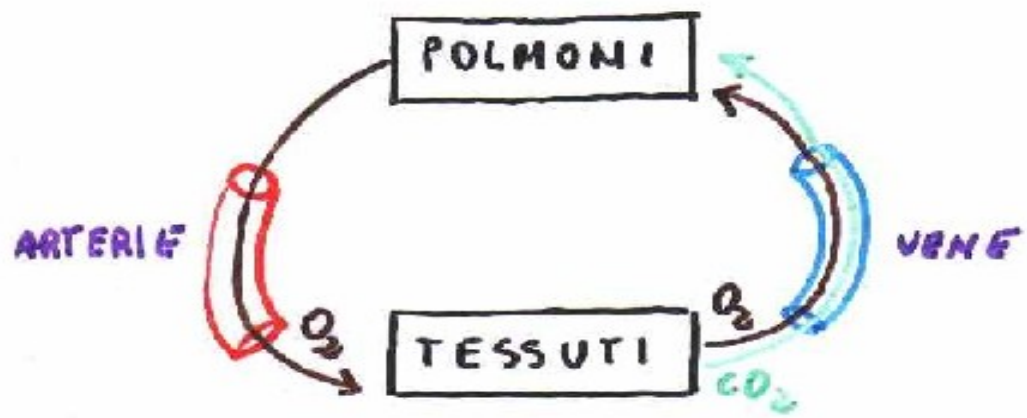
mmHg

mmHg

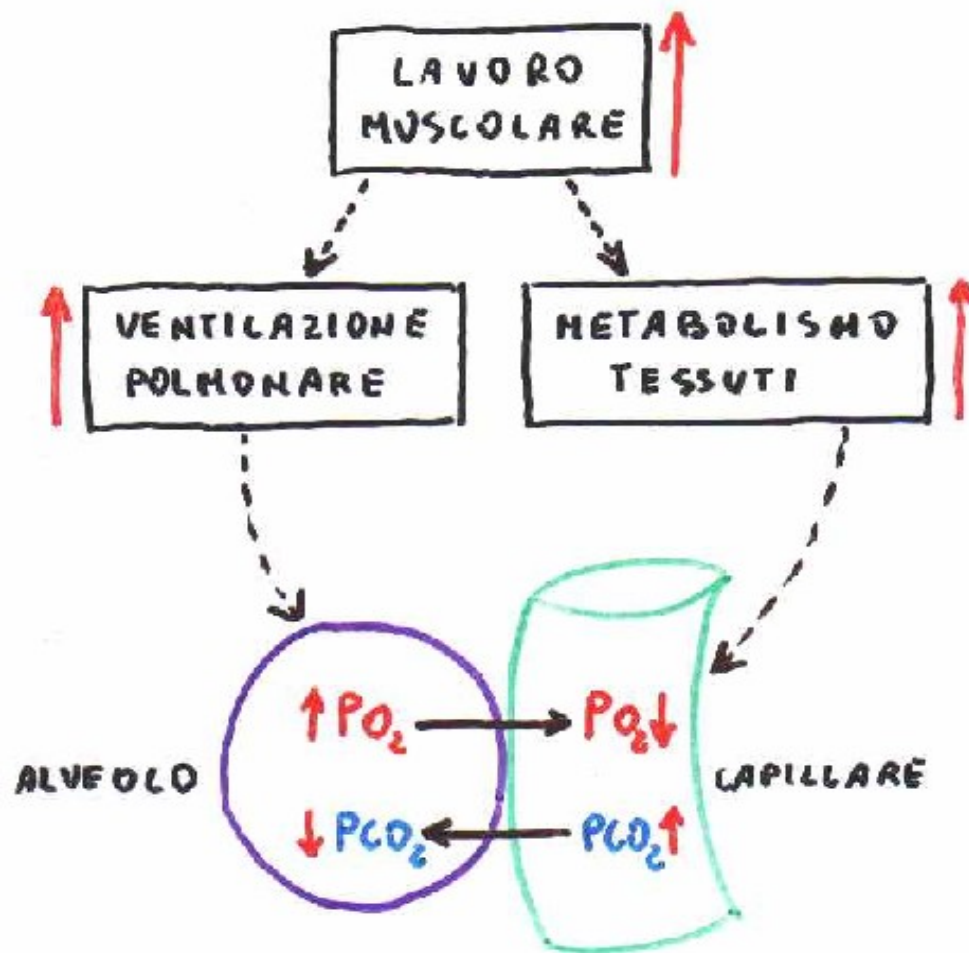
mmHg

$O_2$  (158)  $\xrightarrow{F}$  (103)  $\xrightarrow{F}$  (40)

$CO_2$  (0,3)  $\xleftarrow{F}$  (40)  $\xleftarrow{F}$  (46)



METABOLISMO  $\uparrow$  :  $\begin{cases} P_{O_2}(VENE) \downarrow \\ P_{CO_2}(VENE) \uparrow \end{cases}$

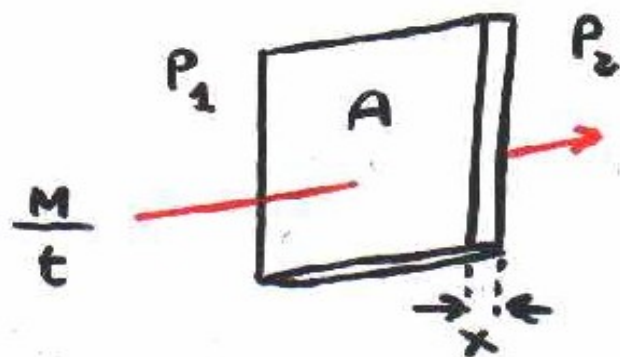


$GR PO_2 (ALV.-CAP.) \uparrow \rightarrow F O_2 (ALV.-CAP.) \uparrow$

$GR PCO_2 (CAP.-ALV.) \uparrow \rightarrow F CO_2 (CAP.-ALV.) \uparrow$

# LEGGE DI FICK

46-6



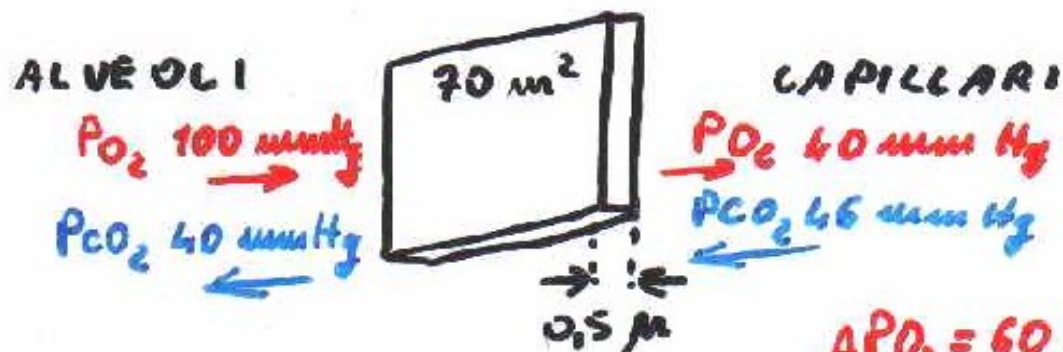
$$P_1 > P_2$$

$$\frac{M}{t} = \dot{V}$$

$$\dot{V} = D \frac{A \cdot (P_1 - P_2)}{x}$$

$$D \propto \frac{(\text{SOLUBILITA'})}{\sqrt{PM}}$$

[COEFFICIENTE DI SOLUBILITA']



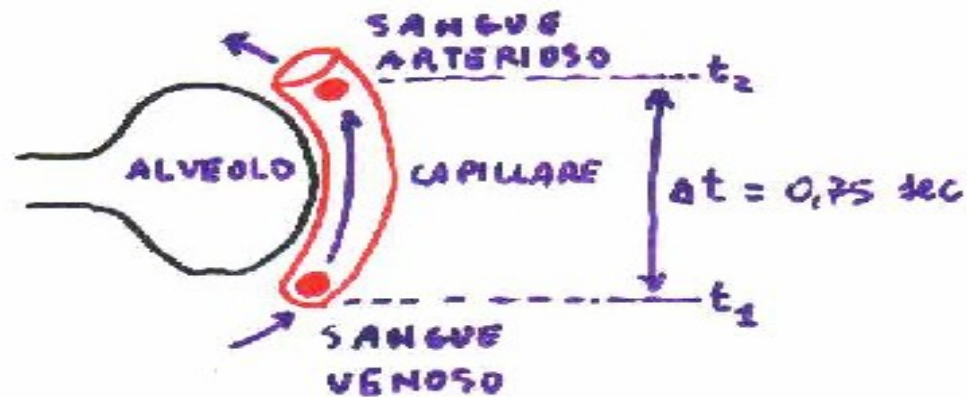
$$\Delta PO_2 = 60 \text{ mmHg}$$

$$\Delta PCO_2 = 6 \text{ mmHg}$$

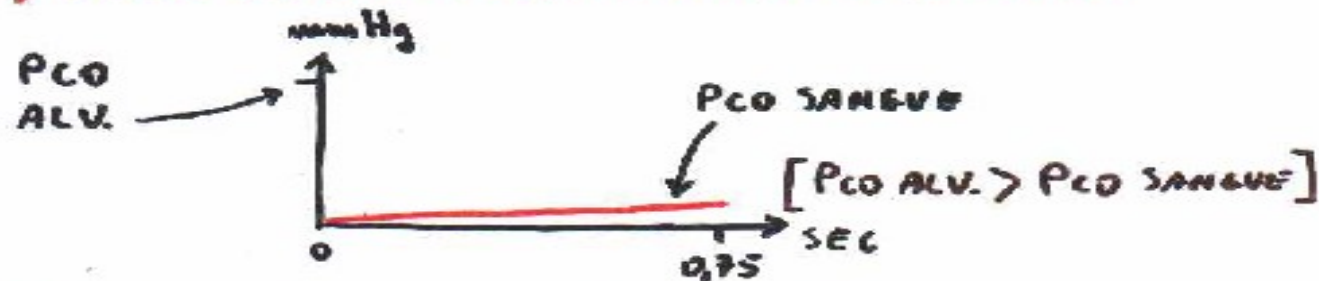
$$[D_{CO_2} \approx 200 D_{O_2}]$$

# LIMITI ALLA DIFFUSIONE DI UN GAS

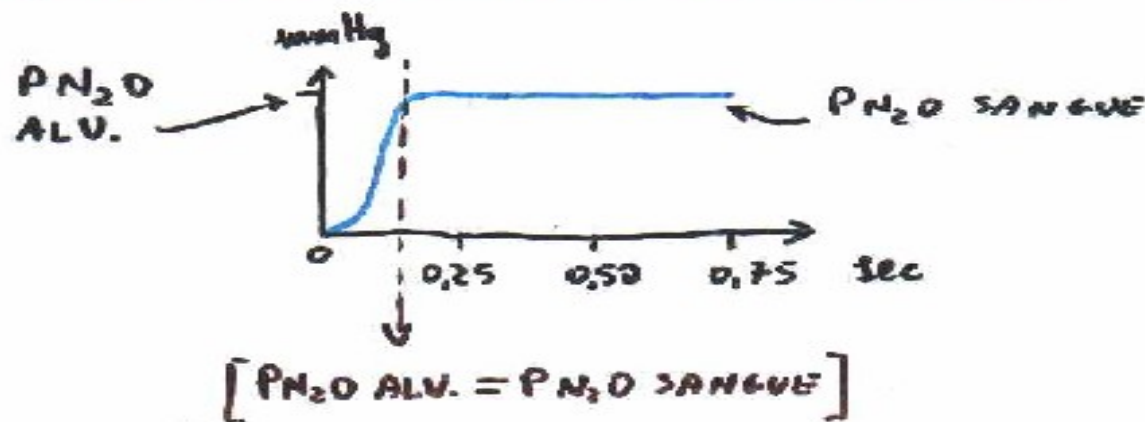
46-7

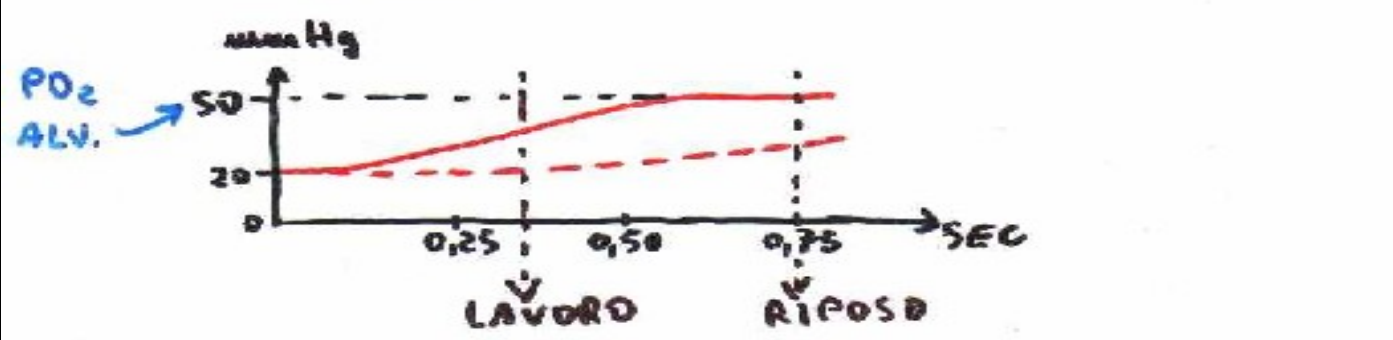
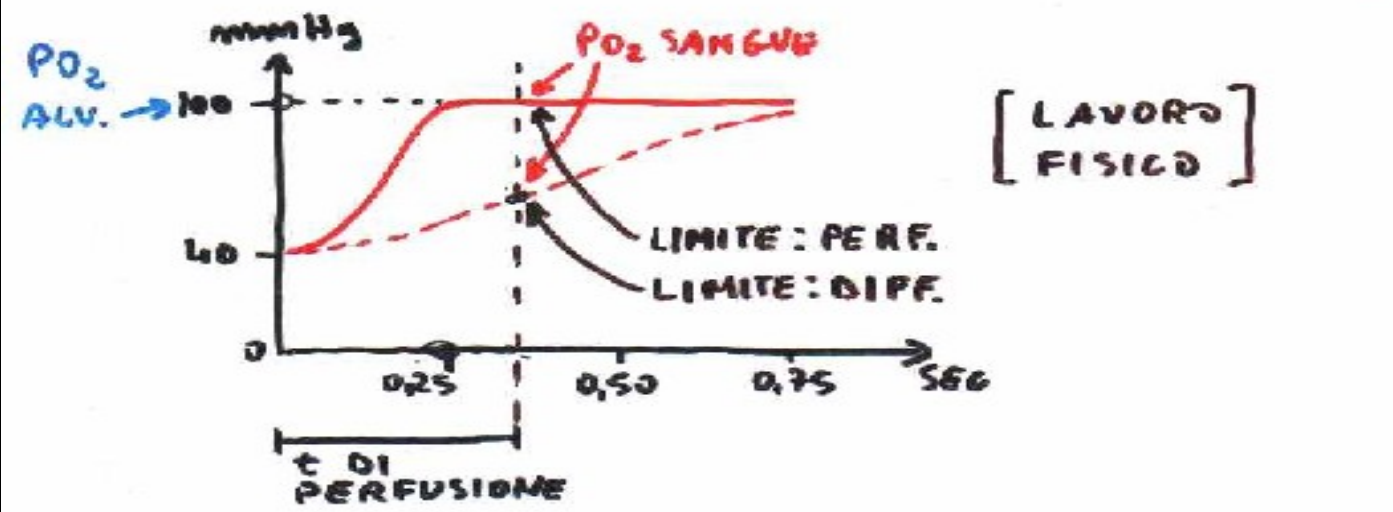
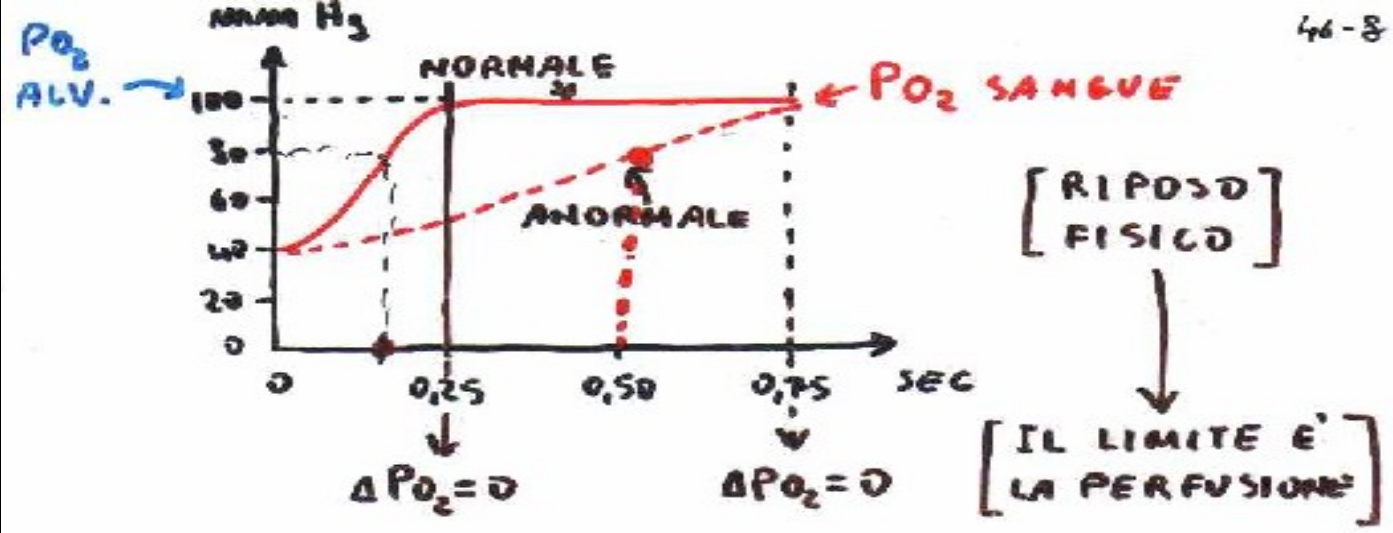


