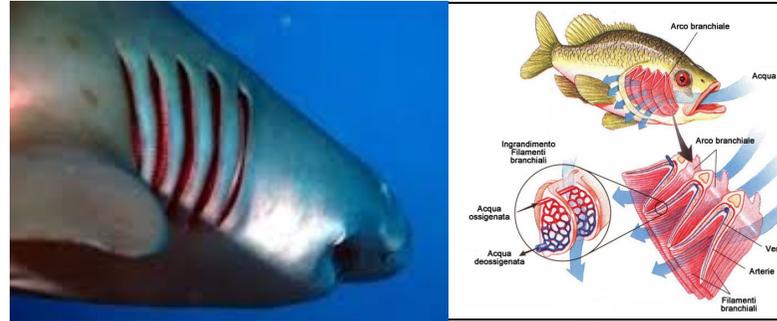


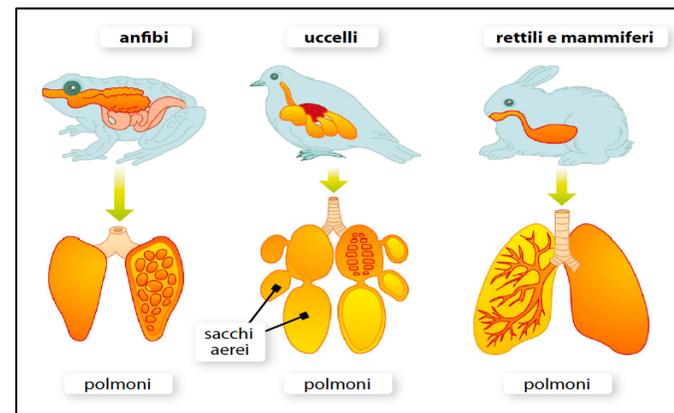
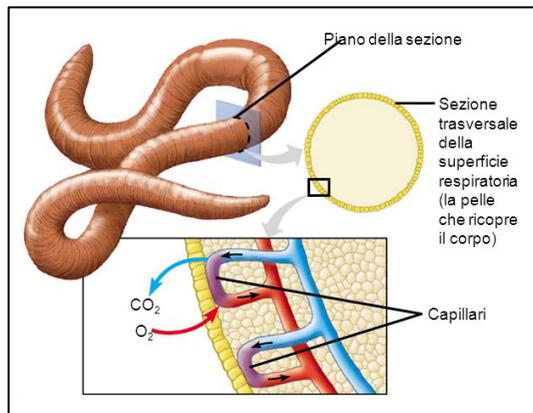
La respirazione

Fonte di gas respiratori e strategie respiratorie:

- **acqua** (organi respiratori: branchie esterne o interne)

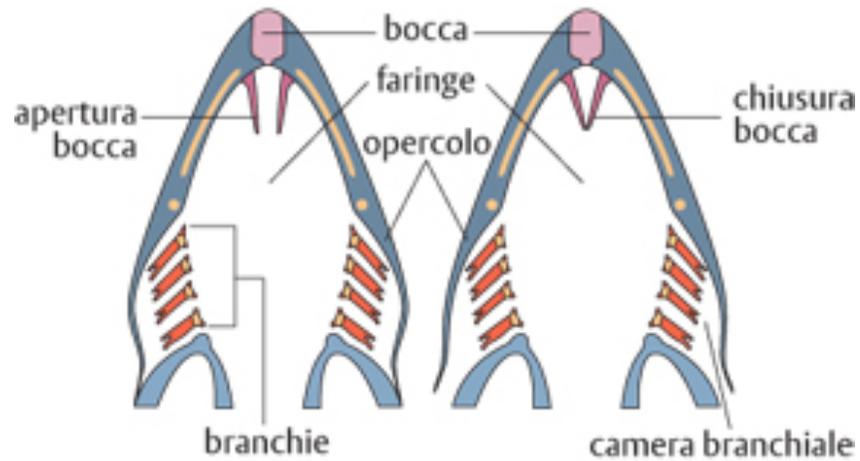
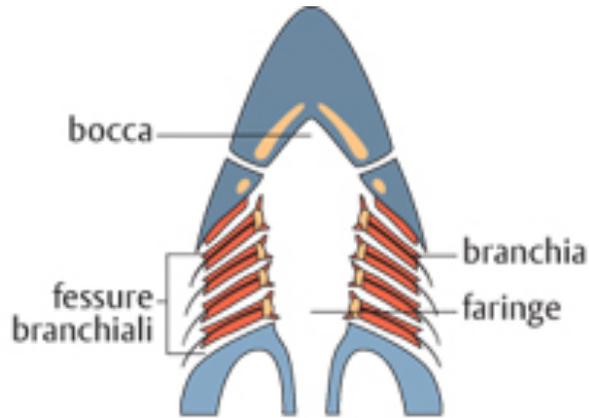


- **aria** (organi respiratori: cute o polmoni)



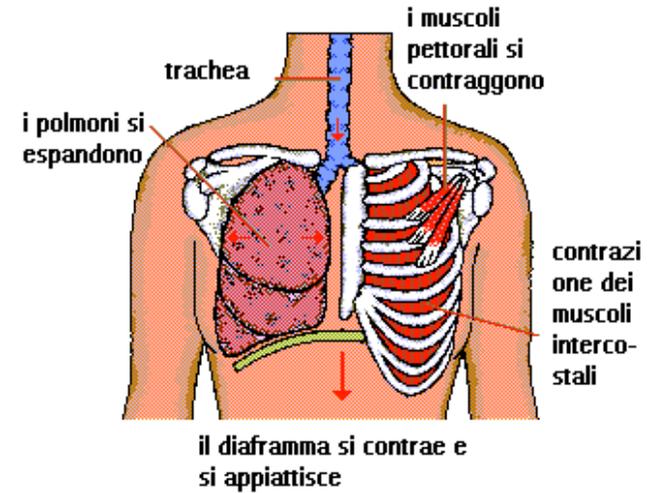
La muscolatura respiratoria

muscoli natatori
(respirazione dinamica)

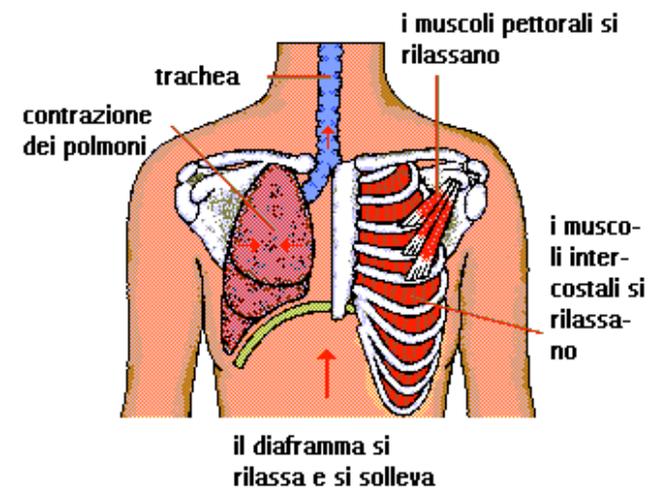


muscoli della cavità orale e opercolare

INSPIRAZIONE

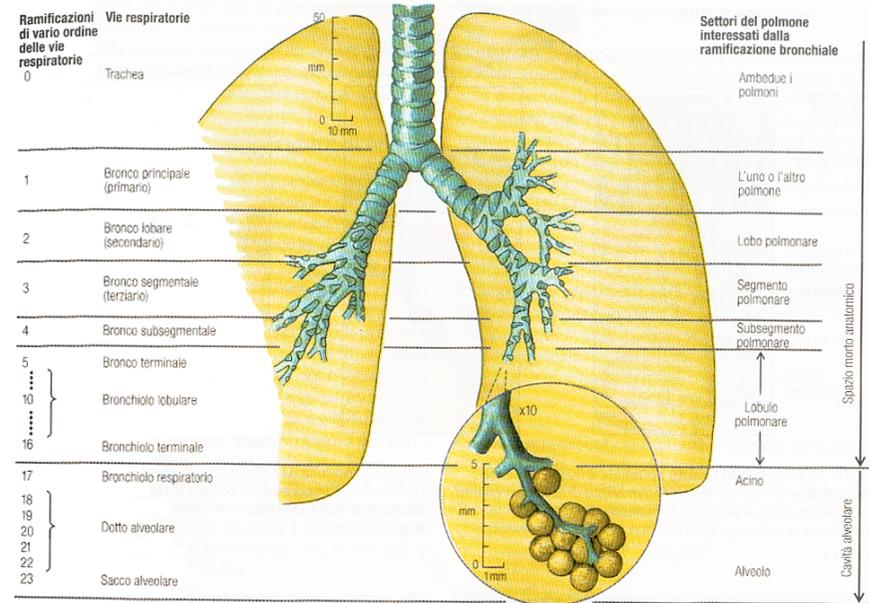
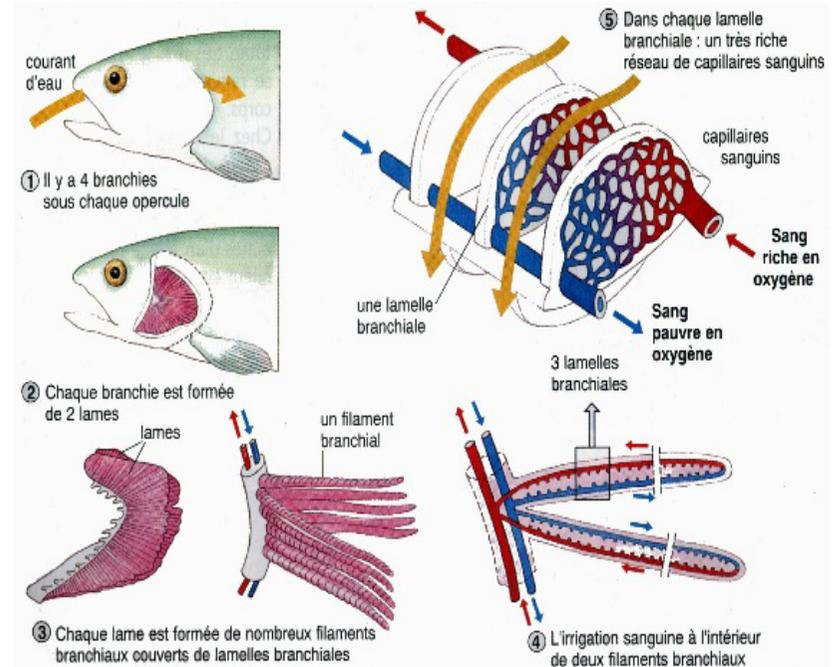


ESPIRAZIONE

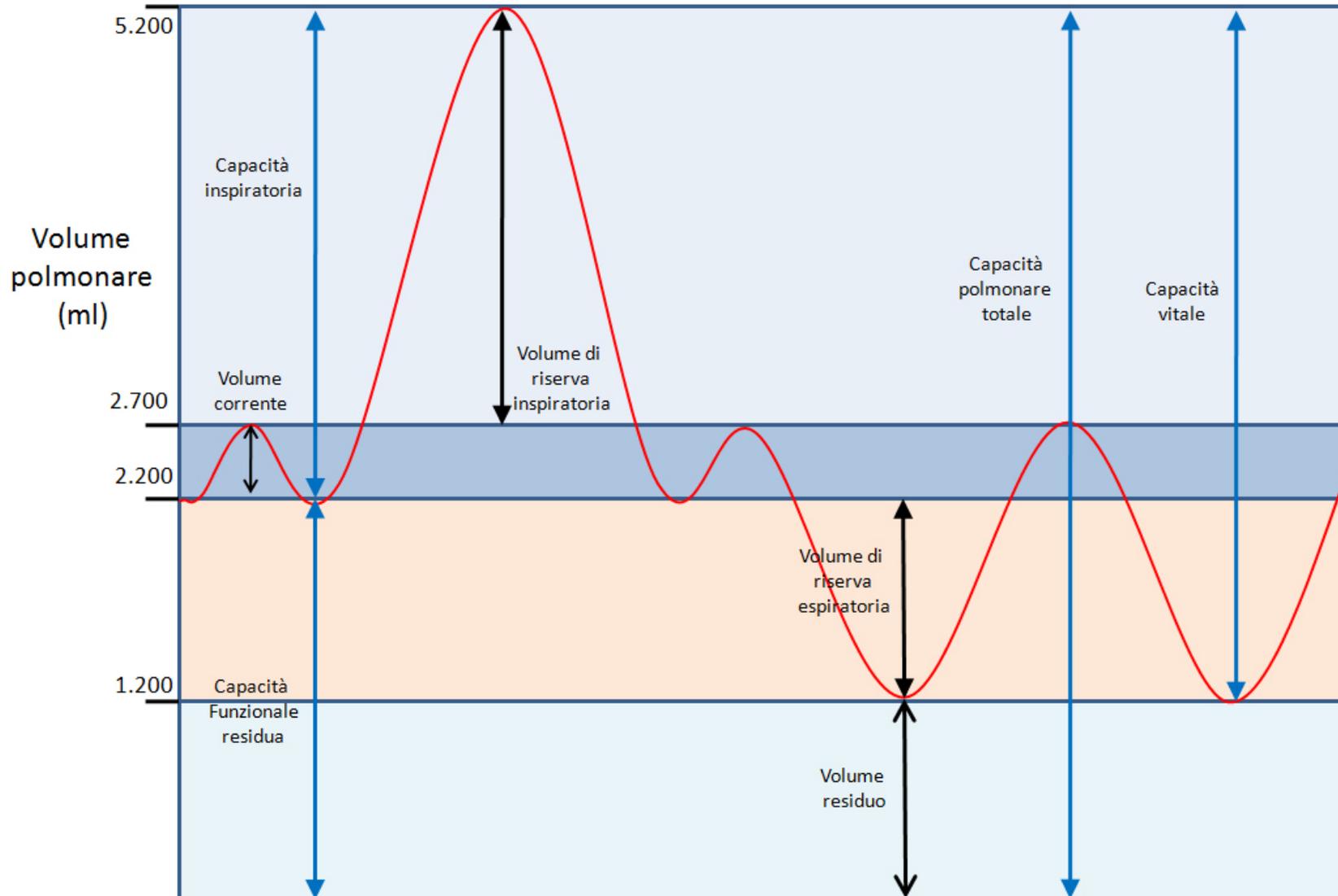


Anatomia degli organi respiratori:

1. aumentare la superficie di scambio



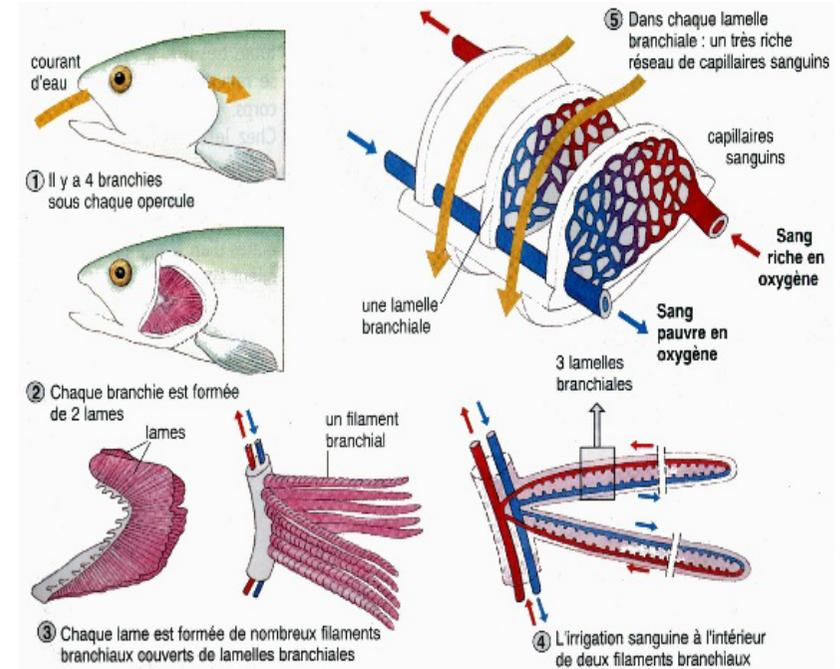
I volumi polmonari nell'uomo



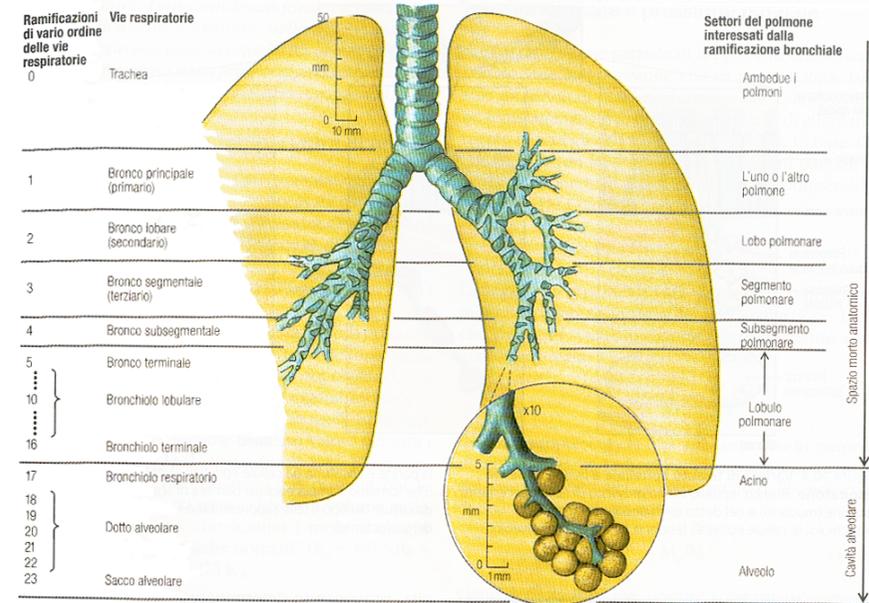
Anatomia degli organi respiratori:

