

FISIOLOGIA ILLUSTRATA

www.fisiokinesiterapia.biz

RESPIRAZIONE

La funzione della respirazione è quella di portare ossigeno ai tessuti e di rimuoverne l'anidride carbonica

RESPIRAZIONE

EVENTI COINVOLTI NEL PROCESSO DI SCAMBIO GASSOSO

- **VENTILAZIONE POLMONARE**
movimento di aria dall'esterno all'interno del polmone e viceversa
- **DIFFUSIONE FRA ALVEOLI E SANGUE**
movimento di O_2 e CO_2 attraverso la membrana respiratoria
- **PERFUSIONE POLMONARE**
flusso sanguigno polmonare richiesto per apportare sangue a, e rimuovere sangue dalla zona di scambio
- **RAPPORTO VENTILAZIONE-PERFUSIONE**
importante per l'efficacia degli scambi gassosi
- **TRASPORTO O_2 e CO_2 NEL SANGUE**
- **TRASFERIMENTO O_2 DAI CAPILLARI ALLE CELLULE E CO_2 IN DIREZIONE OPPOSTA**
- **UTILIZZAZIONE O_2 E PRODUZIONE CO_2 NELLE CELLULE**

RESPIRAZIONE

FENOMENI ASSOCIATI

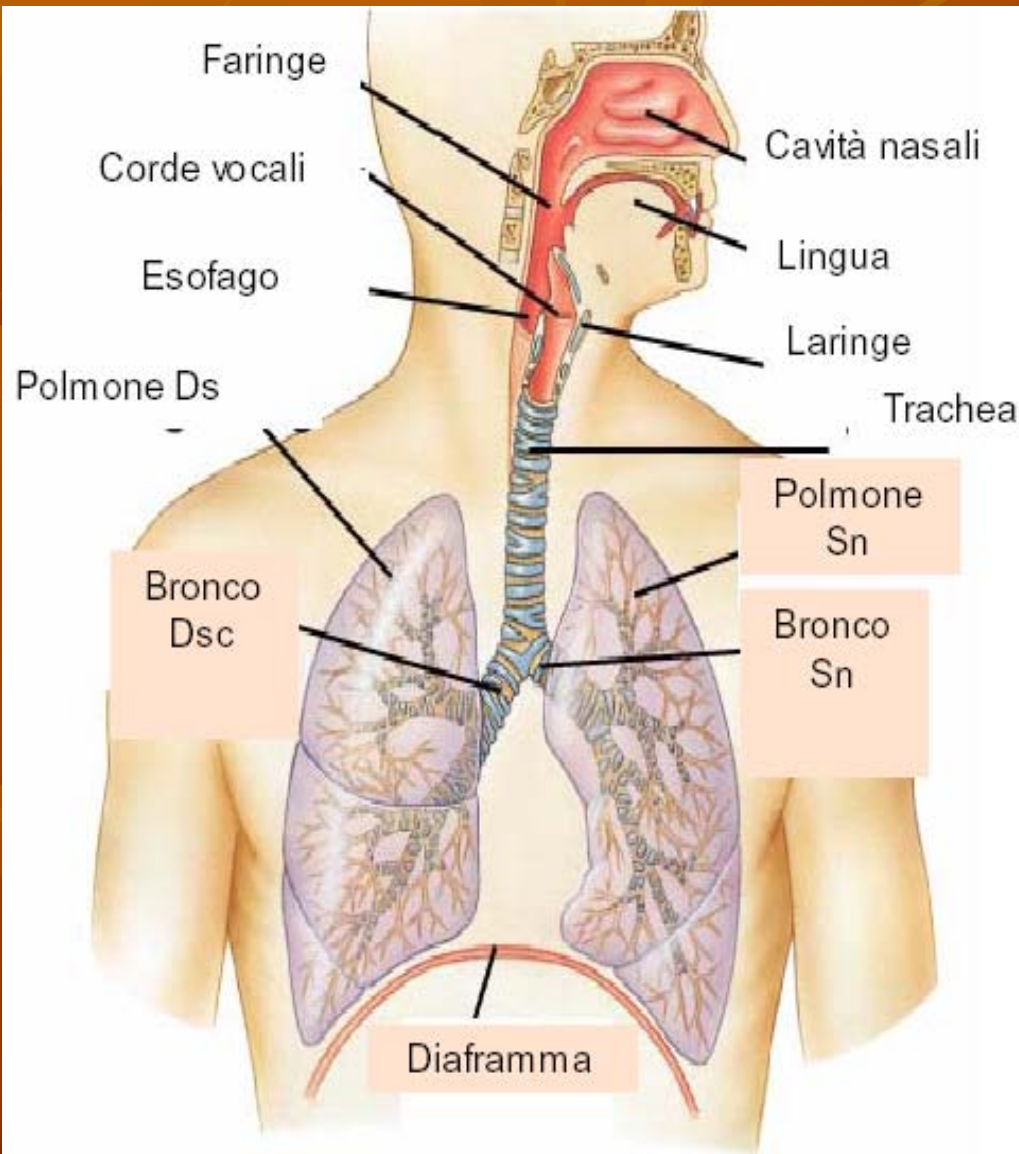
- MECCANICA RESPIRATORIA

forze implicate nel mantenere in posizione il polmone e la gabbia toracica e nel determinarne il movimento durante l'atto respiratorio

- CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

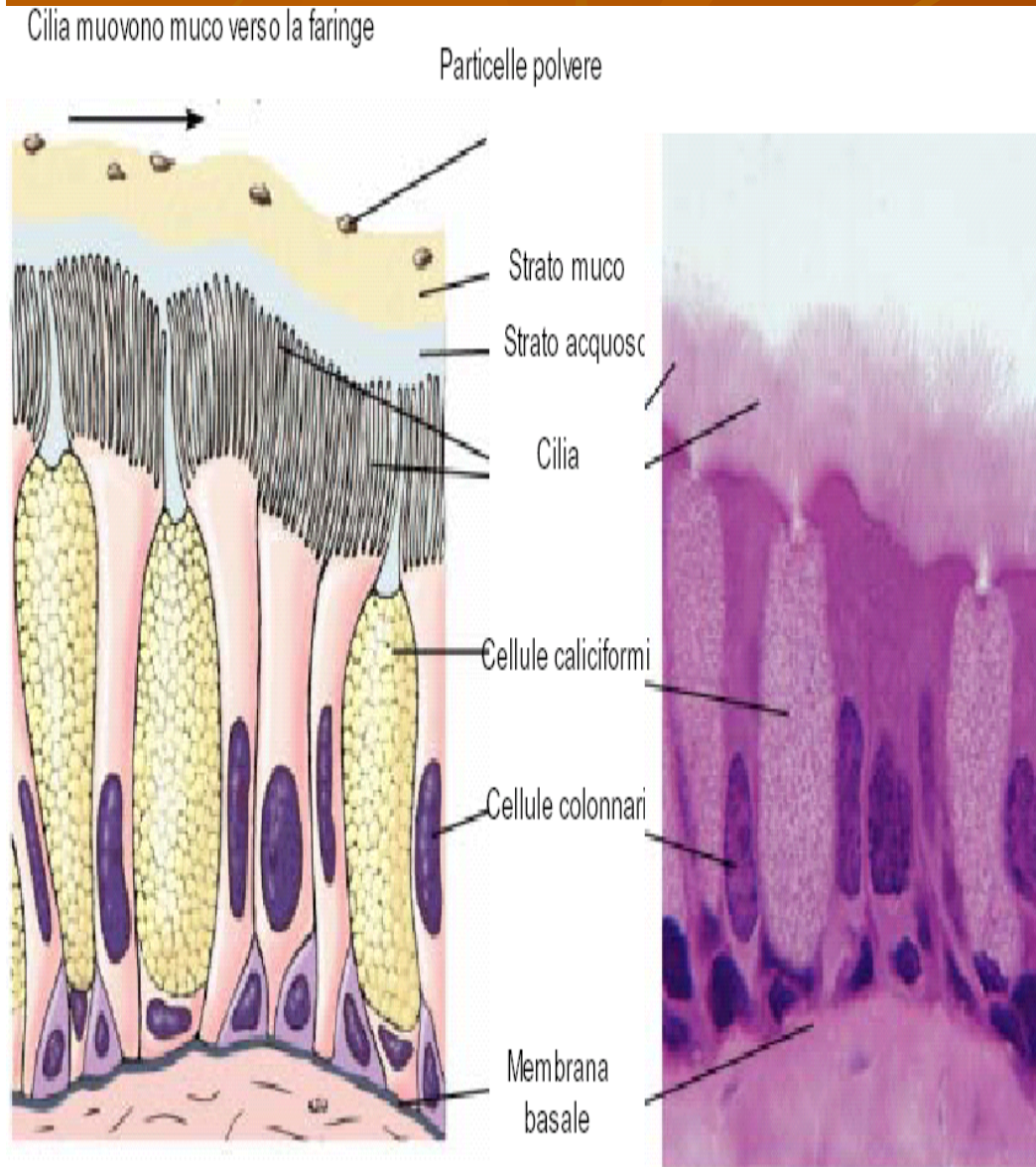
meccanismi che regolano la funzione degli scambi gassosi nel polmone

