

Fisiologia della Respirazione

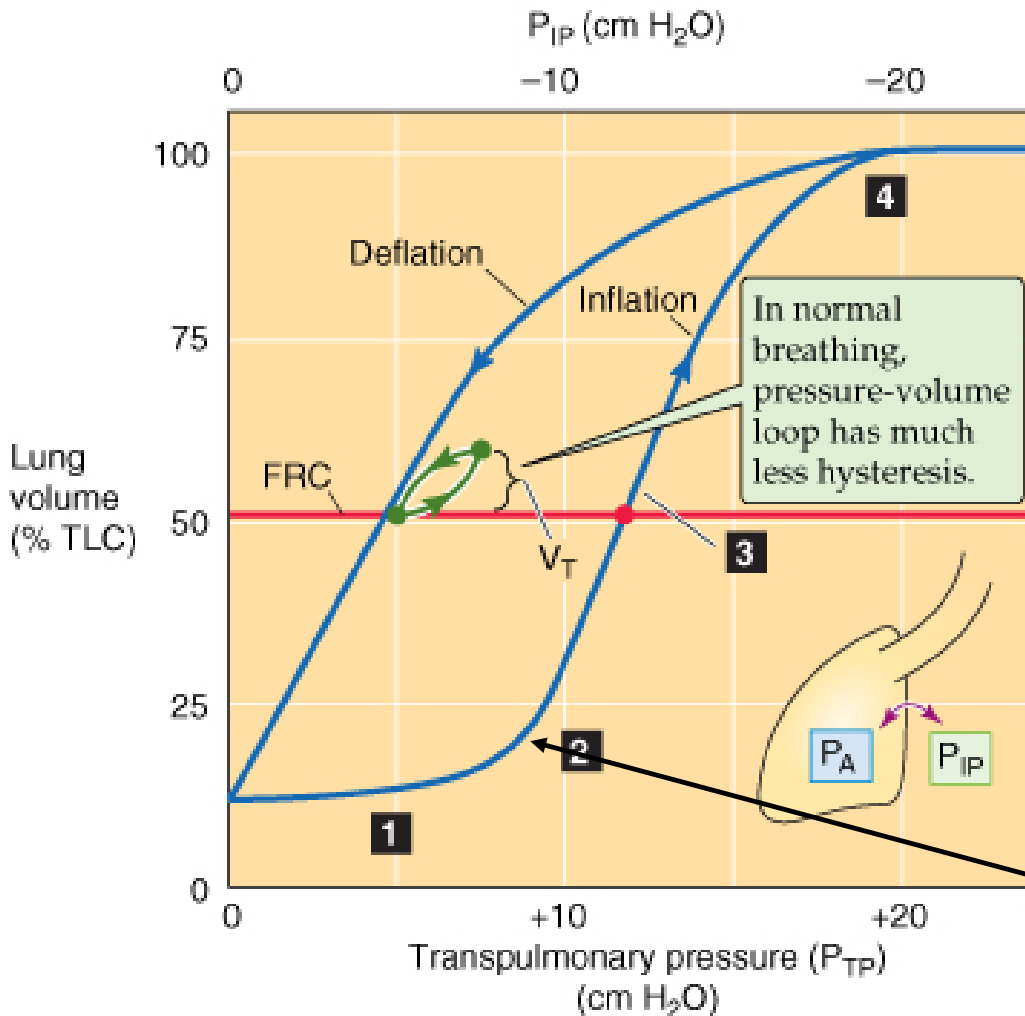
6.Meccanica respiratoria: Statica e fenomeni di superficie 2

FGE aa.2015-16

Obiettivi

- I fenomeni di superficie principali determinanti dell'isteresi polmonare e della pressione transpolmonare (pressione di apertura e condizione metastabile del surfactante polmonare)
- Surfactante polmonare e stabilità alveolare
- Distribuzione topografica della ventilazione alveolare
- Curva P/V del torace; compliance statica toracica
- Curva P/V del sistema toraco-polmonare combinato: curva a rilasciamento
- Compliance statica del sistema combinato