2. modificare la composizione dell'aria

- a. umidificazione
- b. filtrazione
- c. riscaldamento



Gas	Aria ambiente o atmosferica		Aria nella trachea		Aria alveolare	
	mmHg	%	mmHg	%	mmHg	%
O ₂	158	(20.79)	149	(19.61)	100	(13.16)
CO ₂	0.3	(0.04)	0.3	(0.04)	40	(5.26)
H ₂ O	5.7	(0.75)	47.0	(6.18)	47	(6.18)
N ₂	596	(78.42)	563.7	(74.17)	573	(75.39)
Totali	760	(100.00)	760	(100.00)	760	(100.00)



L'attività dei neuroni inspiratori accompagna la fase inspiratoria l'attività dei neuroni espiratori la fase espiratoria

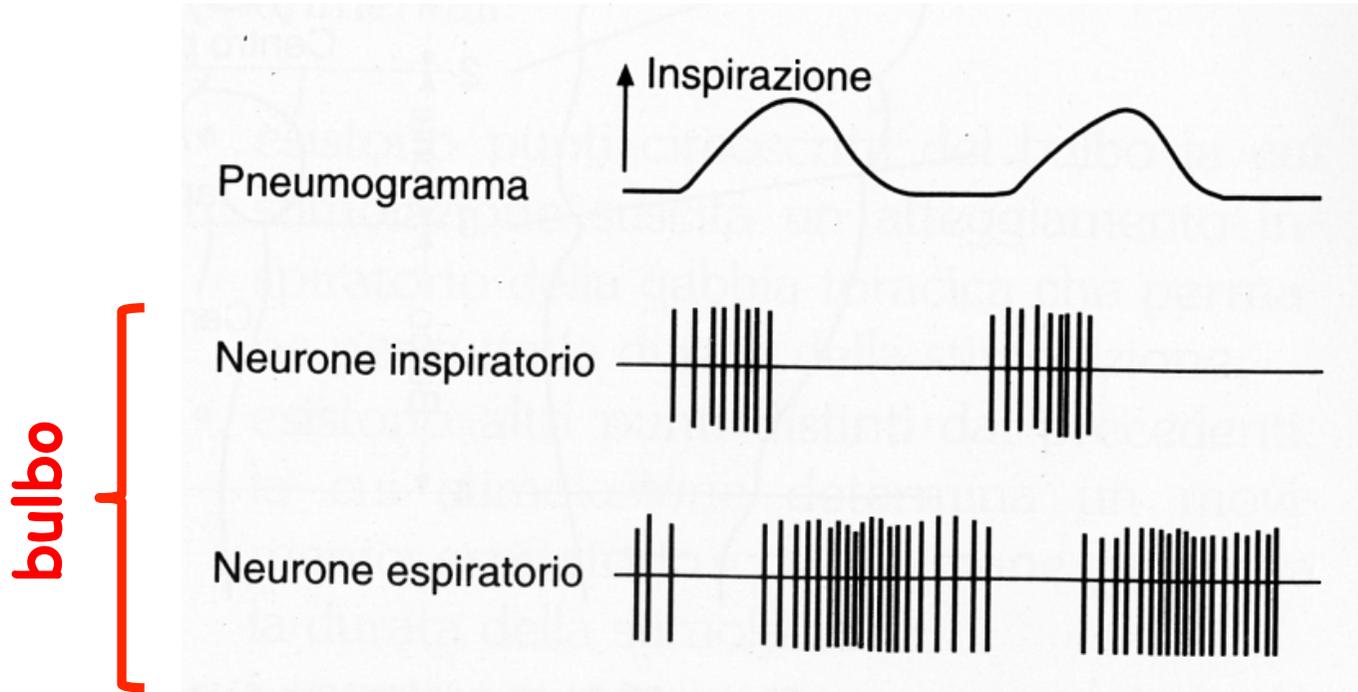


Figura 69-3 Registrazione contemporanea della scarica di impulsi da due neuroni respiratori bulbari (due tracciati inferiori) e dello pneumogramma (tracciato superiore, inspirazione verso l'alto).

N.B.

Alcuni centri nervosi responsabili della regolazione del respiro si trovano anche nel ponte

I motoneuroni inspiratori sono dotati di automatismo

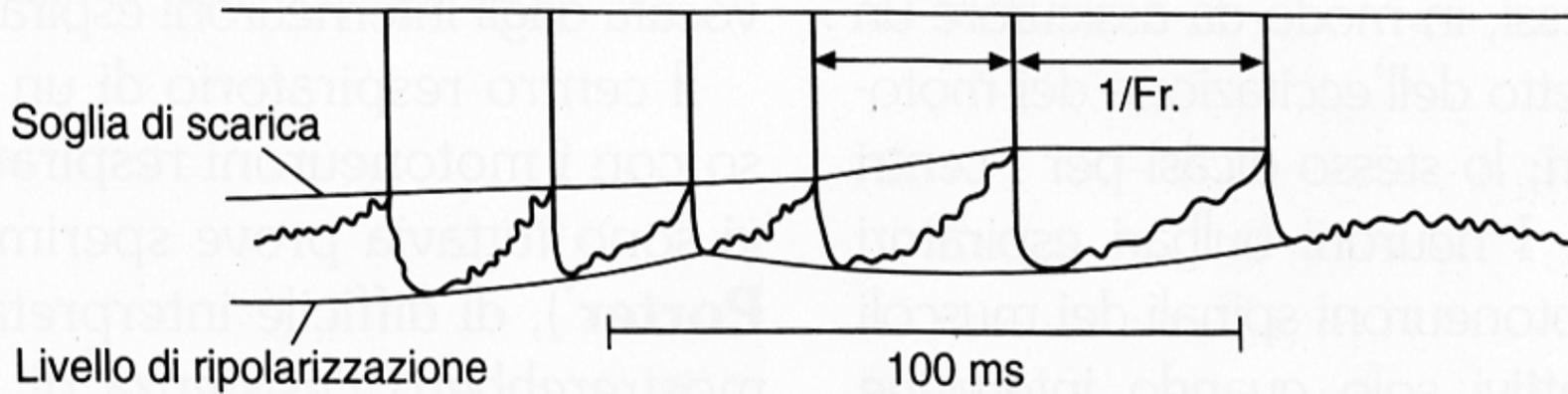
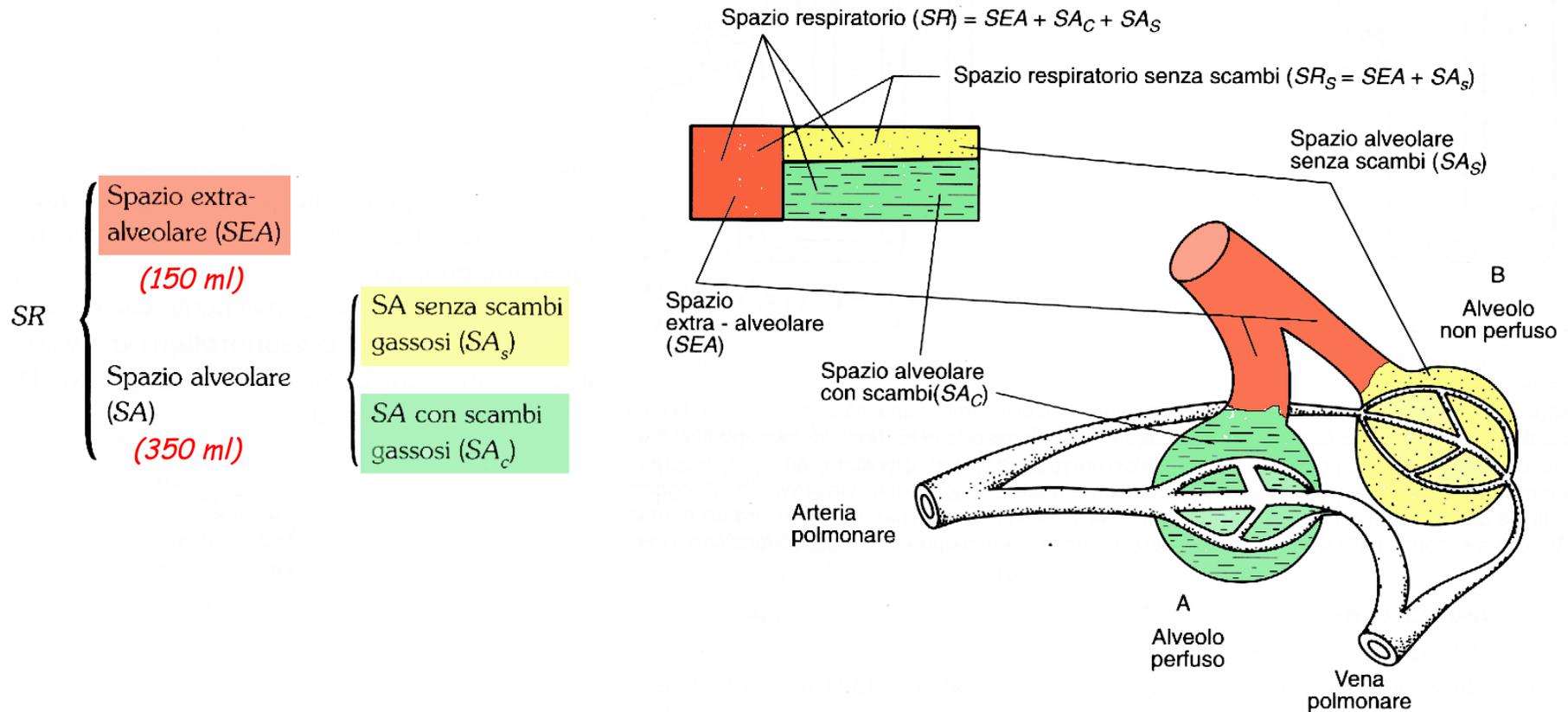
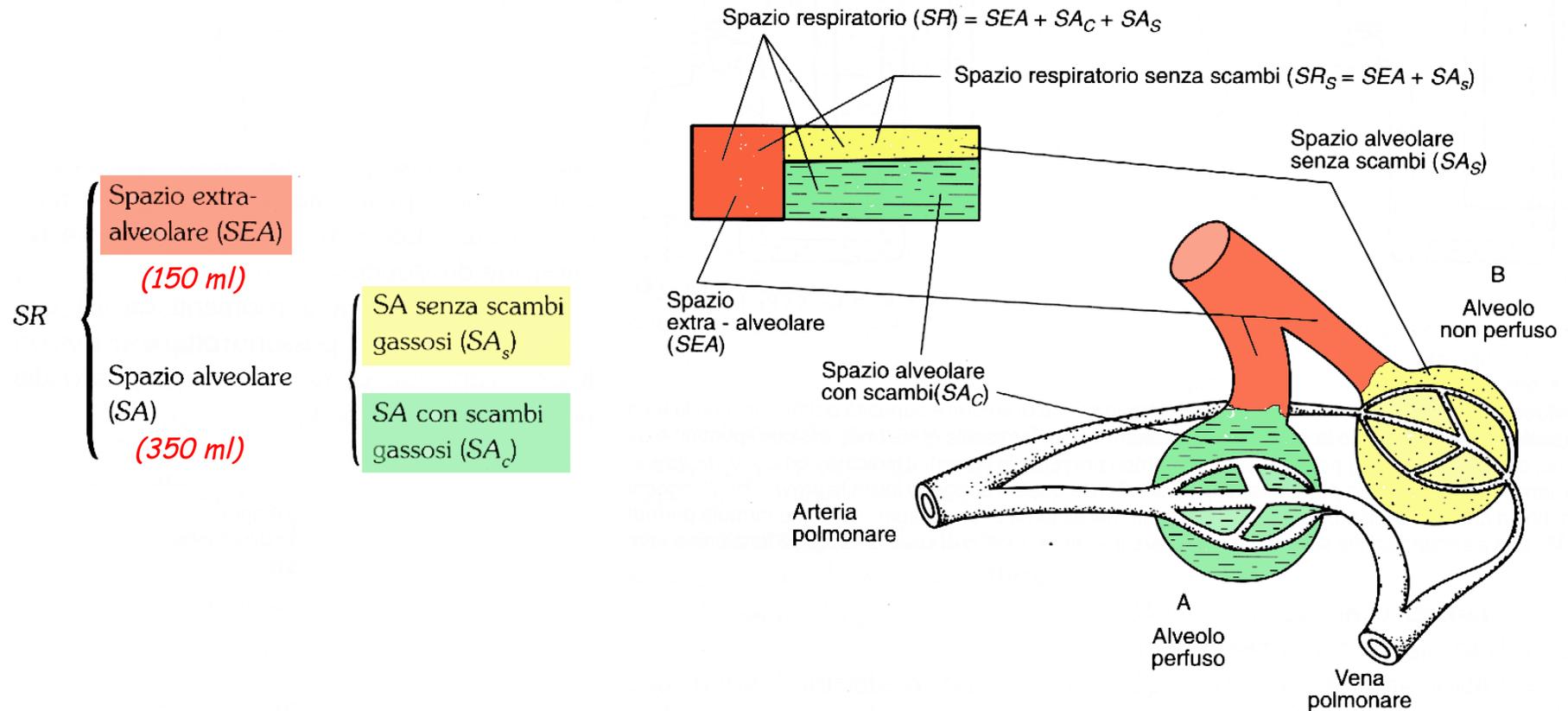


Figura 69-4 Potenziali d'azione, registrati mediante microelettrodo intracellulare, di un singolo neurone inspiratorio bulbare. Si noti come ogni potenziale d'azione sia provocato da una depolarizzazione graduale (pre-potenziale). La frequenza di scarica rallenta quando la soglia di scarica s'innalza: se l'innalzamento è notevole, il pre-potenziale non riesce più a raggiungere il livello della soglia (*vedi* ultimo pre-potenziale, a destra) e la scarica del neurone si interrompe. Per i neuroni inspiratori tale processo è responsabile dell'interruzione dell'attività inspiratoria e dell'inizio della fase espiratoria. Il mancato raggiungimento della soglia di scarica dei neuroni inspiratori è spesso dovuto a influenze inibitrici di neuroni a funzione espiratoria.

Distribuzione dell'aria nello spazio respiratorio

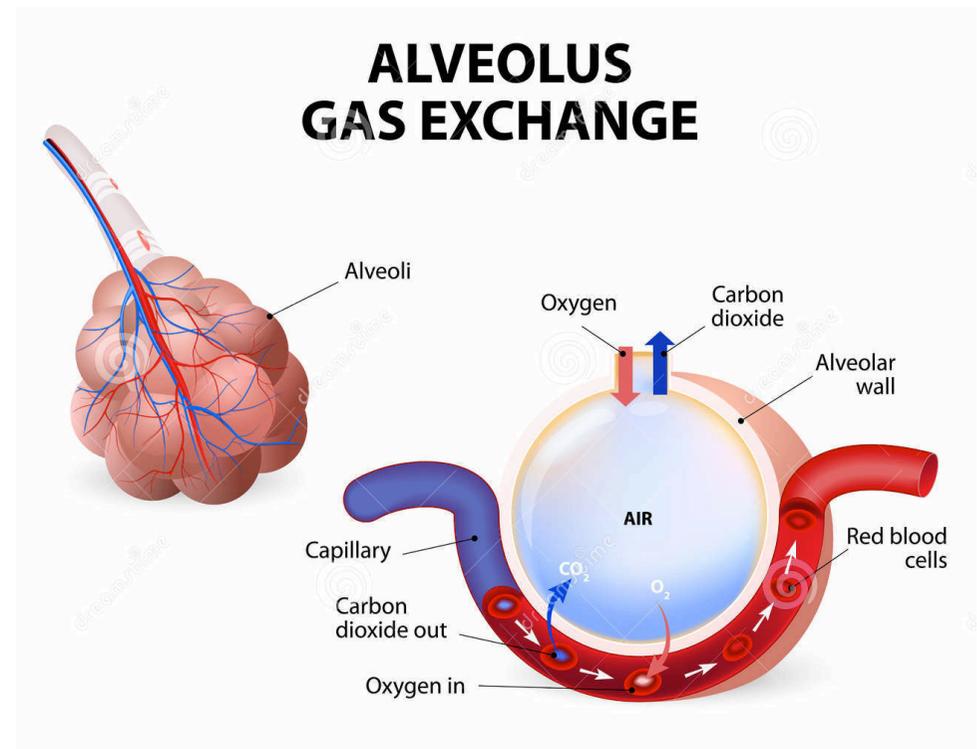
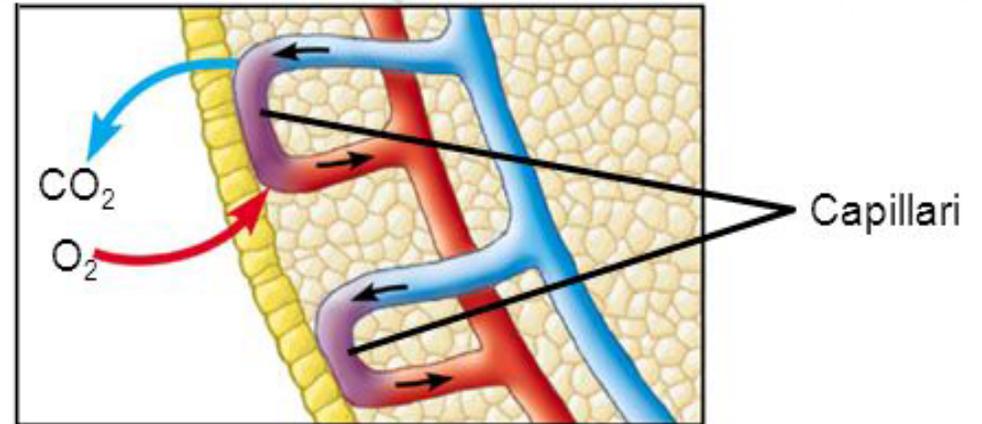