RESPIRAZIONE



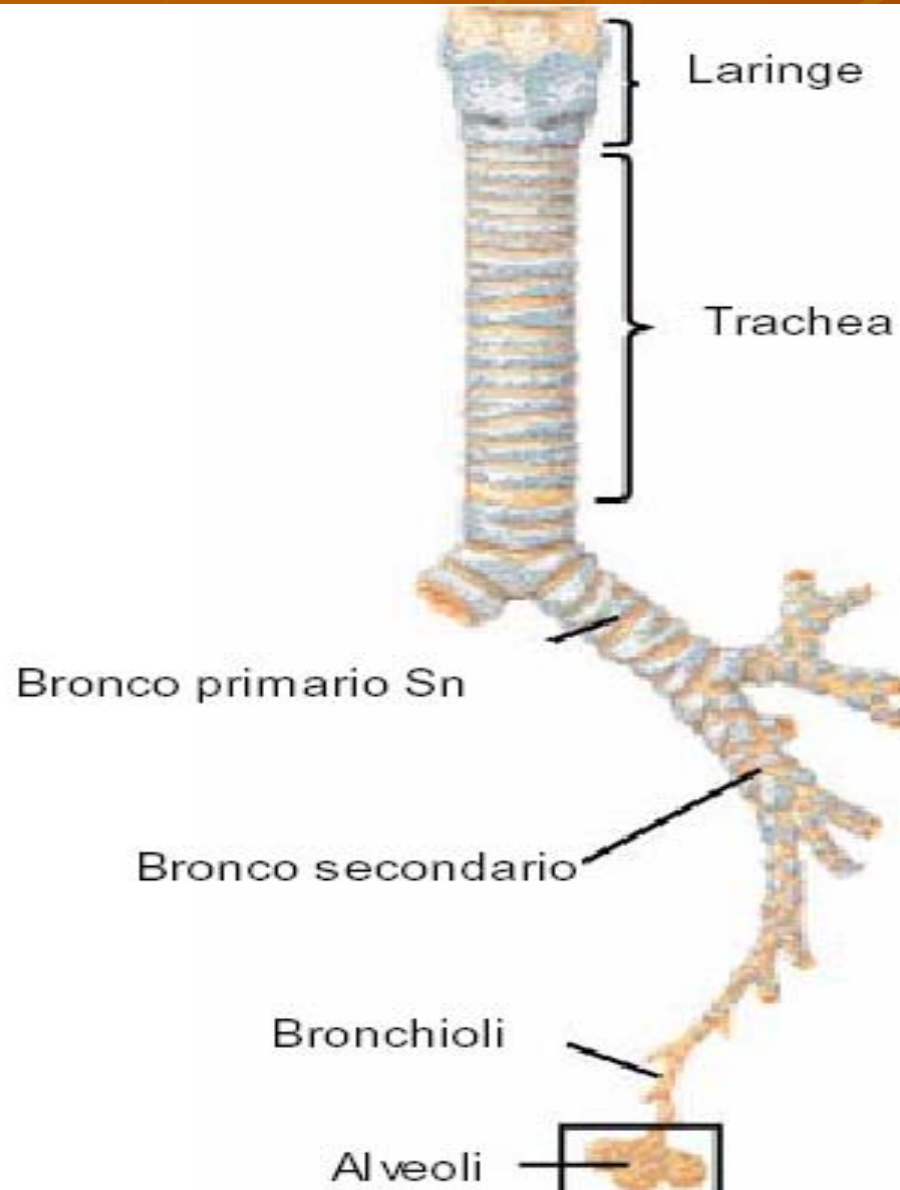
Il ricambio di aria alveolare è un processo intermittente legato al ciclo respiratorio (12-14/min). Ad ogni inspirazione 500 ml di aria (**volume corrente**) si diluiscono in 2,3 l già contenuti nel polmone

RESPIRAZIONE



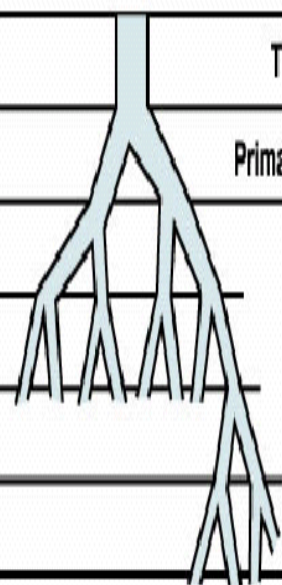
A livello delle vie aeree di **conduzione** l'aria viene preriscaldata, umidificata (per contatto con il secreto che bagna la mucosa) e depurata (muco trattiene la polvere che viene eliminata attraverso il meccanismo di scala mobile mucociliare)

RESPIRAZIONE



L'aria entra attraverso le vie aeree di **conduzione: trachea e bronchi** (dotati di anelli cartilaginei per evitare il collasso). Dai bronchi primari si dipartono **23 generazioni** di condotti secondari fino agli alveoli. L'aria si muove con movimento di massa fino ai bronchioli terminali e poi per diffusione.

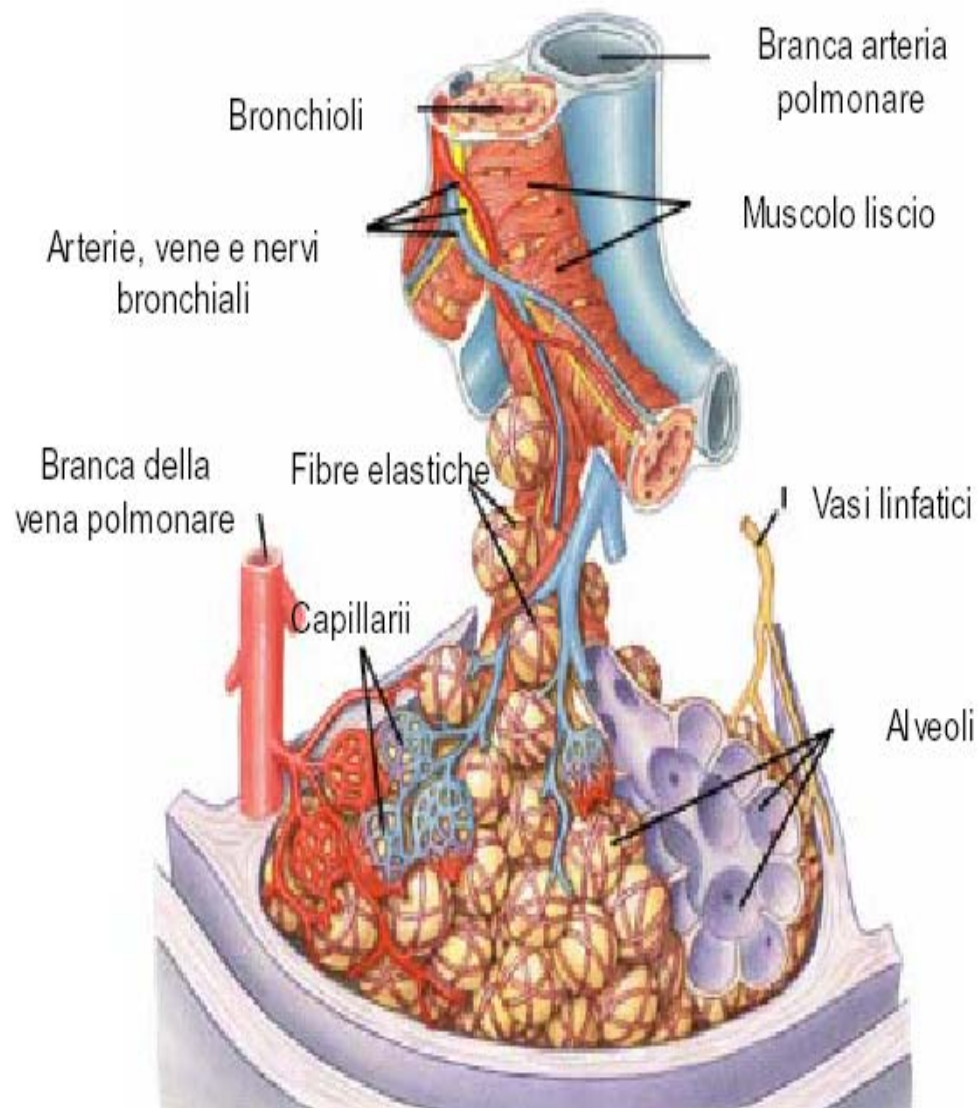
RESPIRAZIONE

	Name	Division	Diameter (mm)	How many?	Cross-sectional area (cm)	
Zona conduzione	Trachea	0	15-22	1	2.5	
	 Primary bronchi	1	10-15	2	↓	
		Smaller bronchi	2	1-10		4
			3			
			4			
			5			
				1×10^4		
Zona transizione	 Bronchioles	17-19	0.5-1	2×10^4	100	
		20-23		8×10^7	5×10^3	
Zona scambi	Alveoli	24	0.3	$3-6 \times 10^8$	$>1 \times 10^6$	

La prima parte delle vie aeree, fino alla 17^a generazione non partecipa agli scambi gassosi (**spazio morto anatomico**).

Gli scambi avvengono dalla 17^a generazione in poi. Il progressivo aumento della sezione trasversa delle vie aeree poste in parallelo determina una progressiva riduzione della velocità dell'aria.

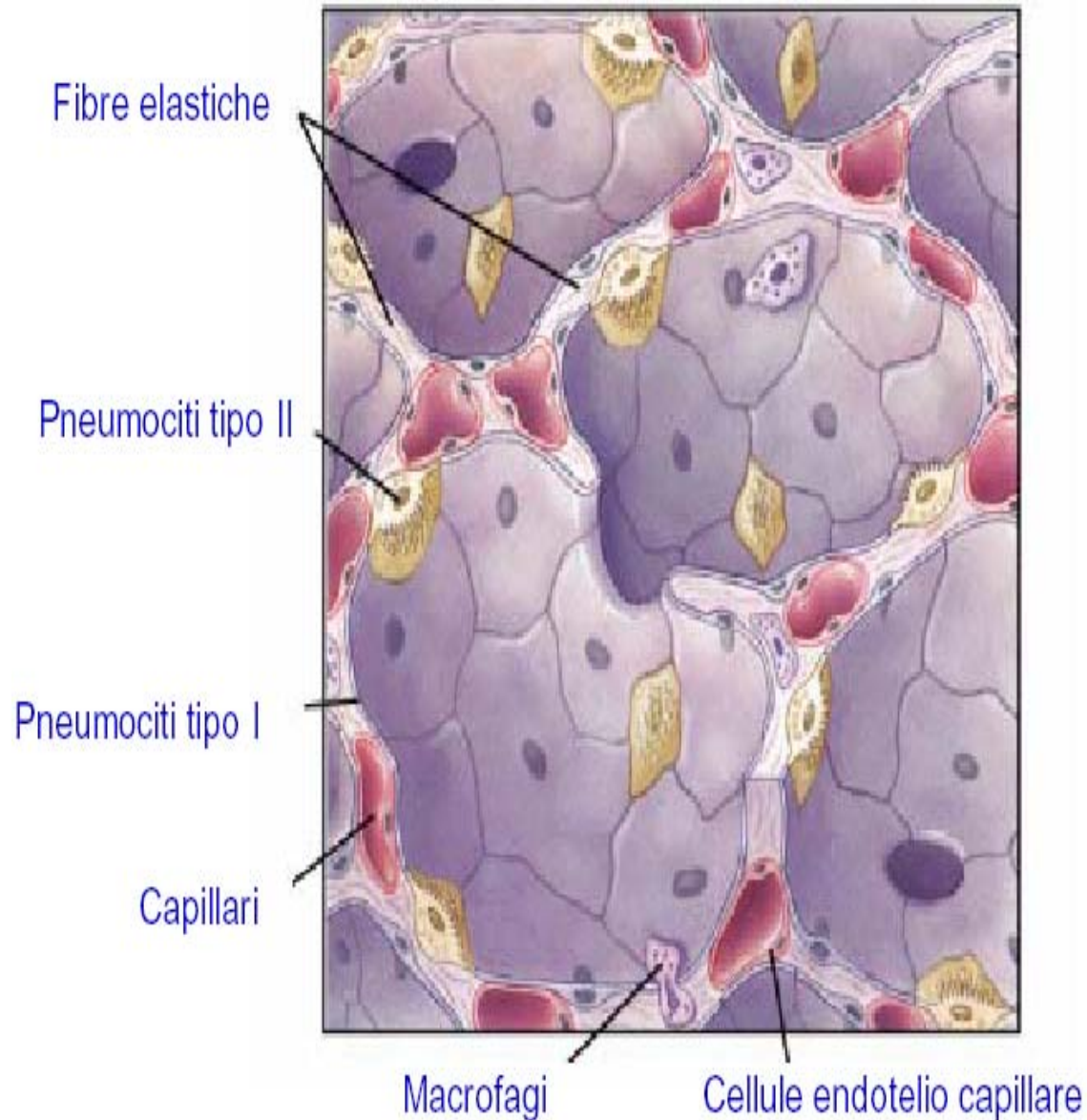
RESPIRAZIONE



Lo scambio dei gas respiratori avviene a livello dell'unità alveolo-capillare.