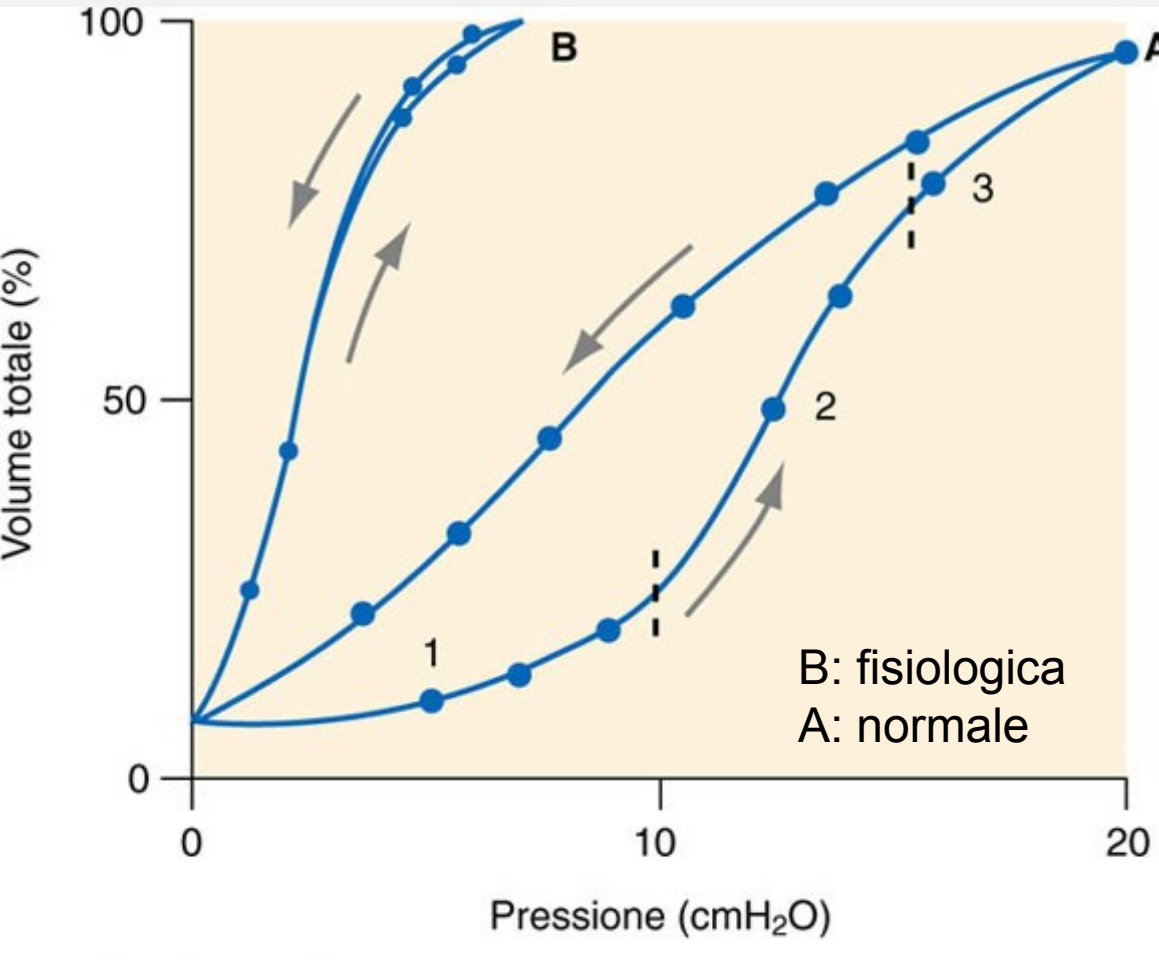
Isteresi polmonare



- A parità di volume, P_{tp} è maggiore durante l'espansione che durante la deflazione.
1. Imperfetta elasticità dei tessuti
 2. Differenza nel numero di alveoli aperti
 - Si delimita un'area di **isteresi**
 3. Essa indica che parte dell'energia impiegata per espandere i polmoni non viene restituita durante la deflazione
 4. **Condizione metastabile del polmone (variazione nel tempo della tensione superficiale)**
 - L'area di isteresi è tanto maggiore quanto minore è il volume polmonare da cui inizia l'inspirazione

Pressione di apertura

Tensione superficiale e meccanica alveolare



1. Fisiologica

- La curva è tutta spostata a sinistra
- Non si osserva la pressione di apertura
- L'area di isteresi è ridottissima
- Si conclude che la tensione superficiale contribuisce in larga parte alle caratteristiche elastiche del polmone
- L'isteresi tissutale è trascurabile