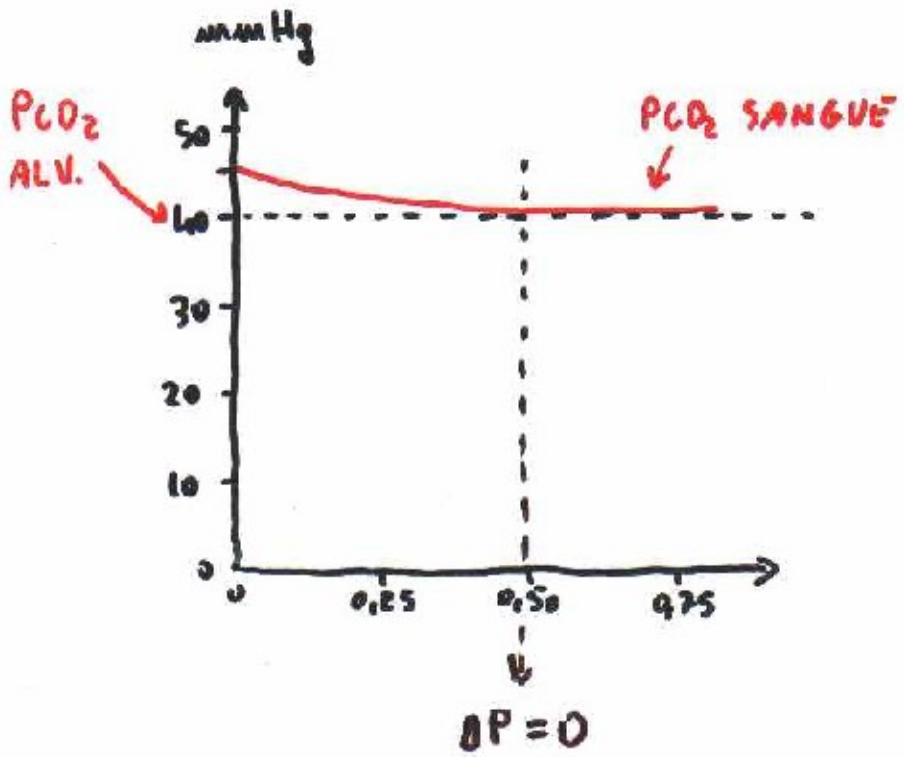
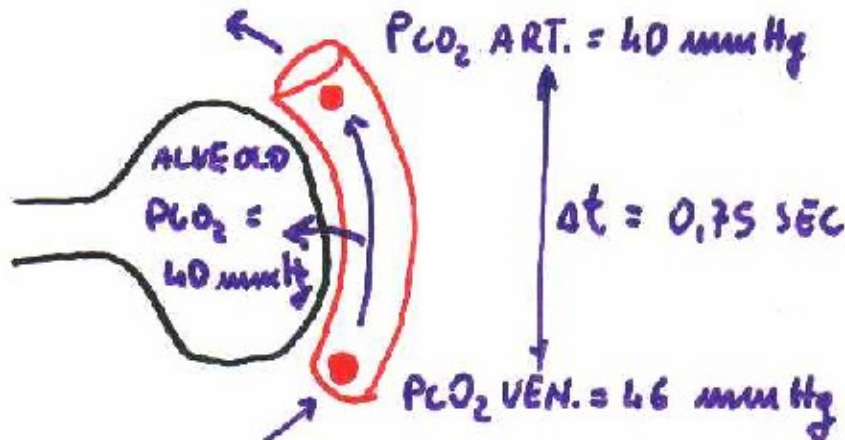
## 1) LIMITE DOVUTO ALLA DIFFUSIONE STESSA:



## 2) LIMITE DOVUTO ALLA PERFUSIONE:







IL LIMITE E' LA PERFUSIONE



# MISURA DELLA CAPACITÀ DI DIFFUSIONE A6-10

$$\dot{V} = \left[ D \cdot \frac{A}{x} \right] \cdot \Delta P$$

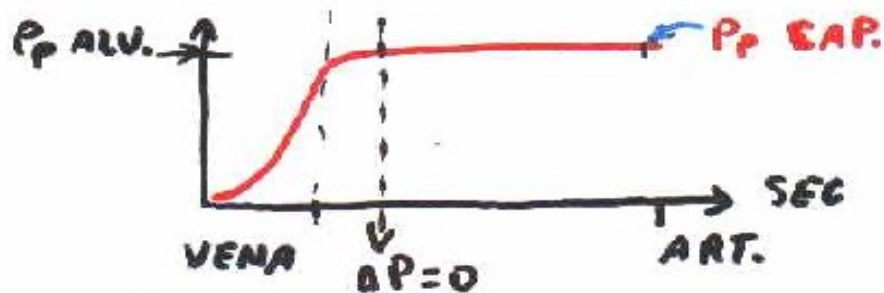
$$D \cdot \frac{A}{x} = DL \text{ (CAPACITÀ DI DIFFUSIONE)}$$

$$DL = \frac{\dot{V}}{\Delta P}$$

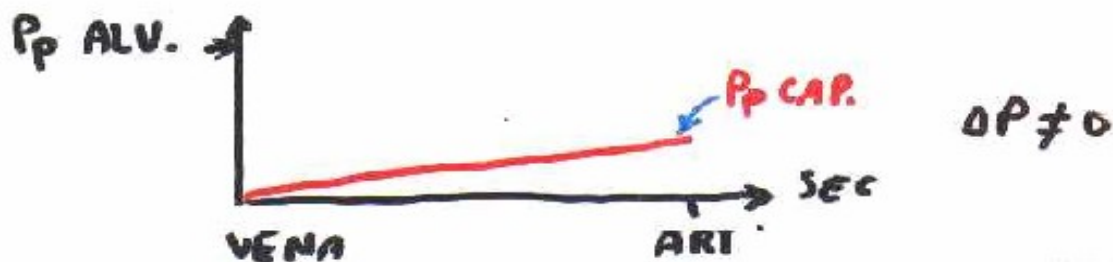
$$DL_{CO} = \frac{\dot{V}_{CO}}{P_{CO \text{ ALV.}} - P_{CO \text{ CAP.}}} \quad [P_{CO \text{ CAP.}} \cong 0]$$

$$DL_{CO} = \frac{\dot{V}_{CO}}{P_{CO \text{ ALV.}}} = 25 \frac{\text{ml/sec}}{\text{mm Hg}}$$

- 1)  $P_p \text{ ALV.} - P_p \text{ CAP.} = 0$  PRIMA CHE IL SANGUE ARRIVI AL CAPO ARTERIOSO DEL CAPILLARE:  
IL LIMITE ALLA DIFFUSIONE DEL GAS È LA PERFUSIONE.



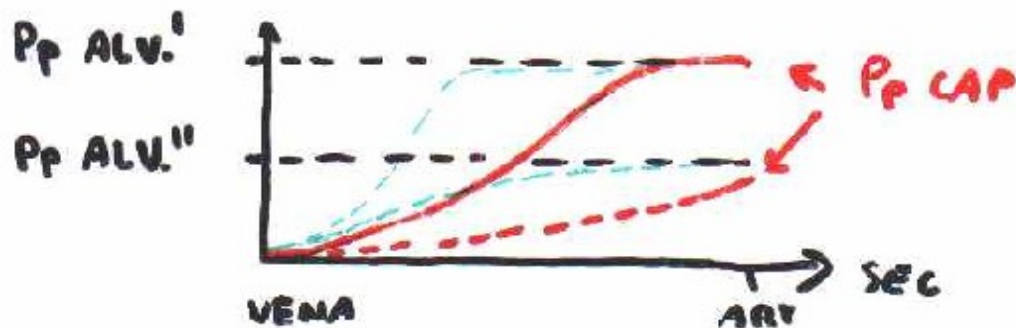
- 2)  $P_p \text{ ALV.} - P_p \text{ CAP.} \neq 0$  QUANDO IL SANGUE ARRIVA AL CAPO ARTERIOSO DEL CAPILLARE:  
IL LIMITE ALLA DIFFUSIONE DEL GAS È LA DIFFUSIONE STESSA.



- 3) UN AUMENTO FISIOLOGICO DELLA VELOCITA' DI PERFUSIONE (ES. LAVORO MUSCOLARE) PUO' EVIDENZIARE LIMITI ALLA DIFFUSIONE DOVUTI ALLA DIFFUSIONE STESSA.



- 4) UNA RIDUZIONE DELLA  $P_p \text{ ALV.}$  PUO' EVIDENZIARE LIMITI ALLA DIFFUSIONE DOVUTI ALLA DIFFUSIONE STESSA.



# **IL TRASPORTO DEI GAS NEL SANGUE**

LA QUANTITA' DI GAS DISCIOLTO NEL SANGUE E' FUNZIONE DELLA SUA  $P_p$  E DELLA SUA AFFINITA'

$P_{O_2} = 1 \text{ mmHg} : 0,003 \text{ ml } O_2 / 100 \text{ ml - SANGUE}$

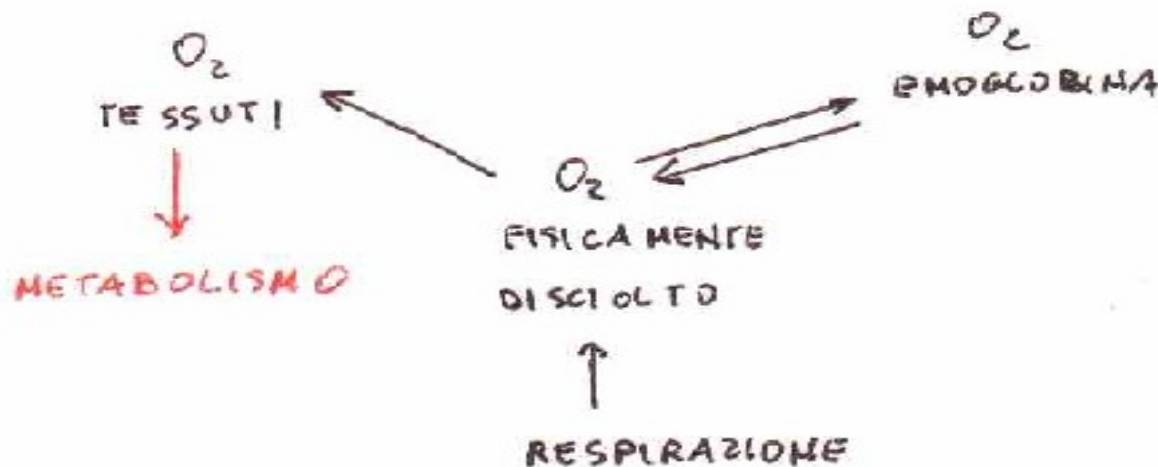
$P_{O_2 \text{ ART.}} = 100 \text{ mmHg} : 0,30 \text{ ml } O_2 / 100 \text{ ml - SANGUE}$

$P_{O_2 \text{ VEN.}} = 40 \text{ mmHg} : 0,12 \text{ ml } O_2 / 100 \text{ ml - SANGUE}$

$G.C. = 6000 \text{ ml/min} \rightarrow \dot{V}_{O_2 \text{ DISCIOLTO}} = 18 \text{ ml/min}$

**$VO_2$  consumato a riposo = 250 mL/min**

$\dot{V}_{O_2 \text{ DISC.}} = 7,2\% \dot{V}_{O_2 \text{ CONSUM.}}$





- a)  $P_{O_2} = 100 \text{ mm Hg}$ : 1g Hb LEGA 1,39 ml  $O_2$   
 b) 100 ml-SANGUE CONTENENDO 15g Hb  
 c) 100 ml-SANGUE LEGANO 20,85 ml  $O_2$   
 d) 6000 ml/min [G.C. riposo] TRASPORTANO 1251 ml  $O_2$ /min  
 e) 24000 ml/min [G.C. max] TRASPORTANO 5004 ml  $O_2$ /min

