

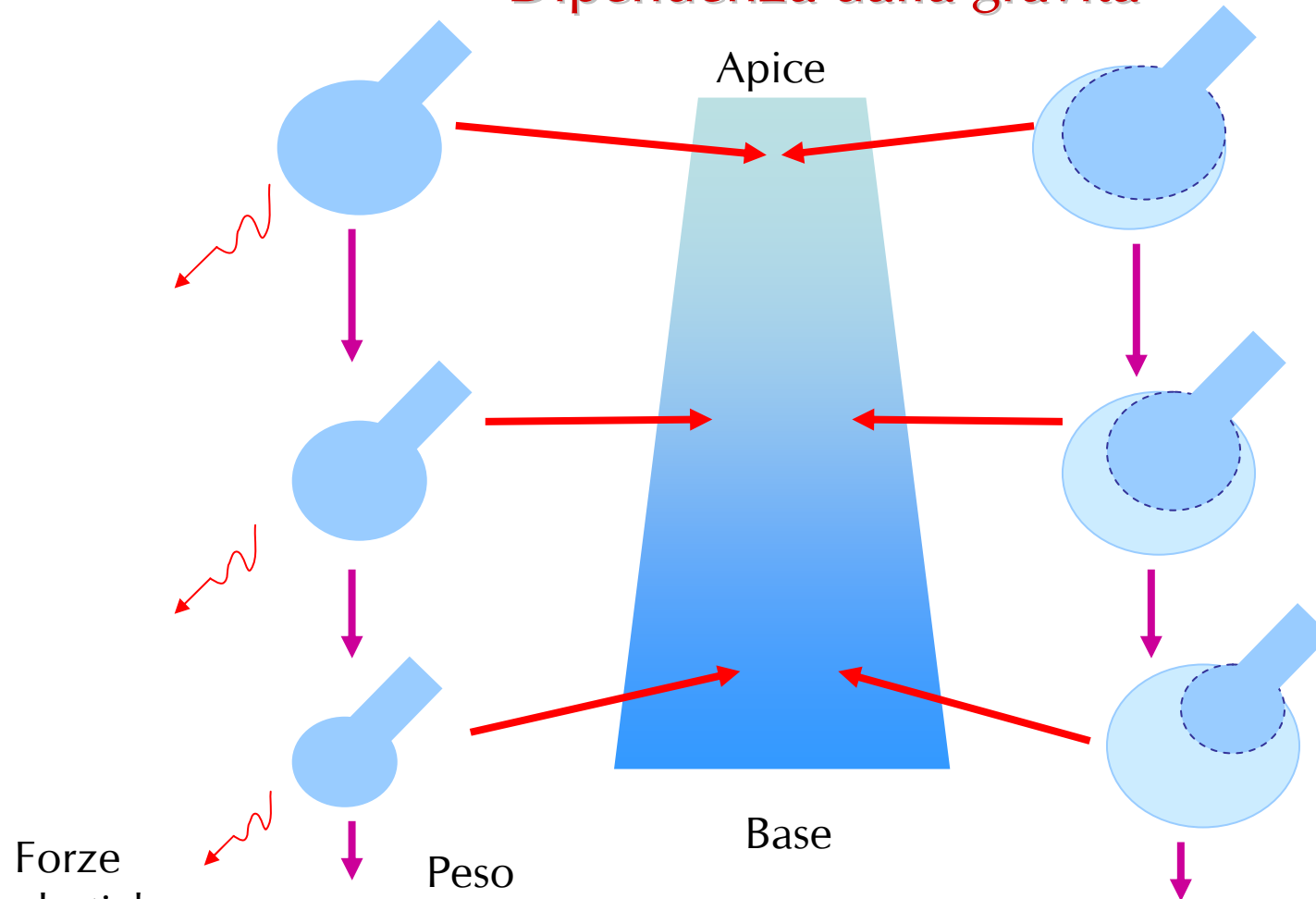
$$\begin{aligned}\text{Ventilazione polmonare} &= V_C \times Fr \\ &= 0.5 \text{ l} \times 12 \text{ respiri/min} = 6 \text{ l/min}\end{aligned}$$