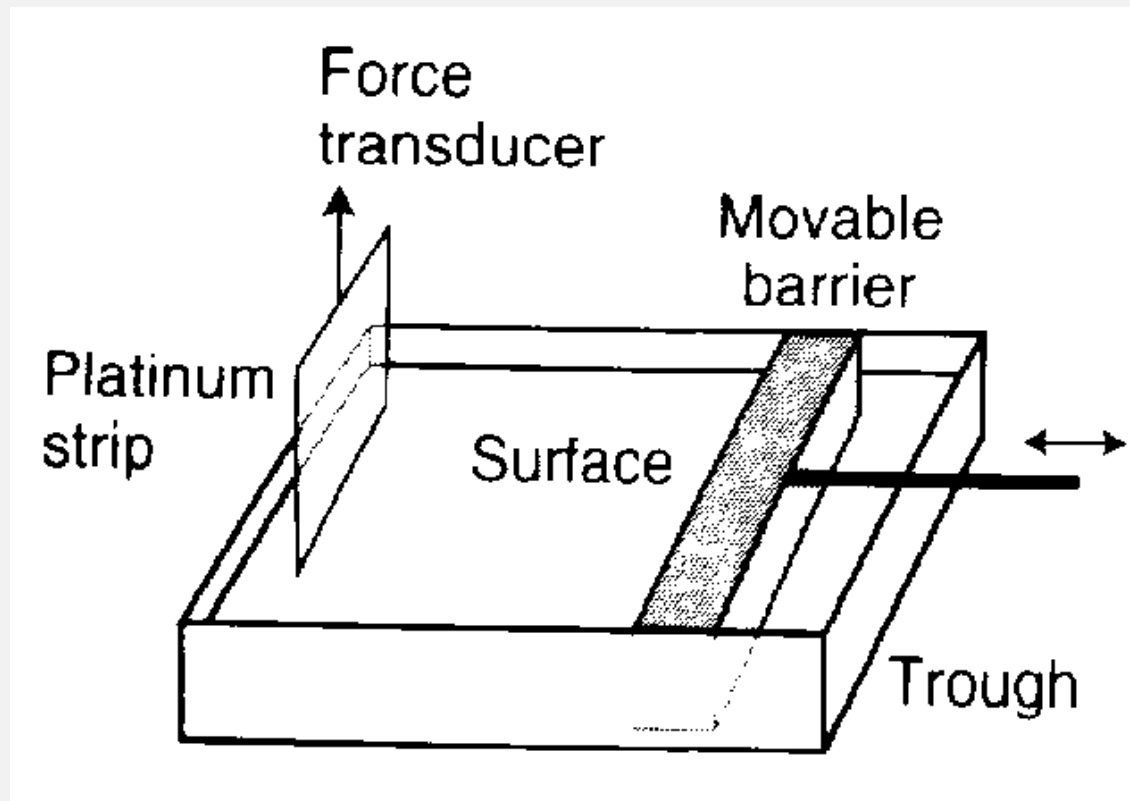
Tensione superficiale e meccanica alveolare

Isteresi

- *Isteresi tissutale è trascurabile*
- 1. La maggior pressione richiesta per riespandere le zone collabite è causa di isteresi soprattutto rilevante quando il polmone si riespande da bassissimi volumi (pressione di apertura)
- **2. L'isteresi del film di lipoproteine assorbito all'interfaccia alveolo-aria rappresenta il fattore più importante dell'isteresi polmonare**