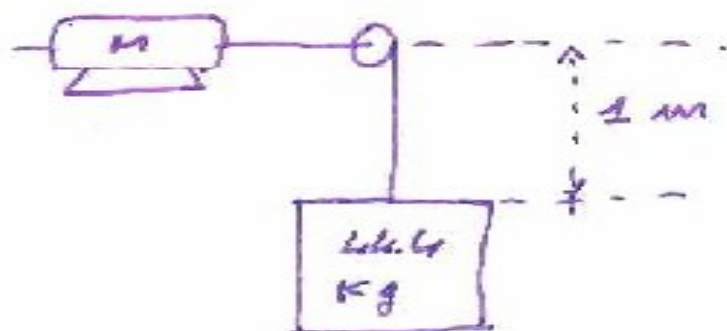
$$5000 \text{ ml/min } O_2 \text{ [E.C. = 5 kcal/l]} \rightarrow 25 \text{ Kcal}$$

$$25 \text{ Kcal [E.M.C. = 4.18 J]} \rightarrow 104,5 \text{ KJ/min}$$

$$104,5 \text{ KJ/min} : 60 = 1,74 \text{ KW}$$

$$1,74 \text{ KW [M_{muscolo} = 0,25]} = 435 \text{ W LAVORO}$$

$$435 \text{ W} : 9,8 = 44,4 \text{ Kg m/s}$$

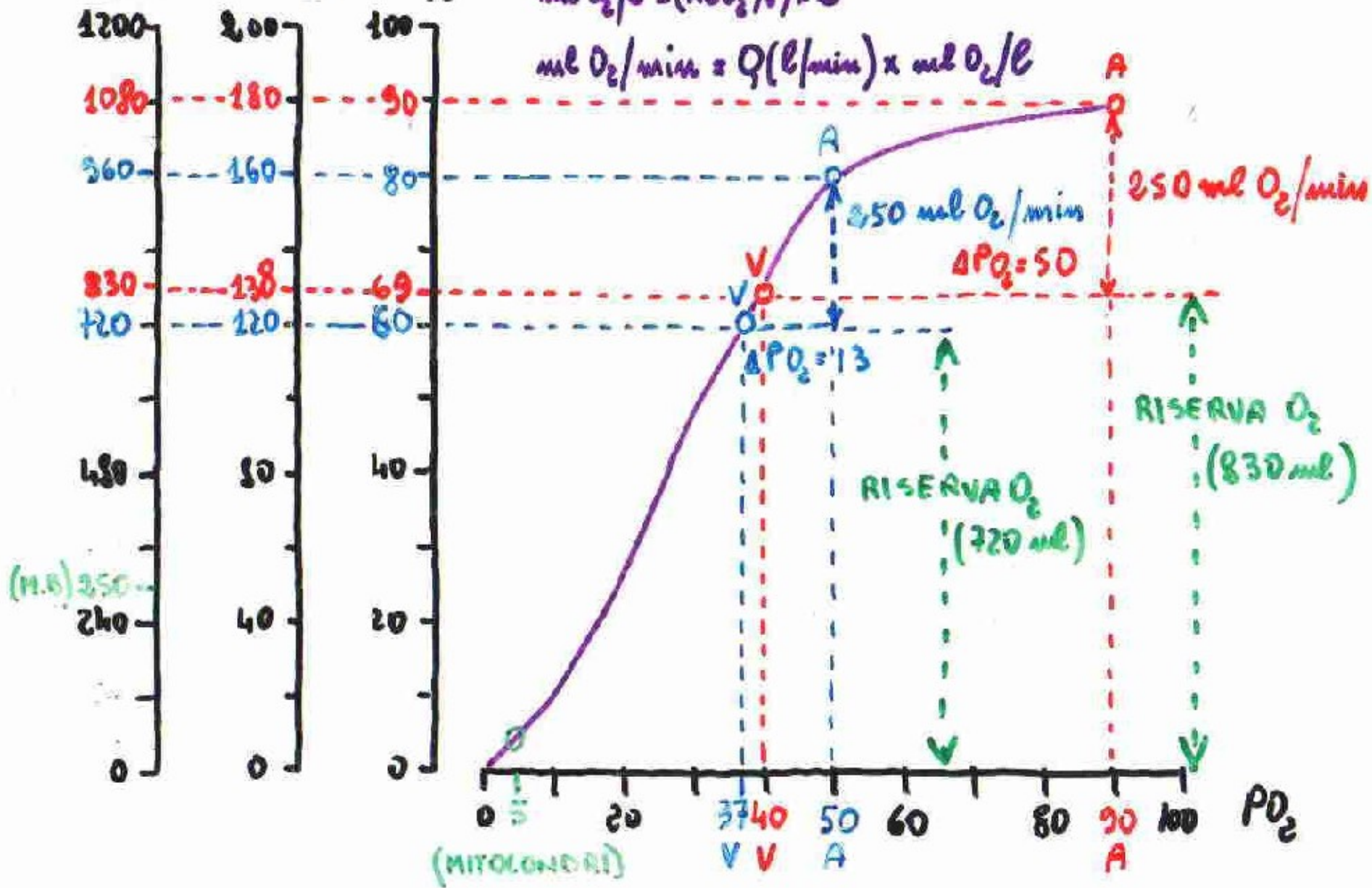


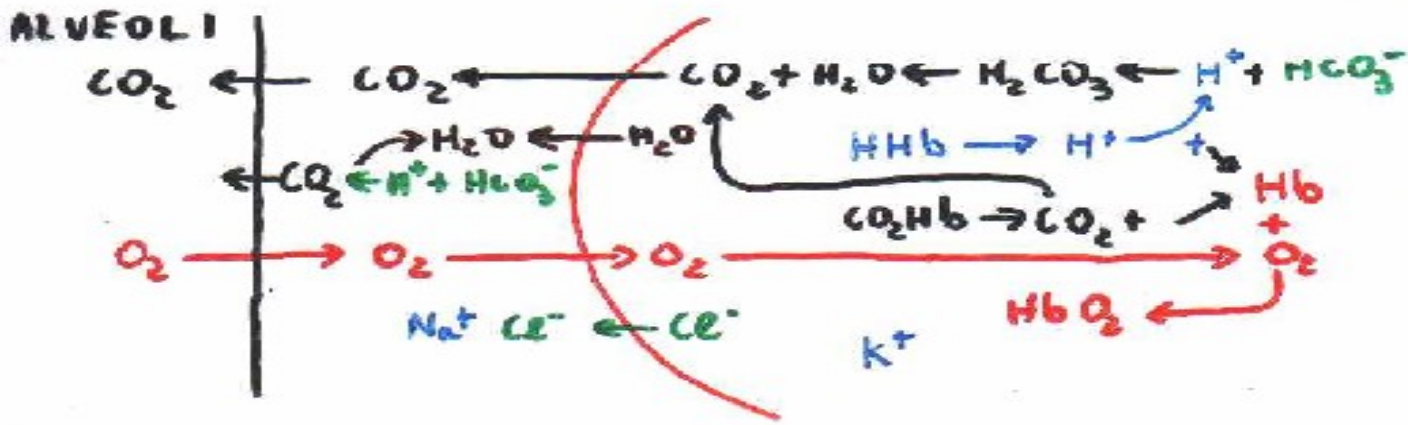
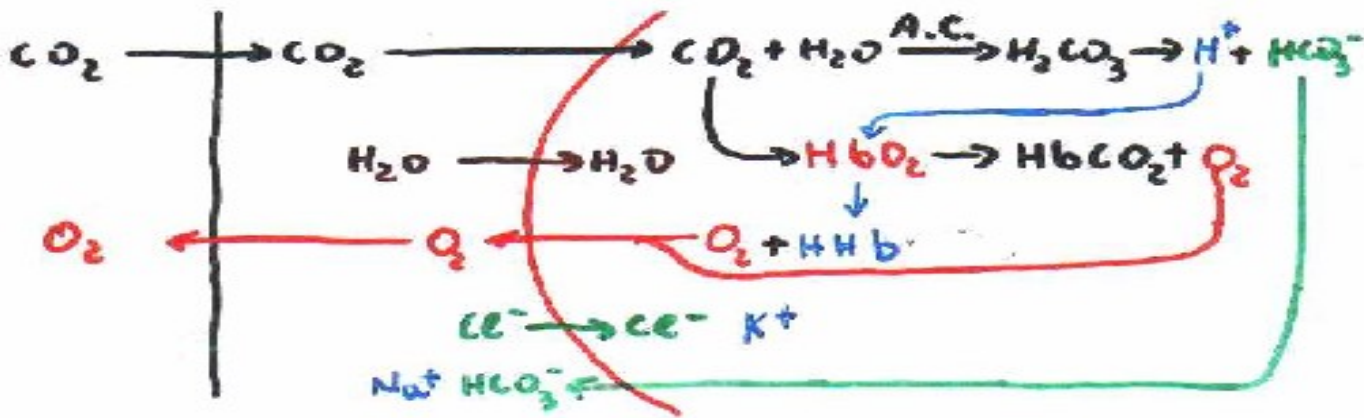
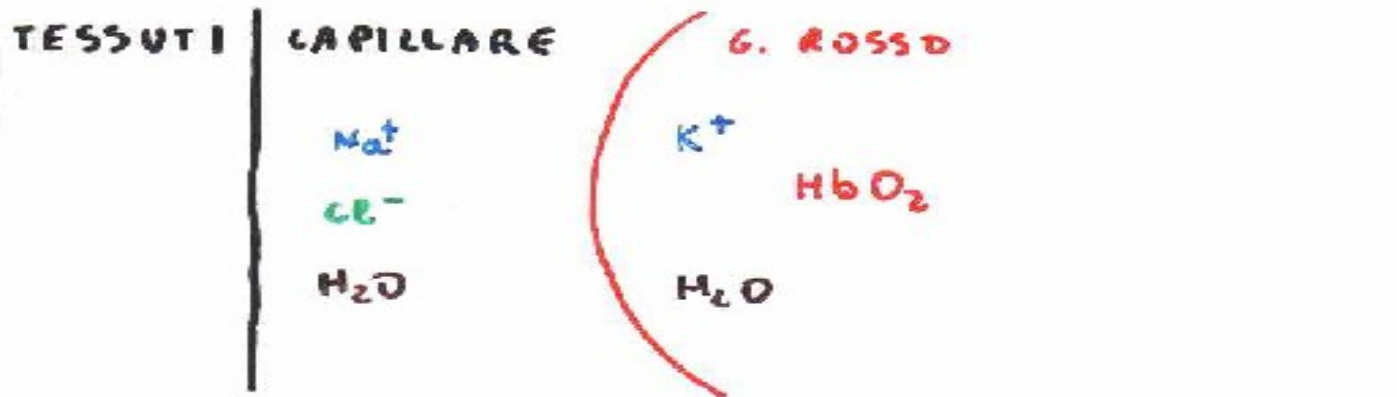
ml O<sub>2</sub>/min      ml O<sub>2</sub>/l      HbO<sub>2</sub> %

Q = 6000 ml/min      15 g. Hb/100 ml

$ml\ O_2/l = (HbO_2\ %) \times 2$

$ml\ O_2/min = Q(l/min) \times ml\ O_2/l$







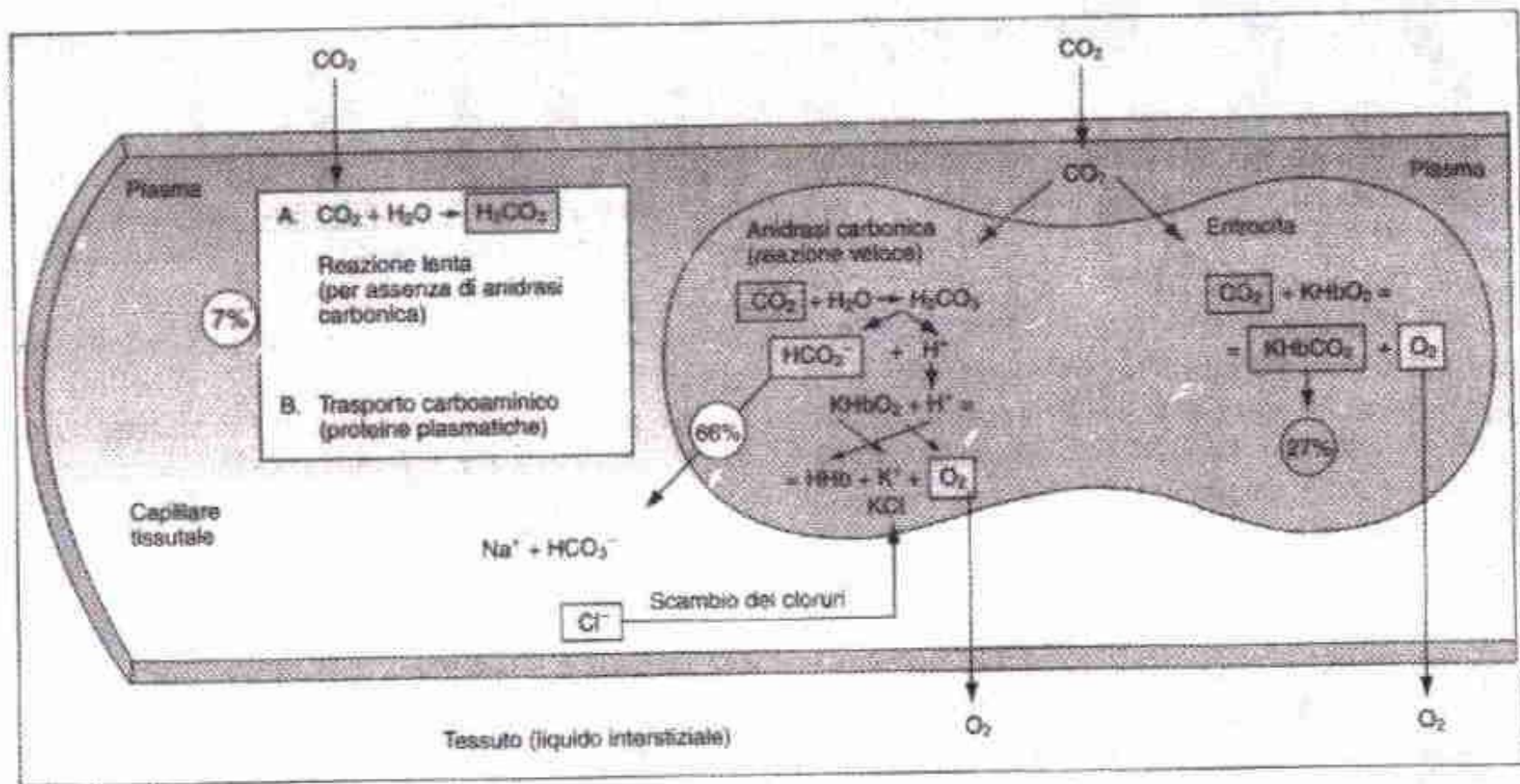
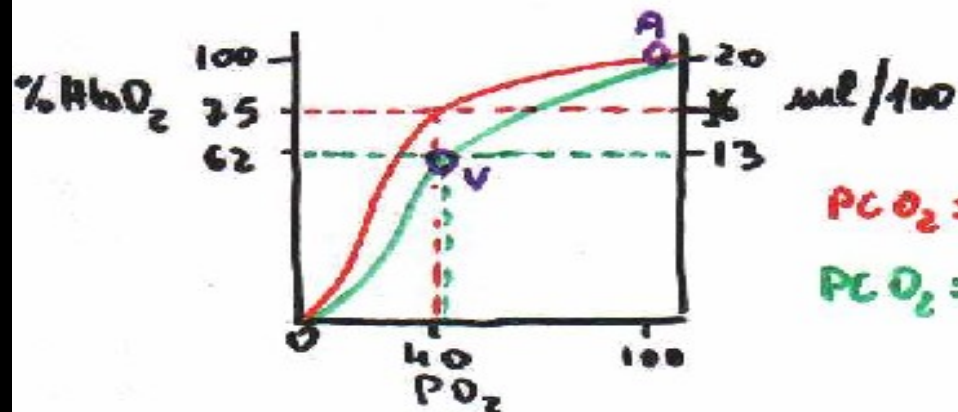


Figura 12.27 - Trasporto della  $\text{CO}_2$  nel sangue (da Riva Sanseverino E, 1996, ridisegnata).