$$\text{Ventilazione alveolare} = (V_C - V_D) \times Fr$$

In condizioni normali $V_D = 150 \text{ ml}$

$$V_A = (500 - 150) \cdot 12 = 4.2 \text{ l/min}$$

Distribuzione regionale della ventilazione Dipendenza dalla gravità



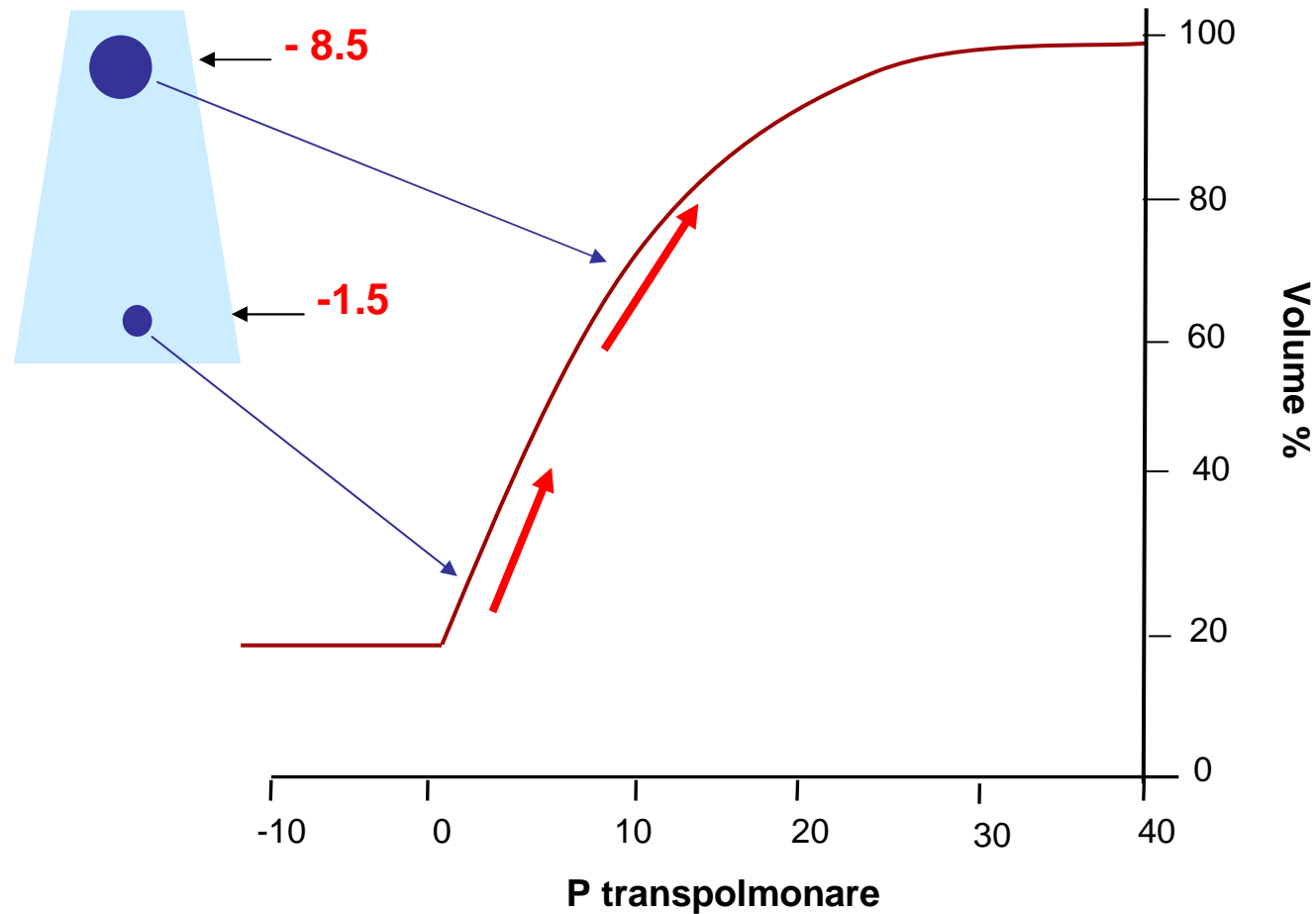
Riposo:

Gli alveoli sono più distesi all'apice, rispetto alla base del polmone

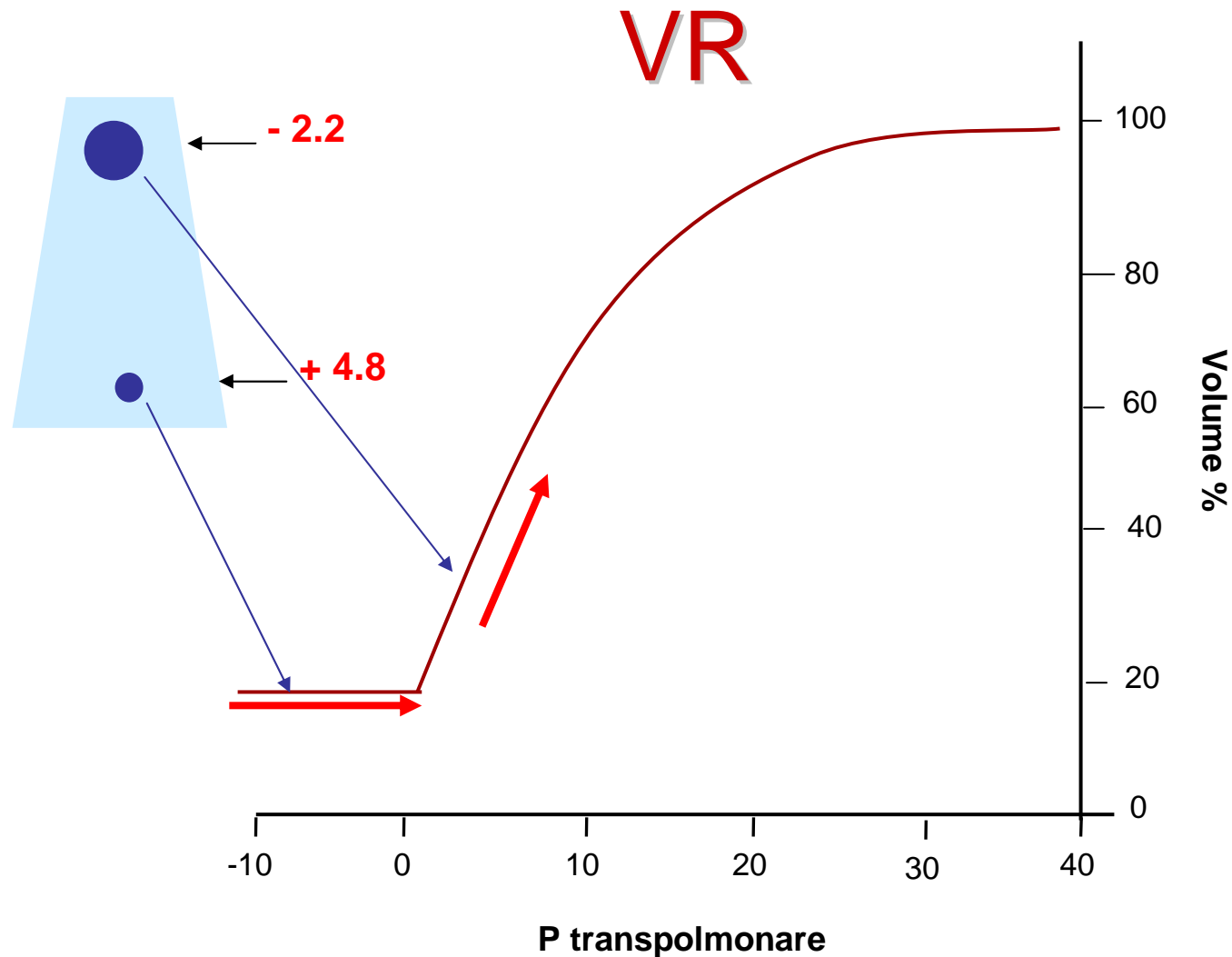
Inspirazione:

L'espansione degli alveoli è maggiore alla base, rispetto all'apice del polmone, la ventilazione aumenta quindi dall'apice verso la base

CFR



Alla **CFR** gli alveoli della base hanno minore volume e quindi maggiore compliance → **Ventilazione maggiore alla base del polmone.**



A **VR** le parti basali del polmone risultano compresse e quindi meno distensibili. A questo volume gli alveoli apicali hanno maggiore compliance
 → **Ventilazione maggiore all'apice del polmone.**

Perfusione polmonare

Gittata cardiaca del ventricolo Ds (5 l/min)

Circolazione polmonare

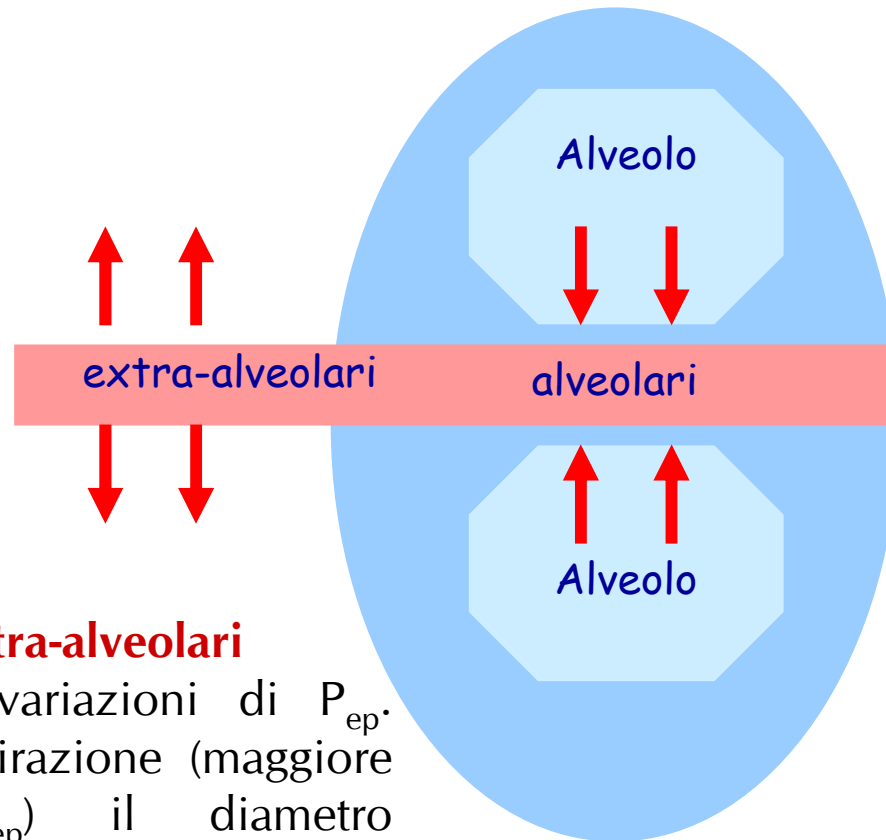
Circolo a bassa pressione (bassa Resistenza).

- P_A sistolica: **25 mmHg**
- P_A diastolica: **8 mmHg**
- P_A media: **15 mmHg**
- P capillare media: **7 mmHg**