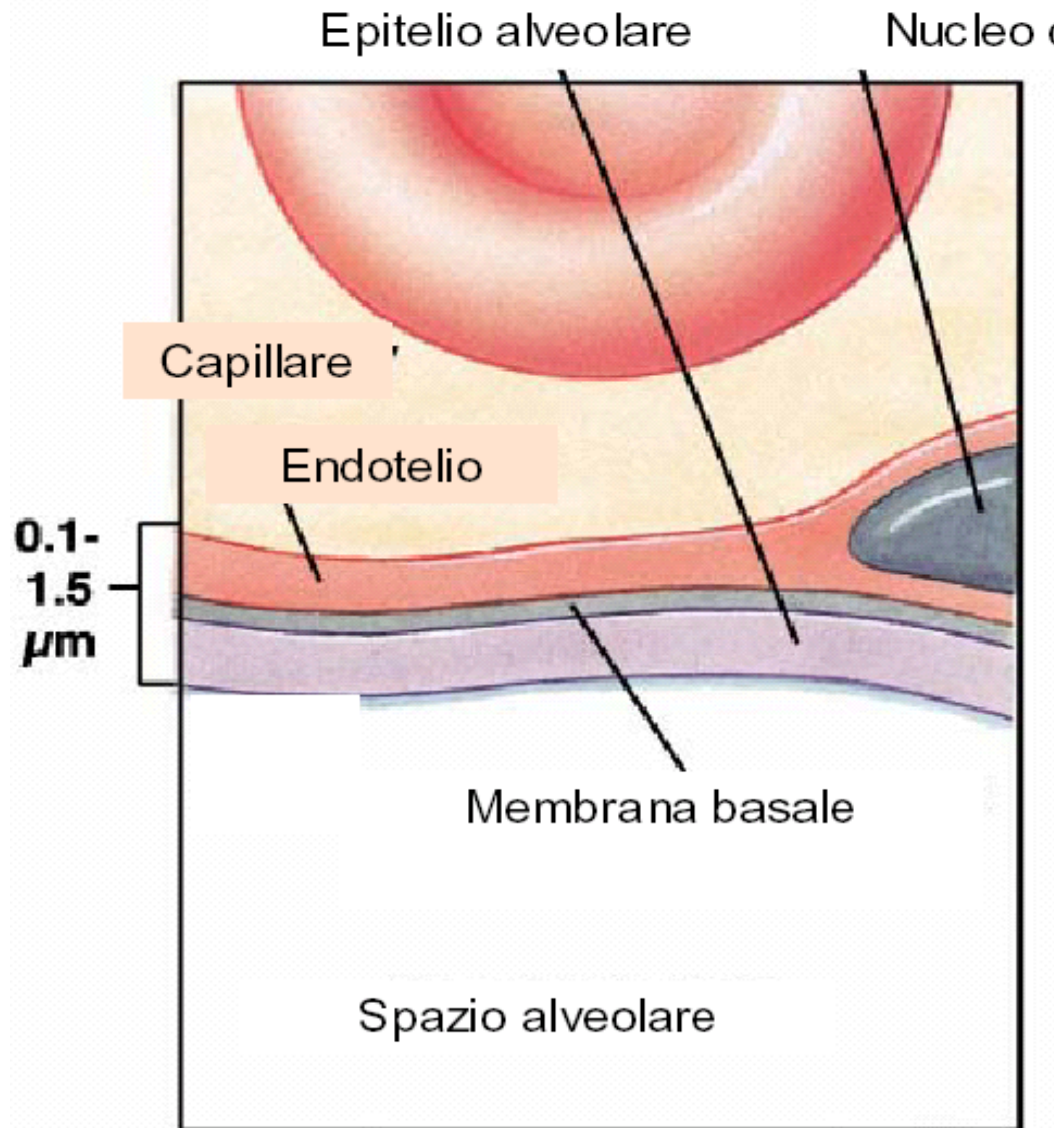
Gli alveoli sono circa **300.106** e formano una superficie di scambio totale di circa 140 m^2

RESPIRAZIONE



Struttura alveolare:
Gli alveoli sono composti di pneumociti di I tipo, per gli scambi gassosi, e pneumociti di II tipo, che sintetizzano surfattante.

RESPIRAZIONE



Gli scambi gassosi avvengono a livello della membrana respiratoria (alveolo-capillare). Lo spessore ridotto della membrana facilita il processo di diffusione dei gas.

Diffusione dei gas

$$V_{\text{gas}} = A \times D \times (P_1 - P_2) / T$$

$$D = \text{sol. Gas} / \sqrt{P_M}$$

$$D_{\text{CO}_2} = 20 > D_{\text{O}_2}$$

www.fisiokinesiterapia.biz

Meccanica del respiro

Quante sono le fasi di un atto respiratorio?

Quattro

- Inspirazione
- Pausa inspiratoria
- Espirazione
- Pausa espiratoria

Meccanica del respiro

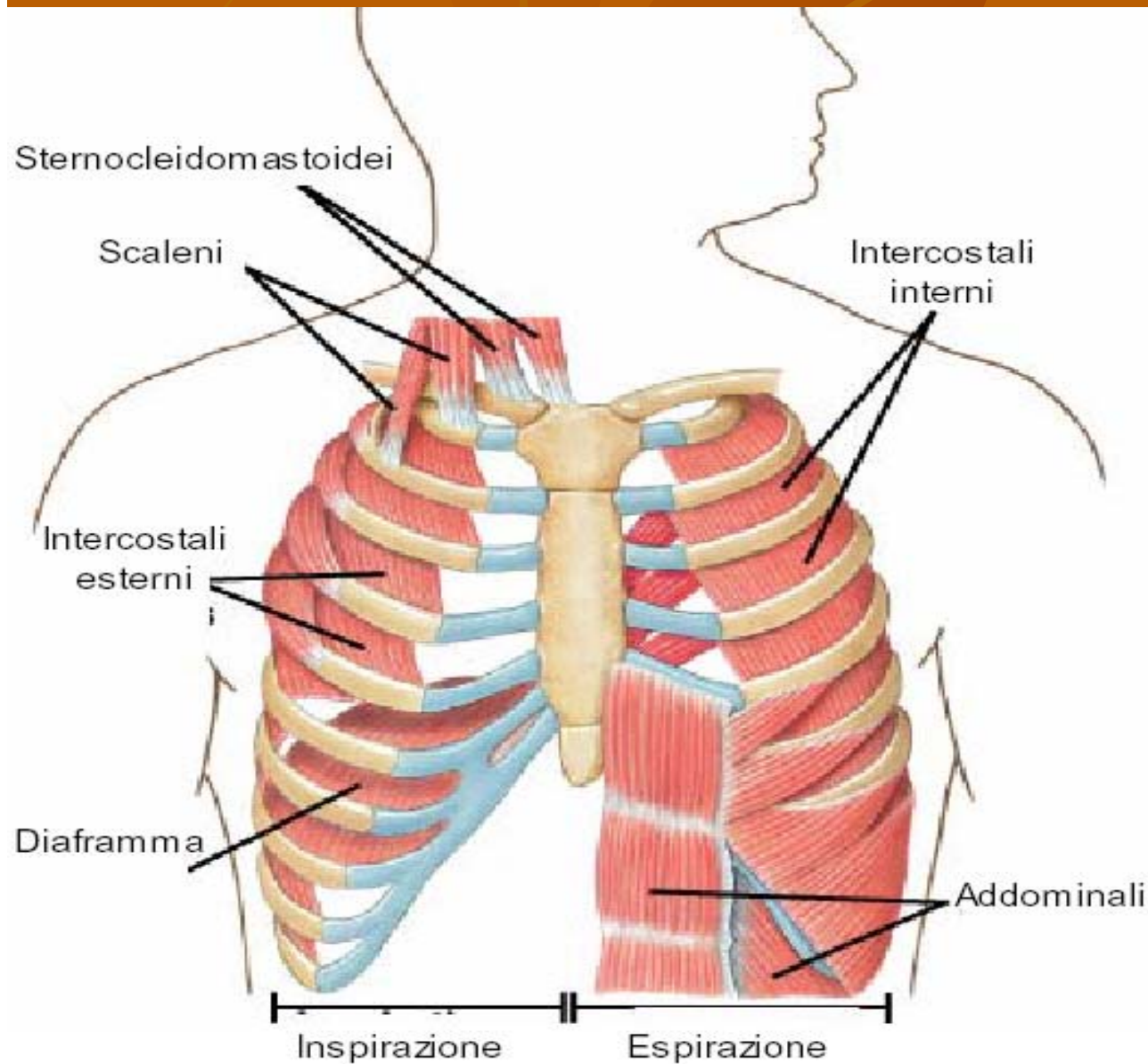
Muscoli inspiratori:

- Diaframma
- Intercostali esterni
- Sternocleidomastoidei e scaleni

Muscoli espiratori:

- Intercostali interni
- Retto, obliqui e trasverso

Meccanica del respiro



Muscoli respiratori

Inspiratori: *Aumentano il volume gabbia toracica*

Diaframma

Intercostali esterni

Sternocleidomastoidei

Scaleni

Espiratori: *Riducono il volume gabbia toracica, attivi nell'espirazione forzata*

Intercostali interni (esercizio fisico, fonazione, canto, fase espiratoria starnuto e tosse)