Misura della tensione superficiale in funzione di S con lavaggio alveolare

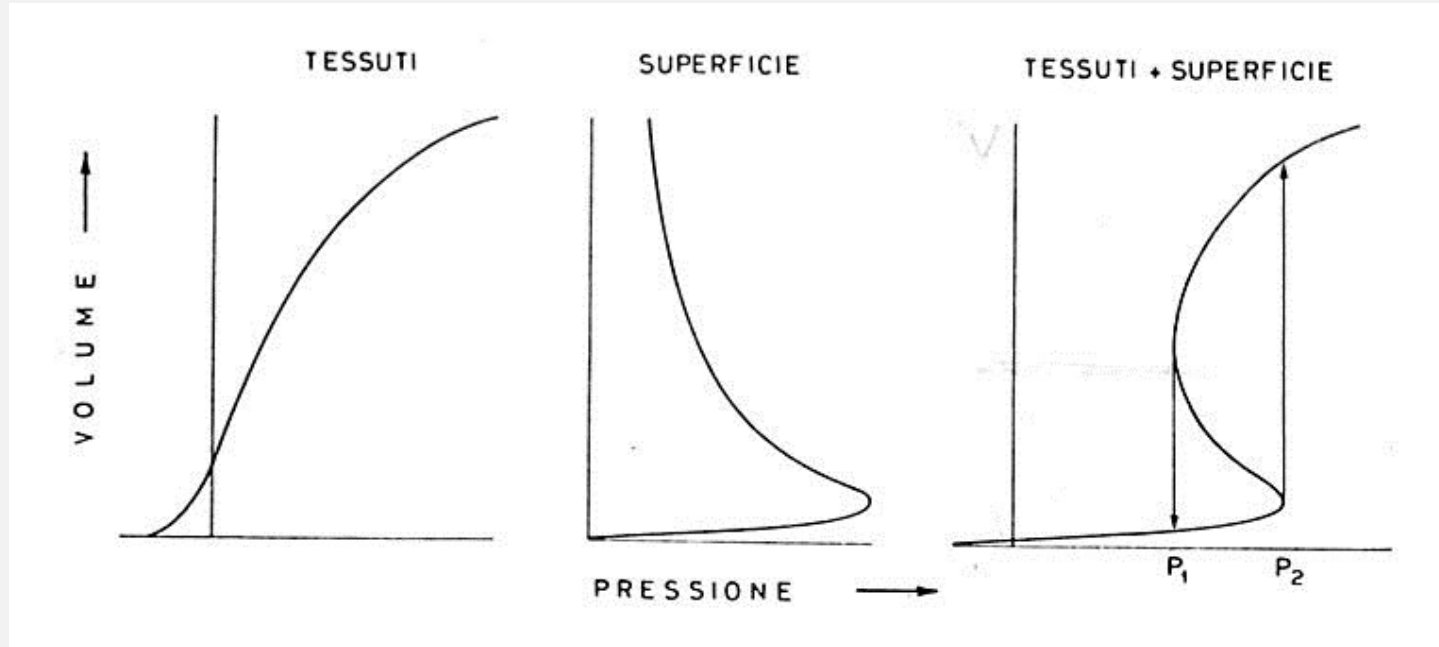
- La **bilancia di Wilhelmy** consente di misurare T (ascissa) in modo continuo in funzione dell'area A (ordinata) espressa come percentuale dell'area occupata inizialmente



γ lavaggio alveolare = 25 - 30 dine/cm
 γ dipende da S

Interazione Tensione superficiale-Tensione elastica

- La pressione con cui tende a collassare un alveolo è dovuta anche alla Tensione elastica tessutale



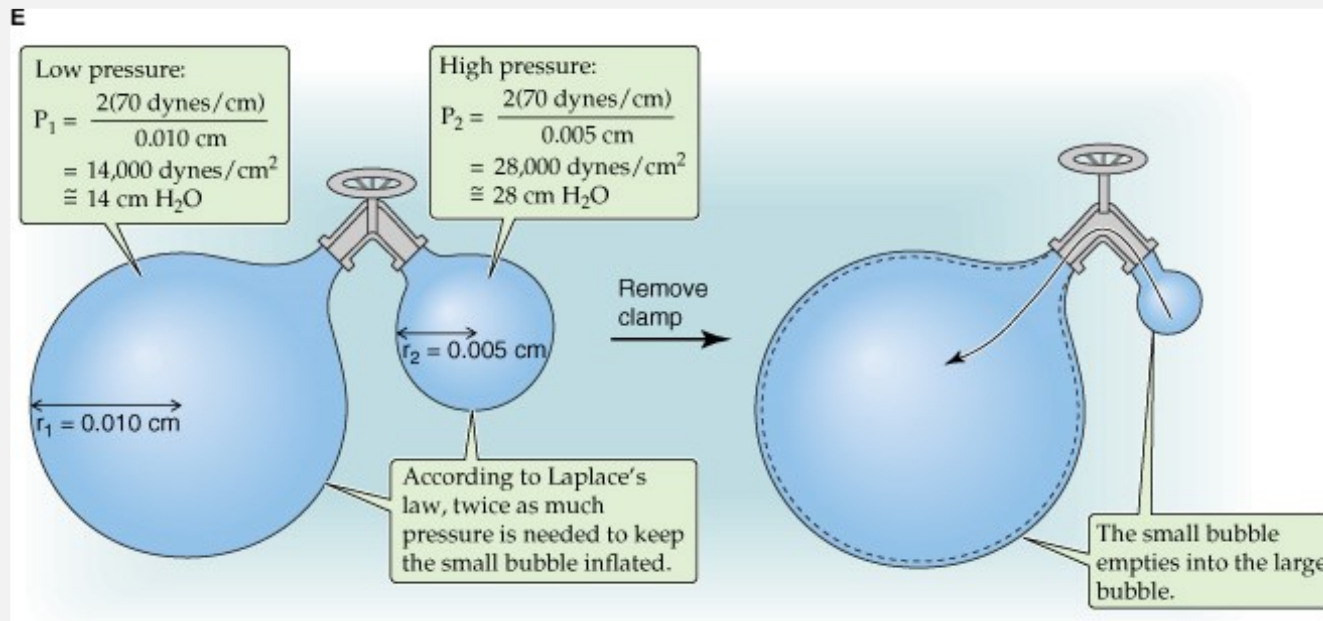
- Secondo questa rappresentazione, per un dato dV/dP sarebbe espansione
- completamente apparente finché le strutture elastiche vengono poste sotto tensione
- Tuttavia, è la riduzione di P che la tensione superficiale non è costante.