Distribuzione dell'aria nello spazio respiratorio



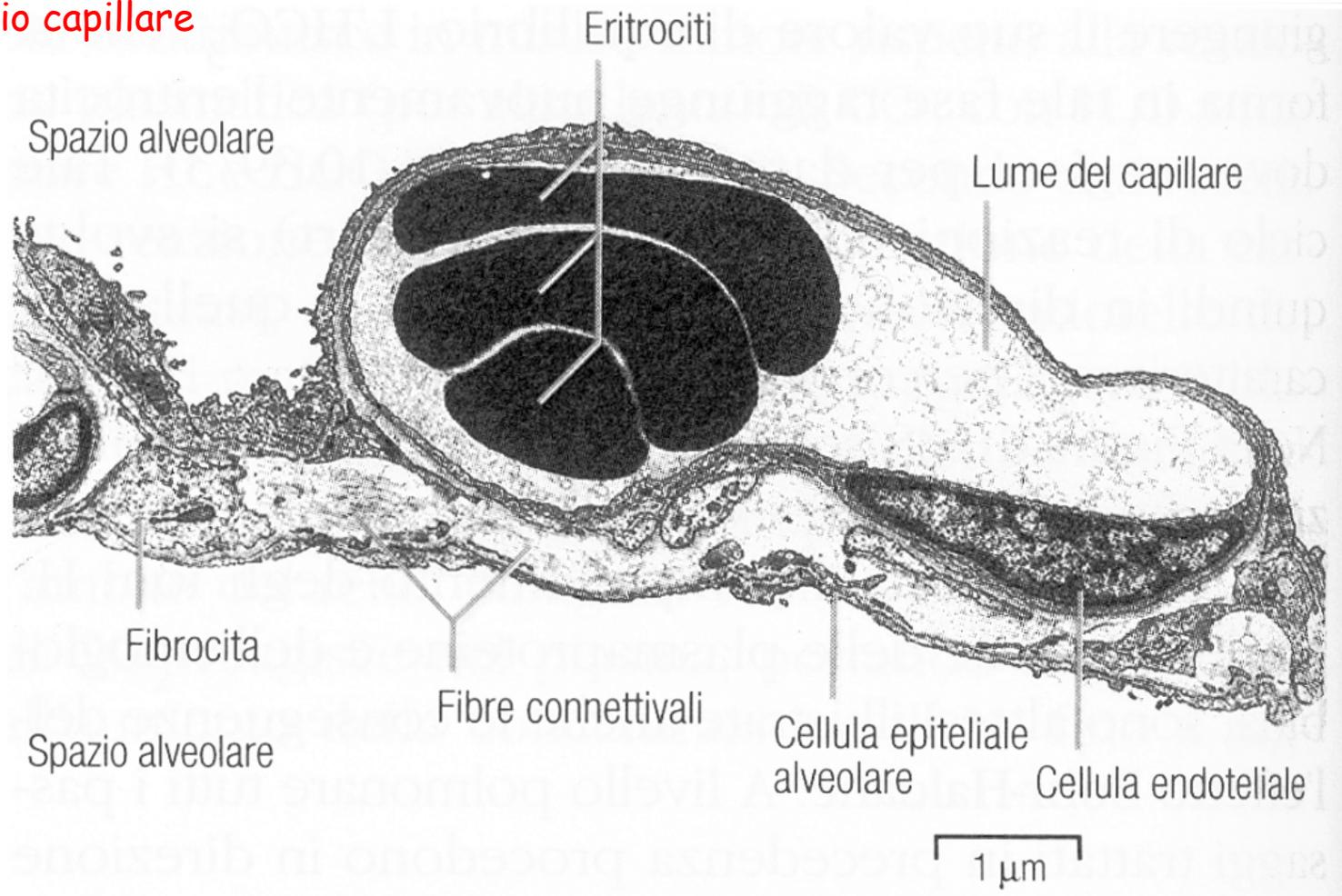
La membrana respiratoria

avvicinare il più possibile
il mezzo (acqua/aria) al sangue

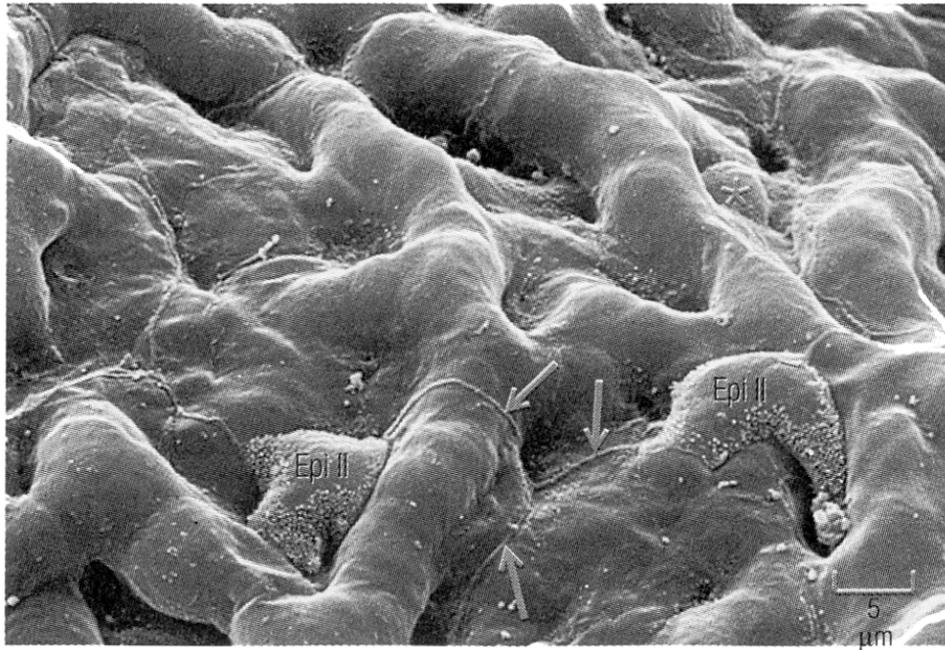


La membrana respiratoria negli animali con polmoni

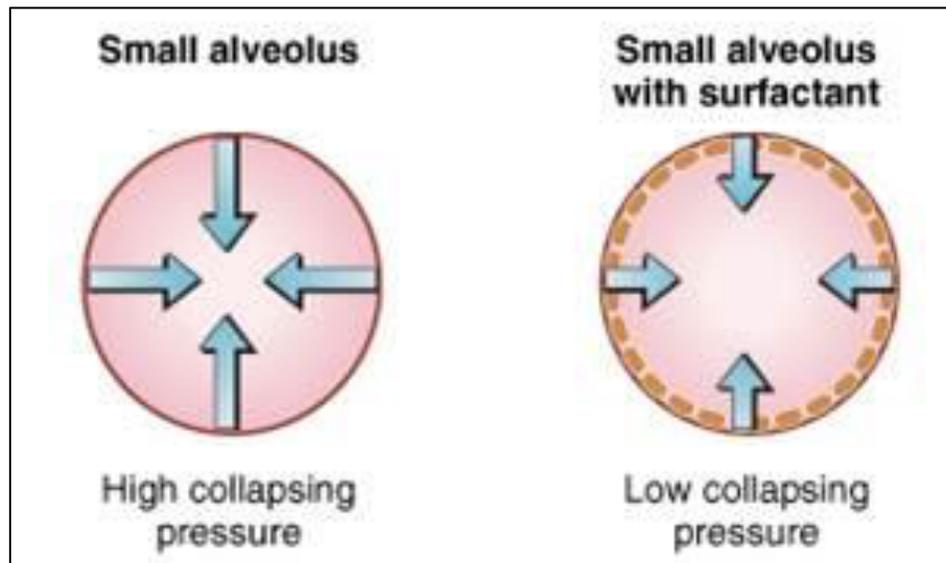
1. epitelio alveolare
2. strato connettivale
3. endotelio capillare



L'epitelio alveolare



Cellule epiteliali di tipo I:
ruolo strutturale



Cellule epiteliali di tipo II:
*producono e secernono
surfactante (o surfattante)*

Ruolo dei macrofagi negli alveoli polmonari

Alveolar structure

The alveoli are composed of type I cells for gas exchange and type II cells that synthesize surfactant. Alveolar macrophages ingest foreign material that reaches the alveoli.

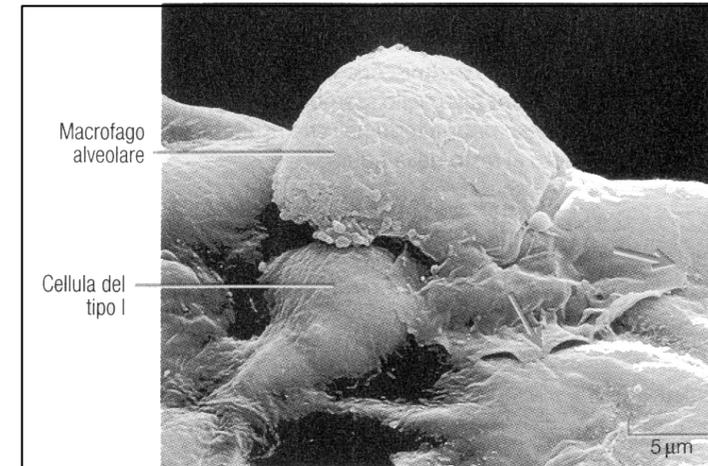
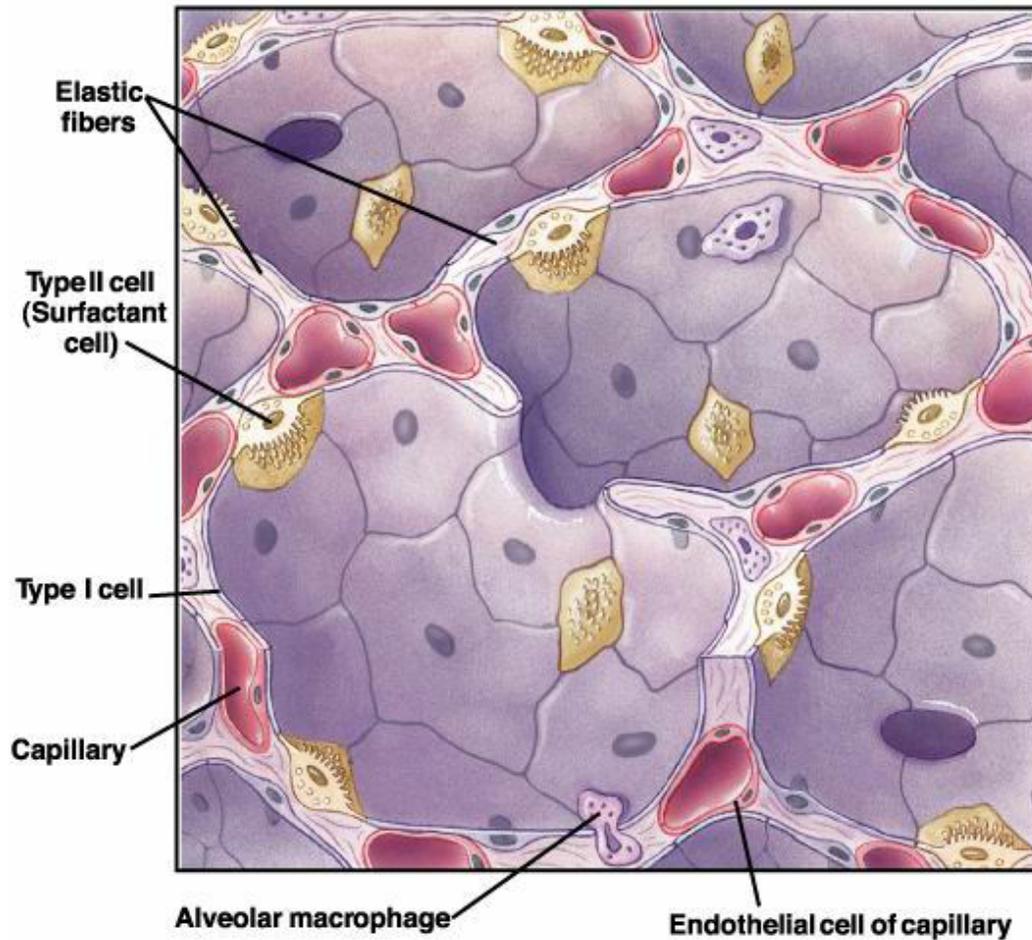


Figura 10.5 Un macrofago alveolare. Questa cellula migrante si muove sulla superficie dell'epitelio alveolare estroflettendo una lamina citoplasmatica rivestita di plasmalemma (uno pseudopodio), e si sposta sul substrato nel senso indicato dalle frecce. Immagine al SEM (da [1] 23).

I gradienti pressori dei gas respiratori

	Aria alveolare (mm Hg)	Sangue venoso (mm Hg)	Gradiente alveolo- capillare (mm Hg)	Gradiente capillare alveolo (mm Hg)
P_{O_2}	100	40	60	–
P_{CO_2}	40	46	–	6

Tabella 66-4 Pressioni parziali e gradienti alveolo-capillari dei gas respiratori.

La respirazione è basata sulla diffusione

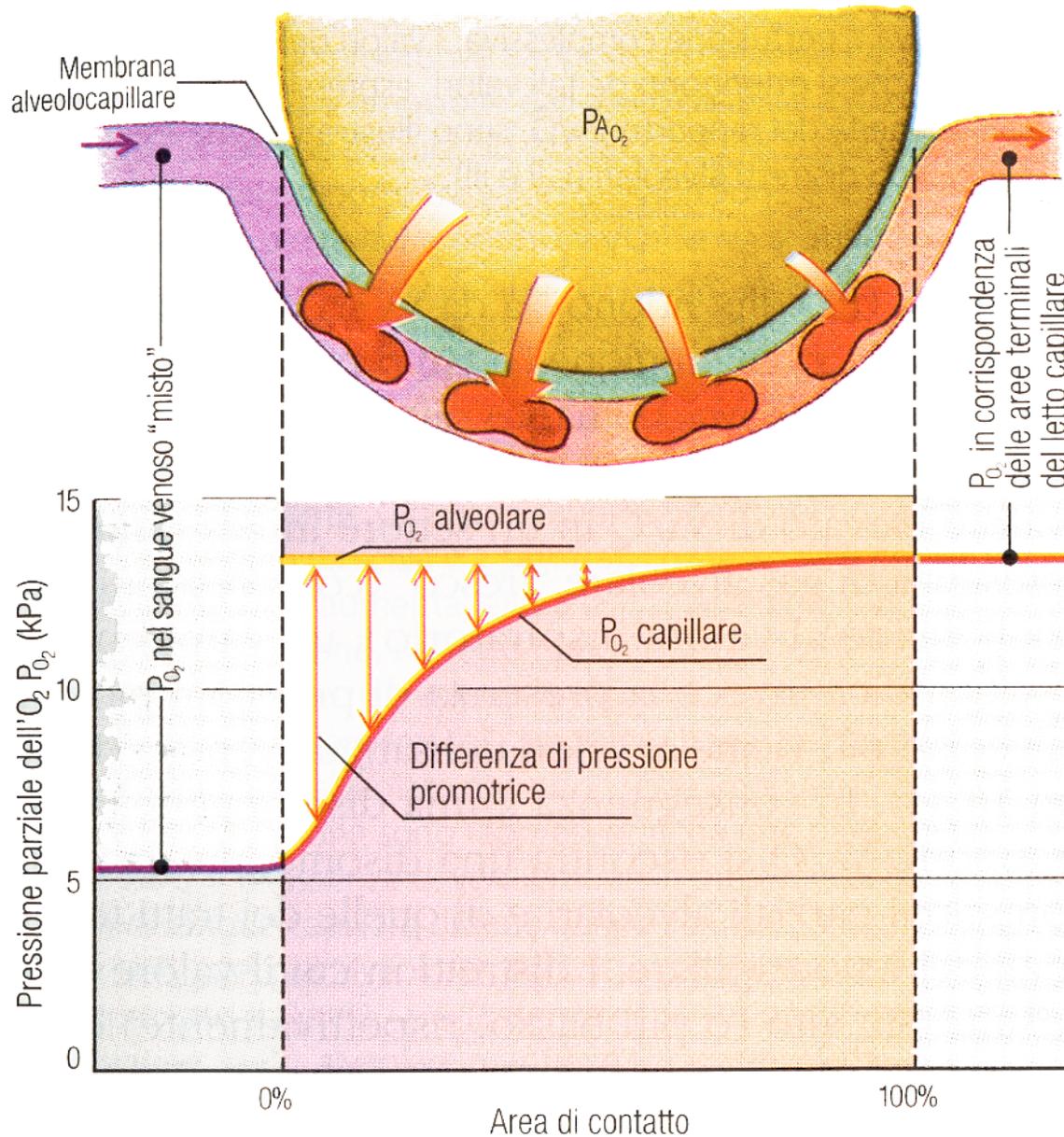
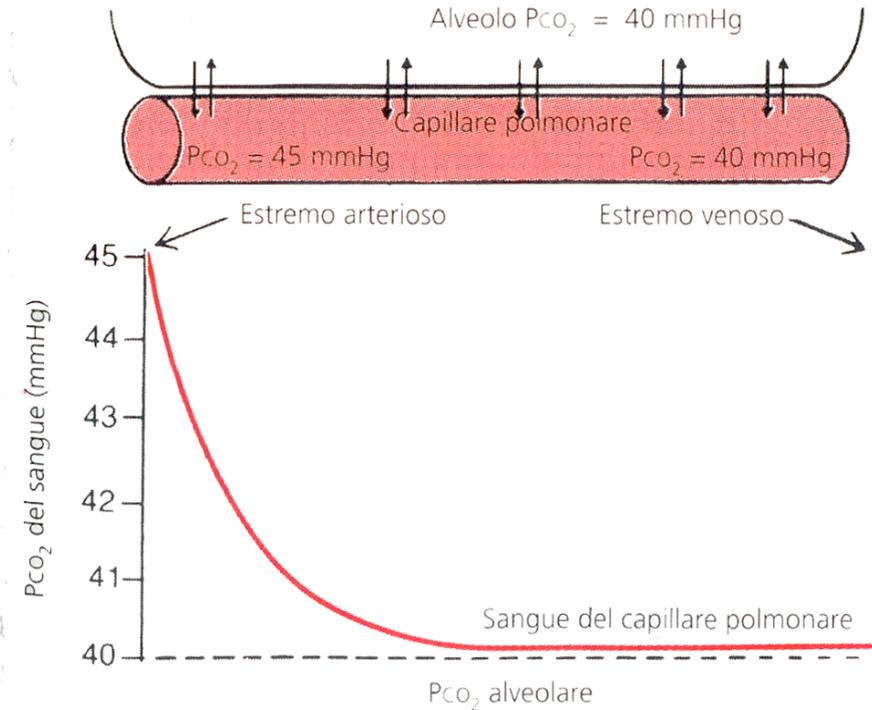
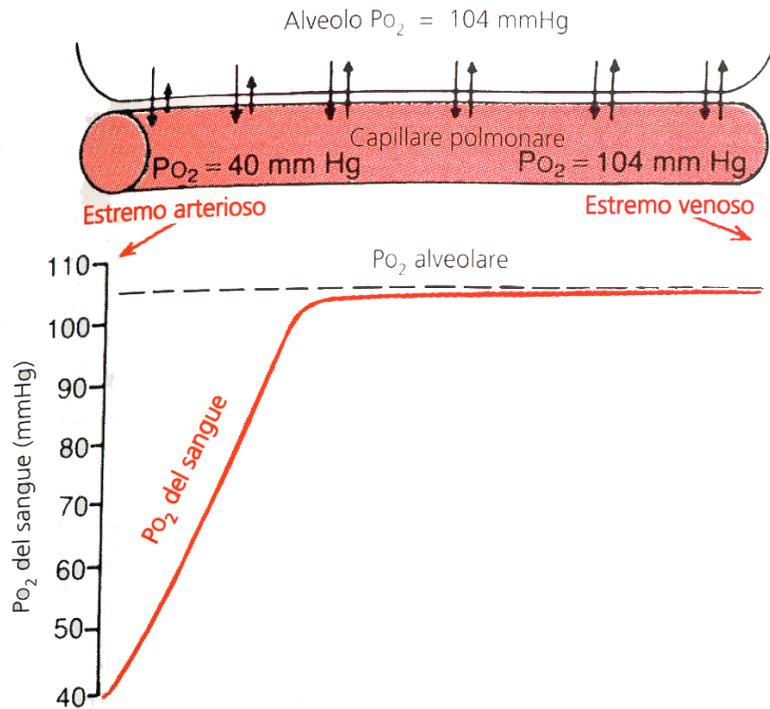