$PO_2 = 40 \text{ mmHg} \rightarrow HbO_2 = 62\% \rightarrow 13 \text{ ml } O_2 / 100 \text{ ml}$

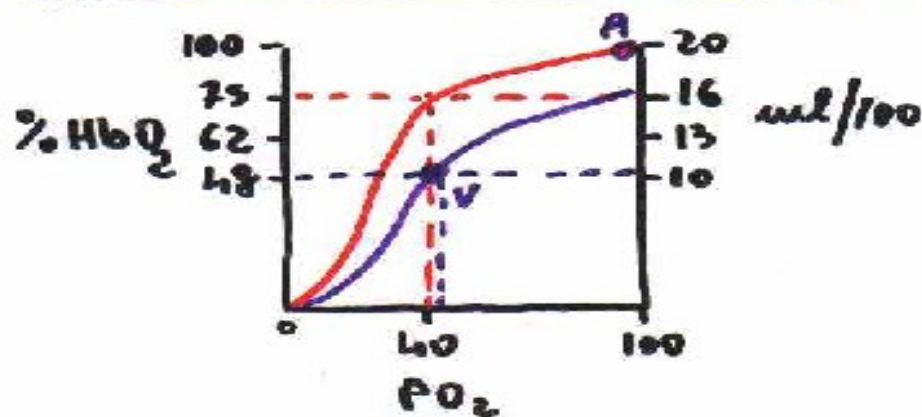
$\Delta O_2 (\text{ART.} - \text{VEN.}) \approx 8 \text{ ml } O_2 / 100 \text{ ml}$



$PCO_2 = 40 \text{ mmHg}$

$PCO_2 = 46 \text{ mmHg}$

LAVORO MUSCOLARE ( $t = 40^\circ C$ )



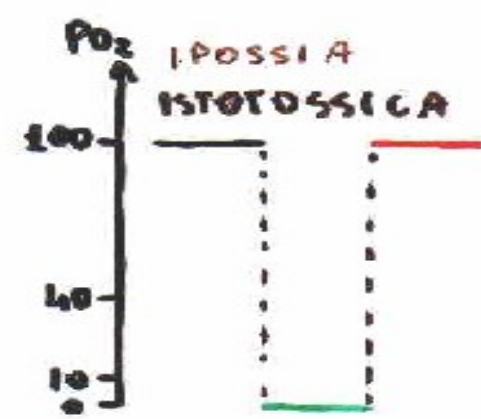
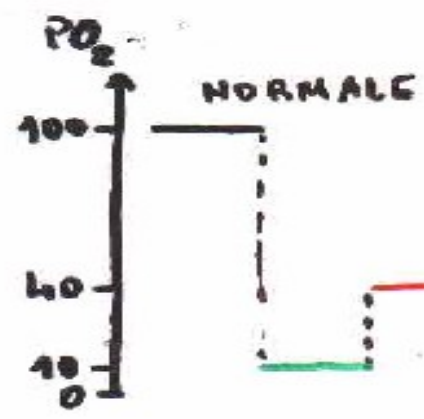
$t = 37^\circ C \rightarrow \Delta O_2 = 8 \text{ ml}/100 \text{ ml}$

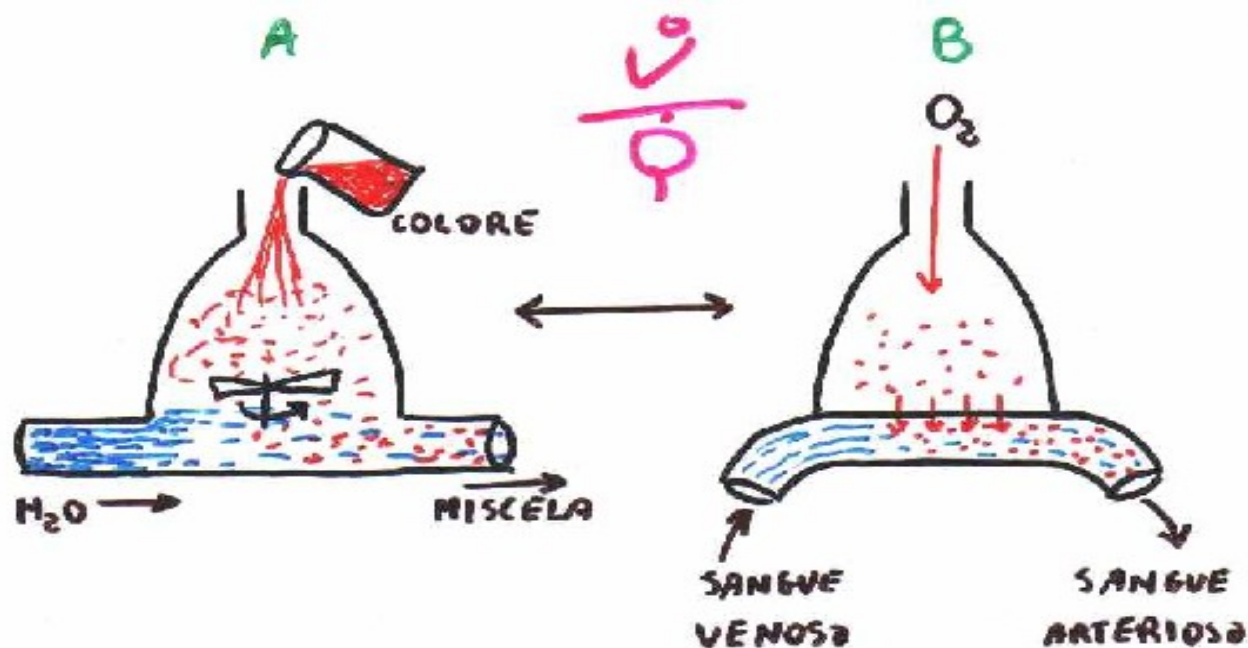
$t = 40^\circ C \rightarrow \Delta O_2 = 11 \text{ ml}/100 \text{ ml}$

ARTERIE

VENE

48-5





VELOCITA' } ↑ CONC. MISCELA ↑  
 COLORANTE } ↓ CONC. MISCELA ↓  
 (l/min)

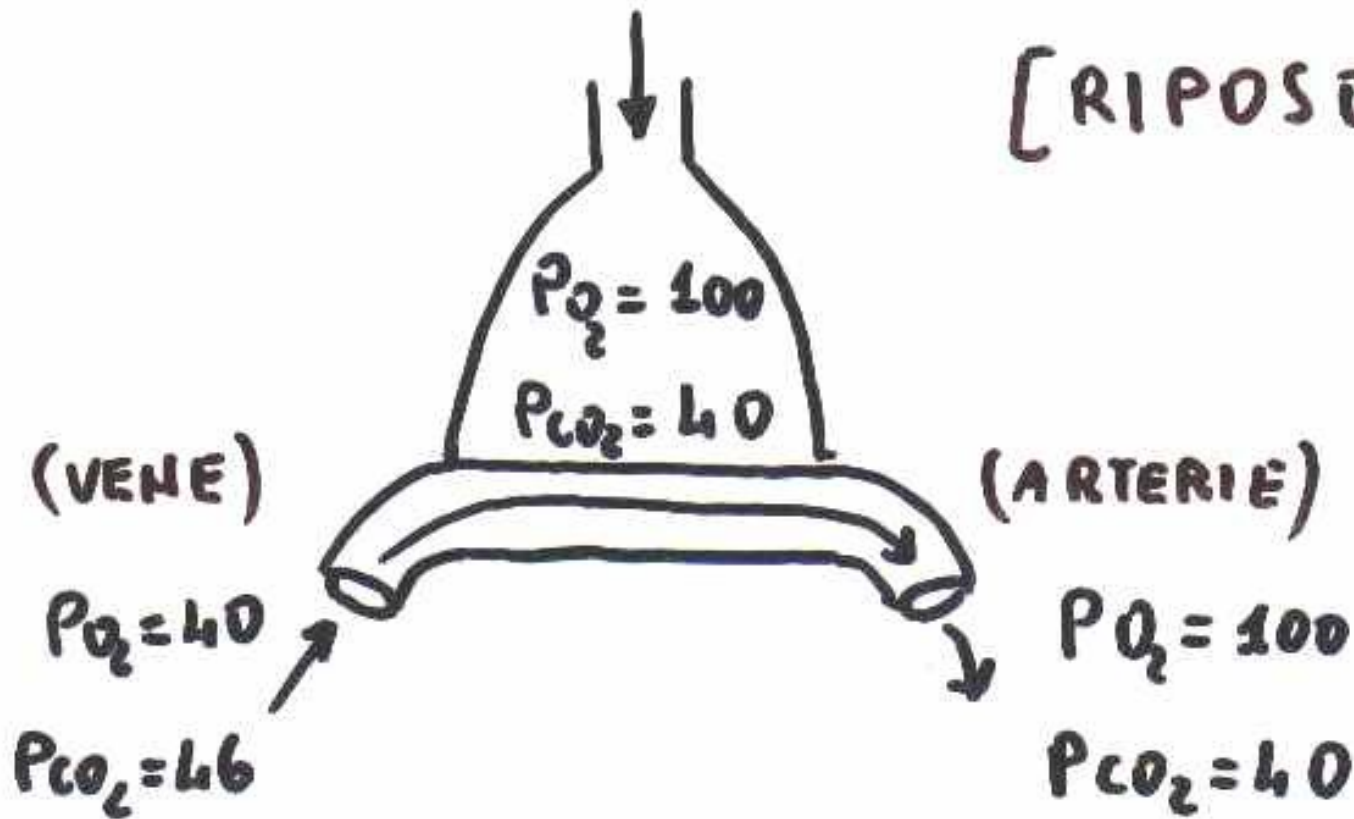
VELOCITA' } ↑ CONC. MISCELA ↓  
 H<sub>2</sub>O } ↓ CONC. MISCELA ↑  
 (l/min)

V<sub>ALV.</sub> } ↑ P<sub>O<sub>2</sub></sub> ART. ↑  
 (l/min) } ↓ P<sub>O<sub>2</sub></sub> ART. ↓

PERFUSIONE } ↑ P<sub>O<sub>2</sub></sub> ART. ↓  
 Q } ↓ P<sub>O<sub>2</sub></sub> ART. ↑  
 (l/min)

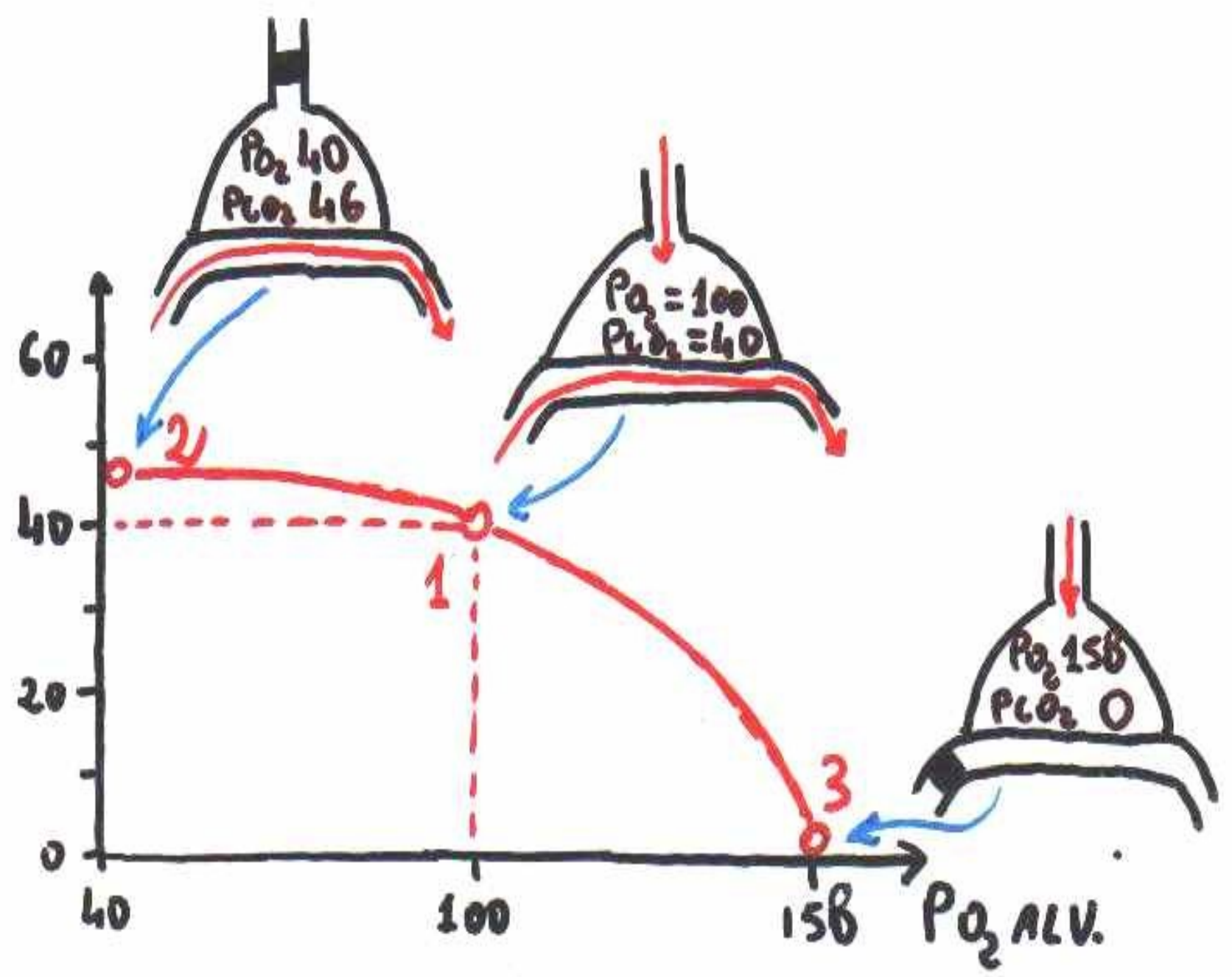
$$\frac{V}{Q} \frac{[l/min]}{[l/min]} = \frac{\text{VENTILAZIONE}}{\text{PERFUSIONE}}$$

[RIPOSO]

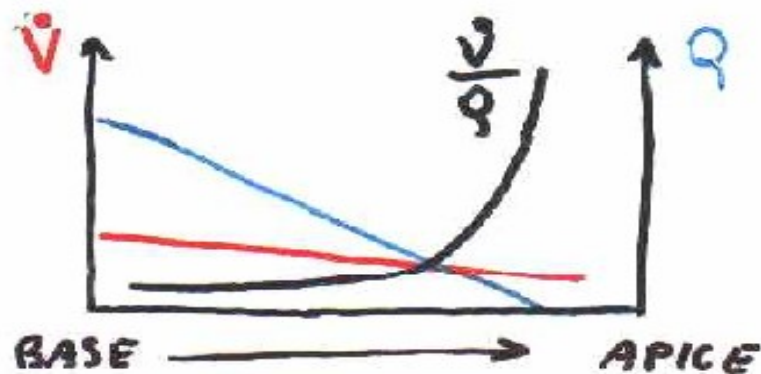
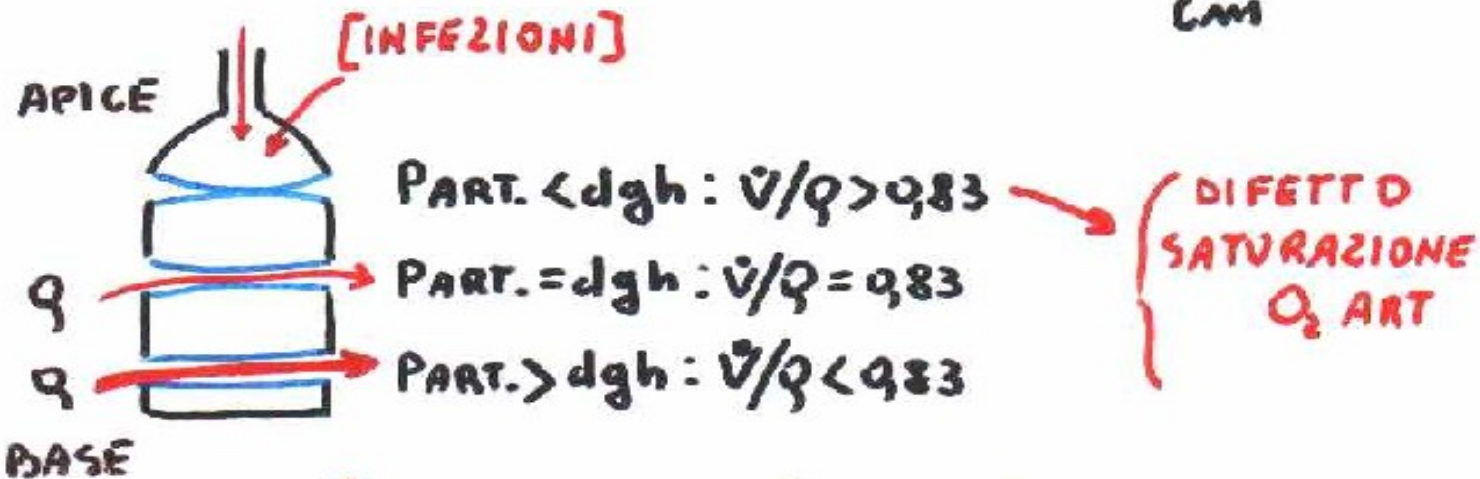
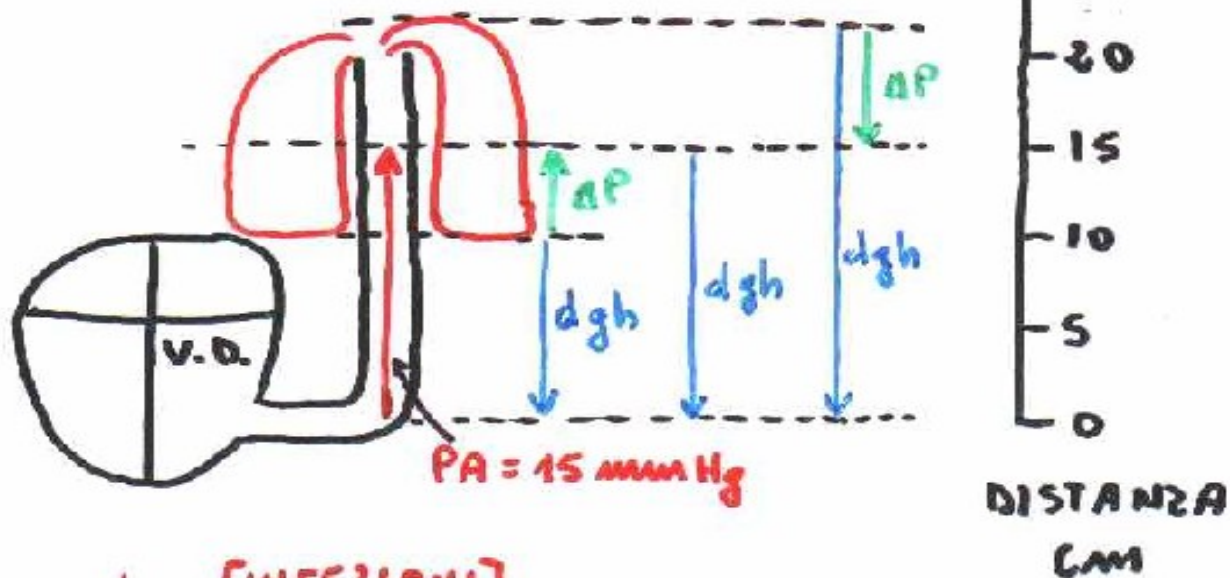


$$\left. \begin{array}{l} \dot{V} = 5 \text{ l/min} \\ Q = 6 \text{ l/min} \end{array} \right\} \frac{\dot{V}}{Q} = \frac{5}{6} = 0,83$$

$P_{CO_2}$   
ALV.