Surfactante e stabilità alveolare

1. Stabilità alveolare

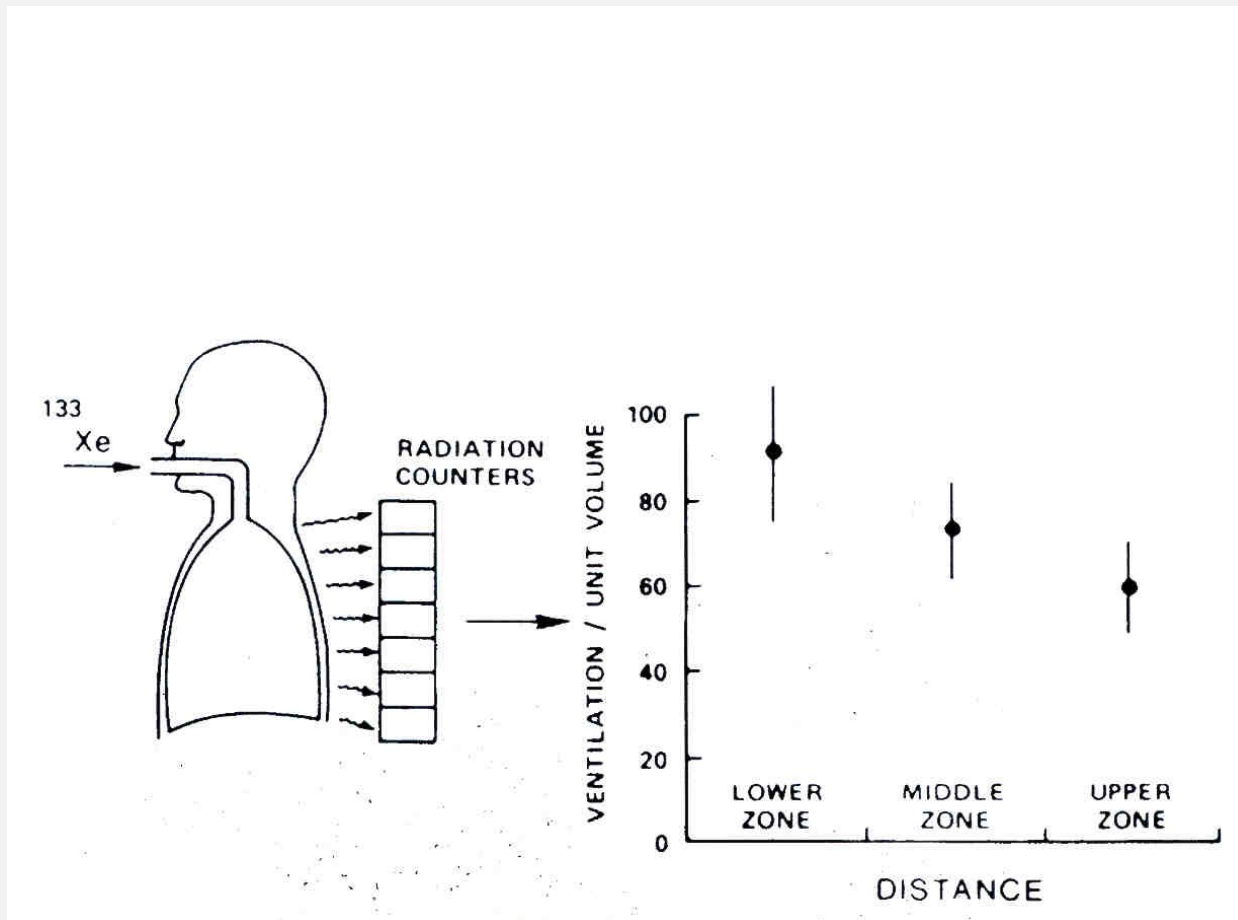
La variazione della tensione superficiale con la variazione dell'area dell'interfaccia aria-alveolo rende stabile l'equilibrio durante l'**espirazione** fra gli alveoli posti in parallelo.