$$R_{pol} = P_A - P_V / F_{pol}$$

$$R = (15 - 5) \text{ mmHg} / 5 \text{ l/min} = 2 \text{ mmHg/l/min}$$

Modificazione diametro dei vasi polmonari durante la respirazione

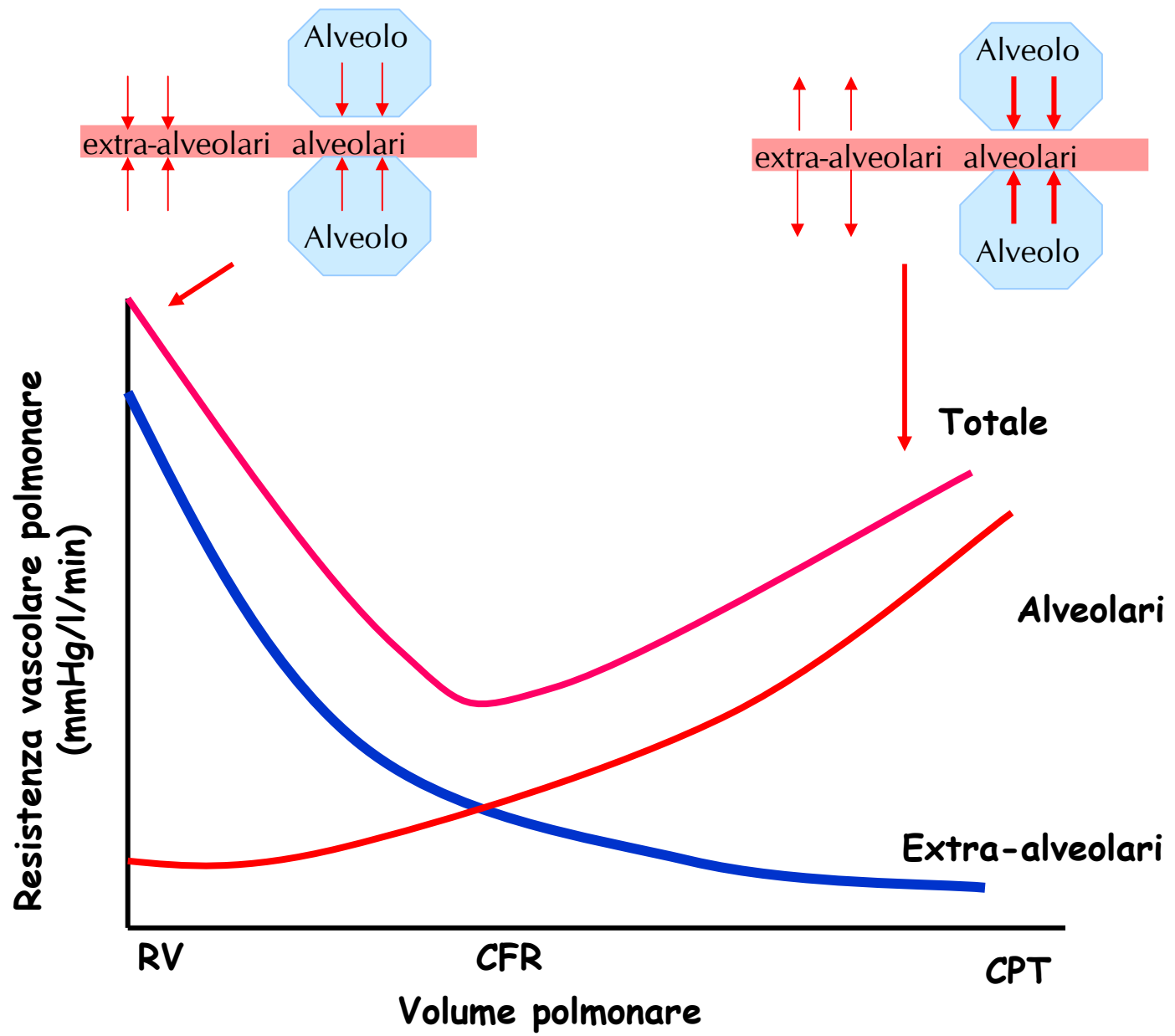


Vasi extra-alveolari

Sottoposti a variazioni di P_{ep} .
Durante l'inspirazione (maggiore negatività P_{ep}) il diametro aumenta.