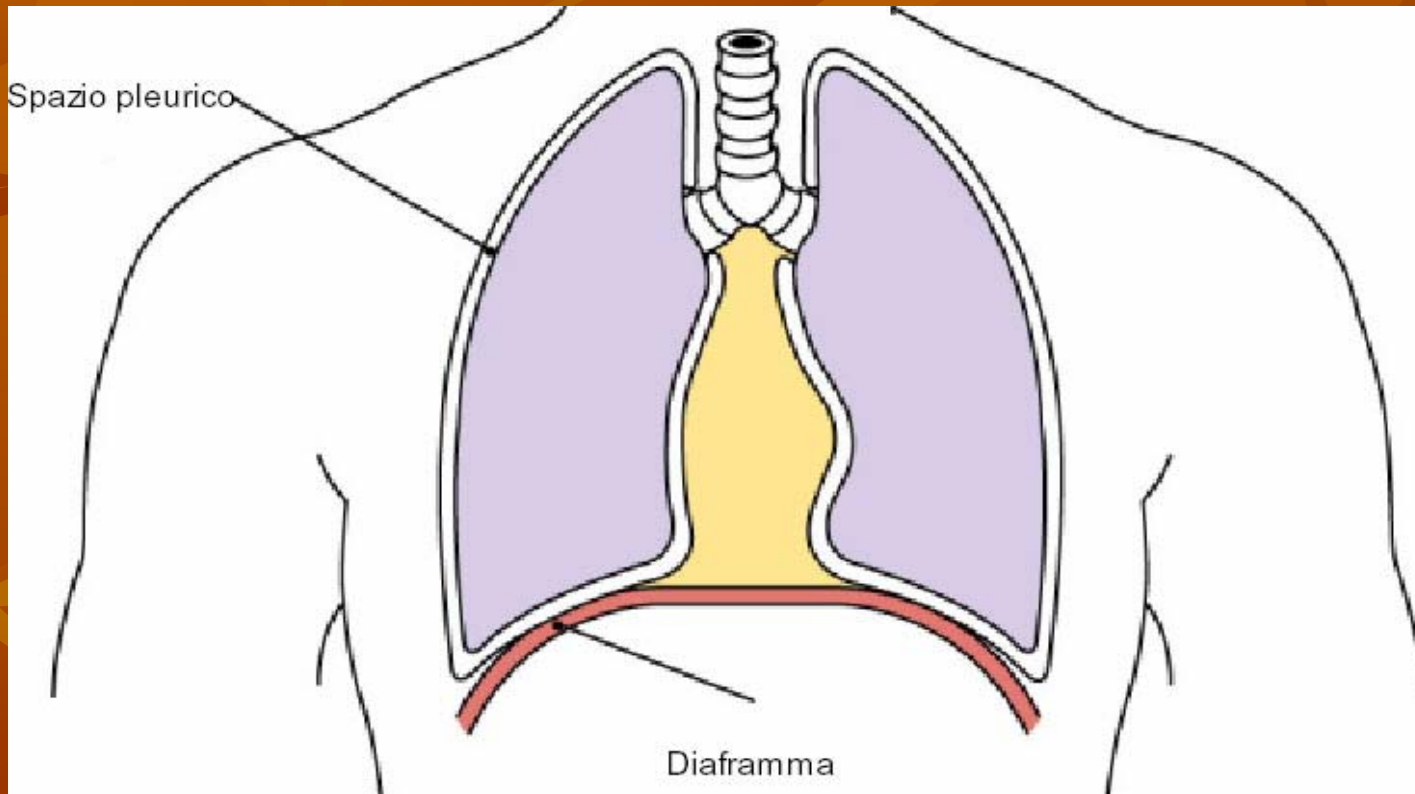
Addominali

Per aumenti pressione endoaddominale

Accessori

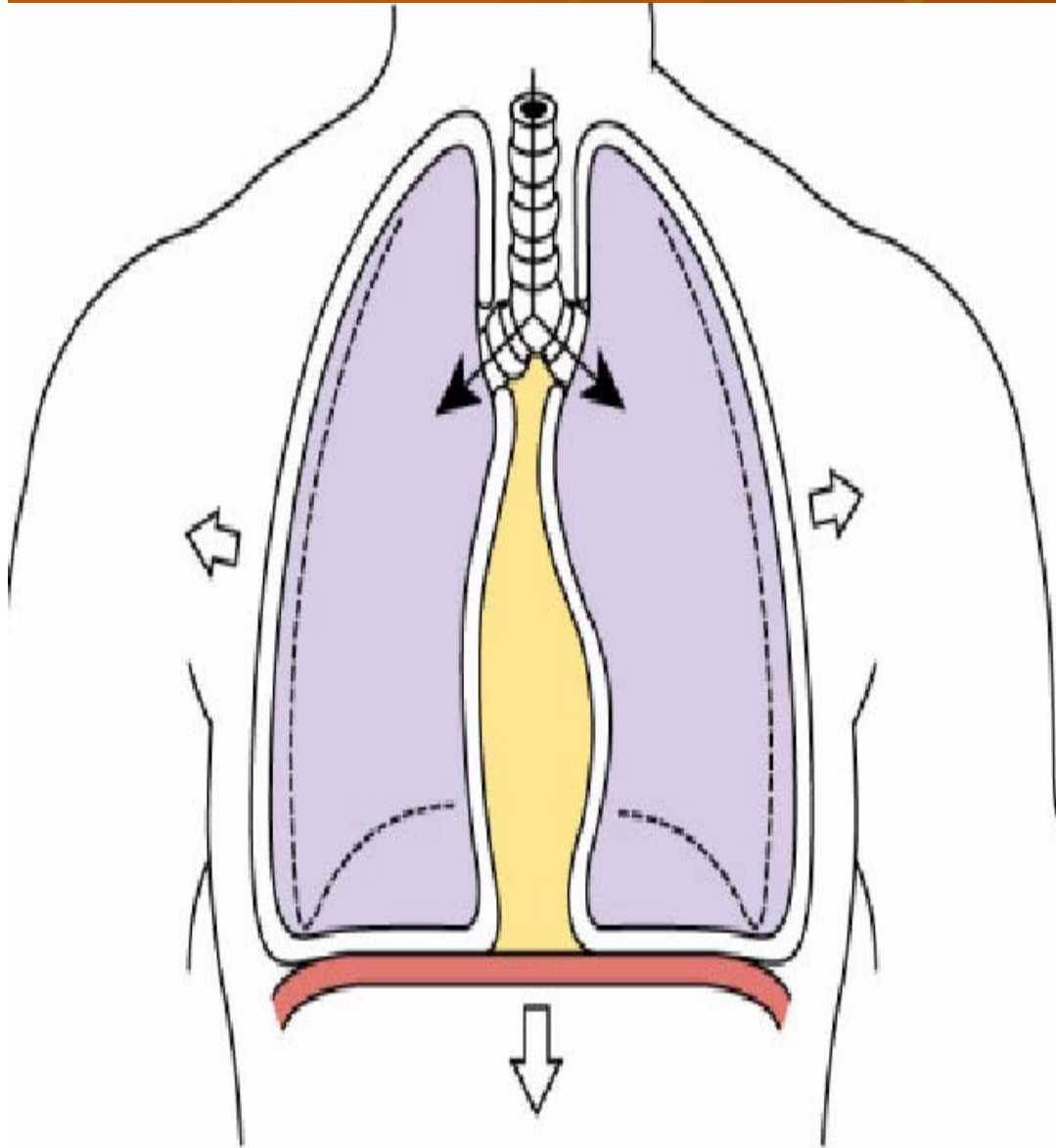
Grande dorsale, Dentato posteriore-inferiore, Quadrato dei lombi.

Meccanica del respiro



A riposo il **diaframma** è rilassato (nervi frenici, C3-C5).

Meccanica del respiro

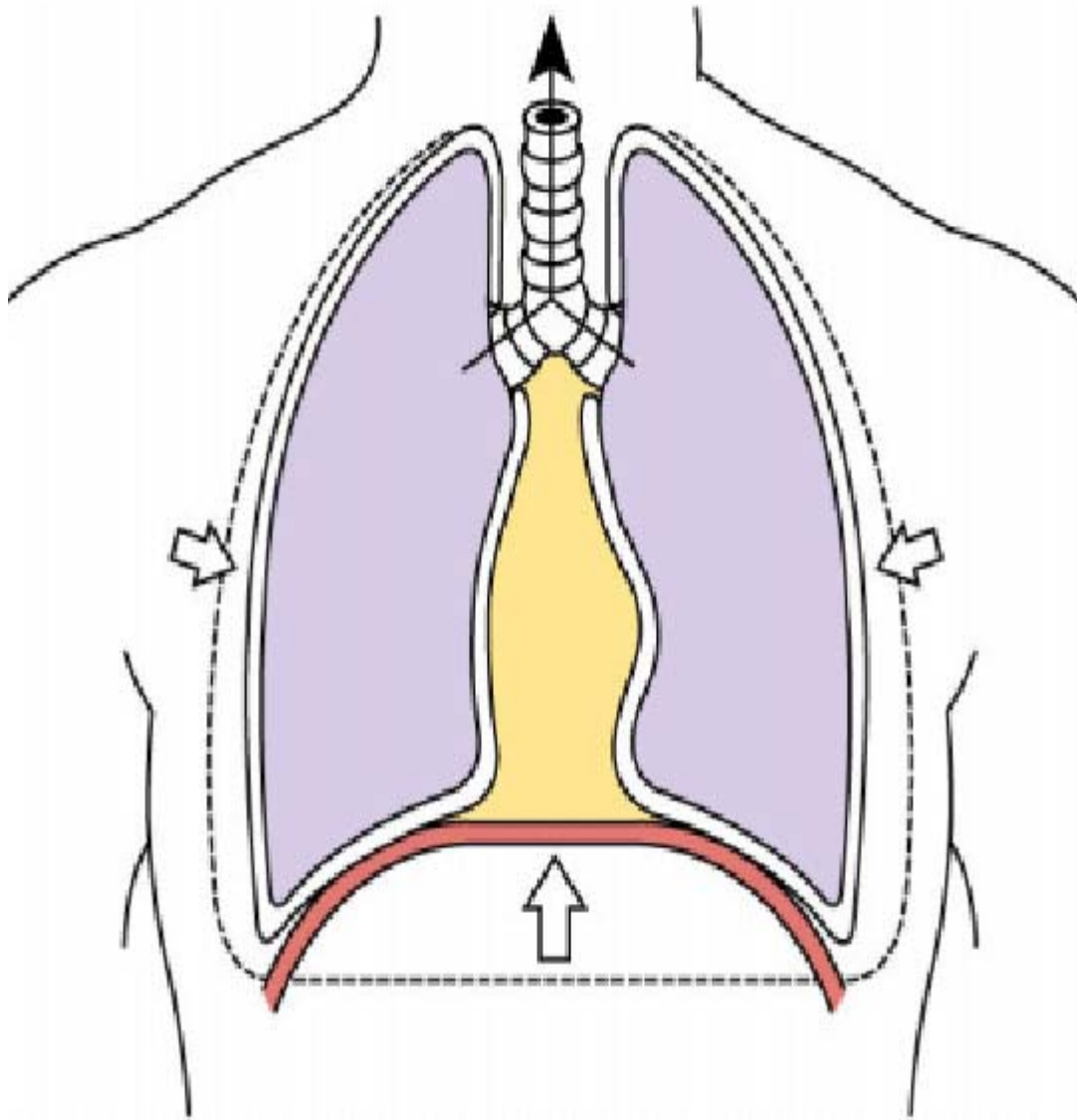


Responsabile 2/3 inspirazione.