Figura 10.42 Il passaggio di O₂ dal gas alveolare al sangue che scorre nei capillari del piccolo circolo. Nei tratti iniziali dei capillari la differenza di pressione promotrice risulta alta, ed elevate quantità di O₂ diffondono attraverso la membrana alveolocapillare. In seguito all'assunzione dell'O₂, lungo i capillari la P_{O₂} aumenta, abbassando quindi la differenza di pressione promotrice e, di conseguenza il flusso di diffusione. Il sangue che lascia i capillari terminali (quelli con cui si esaurisce il letto vascolare delle arterie polmonari) presenta praticamente la medesima P_{O₂} (e la medesima P_{C_{O₂}}) del gas alveolare. In condizioni normali la curva che esprime la tendenza dell'alveolo ad adeguarsi alla P_{O₂} capillare si avvicina a quella alveolare e decorre generalmente con pendenza maggiore rispetto a quella qui rappresentata; la differenza media della P_{O₂} alveolocapillare ammonta generalmente a un valore modesto, circa 1 kPa (si veda il testo).

Gli scambi dei gas respiratori a livello alveolare



Tempo di contatto minimo necessario per il completamento degli scambi: 0.30 s

Tempo di contatto a riposo:

0.70 s

Tempo di contatto durante l'esercizio fisico intenso:

0.35 s

La forza di gravità incide sugli scambi gassosi dell'uomo

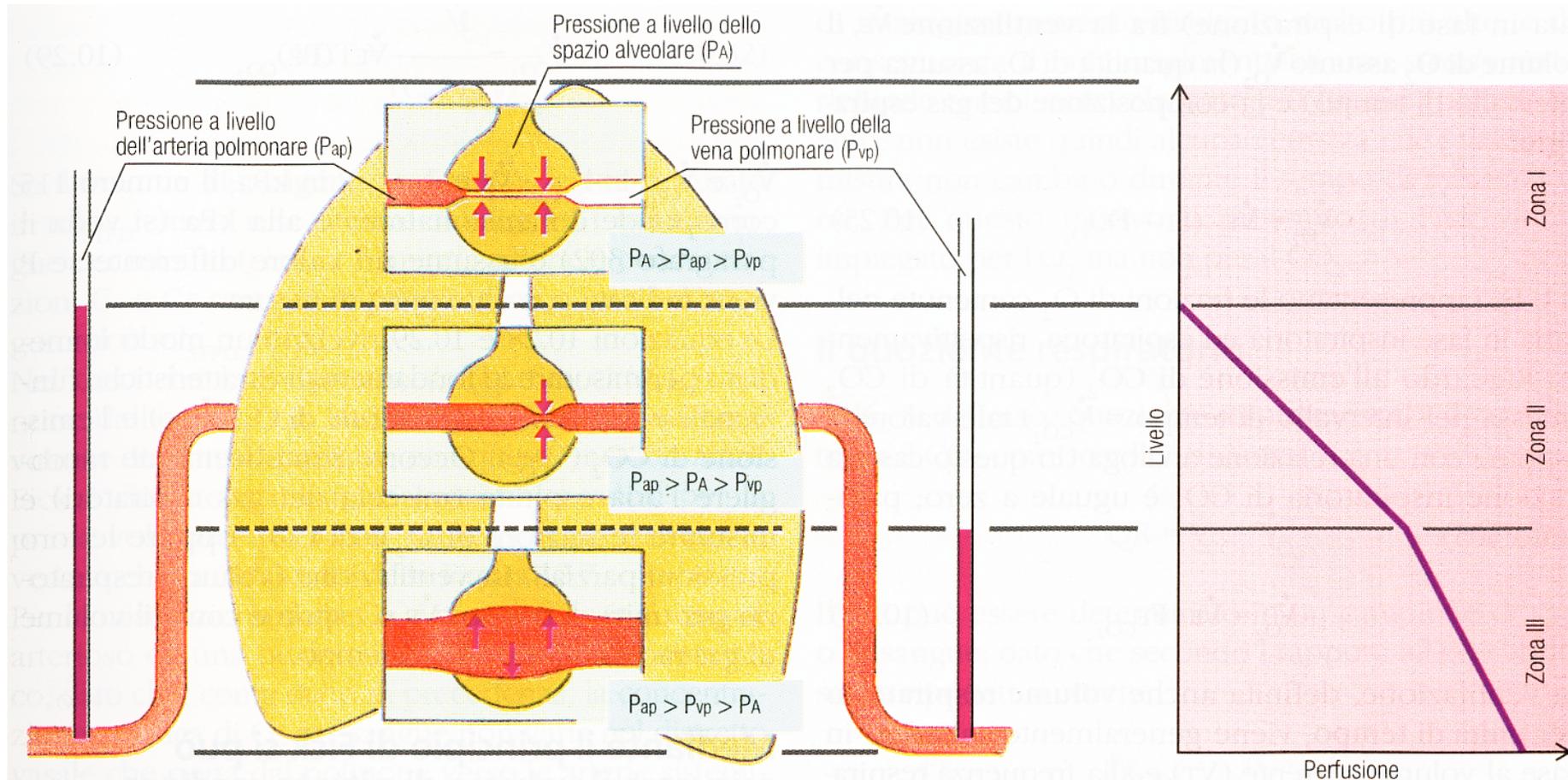
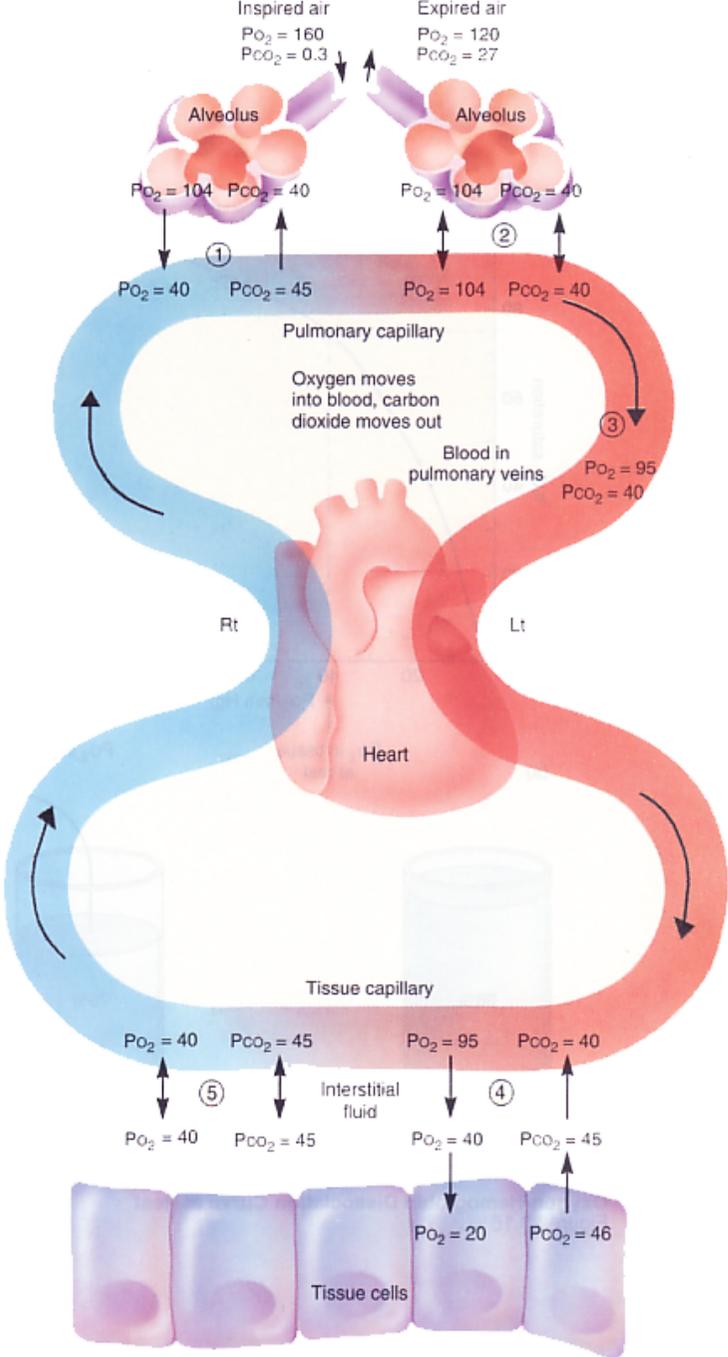


Figura 10.25 Nel polmone tenuto in posizione verticale la distribuzione della perfusione sanguigna dipende dalla forza di gravità. La pressione di perfusione non è misurabile a livello dell'apice polmonare (zona I). Nella zona II sussiste una

compressione dei capillari, in modo tale che la perfusione dipende dalla differenza ($P_{ap} - P_A$), ma risulta indipendente da P_{vp} . Nella zona III sussistono condizioni normali di perfusione; la pressione sanguigna relativamente alta porta alla dilatazione dei capillari.

Respirazione esterna

Respirazione interna



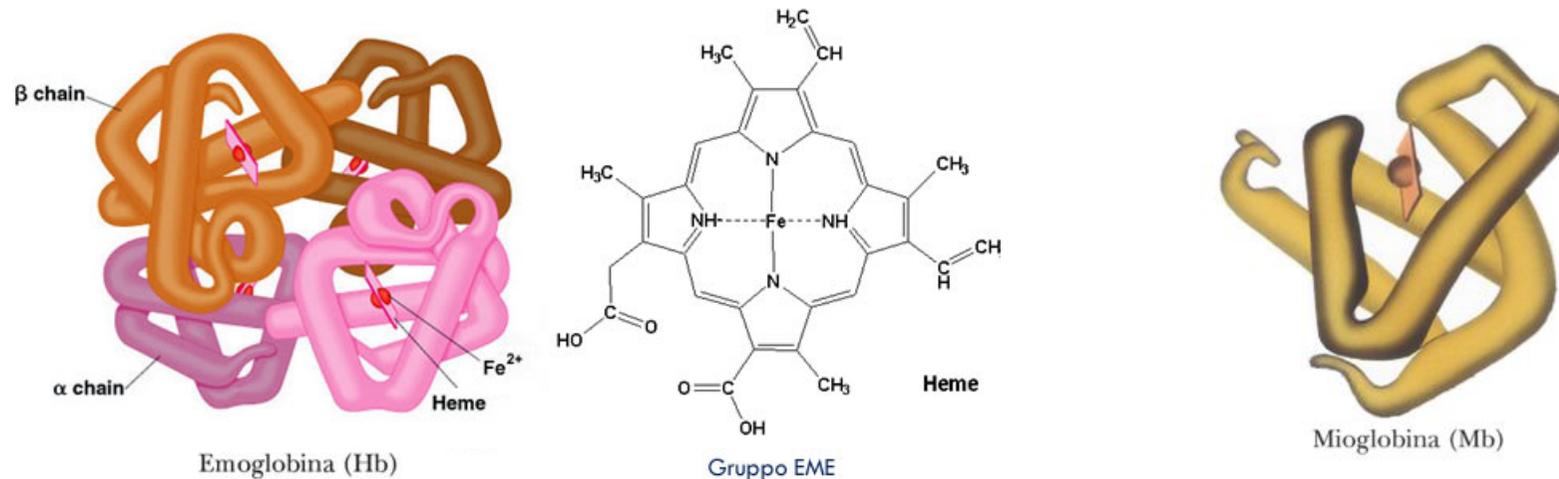
I pigmenti respiratori e la loro distribuzione

I pigmenti respiratori si distinguono in 4 categorie:

- 1) **Emoglobine** (gruppo eme coniugato ad un atomo di ferro ferroso + globina)
- 2) **Emocianine** (2 atomi di rame + globina)
- 3) **Emoeritrine** (atomi di ferro ferroso + proteina \neq globina)
- 4) **Clorocruorine** (gruppo eme coniugato ad un atomo di ferro ferroso + proteina \neq globina)

Negli Invertebrati le emoglobine possono essere extracellulari o intracellulari.