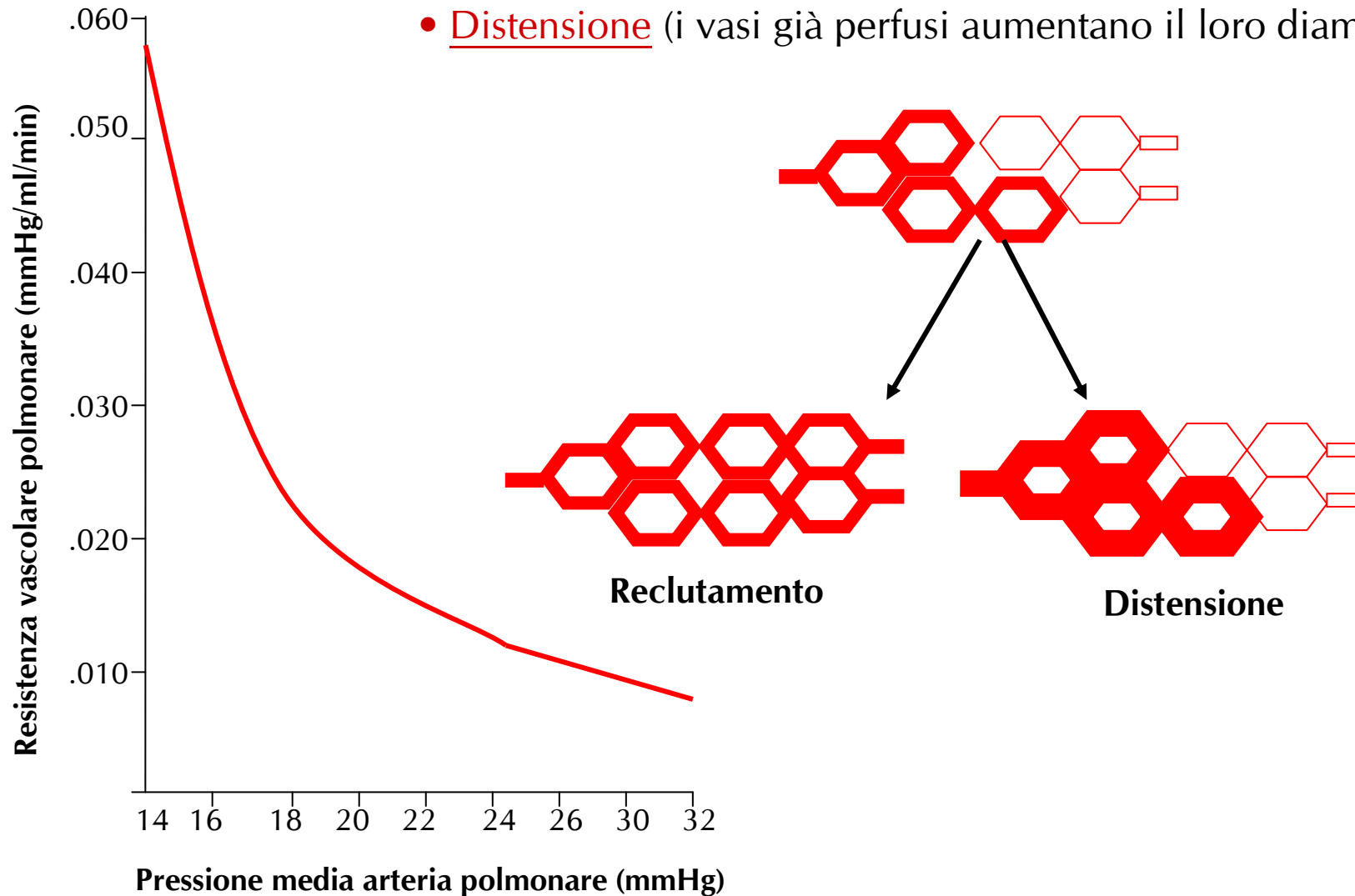
Vasi alveolari

Sottoposti alla tensione delle pareti alveolari. Durante l'inspirazione (aumento volume alveolare) il diametro si riduce.



L'aumento di P polmonare determina una riduzione della R polmonare per:

- Reclutamento (aumenta il numero dei vasi aperti)
- Distensione (i vasi già perfusi aumentano il loro diametro)



La riduzione delle **R** polmonari mantiene la **P** polmonare invariata quando aumenta la **GC** (es: esercizio fisico), quindi:

- Mantiene invariato il postcarico del ventricolo Ds (minore lavoro cuore Ds)
- Impedisce la formazione di edema polmonare
- Controbilancia la tendenza all'aumento di velocità di flusso mantenendo gli scambi alveolari efficienti

Vasocostrittori polmonari:

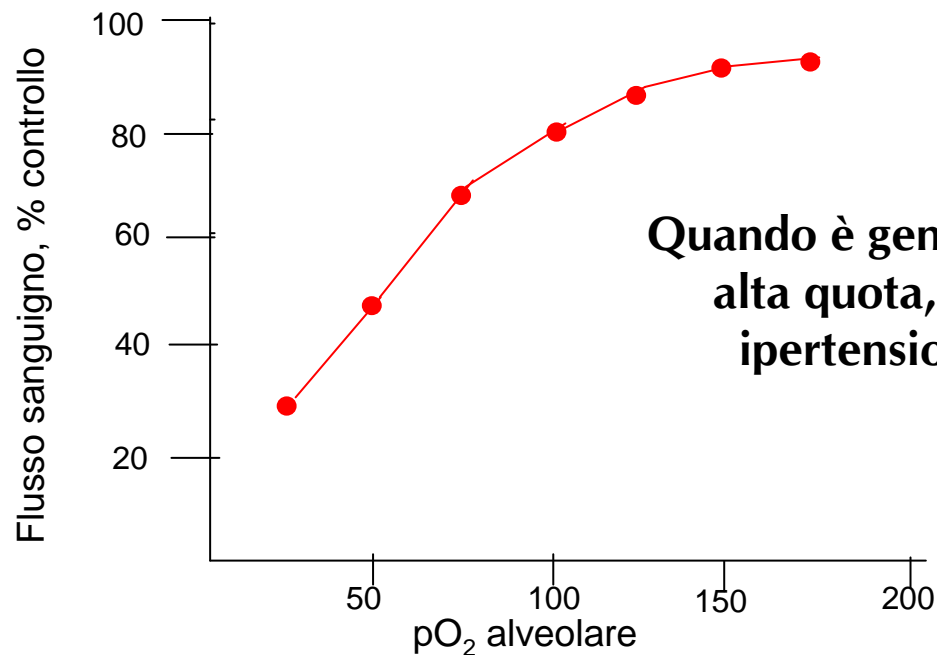
Catecolamine, Angiotensina, Serotonina, Istamina (H_1), $PGF_{2\alpha}$, PGE_2 , PGD_2 , Trombossano A_2

Vasodilatatori polmonari:

Acetilcolina (M_1 , mediata da NO), PGI_2 (prostacicline), NO, Bradichinina, Dopamina, Adenosina