Aumenta diametro cranio-caudale e trasverso della gabbia toracica. Aumento volume gabbia toracica 200-400 ml in respirazione tranquilla, 2-4 l in respirazione profonda.

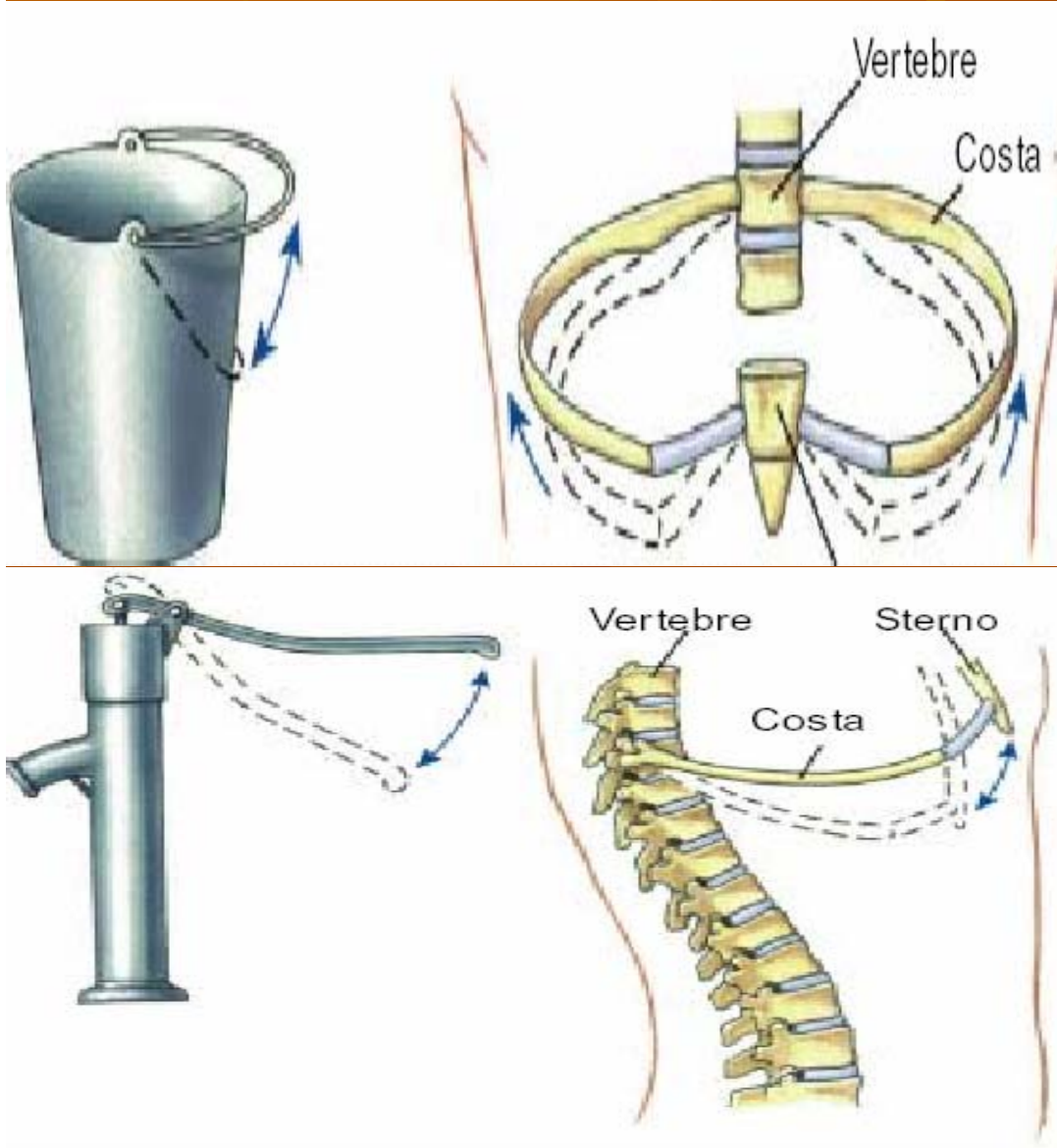
Efficienza diaframma diminuisce nella donna durante la gravidanza, negli obesi e per compressione della parete addominale

Meccanica del respiro



Il diaframma si rilaccia, il volume della gabbia toracica diminuisce. L'espirazione in condizioni di riposo non necessita di contrazione muscolare. In seguito al rilasciamento dei mm. inspiratori le forze di retrazione del polmone garantiscono il ritorno ai volumi di partenza

Meccanica del respiro



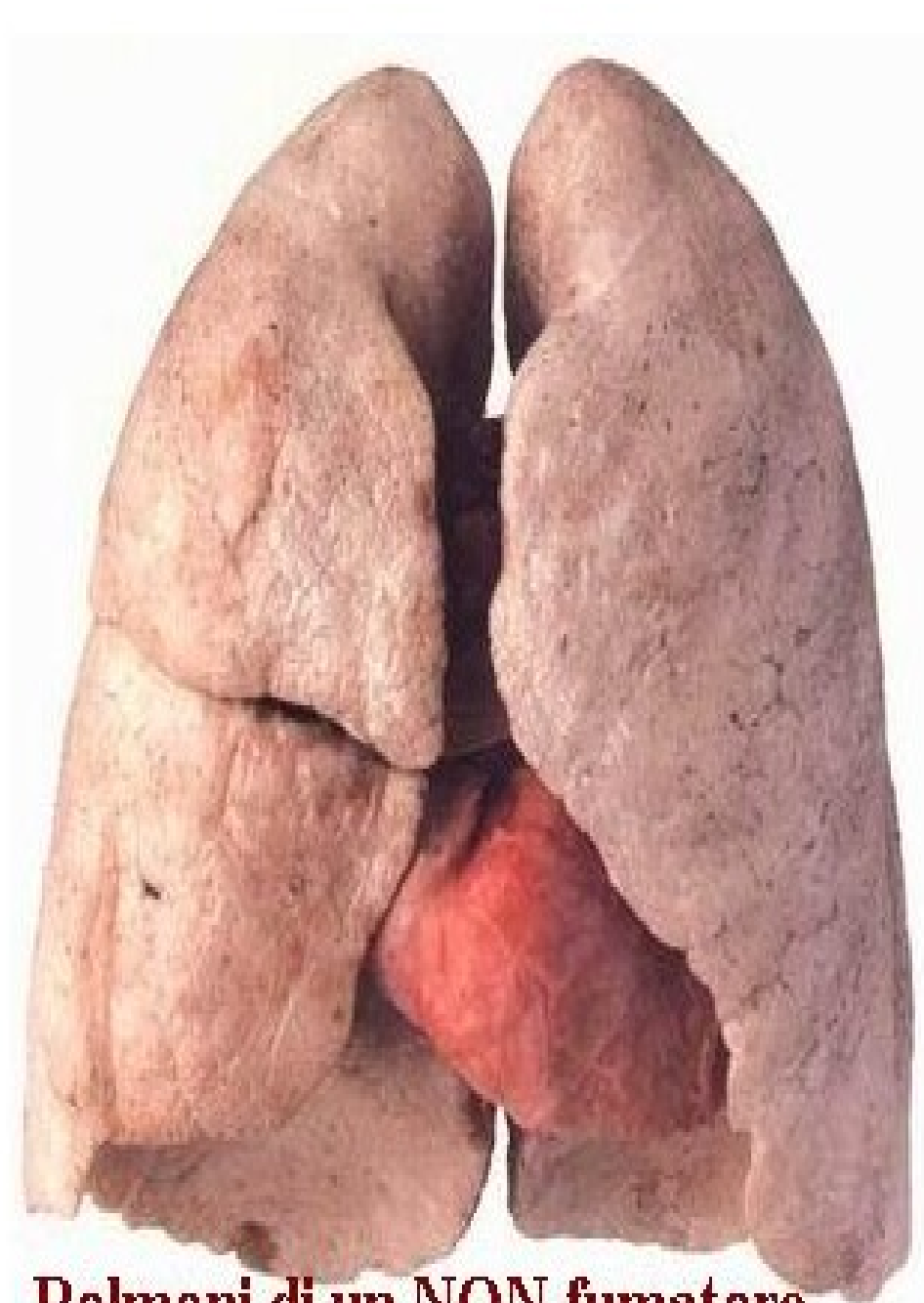
Muscoli intercostali esterni (nervi intercostali, T1-T11) disposti obliquamente dall'alto in basso e in avanti, determinano innalzamento delle coste. Le coste superiori vengono contemporaneamente sollevate dai muscoli scaleni.

Aumenta il diametro anteroposteriore e trasverso della gabbia toracica.

Movimento leva di 3° tipo: potenza (muscoli) resistenza distribuita sulla parete anteriore della costa, fulcro (articolazione costo vertebrale).