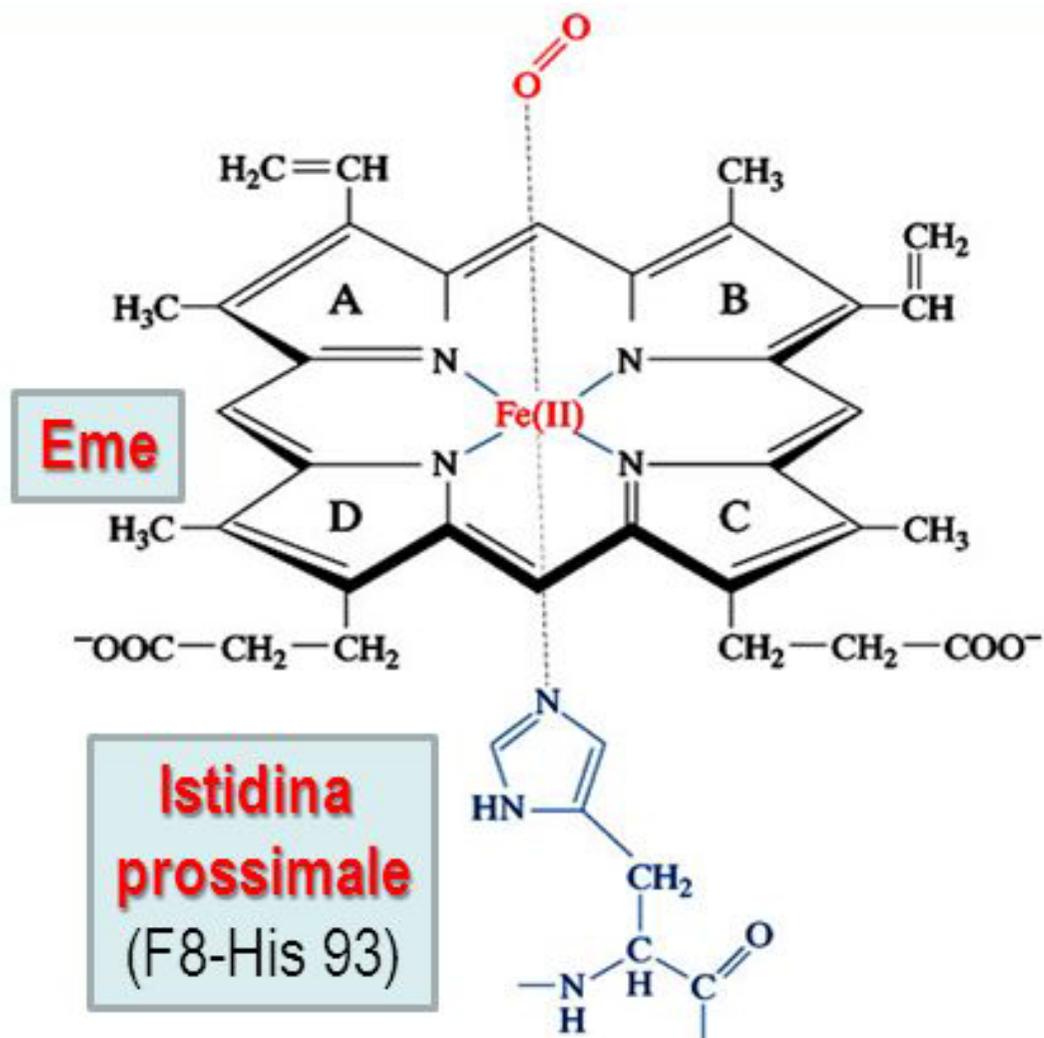
Nei Vertebrati le emoglobine sono intracellulari e quasi sempre tetrameriche



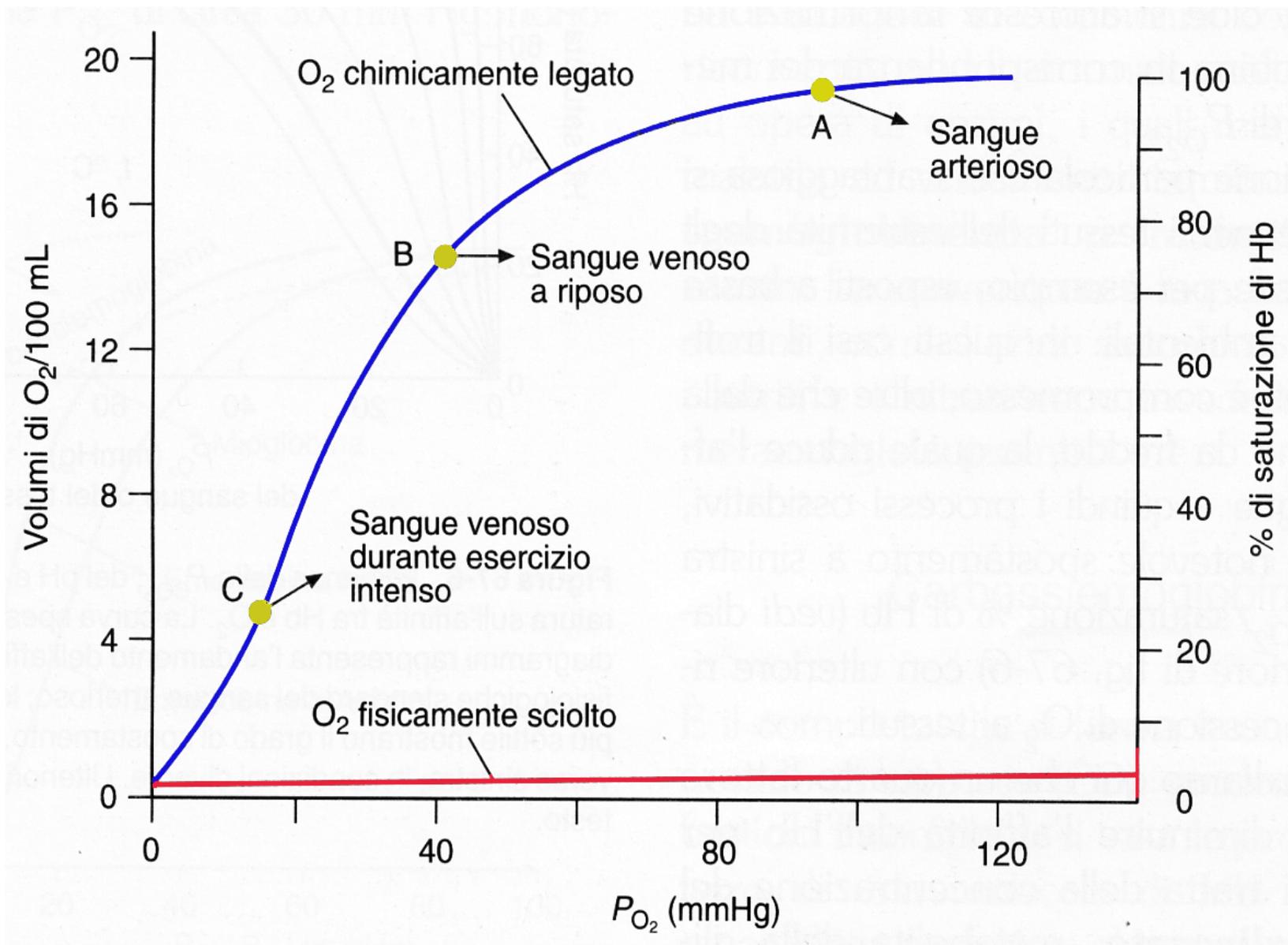
Hb adulta: $\alpha_2\beta_2$

Hb fetale: $\alpha_2\gamma_2$

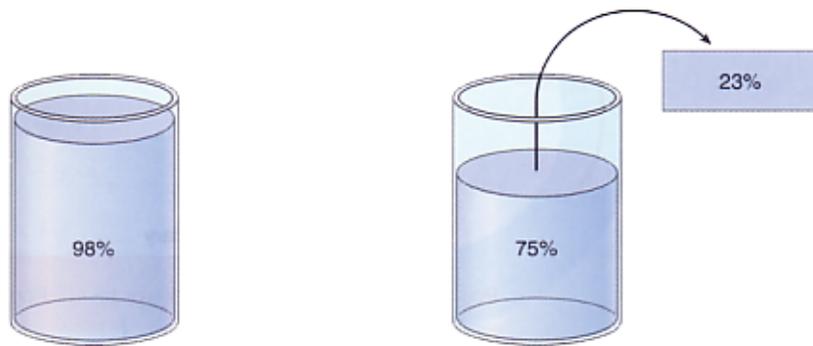
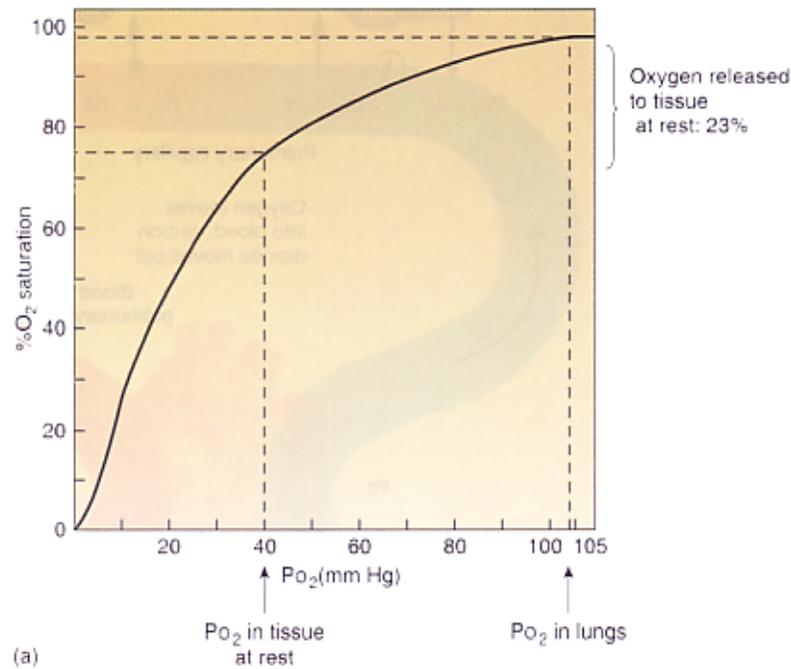
Il legame dell'O₂ all'Hb è e deve essere reversibile



Curva di dissociazione dell'emoglobina



A riposo

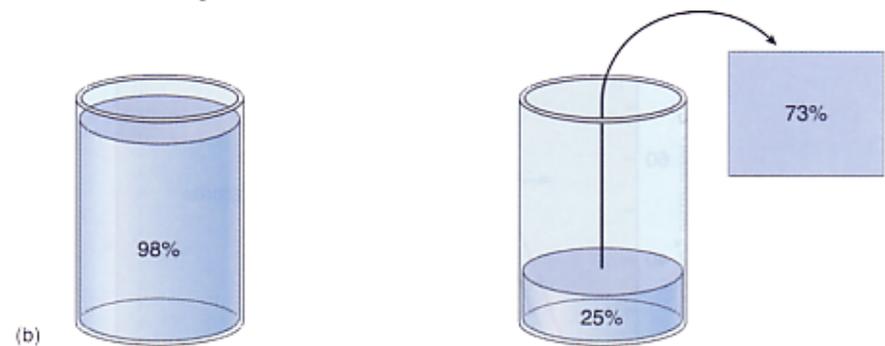
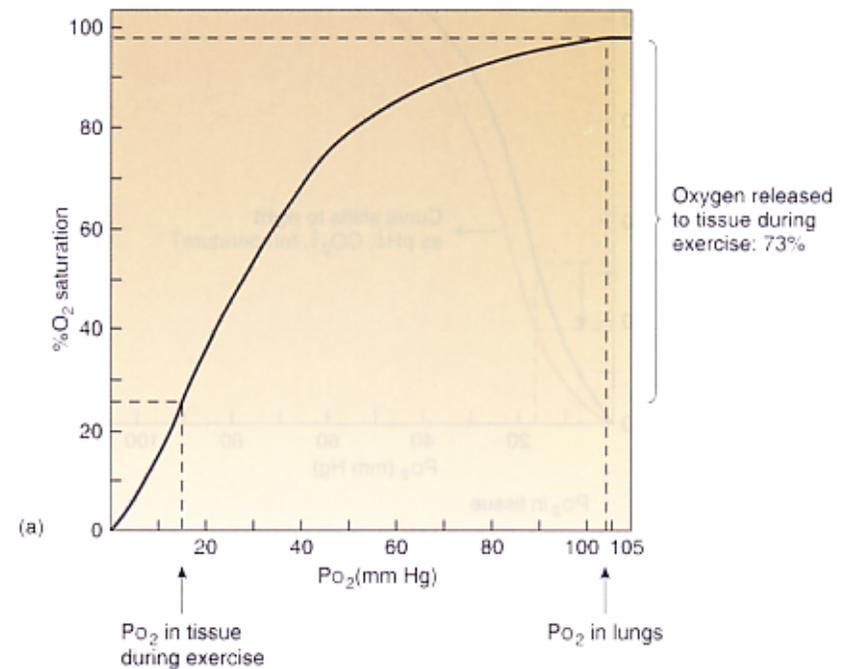


Hemoglobin saturated with oxygen in the lungs is like a nearly full glass.

In resting tissues, hemoglobin releases some oxygen, which is like partially emptying the glass.

Oxygen-Hemoglobin Dissociation Curve at Rest
Figure 23.16

Nello sforzo



Hemoglobin saturated with oxygen in the lungs is like a nearly full glass.

In exercising tissues, hemoglobin releases more oxygen, which is like emptying most of the glass.

Oxygen-Hemoglobin Dissociation Curve During Exercise
Figure 23.17

L'importanza della molecola di ferro ferroso dell'Hb

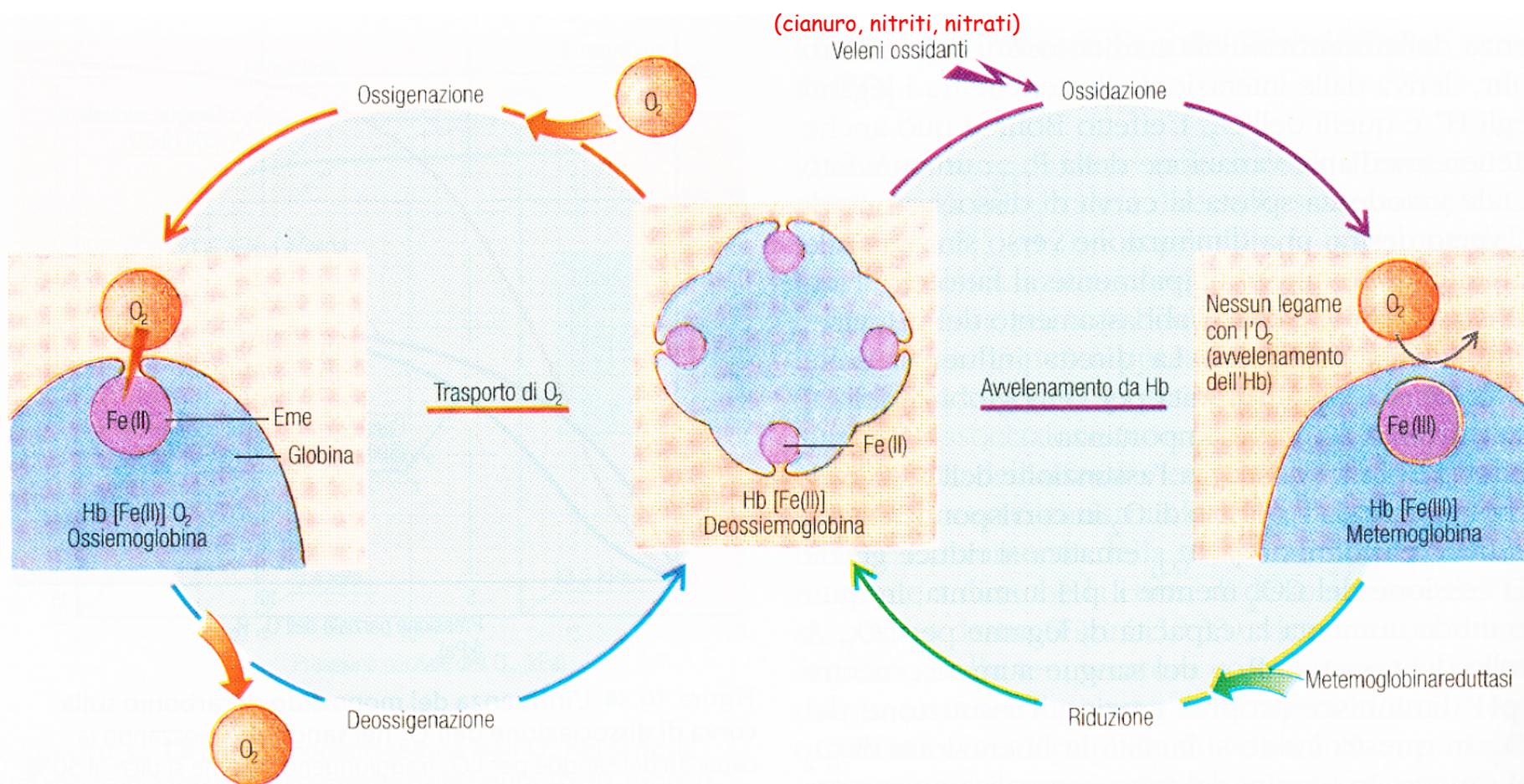
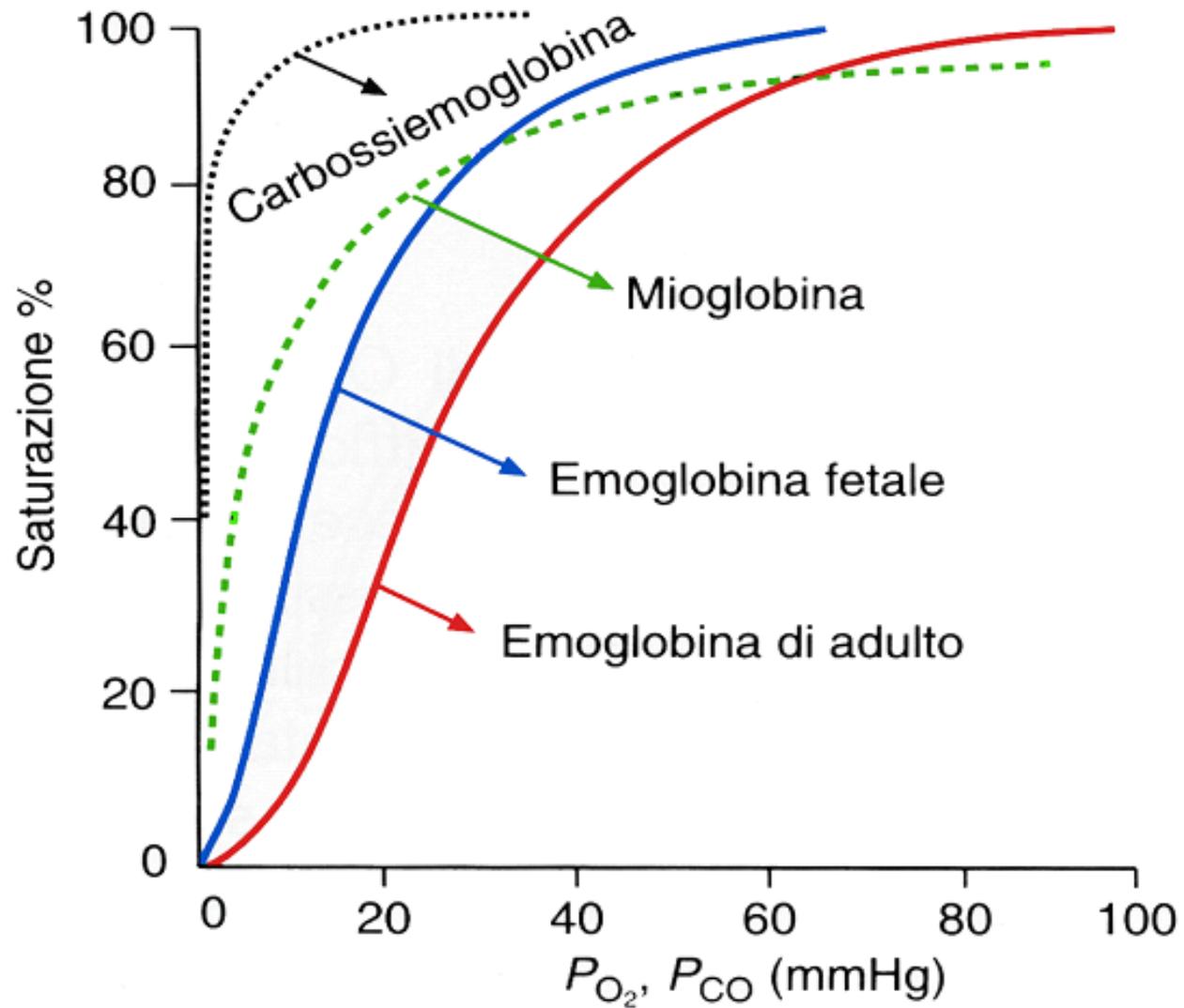