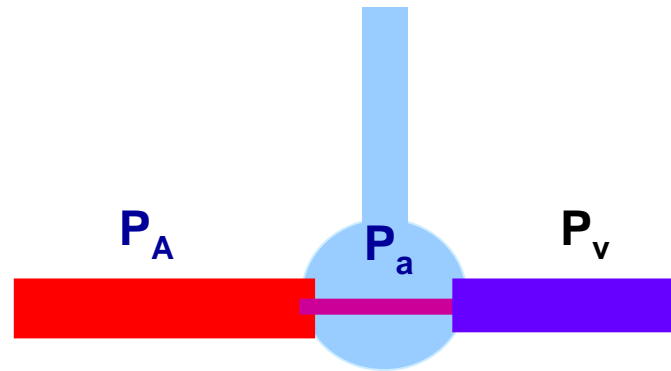
Vasocostrizione ipo-ossica

Una diminuzione di pO_2 nell'aria alveolare determina **vasocostrizione** (tempo di induzione 3 - 10 min), finalizzata a dirottare il flusso ematico dalle unità ipo-ossiche a quelle normalmente ossigenate. Mediata da aumentata produzione vasocostrittori locali o diminuzione vasodilatatori. (Ipotesi recettore $x O_2$ accoppiato a canale K^+ → depolarizzazione → contrazione muscolare).



Pressioni polmonari e flusso

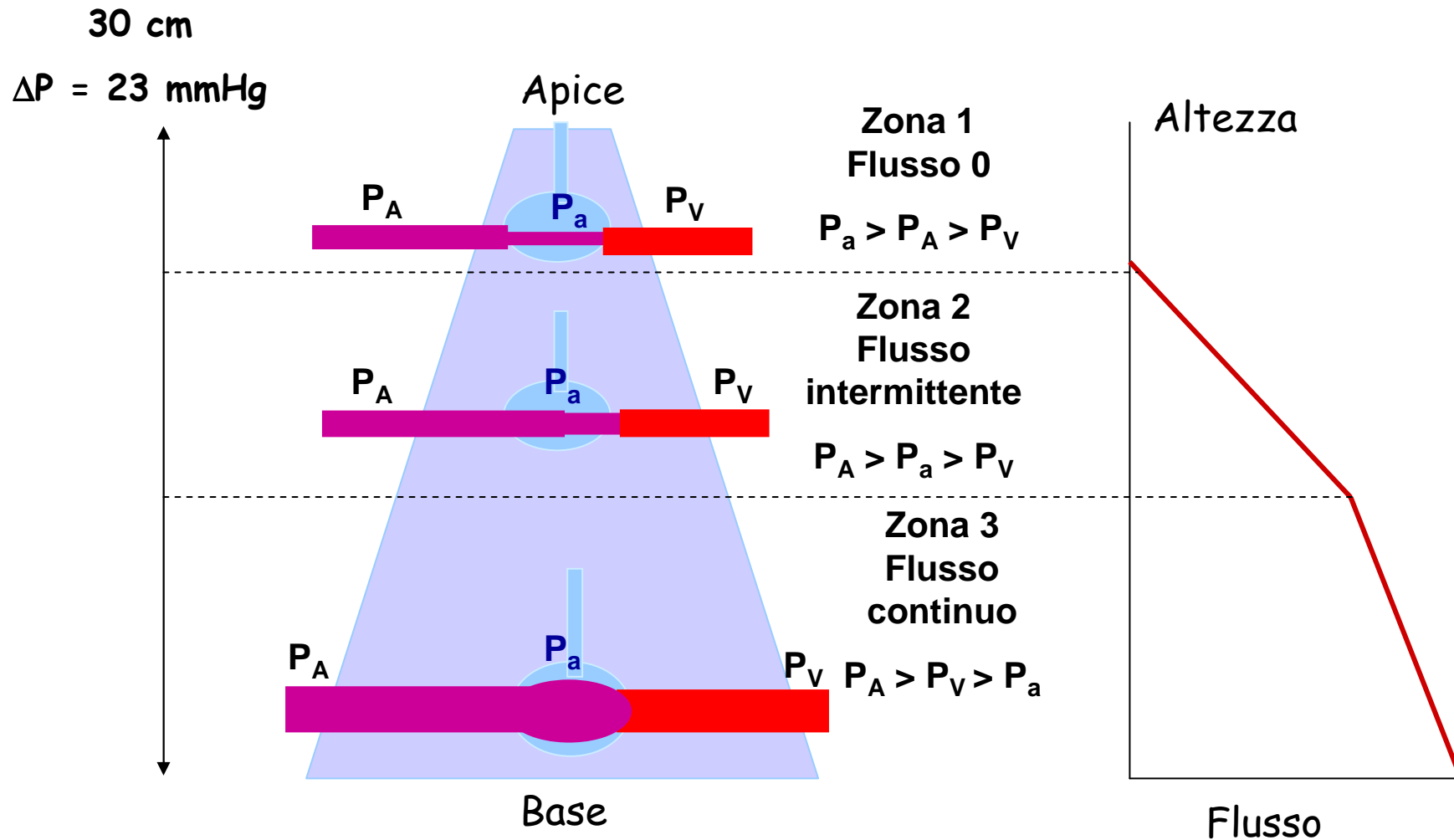
- P_A sistolica: **25 mmHg** diastolica: **8 mmHg** media: **15 mmHg**
- P capillare media: **7 mmHg**
- P alveolare **0 mm Hg**