$P_{O_2}$  ALV.



# **I MECCANISMI DI CONTROLLO DELLA RESPIRAZIONE**



CORTECCIA  
CEREBRALE

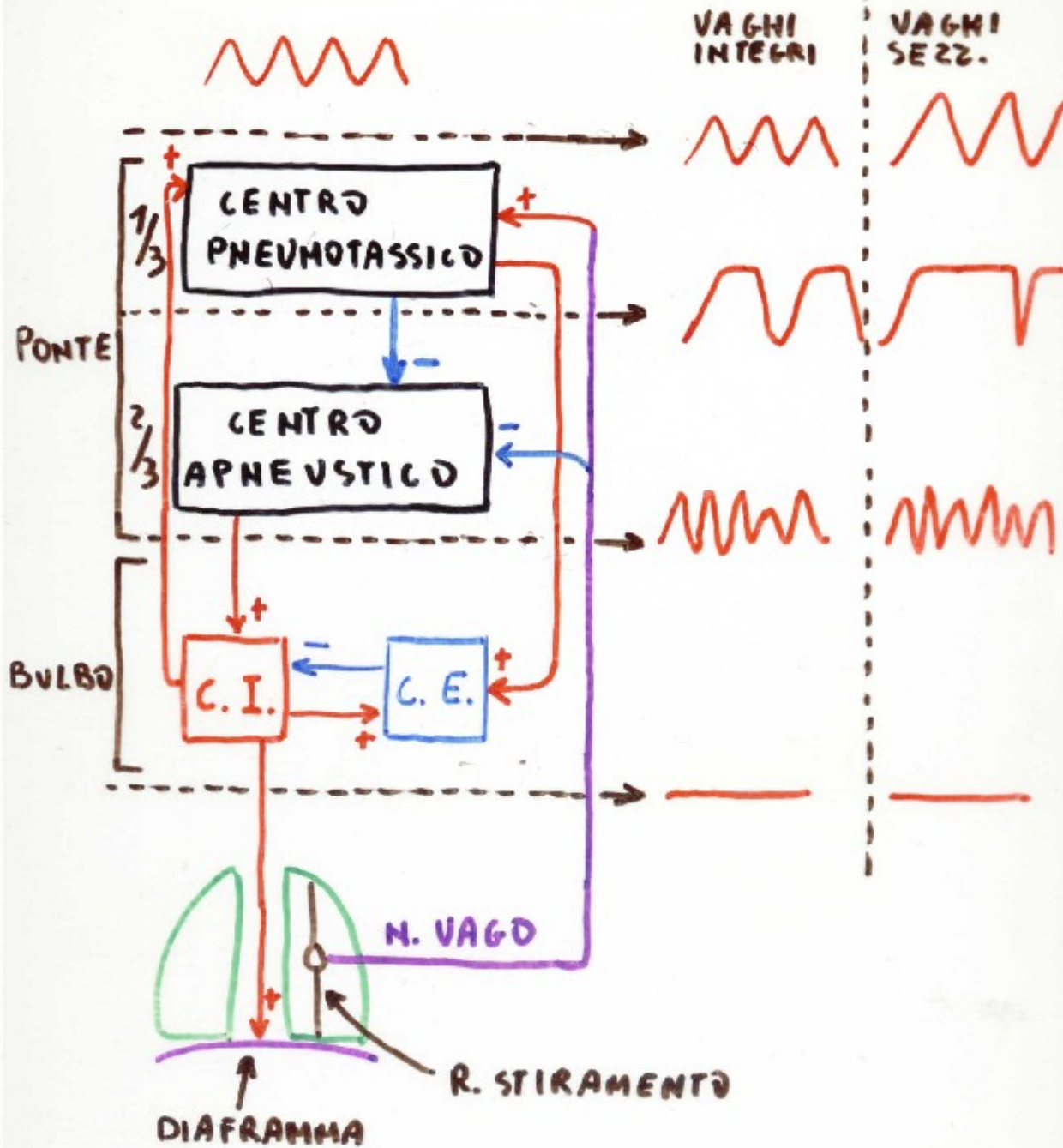
P<sub>p</sub> ART.

TRONCO  
ENCEFALO

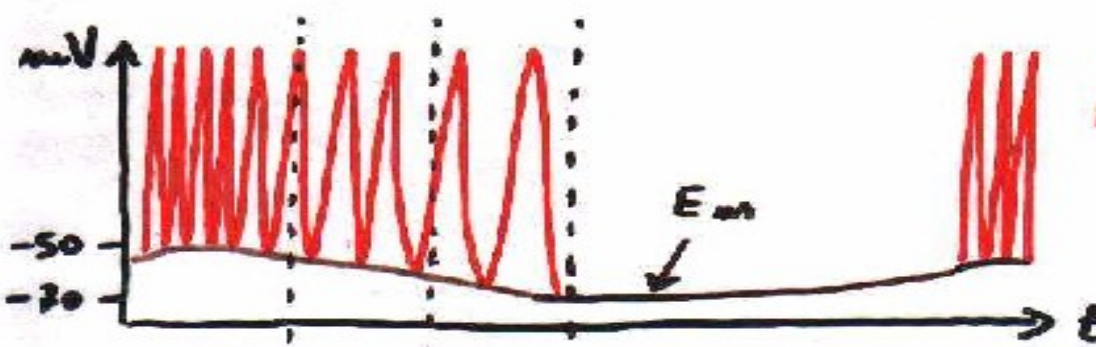
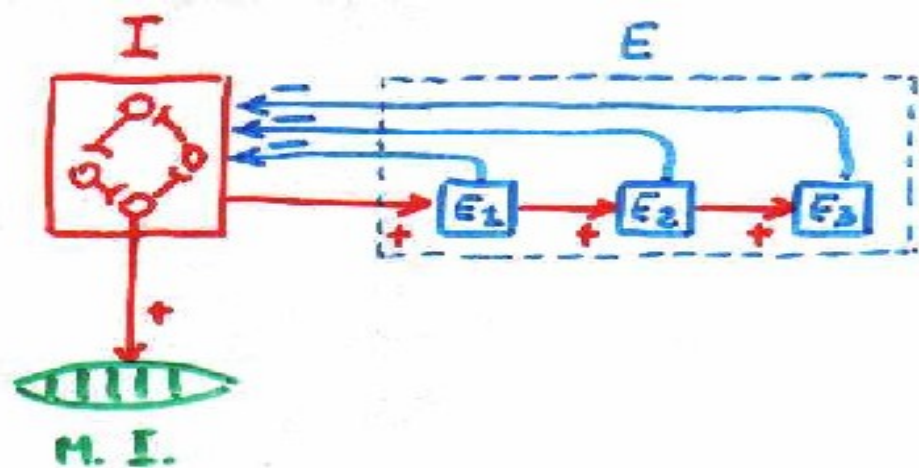
MUSCOLI  
RESPIRATORI

MECANORECETTORI  
PERIFERICI

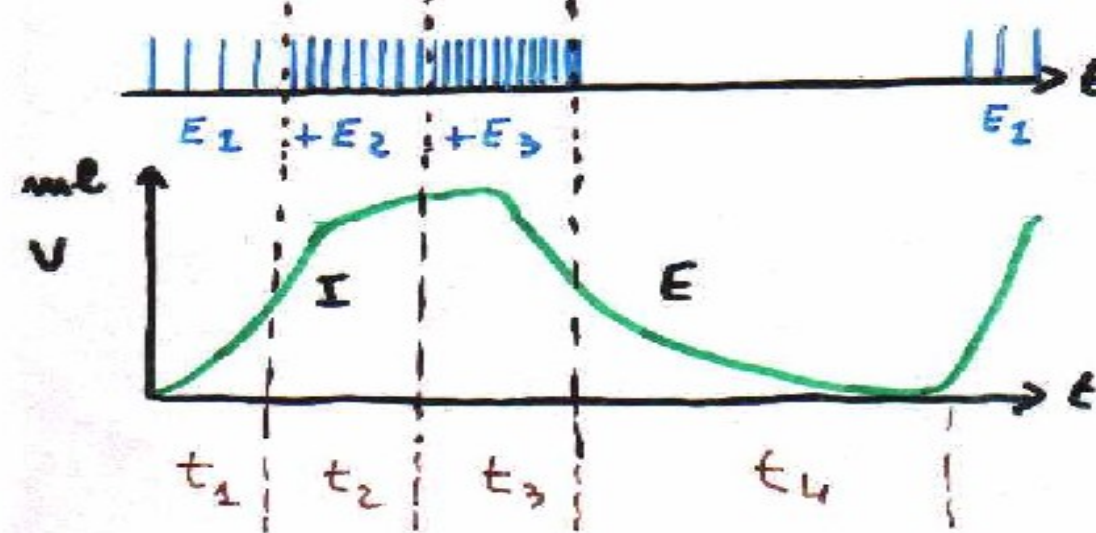
CHEMIORECETTORI  
PERIFERICI



Medulla Oblongata

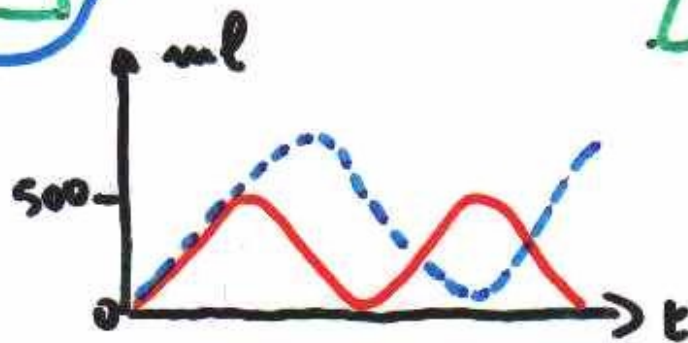
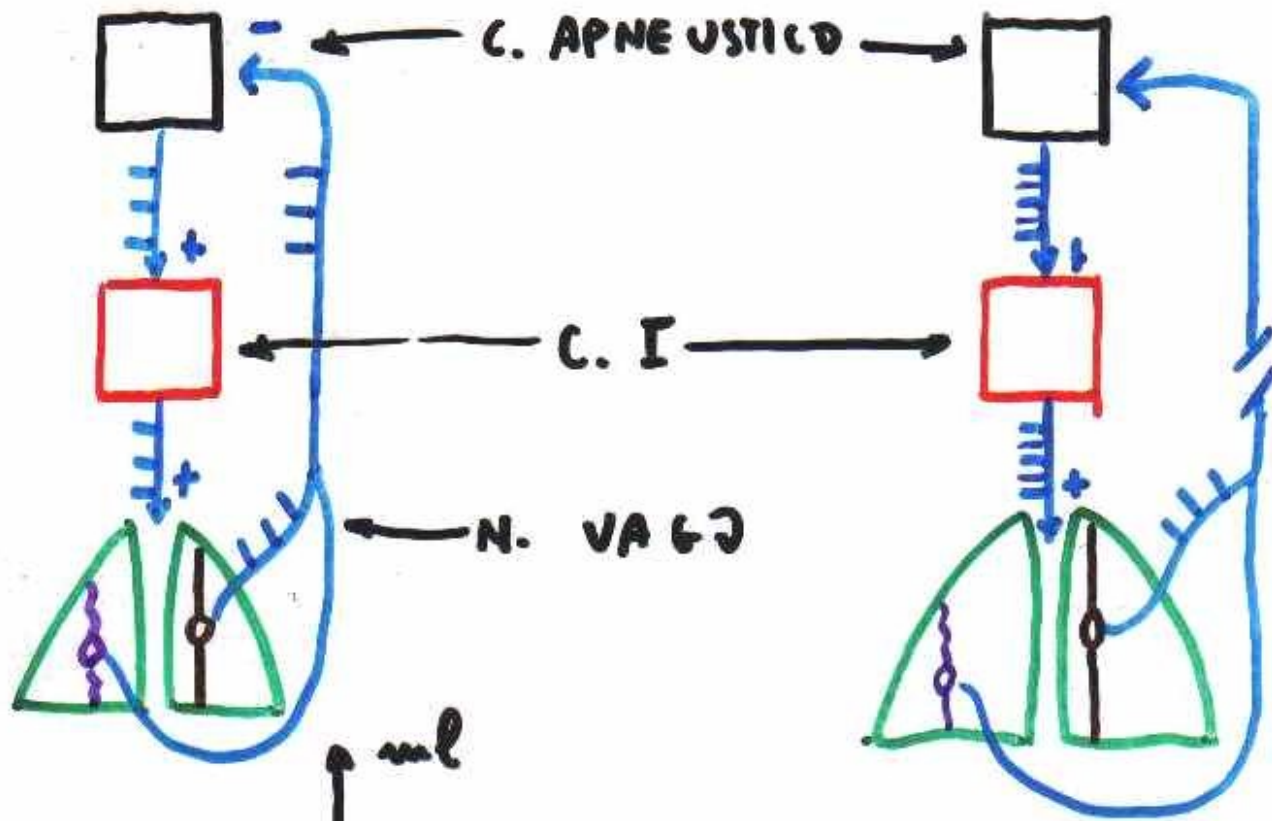