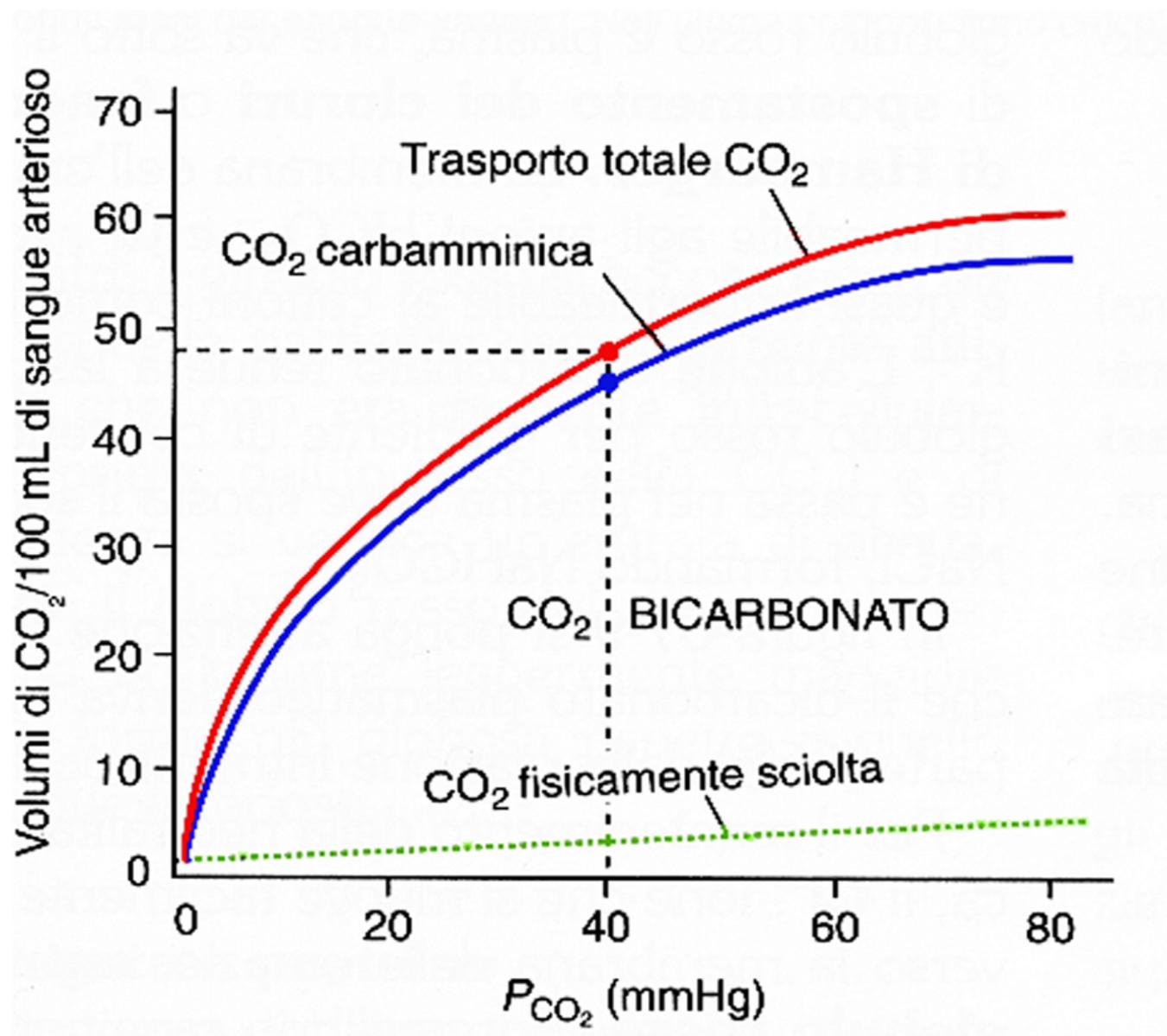
Figura 10.35 Ossigenazione e ossidazione dell'emoglobina. In caso di ossigenazione dell'emoglobina (a sinistra) si assiste a un legame reversibile dell'O₂ molecolare all'atomo di ferro bivalente (in questo modo si verifica un trasporto di O₂). In caso di ossidazione (a destra) l'atomo di ferro viene portato alla

sua forma trivalente, determinando la formazione di metemoglobina, che non è più in grado di legare l'O₂ (si parla di avvelenamento dell'Hb). L'enzima metemoglobinareduttasi favorisce la trasformazione della metemoglobina in deossioglobina.

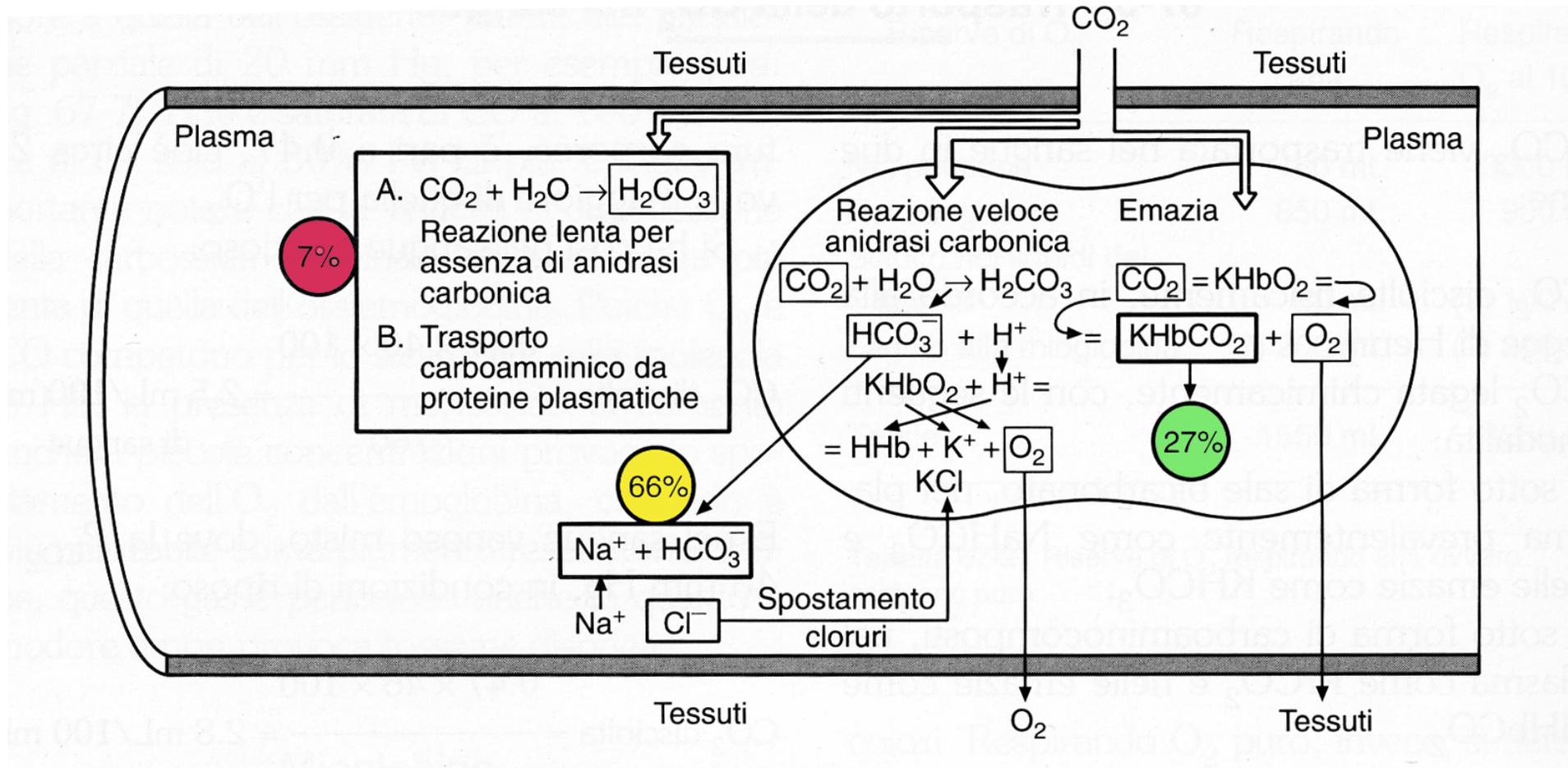
Curva di dissociazione dell'emoglobina e della mioglobina



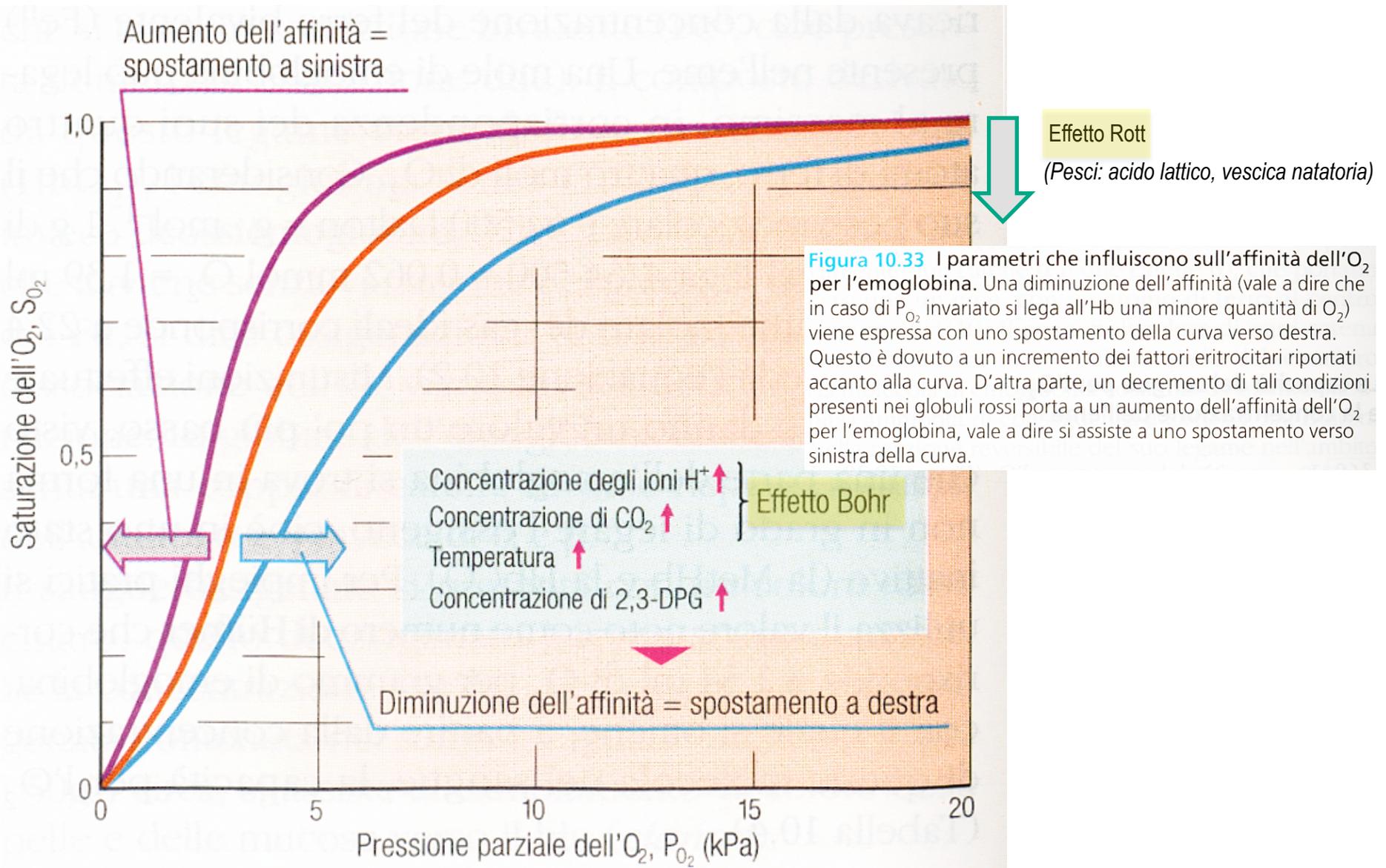
Curva di dissociazione dell'anidride carbonica



Modalità di trasporto della CO₂



Modulazione dell'affinità dell'O₂ per l'emoglobina



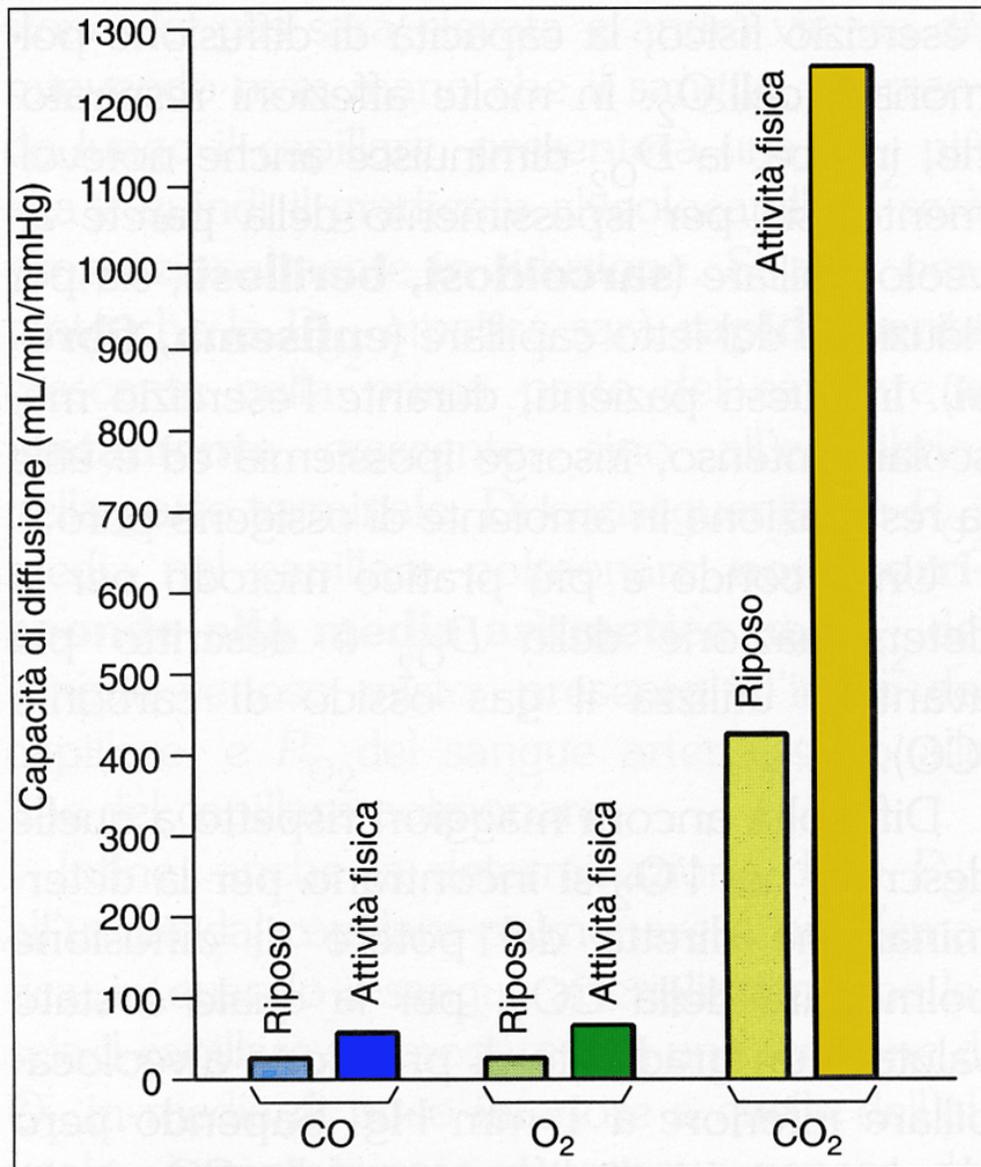


Figura 66-7 Potere o capacità di diffusione polmonare dell'O₂, della CO₂ e dell'ossido di carbonio (CO).