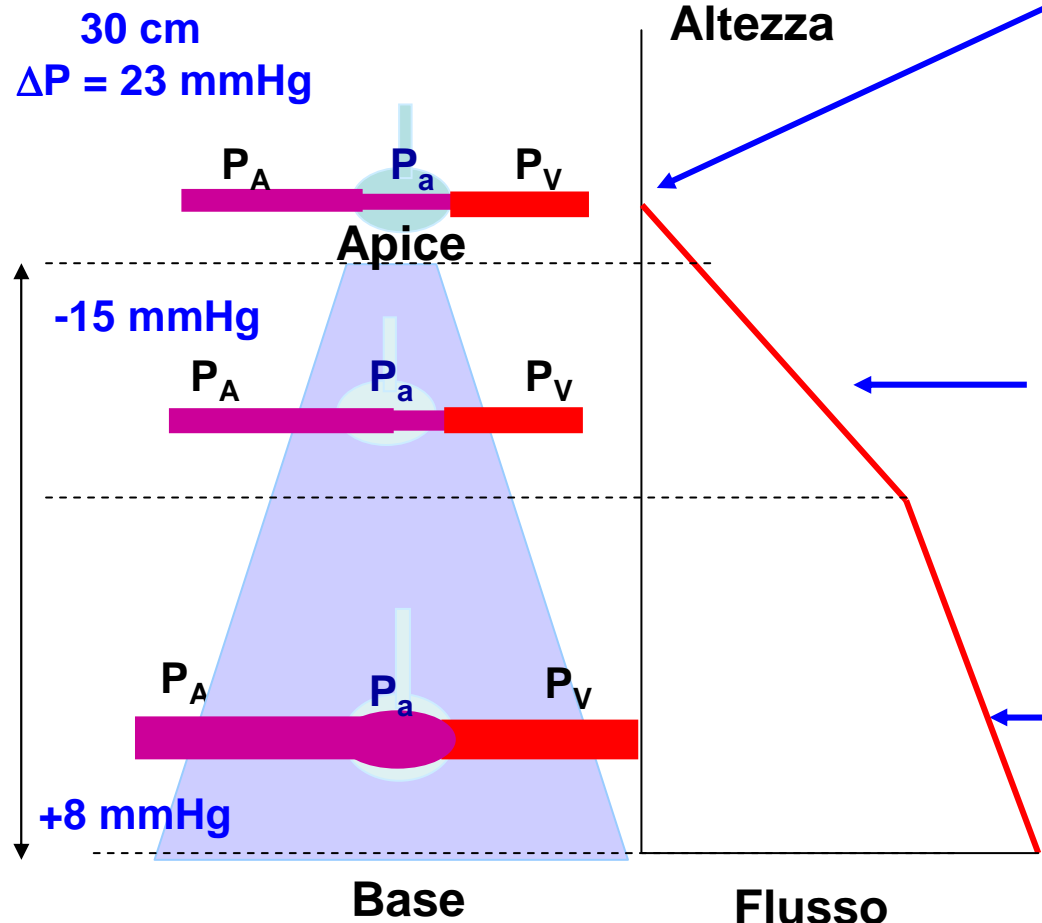
Se le P nei vasi o negli alveoli cambiano il flusso si modifica

Flusso ematico polmonare Dipendenza dalla gravità

Per effetto della gravità, nel polmone normale in posizione ortostatica, il **flusso ematico aumenta dall'apice verso la base**. L'effetto dipende dalle modificazioni di P ematica (0.74 mmHg per cm) in relazione con la distanza dal cuore (punto di riferimento idrostatico 0).



Normalmente i polmoni presentano **zone di flusso 2** (intermittente) nel terzo superiore (da 10 cm sopra il cuore fino all'apice), e **zone di flusso 3** (continuo) in tutte le parti più basse. Ci sono quindi ampie variazioni della P ematica procedendo dall'apice verso la base del polmone.



Zona 1: assenza di flusso

In caso di ridotta P_A polmonare o aumentata P_a (suonatori di strumenti a fiato, ventilazione meccanica a P positiva).

Zona 2: flusso presente in sistole assente in diastole.