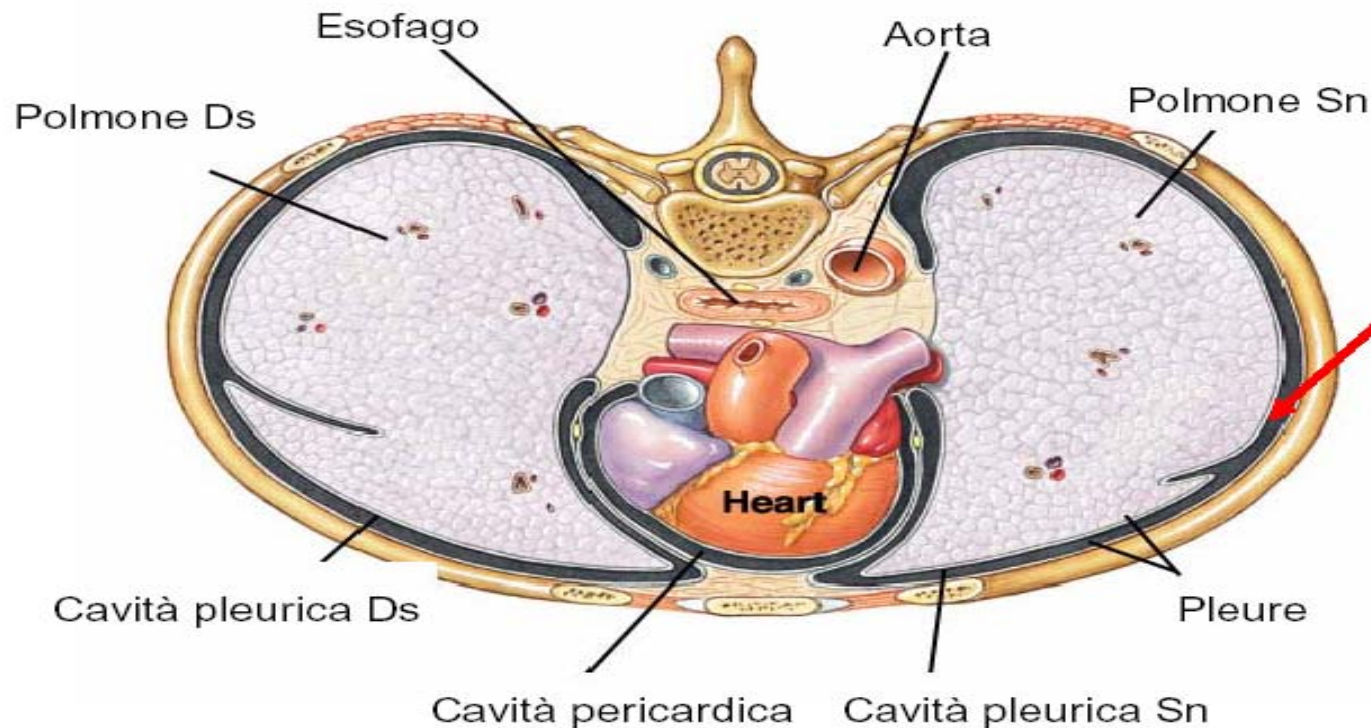


Polmoni di un fumatore



Polmoni di un NON fumatore

Meccanica del respiro



Nella cavità pleurica è contenuto un velo di liquido (2 ml) che mantiene adesi i foglietti pleurici e ne consente lo scivolamento.

Nella cavità pleurica esiste una P subatmosferica (negativa)

Il polmone non è dotato di strutture di sostegno o muscolari, ma è adeso alla gabbia toracica attraverso la pleura (parietale e viscerale).

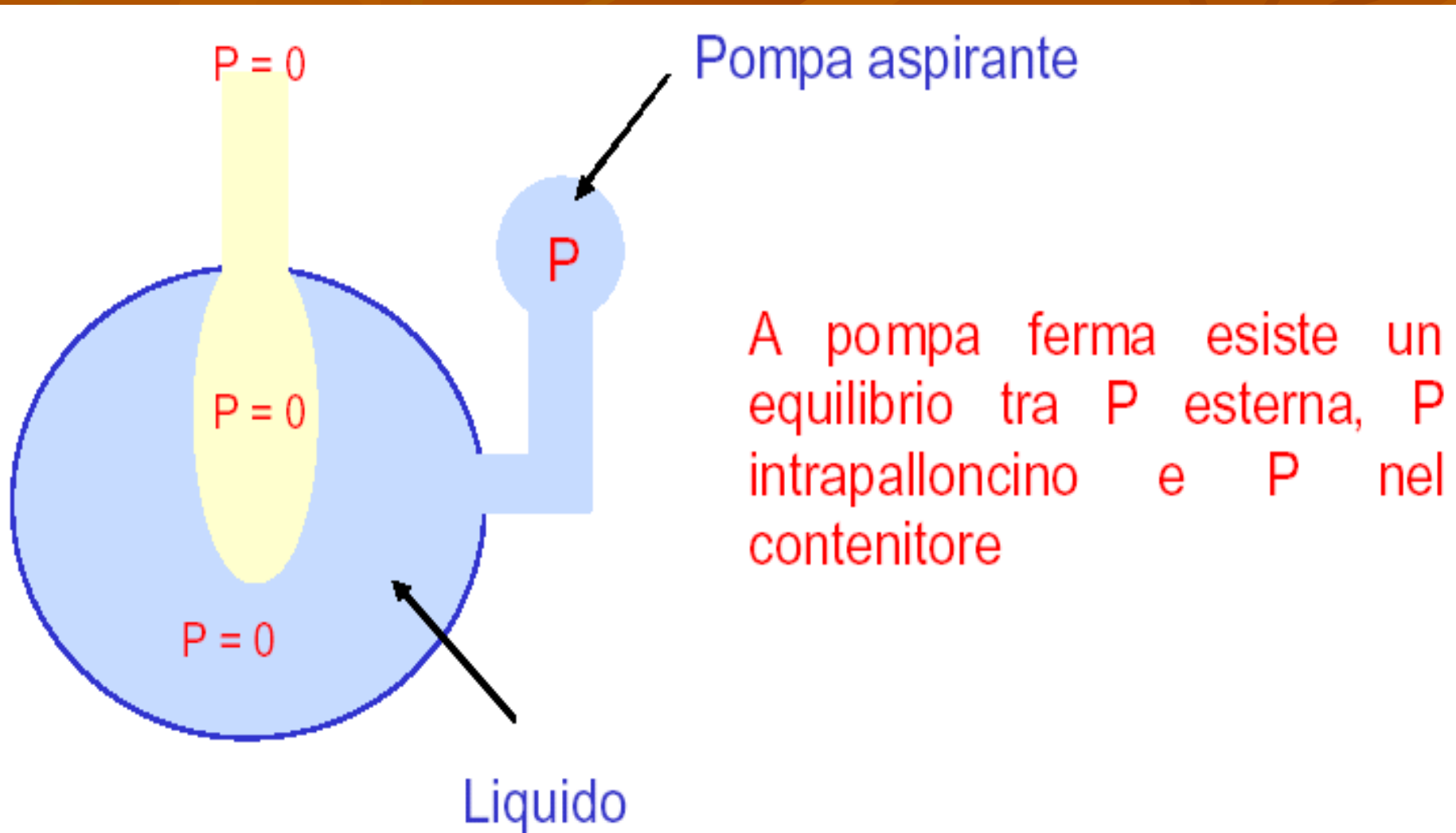
Le variazioni di volume del polmone dipendono dai movimenti della gabbia toracica.

Meccanica del respiro

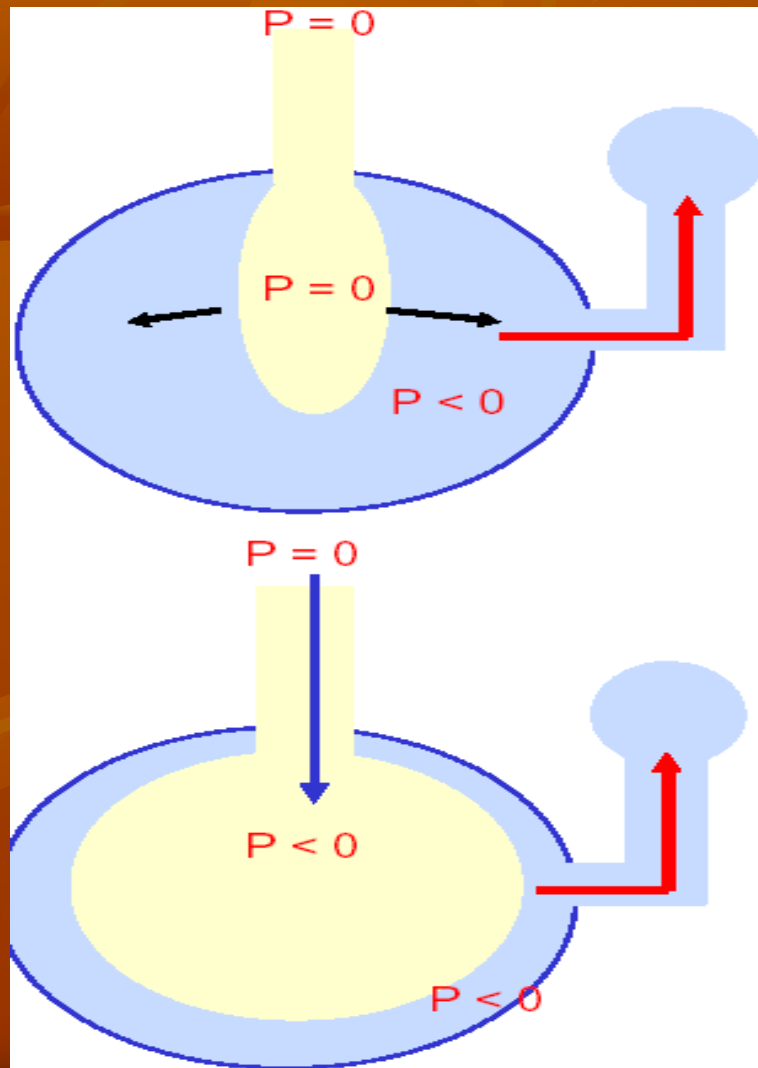
Cosa sposta l'aria dall'ambiente esterno
all'interno dei polmoni?

$$\Delta p$$

Modello per spiegare l'esistenza di una P negativa nello spazio pleurico



Modello per spiegare l'esistenza di una P negativa nello spazio pleurico

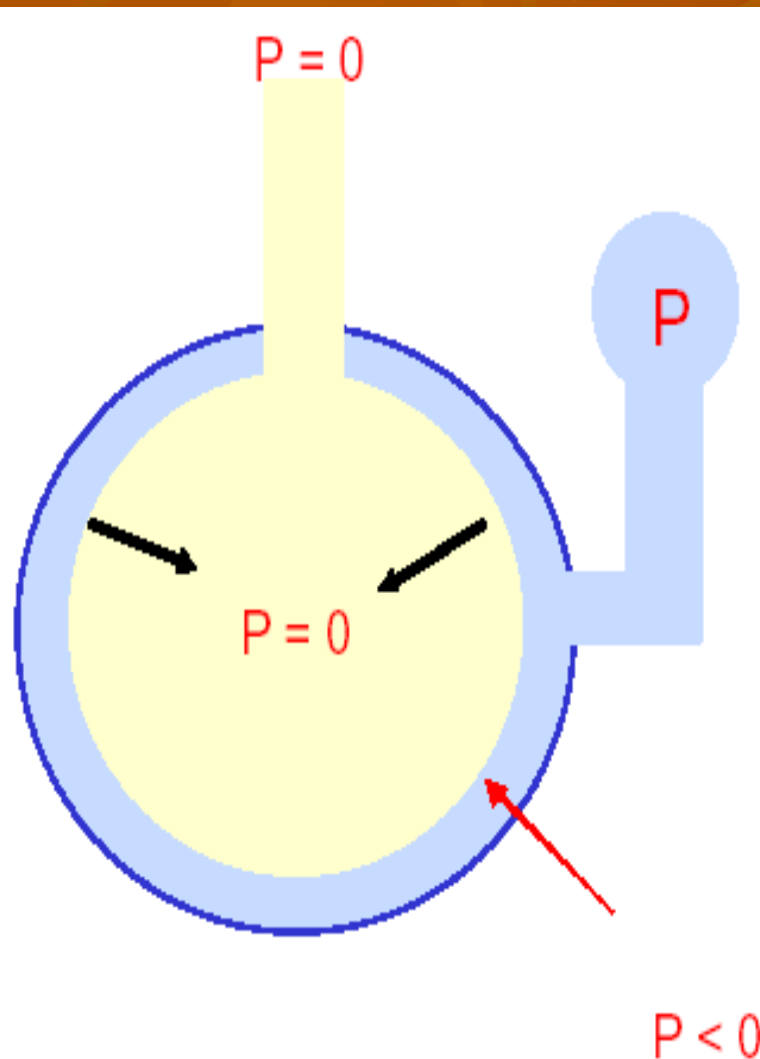


La pompa aspira liquido:

- La P del contenitore diventa < 0
- Si crea una differenza di P tra l'interno e l'esterno del palloncino (pressione trasmurale positiva) che determina espansione del palloncino

L'aumento del volume del palloncino determina diminuzione della P al suo interno, il palloncino si riempie di aria grazie al gradiente di P tra esterno ed interno

Modello per spiegare l'esistenza di una P negativa nello spazio pleurico



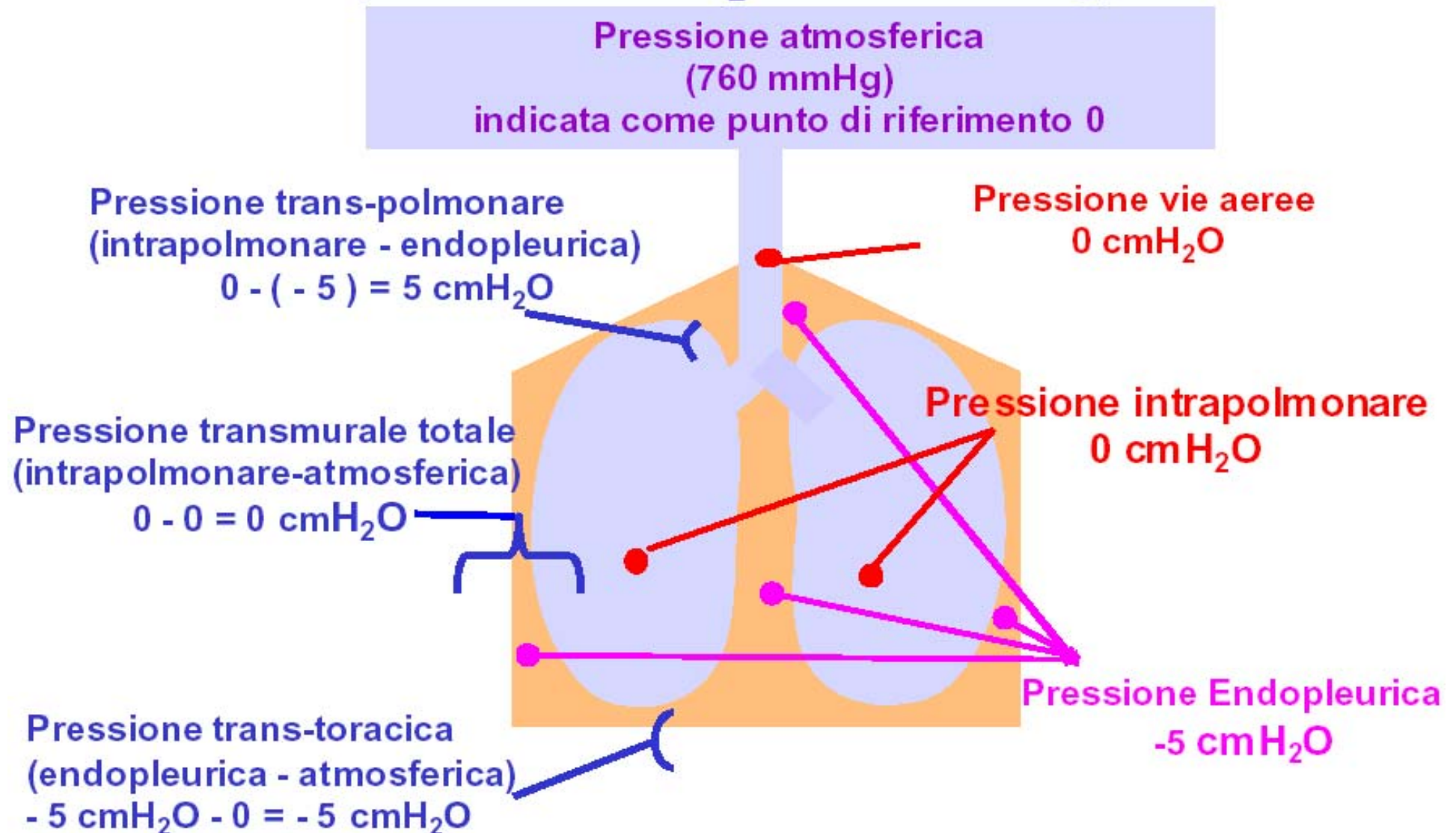
Condizione finale:

- il volume del palloncino è quasi uguale a quello del contenitore
- P all'interno del palloncino = P atmosferica
- P intercapedine è negativa ed è espressione della tendenza del palloncino a tornare alla situazione di equilibrio, sgonfiandosi.

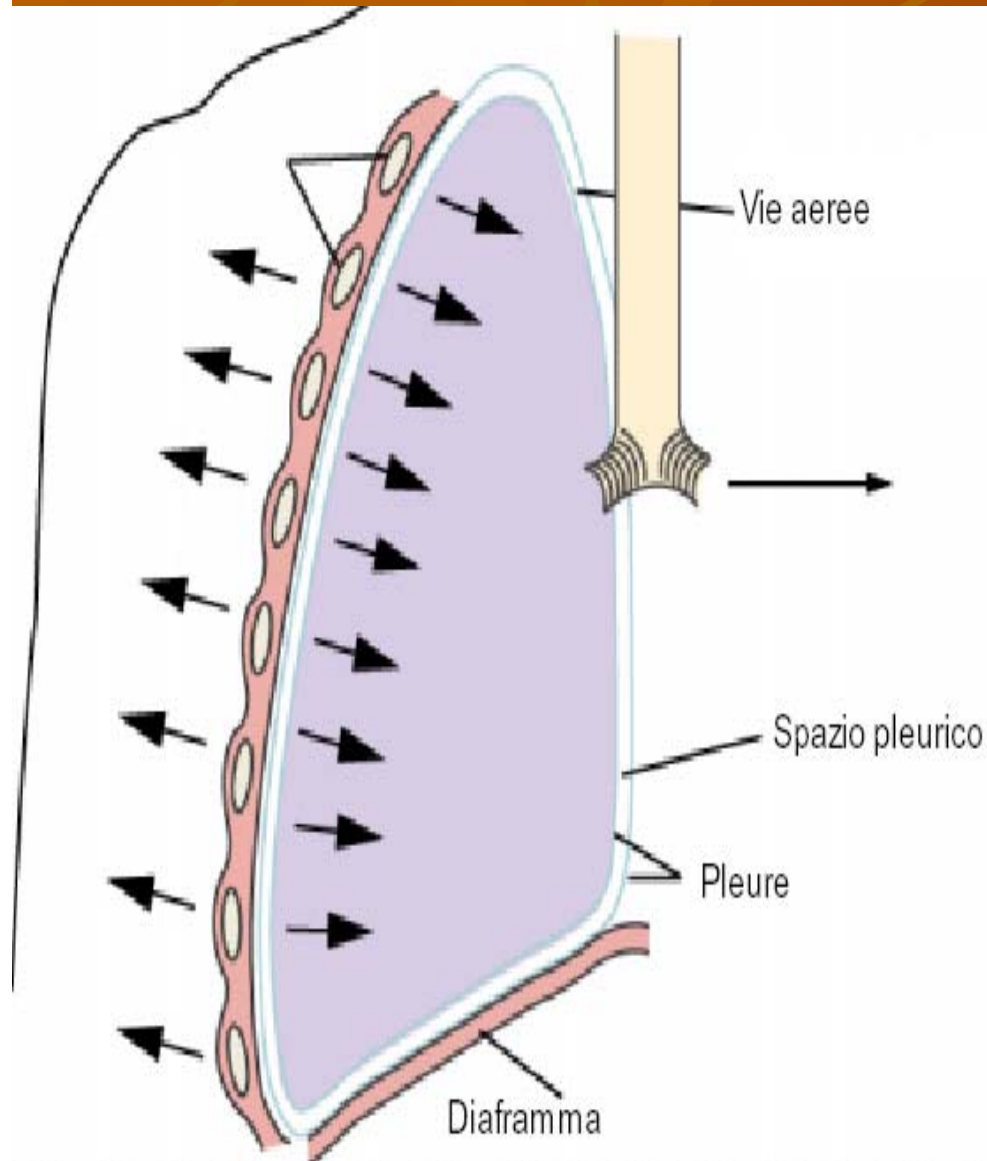
Meccanica del respiro

Il **polmone** (struttura elastica) è adeso alla **gabbia toracica** grazie alle pleure. Non è mai in equilibrio elastico, ed è quindi sottoposto continuamente ad una **forza di retrazione**, espressa dalla negatività dello spazio pleurico. L'adesione tra polmone e gabbia toracica è mantenuta dalla continua aspirazione del liquido pleurico da parte dei linfatici, che impedendo lo scollamento del polmone dalla parete toracica, contribuiscono al mantenimento della negatività endopleurica.