Gli scambi gassosi durante l'esercizio fisico

- ↑ gradiente pressorio
- ↑ area di scambio
- ↓ spessore membrana respiratoria

Gli effetti dell'anossia sul sistema nervoso centrale

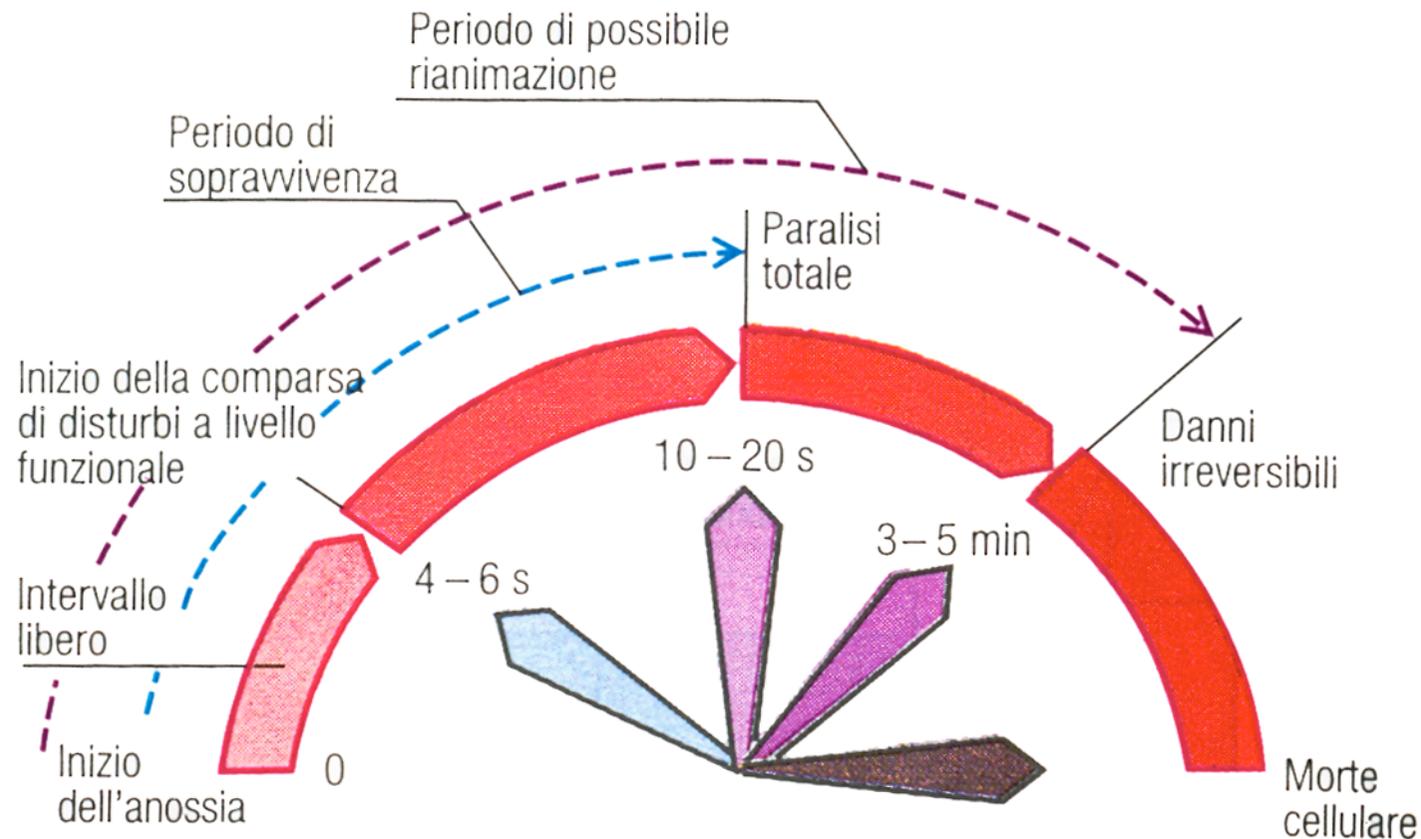
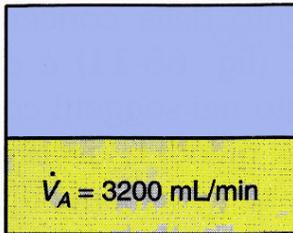


Figura 10.58 La degenerazione e la morte cellulare dovute a carenza acuta di O_2 in corrispondenza della corteccia telencefalica. I valori temporali riportati sono puramente indicativi.

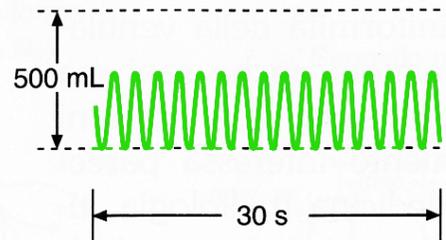
I parametri respiratori e l'iperventilazione

Volume corrente x frequenza = ventilazione polmonare (\dot{V}_P)

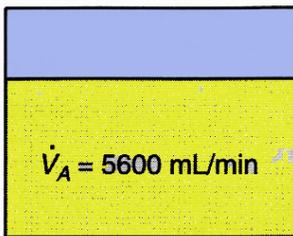
$$250 \times 32 = 8000 \text{ mL/min}$$



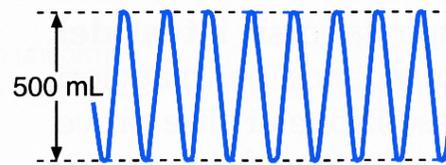
(a)



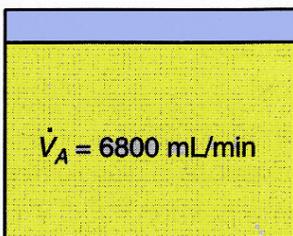
$$500 \times 16 = 8000 \text{ mL/min}$$



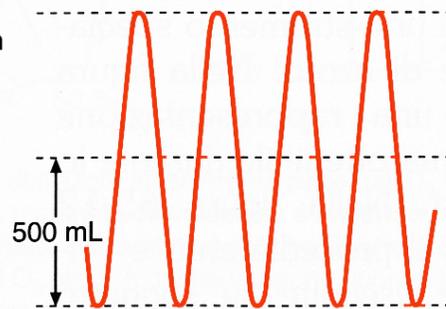
(b)



$$1000 \times 8 = 8000 \text{ mL/min}$$



(c)

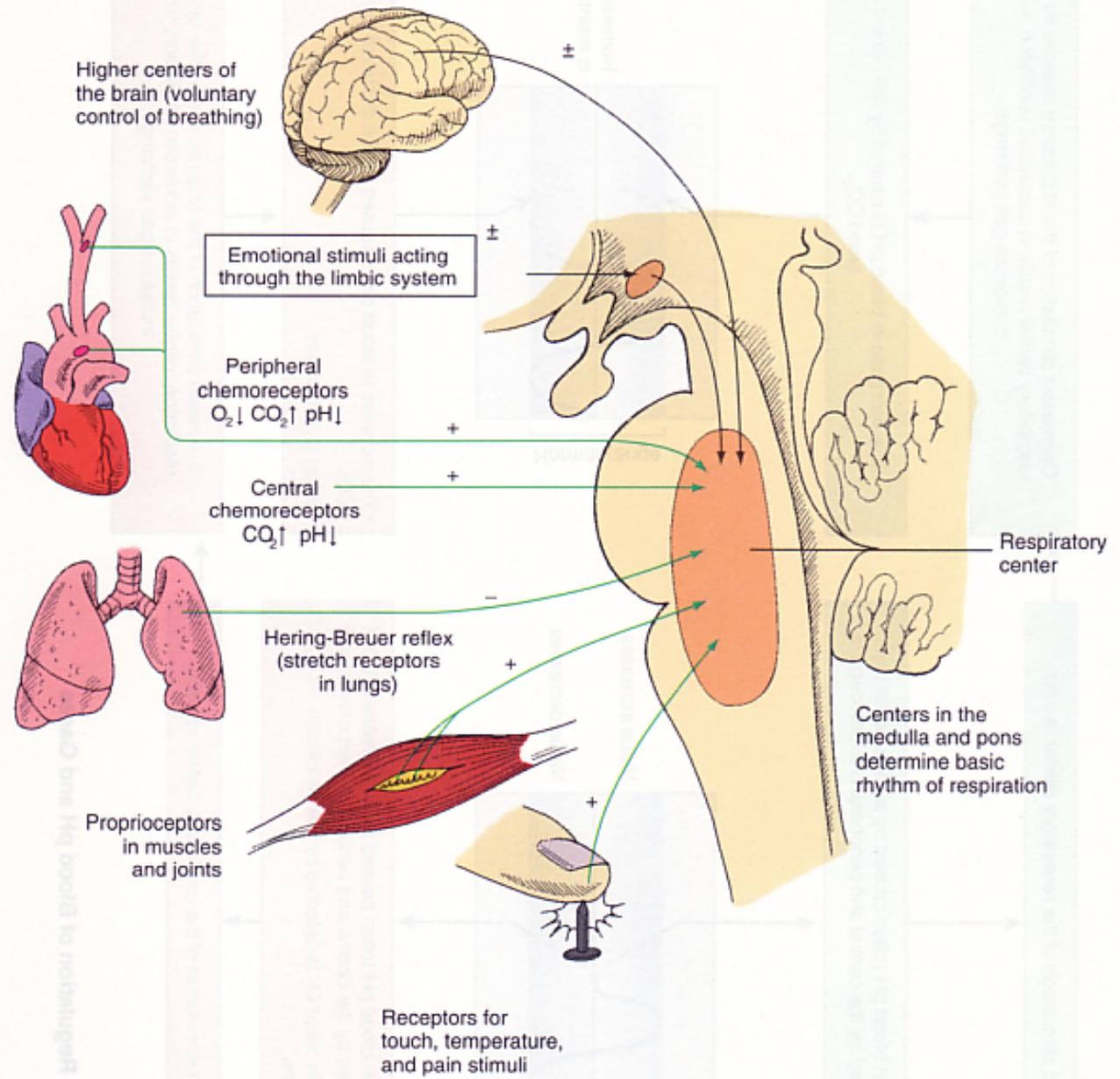


(Volume corrente - spazio extra alveolare) x frequenza = ventilazione alveolare (\dot{V}_A)

Figura 65-10 Ventilazione polmonare a differenti valori di volume corrente e di frequenza respiratoria. L'area di ciascun piccolo rettangolo rappresenta il valore variabile di volume corrente (250, 500, 1000 mL). L'area complessiva di ciascun rettangolo grande (zona tratteggiata e zona bianca) rappresenta il valore costante della ventilazione polmonare (8000 mL/min). L'area tratteggiata di ciascun rettangolo grande indica il valore variabile della ventilazione alveolare. Nei tre esempi lo spazio extra-alveolare è considerato pari a 150 mL. A destra sono riportati i corrispondenti traccianti spirometrici.

La regolazione della respirazione

1

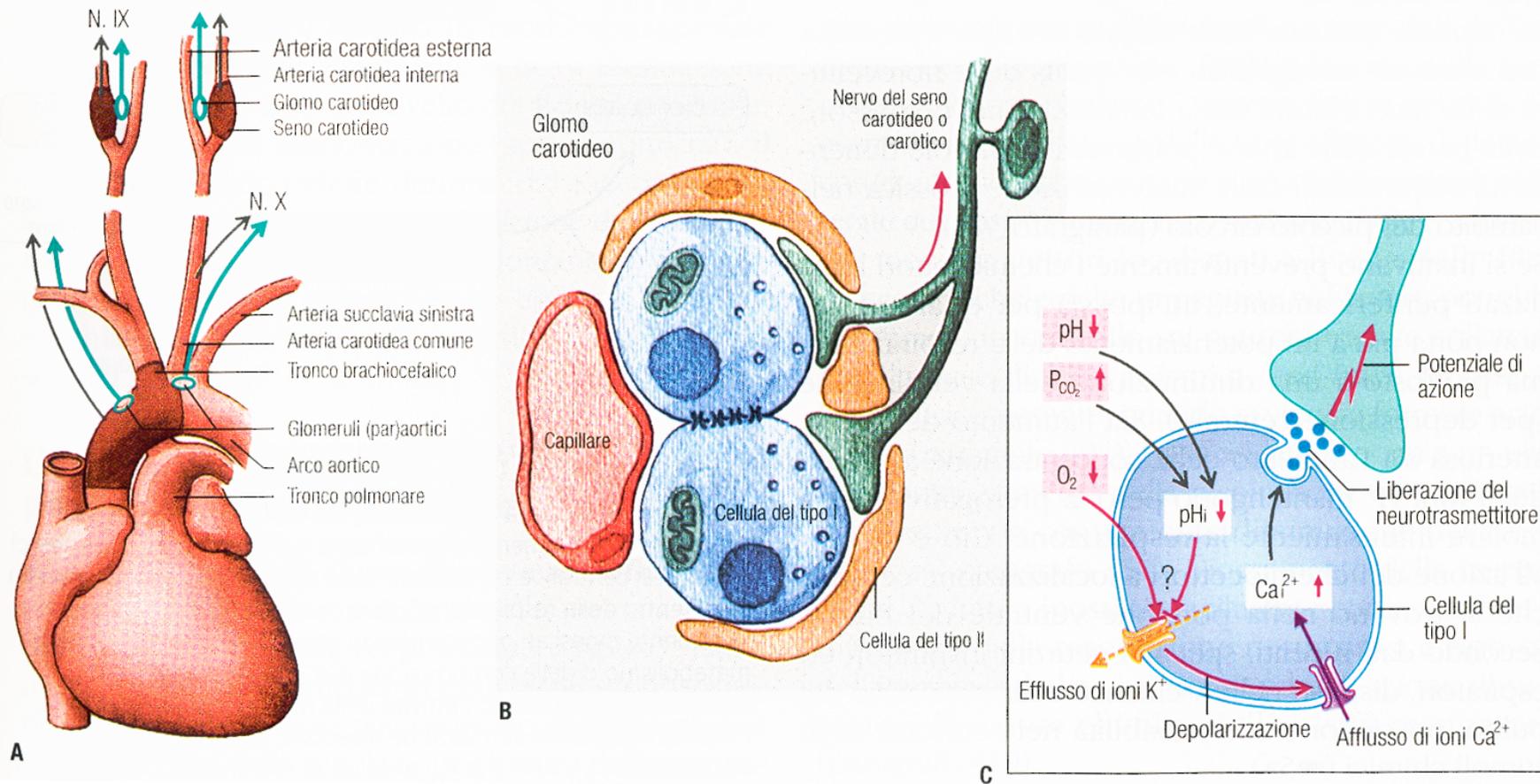


Modifying Respiration
Figure 23.21

I chemiocettori periferici

Figura 10.51 I chemiocettori periferici. **A** Il globo carotideo posto in corrispondenza della biforcazione della carotide comune è irrorato dal sangue proveniente dal tratto iniziale dell'arteria carotide esterna ed è innervato dal nervo glossofaringeo (IX). I glomeruli paraortici vengono irrorati dal sangue proveniente dall'aorta e innervati dai rami del nervo vago (X). Le aree di localizzazione dei pressocettori nel settore del seno carotideo (o carotico) e di quelli dell'arco dell'aorta sono rappresentate in

marrone scuro, mentre in celeste vengono indicati i pressocettori stessi e le loro proiezioni. **B** mostra due cellule del tipo I con le rispettive sinapsi nei confronti dei dendriti delle fibre del nervo del seno carotideo; sono inoltre mostrate le cellule del tipo II che circondano il globo carotideo ed è inoltre rappresentato un capillare. In **C** sono rappresentati schematicamente i meccanismi della trasduzione dei segnali chimici che portano alla liberazione dei neurotrasmettitori (dettagli nel testo).