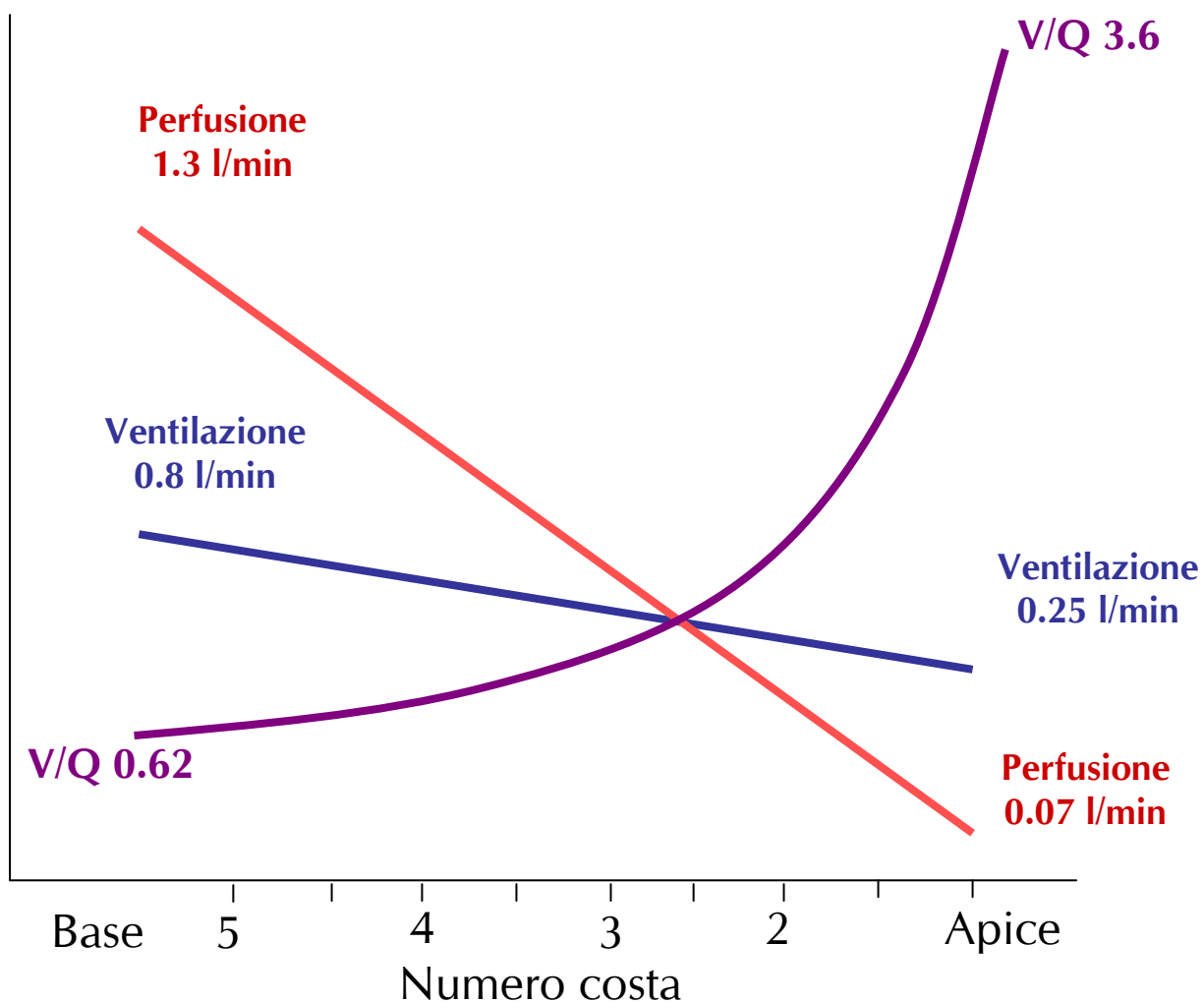
$P \sim 15 \text{ mmHg}$ inferiore a quella a livello del cuore (P sistolica, 10 mmHg , P diastolica, -7 mmHg).

Zona 3: flusso continuo

$P \sim 8 \text{ mmHg}$ superiore a quella a livello del cuore (P sistolica, 33 mmHg , P diastolica, 16 mmHg).

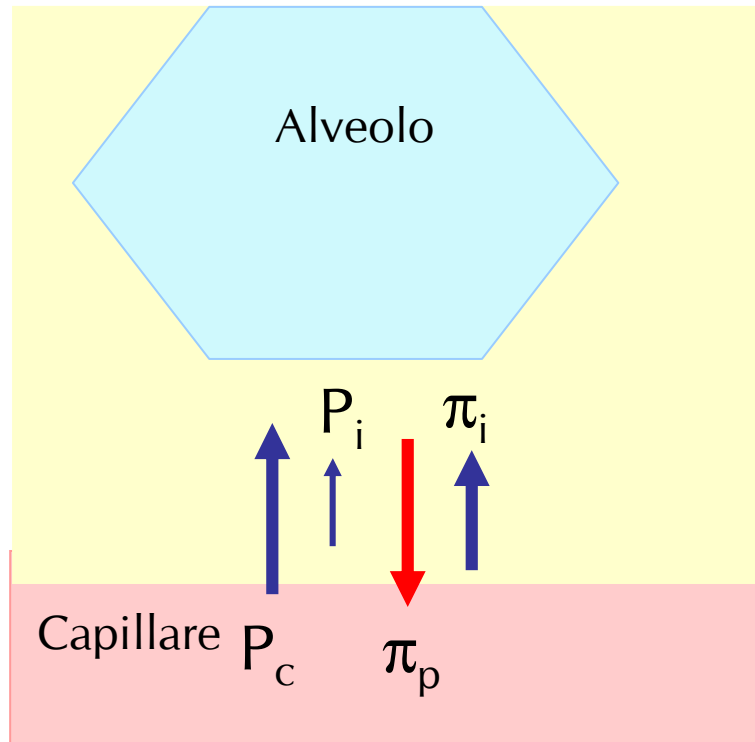
Zona 4: In caso di eccessiva distensione vengono compressi i vasi interalveolari

Modificazioni rapporto V/Q nelle diverse zone del polmone



Le differenze regionali di ventilazione e perfusione comportano un rapporto **V/Q** maggiore all'apice, rispetto alla base del polmone

Filtrazione e riassorbimento a livello dei capillari polmonari



$$P_c = 7 \text{ mmHg}$$

$$P_i = -8 \text{ mmHg}$$

$$\pi_p = 28 \text{ mmHg}$$

$$\pi_i = 14 \text{ mmHg}$$

$$P_f = 7 + 14 + 8 - 28 = 1 \text{ mmHg}$$

Drenaggio linfatico molto
potente 0.5 ml/min

Edema favorito da:

$\uparrow P_c$ (patologie del circolo sinistro: infarto, insufficienza, stenosi mitralica)

$\downarrow P_i$

$\downarrow \pi_p$

$\uparrow \pi_i$

\uparrow Permeabilità (ossigenoterapia, tossicità da ozono, infiammazioni, inalazioni sostanze tossiche: cloro, anidride solforosa)

$\uparrow T_s$ (riduzione surfattante)

La resistenza all'edema aumenta in condizioni croniche, perché i linfatici si dilatano, aumentando fino a 10 volte la loro capacità di drenare liquido