Pressioni nell'apparato respiratorio a riposo (indicate in $\text{cmH}_2\text{O} = 1,36 \text{ mmHg}$)

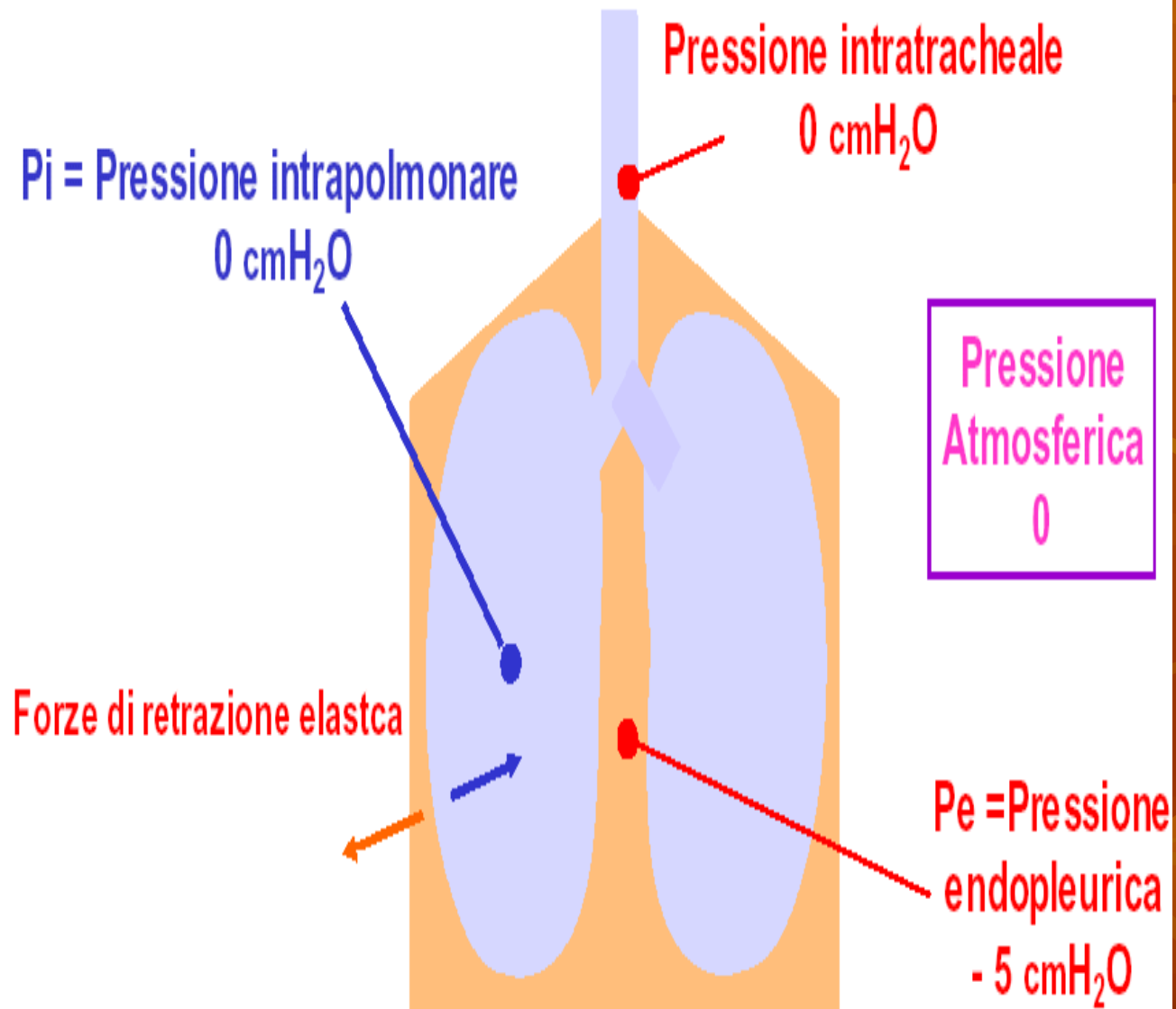


Meccanica del respiro



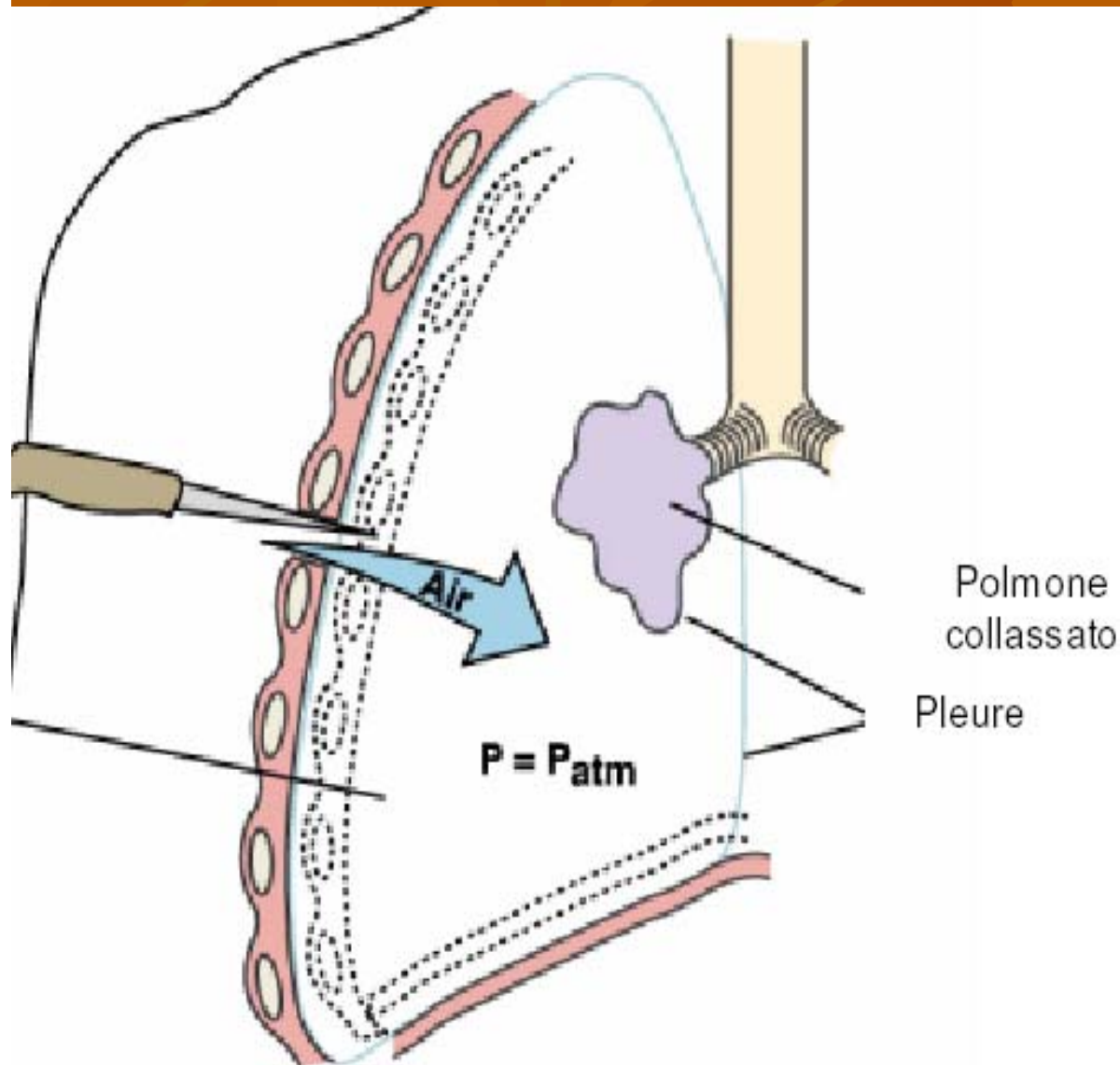
Condizione di riposo
Anche la gabbia toracica è una struttura elastica, con una tendenza continua all'espansione. In condizioni di riposo (fine espirazione normale, **capacità funzionale residua, CFR**) la forza di retrazione elastica del polmone è perfettamente controbilanciata da quella della gabbia toracica.

Pressioni alla CFR



Alla fine di un'espirazione normale (CFR), condizione di equilibrio, la **Pe** è negativa e la **Pi** è 0 perché il polmone è in connessione con l'esterno.

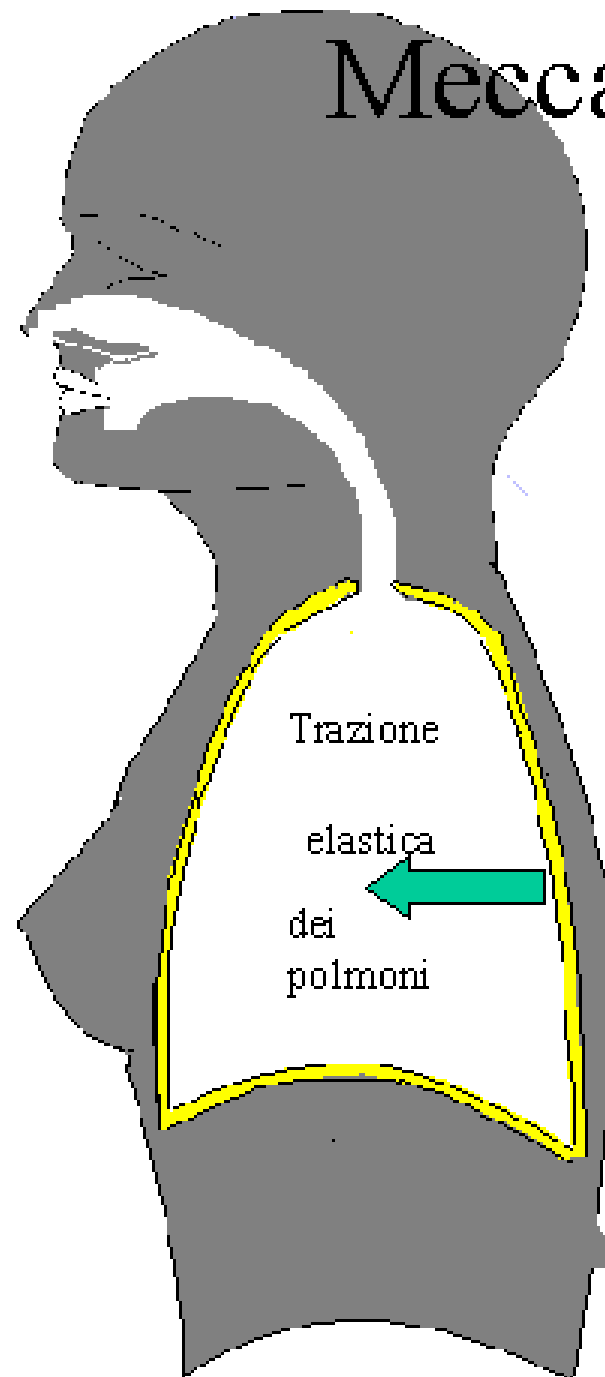
Pneumotorace



L'esistenza di forze elastiche uguali e contrarie è dimostrato dal fatto che quando entra aria nello spazio pleurico (pneumotorace), il polmone collassa e la gabbia toracica si espande

Meccanica respiratoria

Lo spazio endopleurico è completamente chiuso; sulle pareti pleuriche agiscono due forze opposte



Trazione

elastica

dei
polmoni



Trazione
operata dalle
costole e dal
diaframma

Per effetto di queste forze la pressione endopleurica è negativa (subatmosferica)

Tanto più si espande il polmone tanto più aumenta la sua tensione elastica tanto più negativa è la pressione endopleurica

Meccanica del respiro

- Qual è la funzione dell'apparato respiratorio?
- Cosa sono VC e CFR?
- Vie aeree di conduzione vs respiratorie
- Qual è la funz. della membr alveolo-capillare?
- Quante sono le fasi di un ciclo respiratorio?
- Quali sono i mm. resp. più importanti?
- Cosa sposta l'aria dall'ambiente esterno all'interno dei polmoni?
- Come si sviluppa questo Δp ?