I chemiocettori centrali

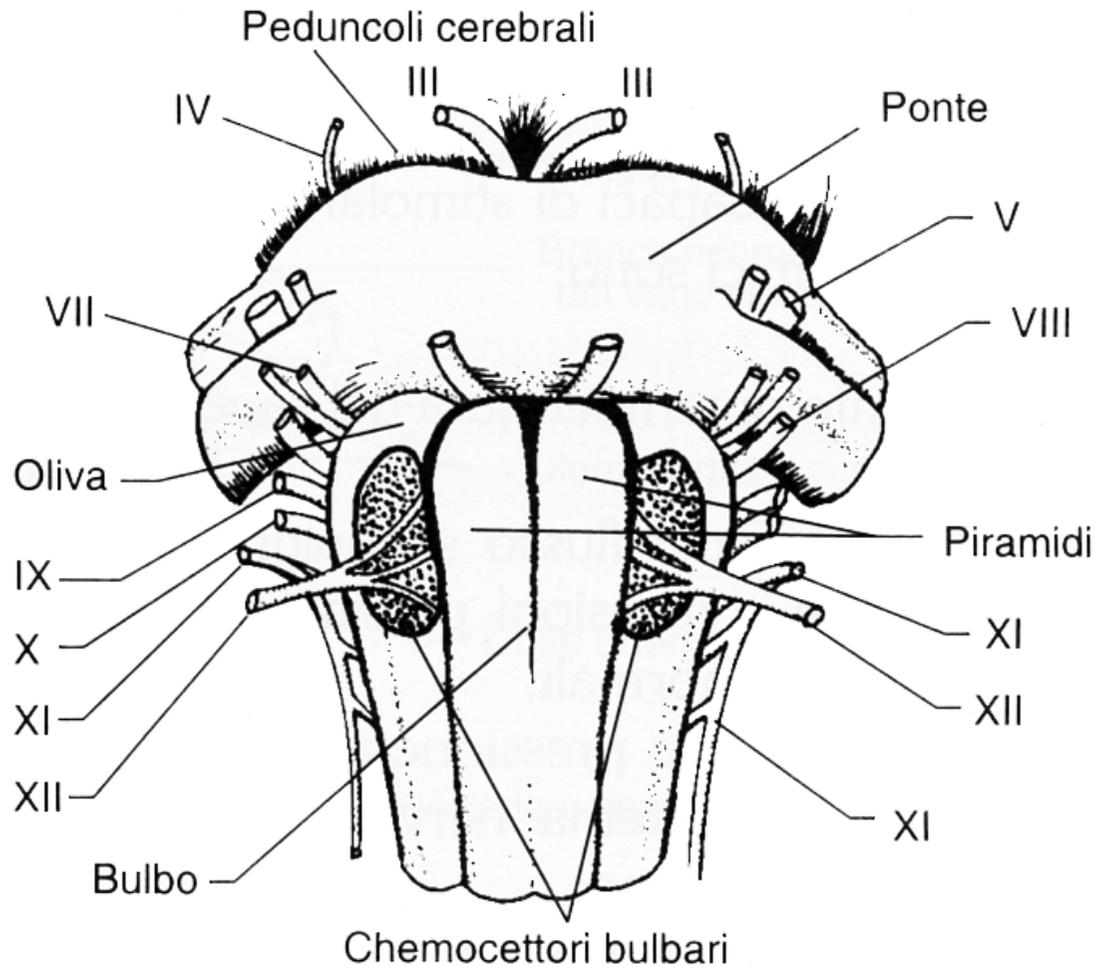
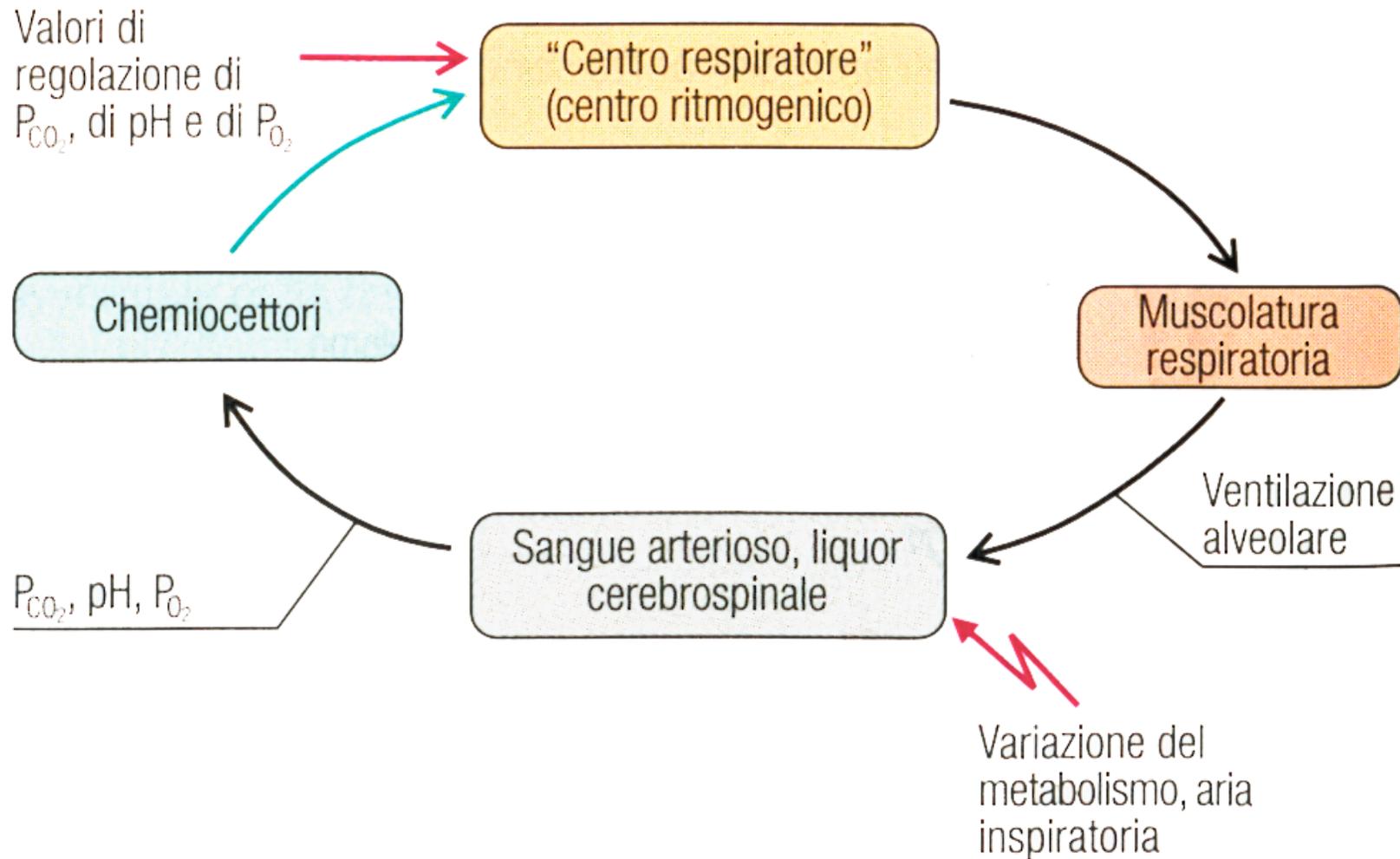


Figura 70-6 Aree chemocettive (punteggiate) centrali indicate sulla superficie ventrale del bulbo.

La regolazione chimica del respiro (il riflesso chemiocettivo)



La respirazione e l'esercizio fisico

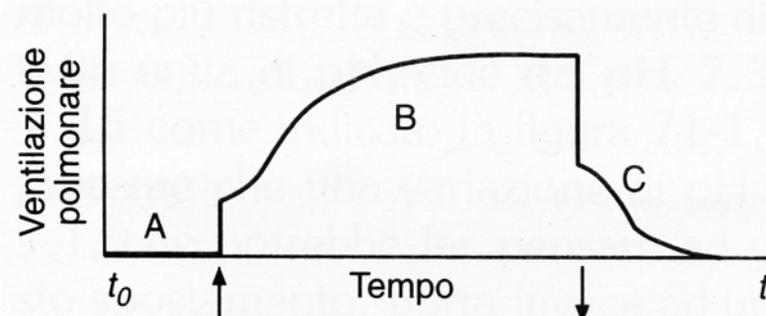
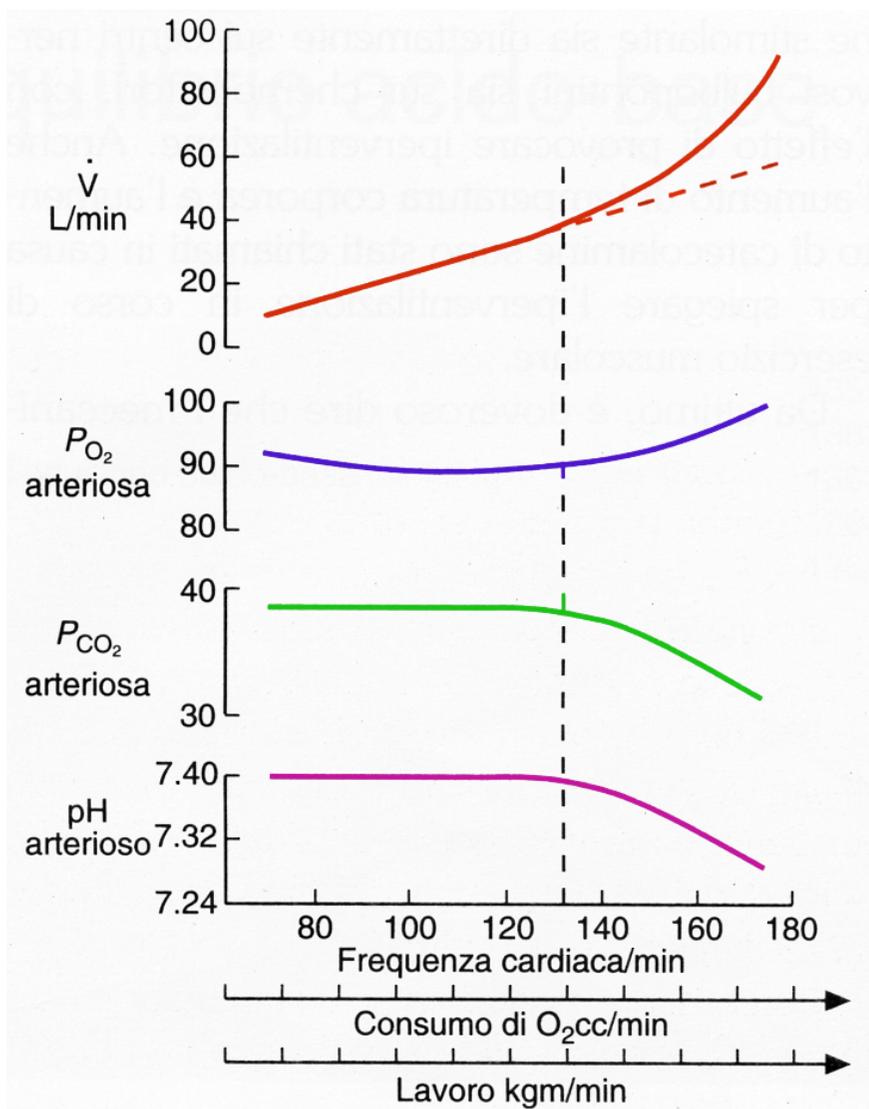


Figura 70-15 Andamento temporale della ventilazione polmonare prima (A), durante (B) e dopo (C) lavoro muscolare. Le frecce indicano inizio (verso l'alto) e fine (verso il basso) del lavoro.

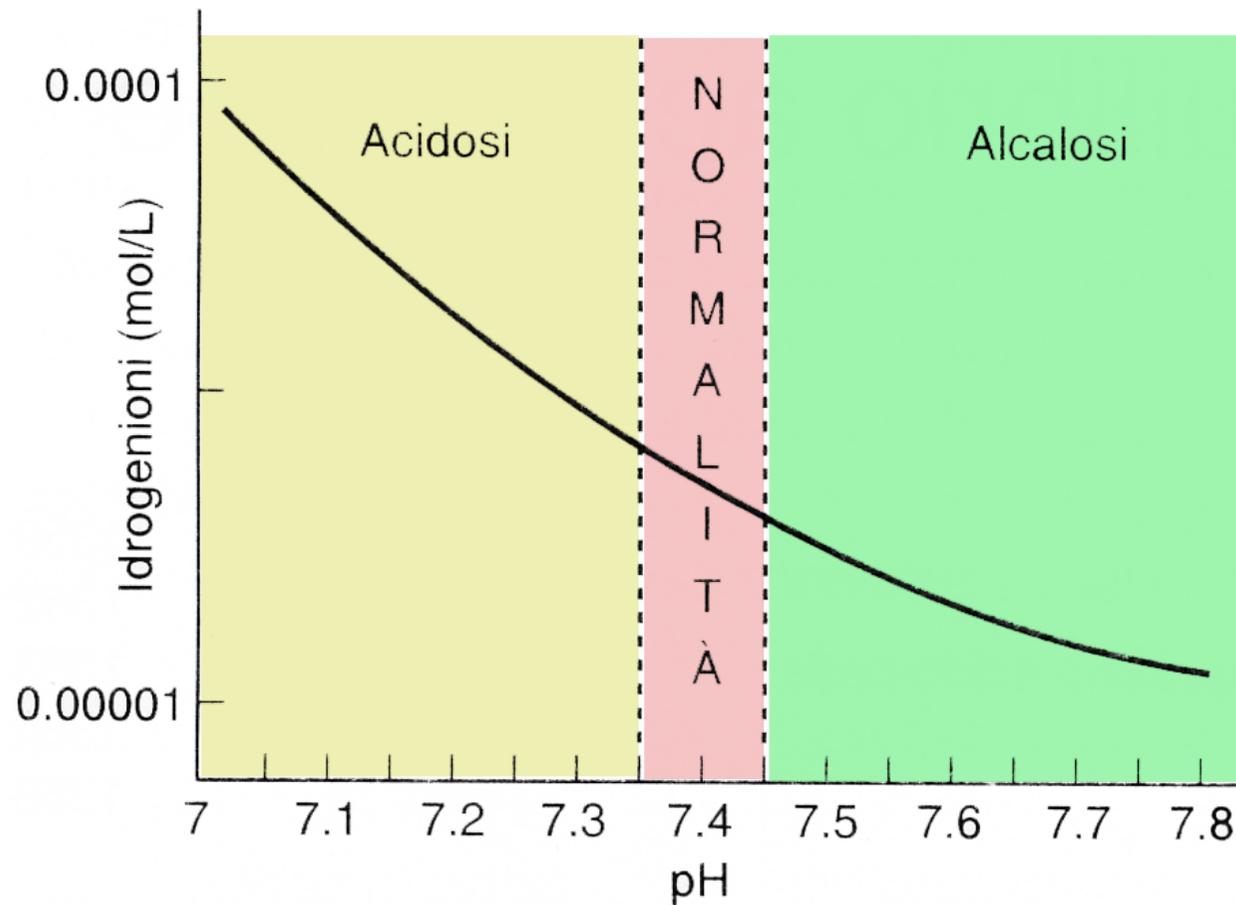


Figura 71-1 Relazione tra concentrazione idrogenionica (in ordinata) e pH. La banda verticale tra i due tratteggi indica il rango fisiologico nel quale l'organismo è capace di compensare gli squilibri acido-base senza spostare significativamente il pH. A sinistra e a destra rispettivamente acidosi e alcalosi.

I polmoni svolgono un ruolo chiave nel controllo del pH

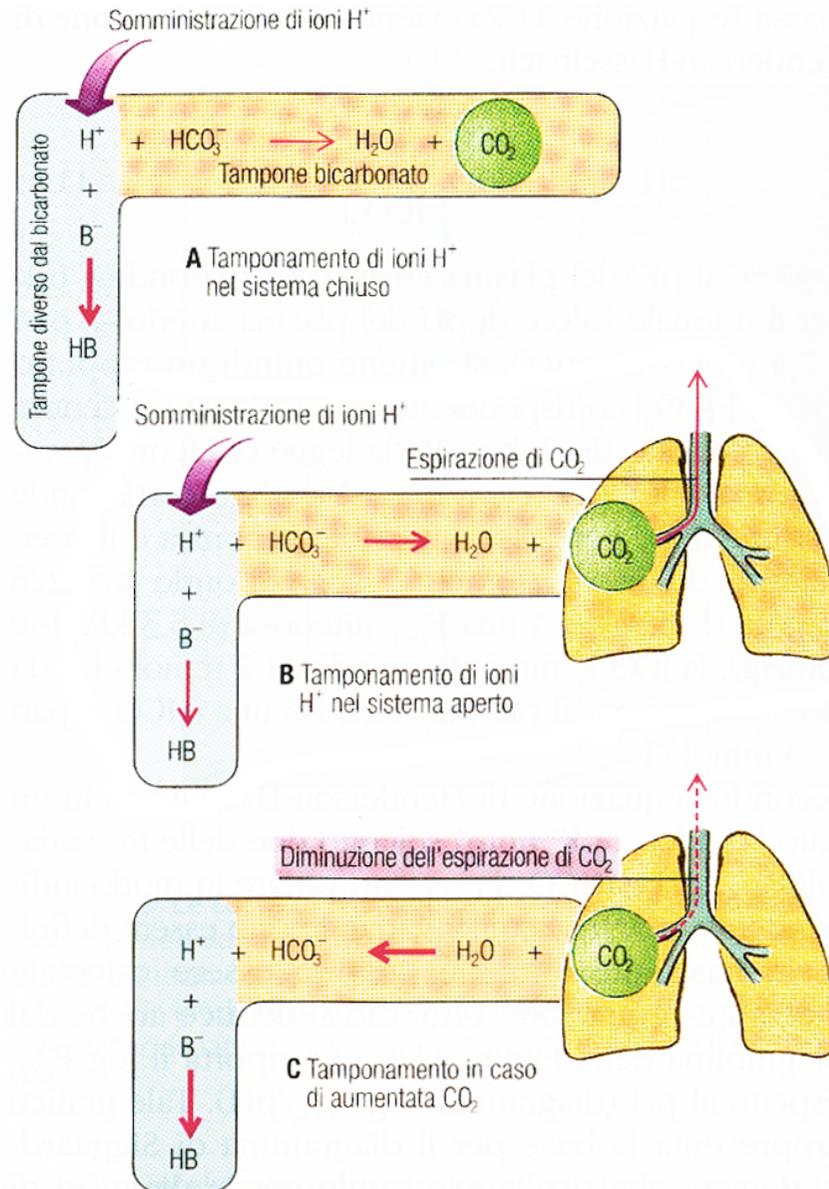


Figura 11.5 L'attività tampone in caso di aggiunta (o di formazione) di ioni H^+ e in caso di aumento della P_{CO_2} . La capacità tampone del sistema HCO_3^-/CO_2 risulta più elevata in caso di aggiunta di ioni H^+ , se il CO_2 che si forma a livello dei tessuti può essere espirato attraverso i polmoni (sistema aperto, B), rispetto a quanto accade se tale gas rimane nell'organismo (sistema chiuso, A). In C aumenta in primo luogo la concentrazione di CO_2 , ad esempio quando l'espirazione di tale gas risulta ostacolata. La reazione del sistema HCO_3^-/CO_2 avviene quindi a favore degli ioni HCO_3^- e gli ioni H^+ che si formano si legano ai tamponi diversi dal bicarbonato (B^-). In definitiva si origina nettamente un numero di ioni HCO_3^- uguale a quelli B^- che sono stati utilizzati per tamponare gli ioni H^+ , per cui la concentrazione complessiva delle basi tampone, $[HCO_3^-] + [B^-]$, rimane di conseguenza invariata.