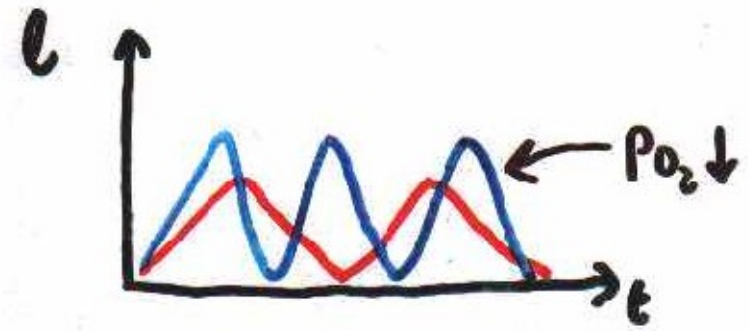
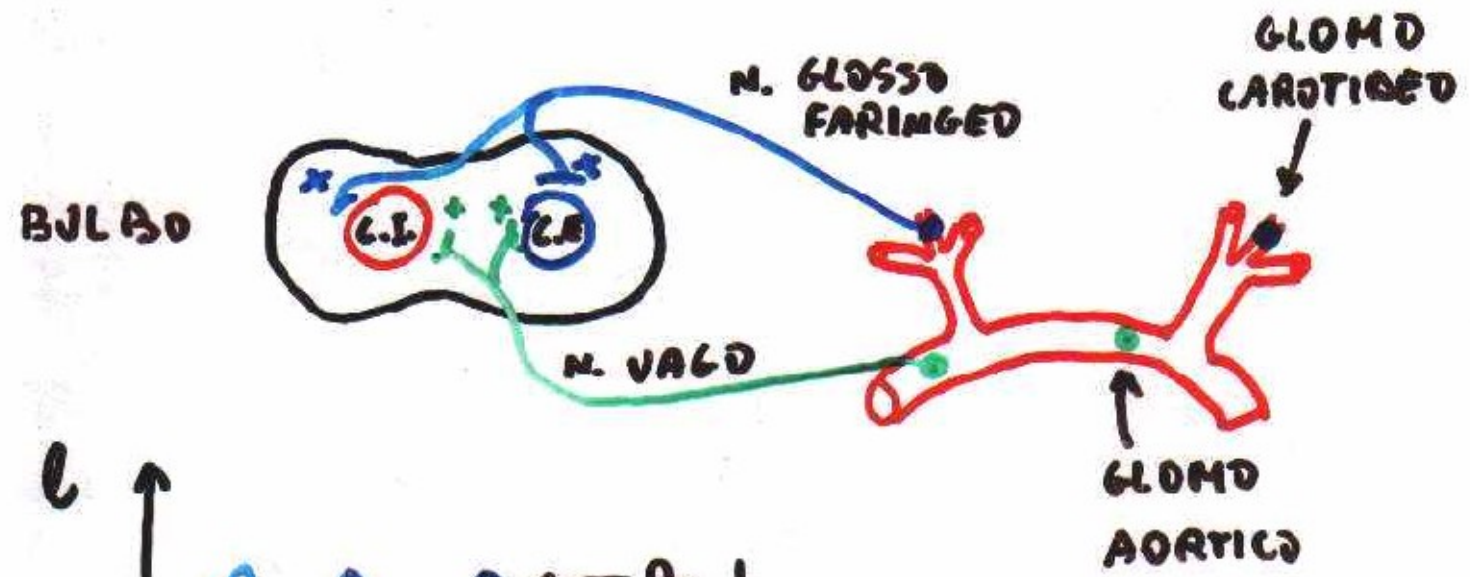
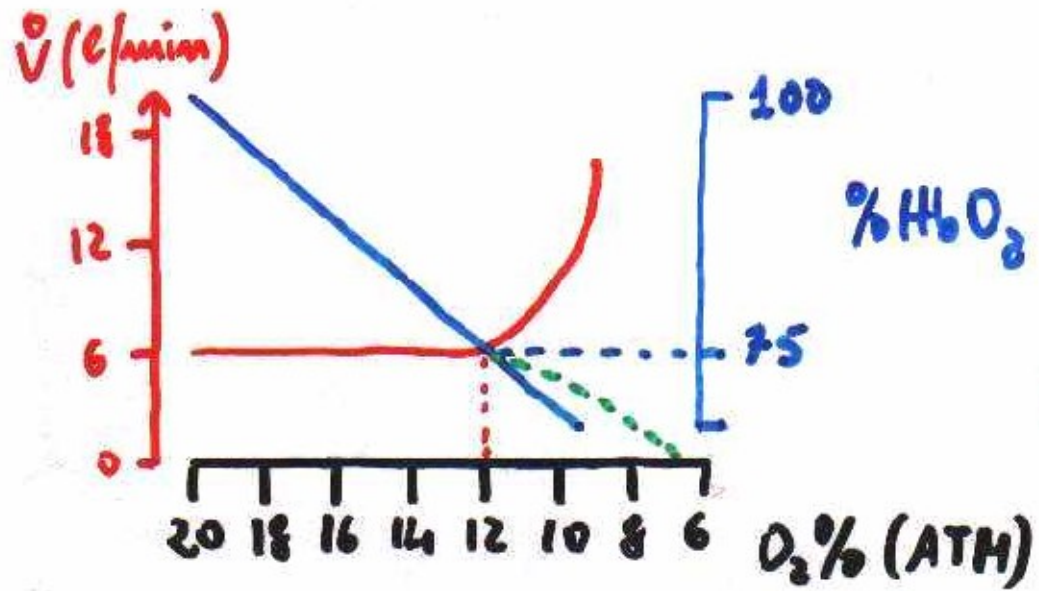
NEURONI  
INSPIRATORI



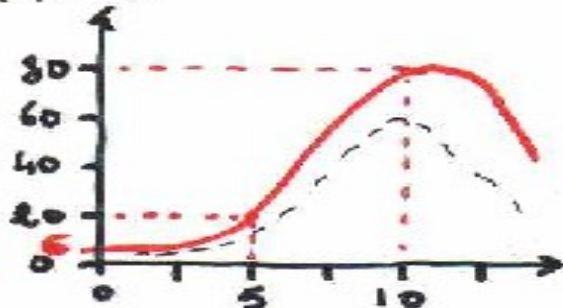
NEURONI  
ESPIRATORI

# RIFLESSO DI HERING E BREUER (H.R.)





$\dot{V}$  (l/min)



$P_{CO_2} \uparrow$   
 $\downarrow$   
 $\dot{V} \uparrow$

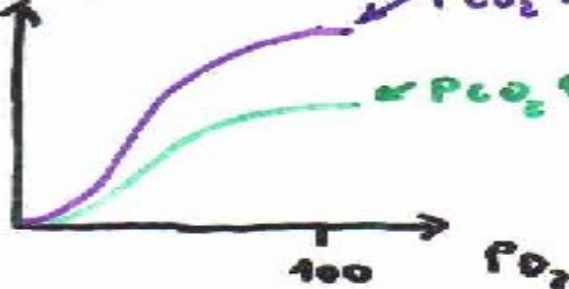
}  $\rightarrow P_{CO_2} \downarrow$

$[P_{CO_2}(\text{ART.}) = \text{Cost.}]$

CONC. TOSSICHE

CONC. TOSSICHE

% HbO<sub>2</sub>

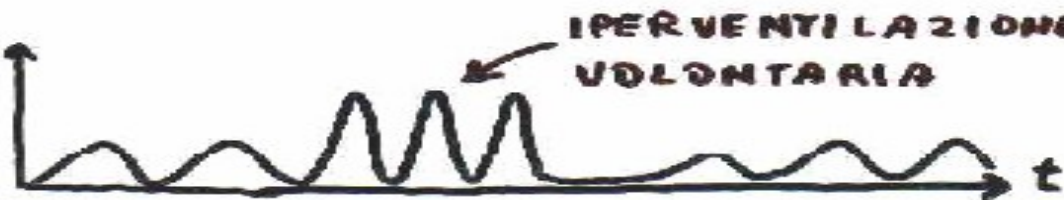


PCO<sub>2</sub> NORMALE

PCO<sub>2</sub> ↑ (PH ↓)

ASFISSIA  
ACIDOSI

$\ell$



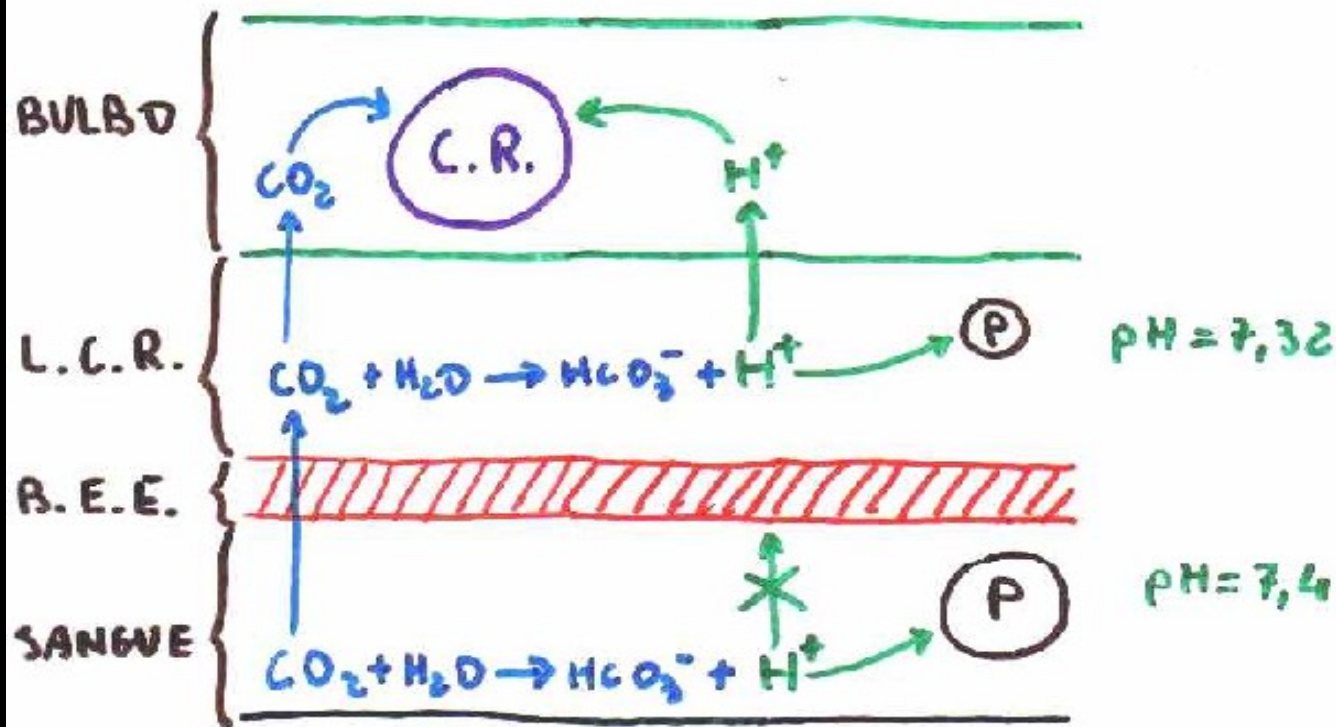
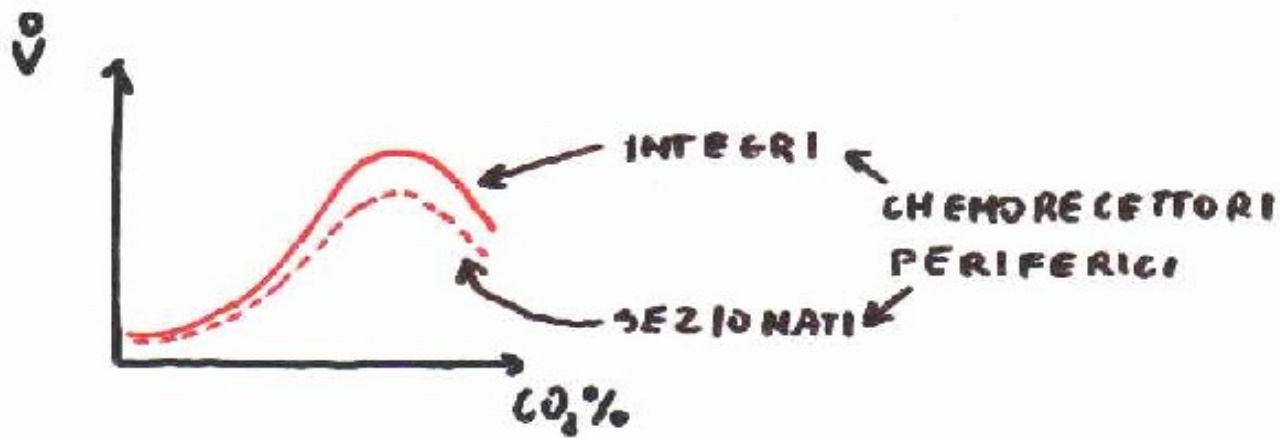
IPERVENTILAZIONE  
VOLONTARIA

CO<sub>2</sub>% ESP.



$\dot{V} \uparrow$   
 $\downarrow$   
 $P_{CO_2} \downarrow$

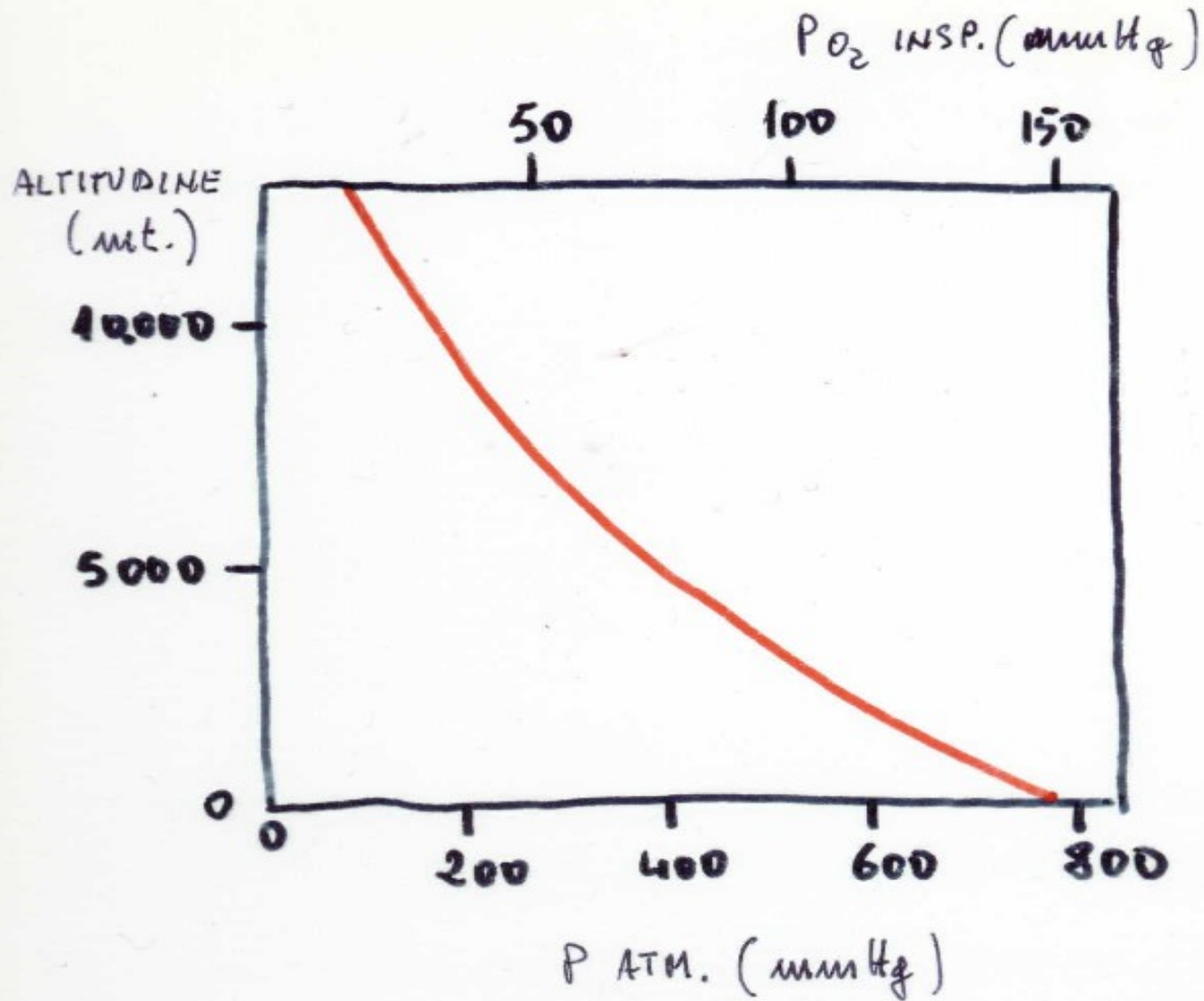
}  $\rightarrow \dot{V} \downarrow$

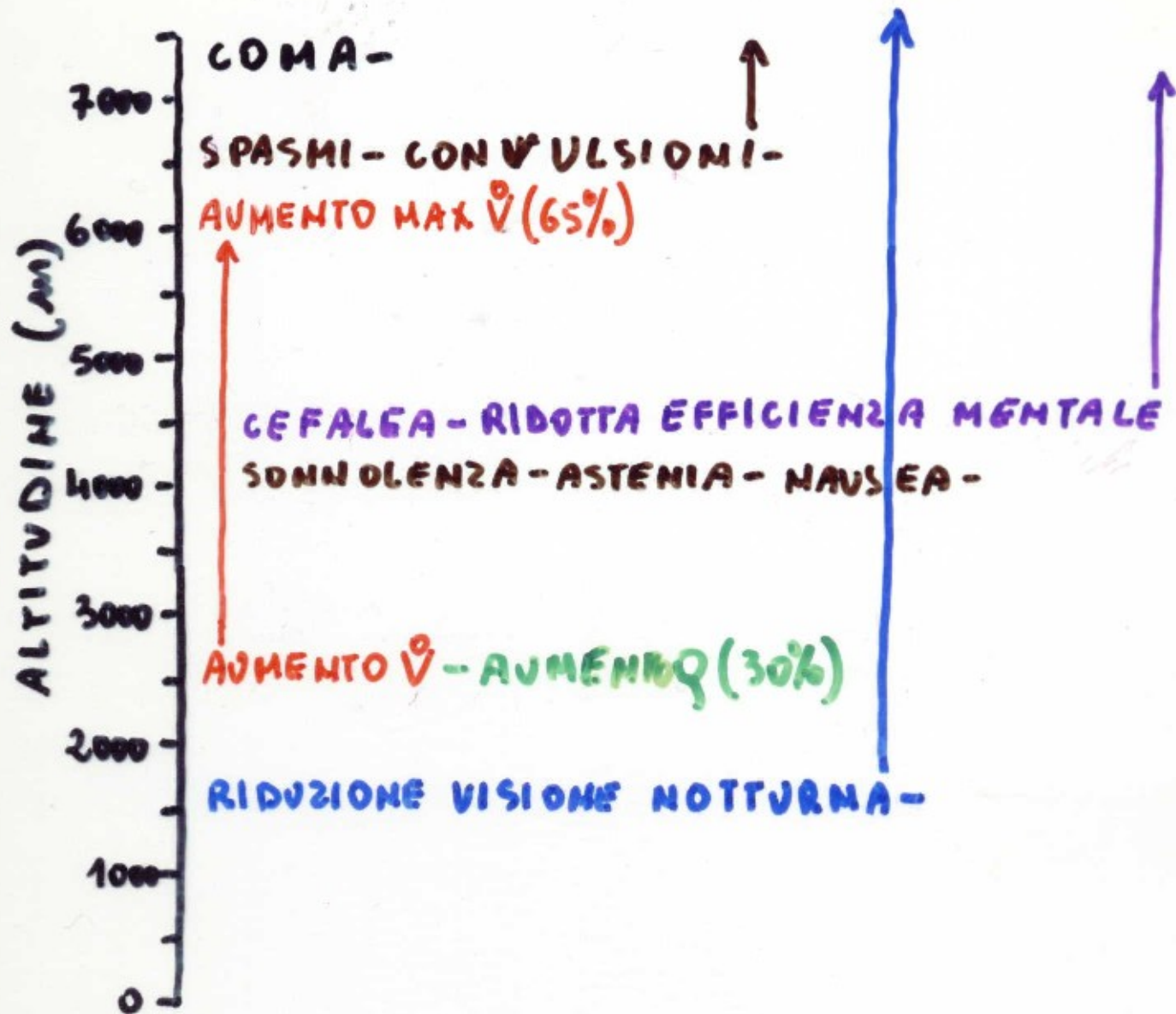


# ACCLIMATAZIONE

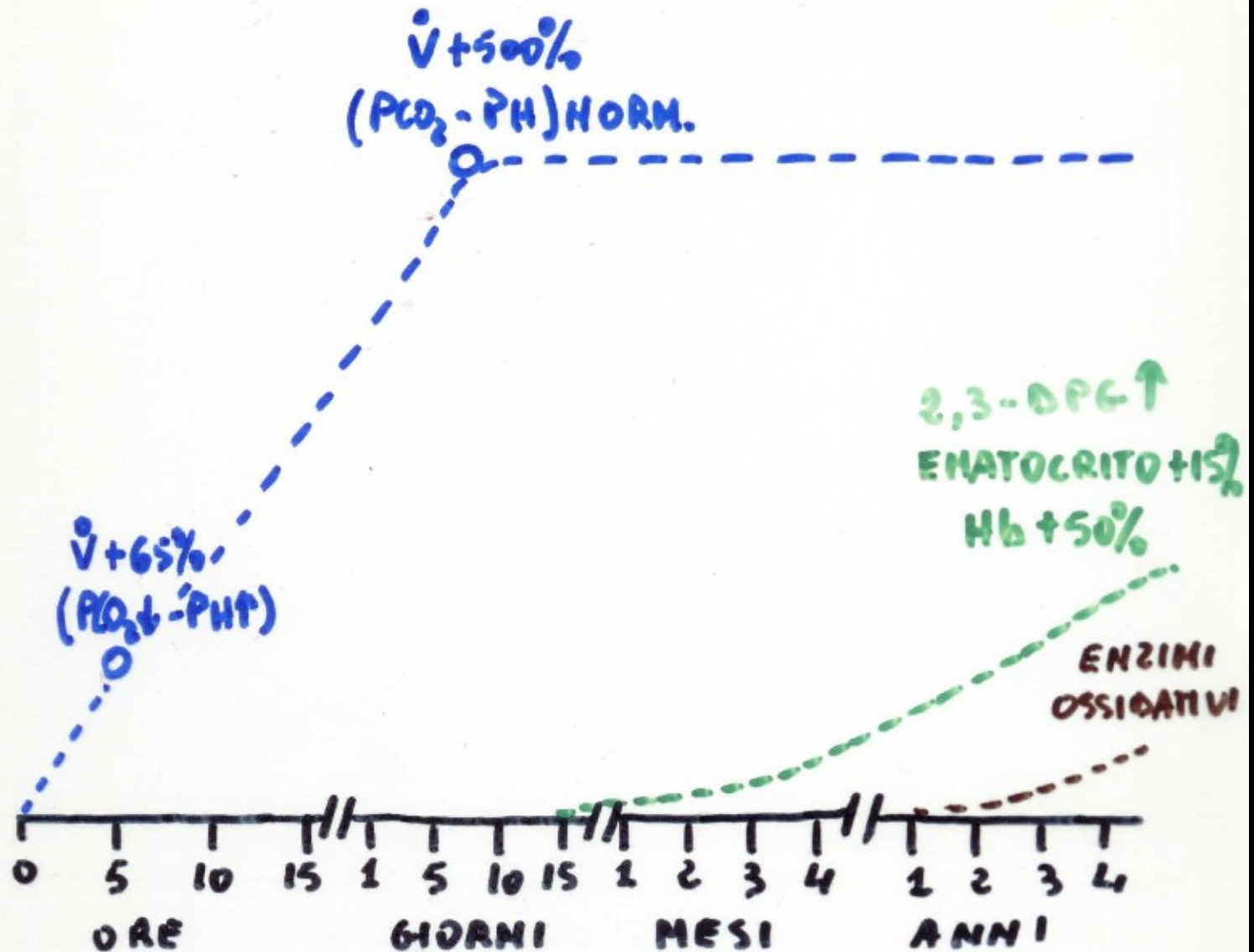


ALTITUDE m	P <sub>ATM</sub> mm Hg	P <sub>O<sub>2</sub></sub> ATM mm Hg	P <sub>O<sub>2</sub></sub> ALV. mm Hg	% HbO <sub>2</sub>
0	760	158	100	97
3000	525	110	67	90
6000	354	74	40	70
9000	231	48	21	20
15000	91	19	1	1





# ACCLIMATAZIONE (4000-6000 m)



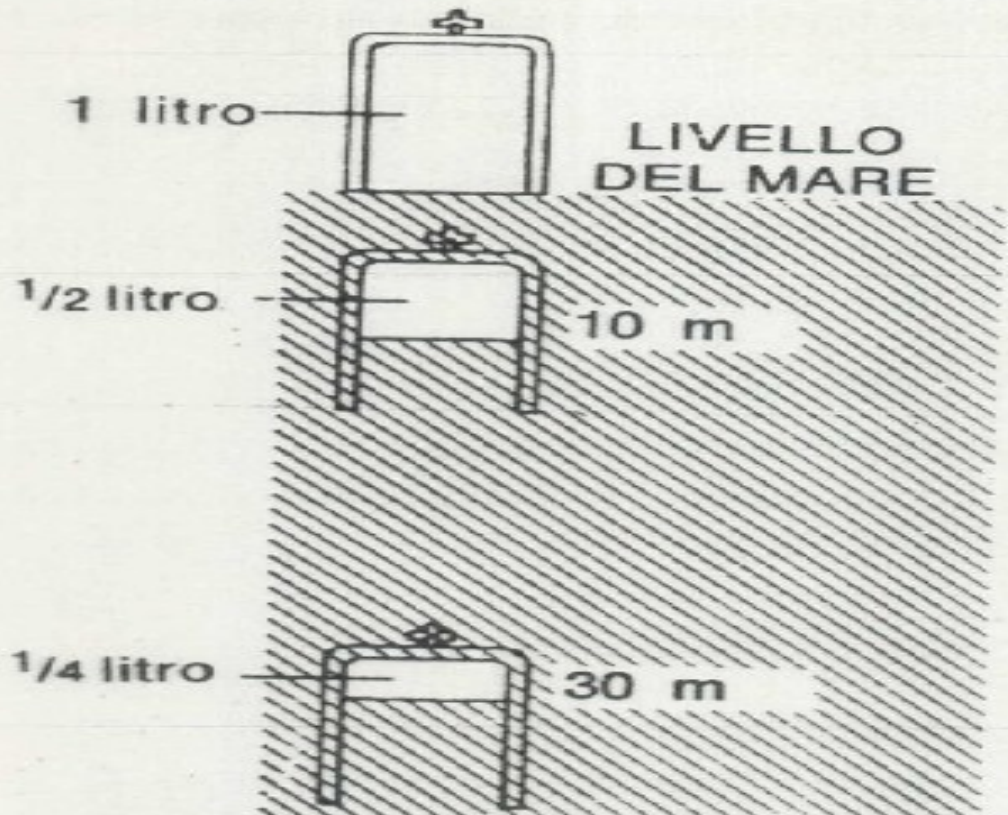
Profondità (in m)

Atmosfere

livello del mare

10  
20  
30  
40  
50  
60  
100  
120  
150

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
11  
13  
16



PROFONDITA' ↑

↓ PRESSIONE ESTERNA ↑

↓ PRESSIONE INTERNA ↑

↓ PRESSIONE GAS:

POLMONI ↑

INTESTINO ↑

ORECCHIO MEDIO ↑

SENI PARANASALI ↑

CAPSULE DENTARIE ↑

↓ VOLUME GAS INTERNI ↓

**BAROTRAUMI**

↓ DENSA' CORPO ↑

↓ GALLEGGIAMENTO ↓

BAROTRAUMI POLMONARI

EMBOLIA ARTERIOSA

RISALITA

RAPIDA

↑ VOLUME GAS INTERNI ↑

↑ PRESSIONE GAS INTERNI ↓

↑ PRESSIONE INTERNA ↓

↑ PRESSIONE ESTERNA ↓

↑ PROFONDITA' ↓

$$0 \text{ mt} \rightarrow 760 \text{ mm Hg (1 ATM)}$$

$$V\% O_2 = 21$$

$$P_p O_2 = 159 \text{ mm Hg}$$

$$10 \text{ mt} \cong 1520 \text{ mm Hg}$$

$$V\% O_2 = 21$$

$$P_p O_2 = 318 \text{ mm Hg}$$

$$38 \text{ mt} \cong 3630 \text{ mm Hg}$$

$$V\% O_2 = 21$$

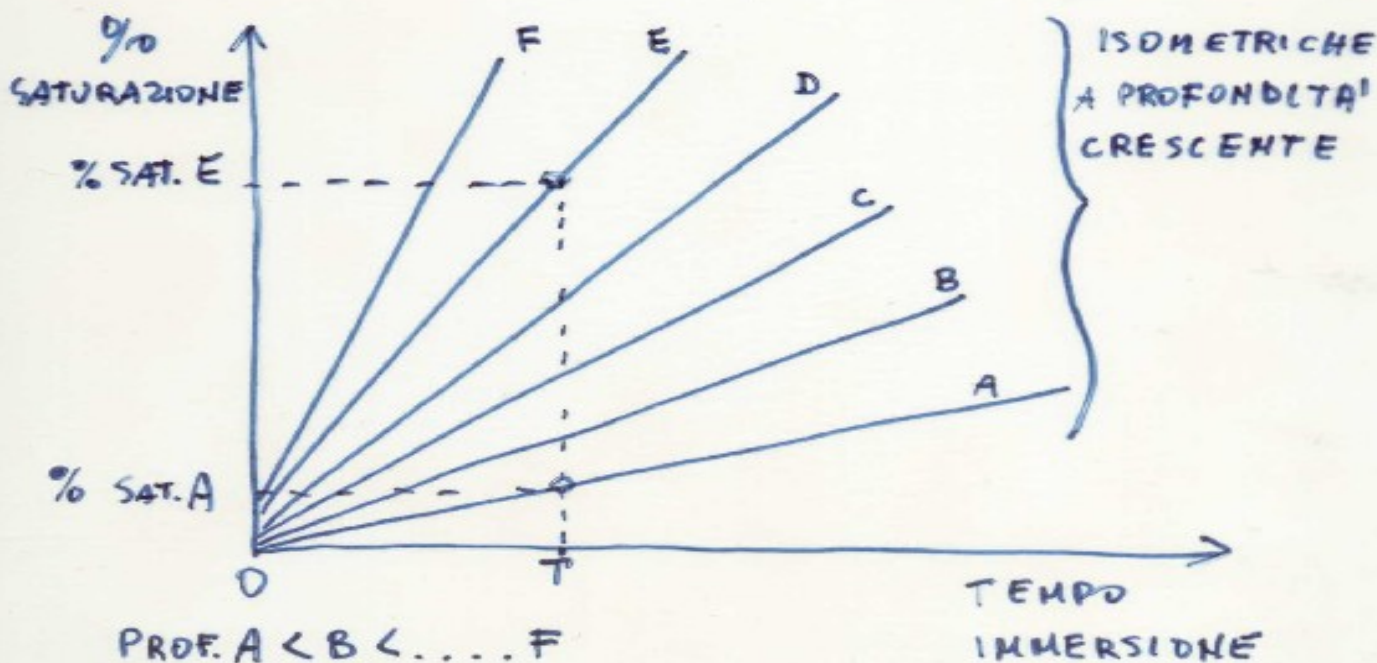
$$P_p O_2 = 760 \text{ mm Hg}$$

↓  
IPEROSSIA  
TOSSICA

## SINDROME DA DECOMPRESSIONE

- L'AZOTO E' 5 VOLTE PIU' SOLUBILE NEI GRASSI RISPETTO AL SANGUE.
- I GRASSI SONO IL 15% DELLA MASSA CORPOREA
- IL TESSUTO ADIPOSO E' SCARSAMENTE IRRORATO

LA QUANTITA' DI  $N_2$  ASSORBITA DA UN CORPO DIPENDE DALLA  $P_p N_2$ , DALLA SOLUBILITA' DI  $N_2$ , DALLA QUANTITA' DI  $N_2$  TRASPORTATA DAI POLMONI AI TESSUTI, DALLA PERCENTUALE DI TESSUTO ADIPOSO, DAL TEMPO DI ESPOSIZIONE ALLA ELEVATA  $P_p N_2$ .





# SINTOMATOLOGIA DA

## DECOMPRESSIONE

1) DOLORI ARTICOLARI:

BOLLE DI  $N_2$ .

2) PARALISI MUSCOLI:

INFILTRAZIONI DI  $N_2$  NELLA MIELINA  
DEI NERVI PERIFERICI.

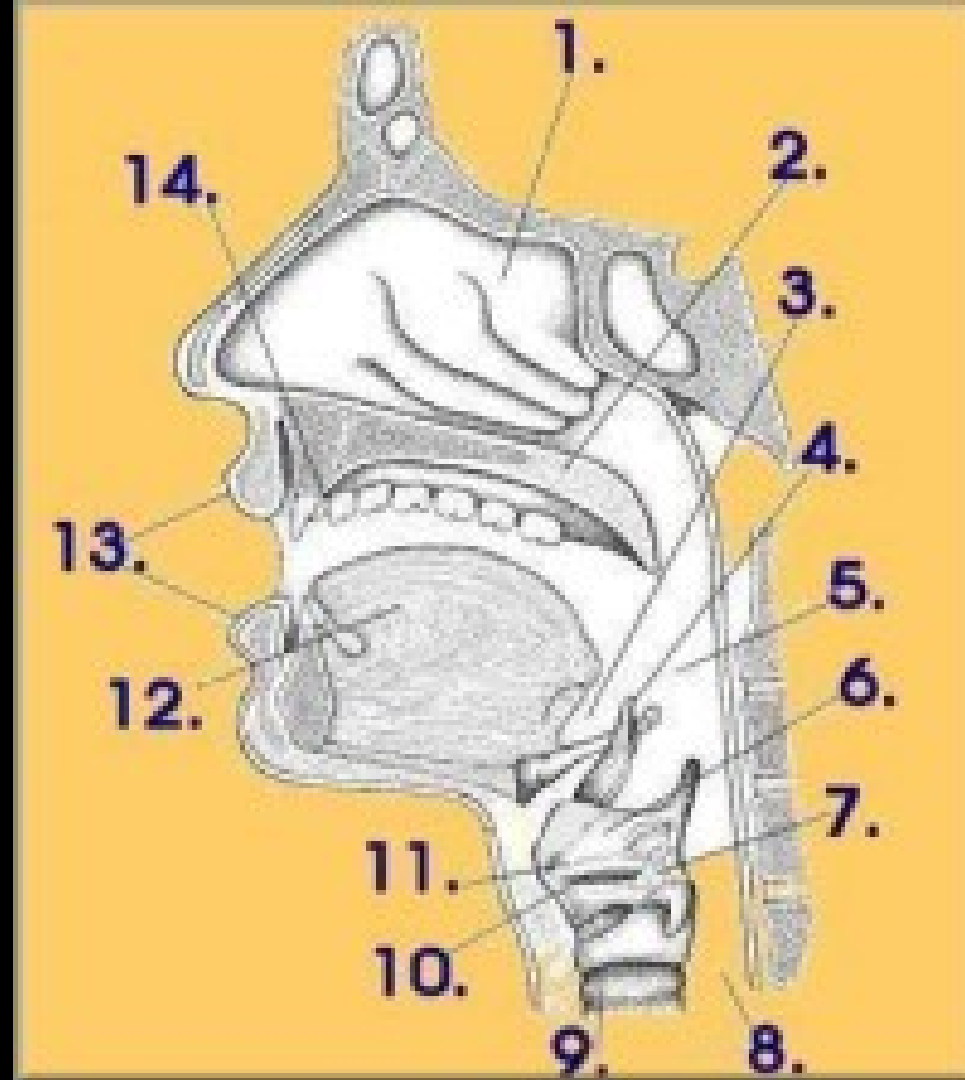
3) EMIPLEGIA:

BOLLE DI  $N_2$  NELLA VIA PIRAMIDALE.

4) DISPNEA:

BOLLE DI  $N_2$  CHE DAL VENTRICOLO  
DESTRO VANNO AI CAPILLARI  
POLMONARI OSTRUENDOLI.

Il naso è il primo tratto delle vie respiratorie superiori. Nella parte inferiore del naso si possono osservare due aperture, le narici, che permettono il passaggio dell'aria in entrata e in uscita. Esse sono provviste di peli che hanno la funzione di trattenere i corpi estranei di una certa dimensione presenti nell'aria. Le narici costituiscono il punto di accesso alle cavità (o fosse) nasali, due corridoi simmetrici, separati tra loro da una lamina ossea detta setto nasale, collegati al rinofaringe per mezzo di due aperture, dette coane. Le cavità nasali sono rivestite da una mucosa, ricoperta di ciglia vibratili, molto ricca di capillari, motivo del suo caratteristico colore rosa.

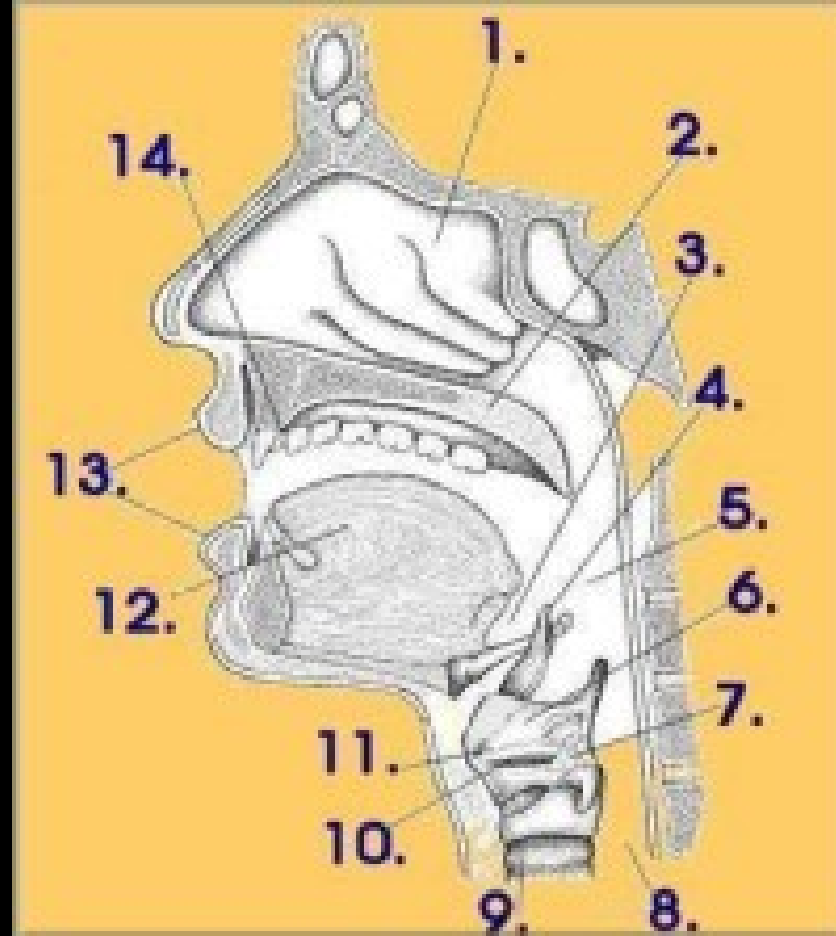


1. Cavità Nasali

2. Palato Molle

1. Vallecola

La faringe è un condotto posto dietro la cavità orale che si estende tra le cavità nasali e la laringe. Nell'adulto misura 13-14 centimetri e ha un diametro variabile da 2-2,5 a 5 centimetri. Costituisce una via di passaggio sia per l'aria proveniente dalle cavità nasali e dal cavo orale, sia per il cibo che è in viaggio verso l'esofago. Per impedire che il cibo finisca per errore nelle vie respiratorie anziché imboccare l'esofago, durante la deglutizione l'accesso alla laringe viene chiuso dall'epiglottide, una sottile lamella di cartilagine a forma di foglia posta all'imboccatura della laringe stessa.



**4. Epiglottide**

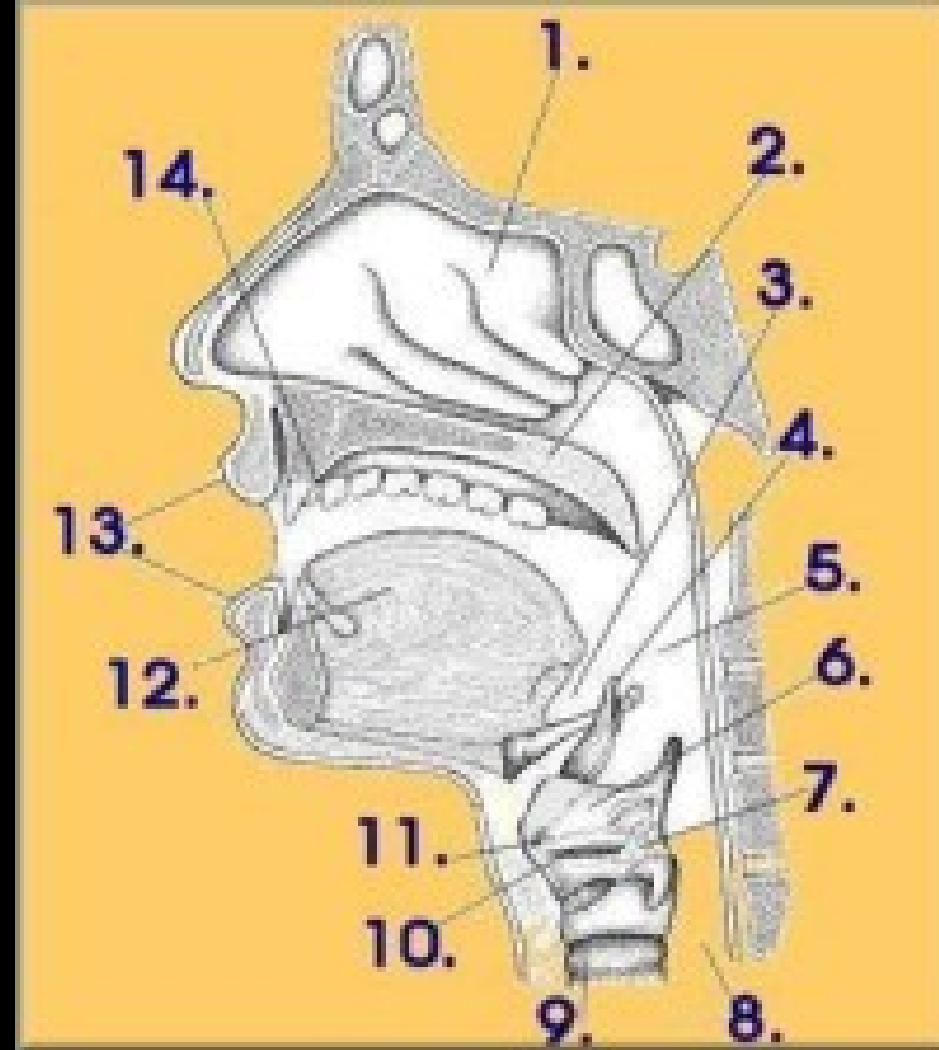
**5. Faringe**

**6. Laringe**

**7. Cartilagine**

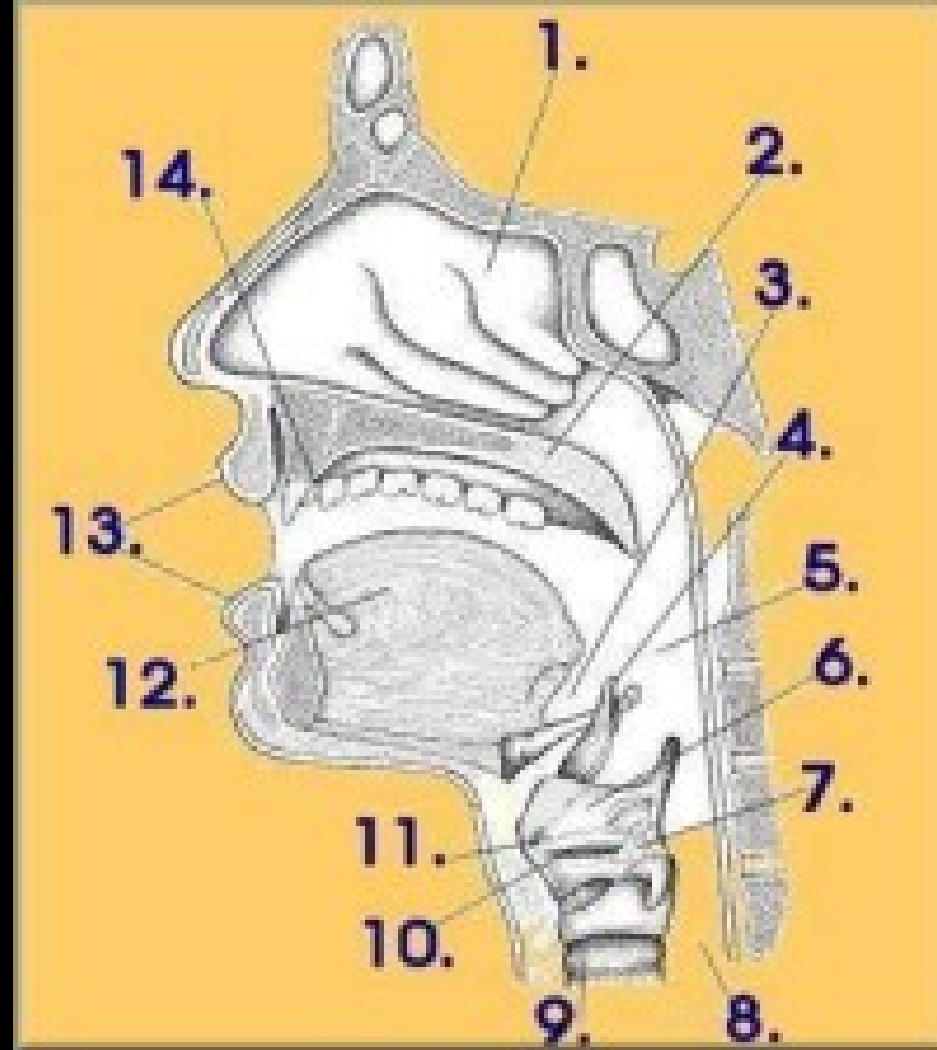
**8. Esofago**

La laringe è un organo posto nella parte anteriore del collo che costituisce la continuazione della faringe e prosegue a sua volta nella trachea. Ha la forma di un grosso anello rigido, lungo circa 5-7 centimetri, ed è costituita da muscoli e cartilagini unite da tessuto elastico.



6. Laringe

La trachea è un organo a forma di tubo, flessibile, di circa 2,5 centimetri di diametro e 12,5 centimetri di lunghezza. E' posta all'interno della cavità toracica, davanti all'esofago, e collega la laringe con l'albero bronchiale. Anche la parete interna della trachea è rivestita di ciglia che continuano l'opera di filtrazione dell'aria dalle impurità cominciata nelle vie aeree superiori. In questo caso le sostanze estranee vengono sospinte verso l'alto, fino alla cavità faringea, dalla quale possono accedere all'apparato digerente.

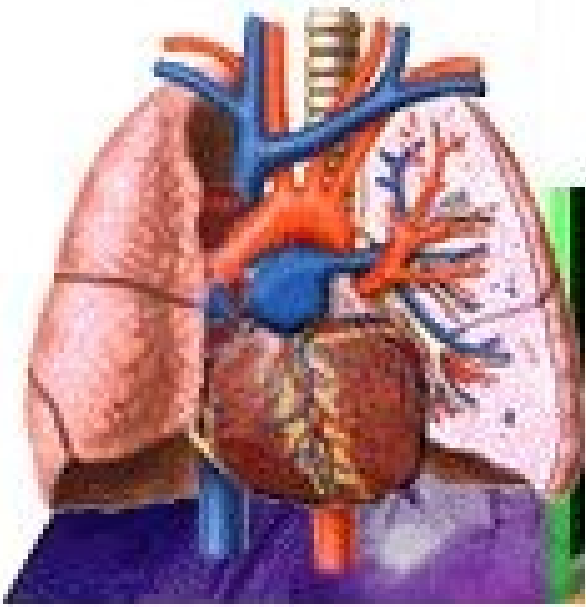


8. Esofago

9. Trachea

10. Corde vocali

11. Corde vocali false



I polmoni sono suddivisi in lobi da profonde corrugazioni della loro superficie. Il polmone destro, più grande, è diviso in tre lobi, quello sinistro, più piccolo, in due. I lobi a loro volta sono suddivisi in segmenti, dieci per ciascun polmone, provvisti ognuno di un proprio bronco, di un'arteria e di una vena. I segmenti sono formati da centinaia di lobuli, composti a loro volta da acini polmonari.

Gli acini polmonari sono costituiti dagli alveoli, che sono i costituenti ultimi dei polmoni. A questa suddivisione dei polmoni in componenti sempre più piccoli corrisponde la ramificazione progressiva dell'albero bronchiale: a ogni elemento, che compone il polmone, dai lobi agli alveoli, è associato infatti un ramo, sempre più sottile, dell'albero bronchiale, a partire dai bronchi secondari per arrivare ai bronchioli terminali.