Quando un alveolo a r di curvatura più piccolo inizia a svuotarsi in un altro a r di curvatura maggiore, la concentrazione di del tensioattivo aumenta e la tensione superficiale diminuisce riducendo la tendenza dell'alveolo al collasso. Viceversa, nell'alveolo più grande la tensione superficiale aumenta. Si stabilisce in **meccanismo a feed-back negativo**



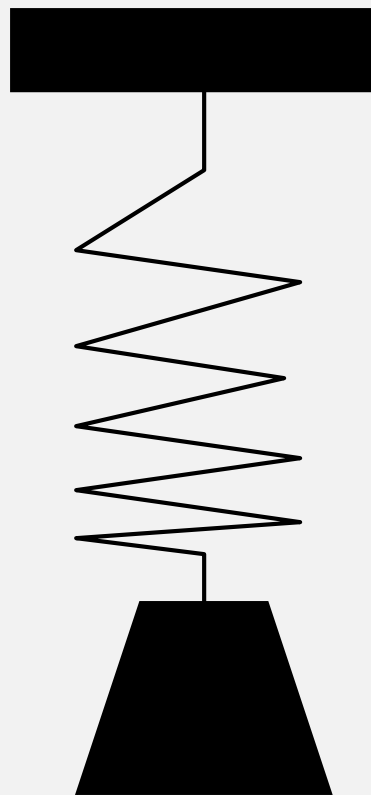
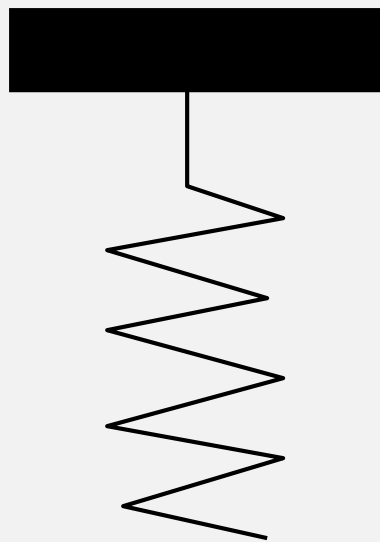
Distribuzione della ventilazione

- L'aria inspirata non si distribuisce uniformemente nelle varie parti del polmone;
- La ventilazione per unità di volume polmonare è maggiore nelle parti inferiori e minore in quelle superiori.

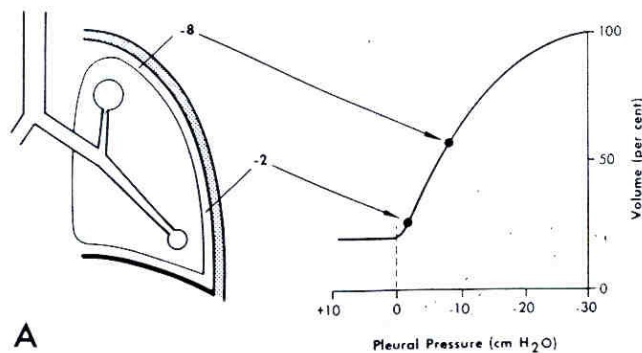


Distribuzione della ventilazione

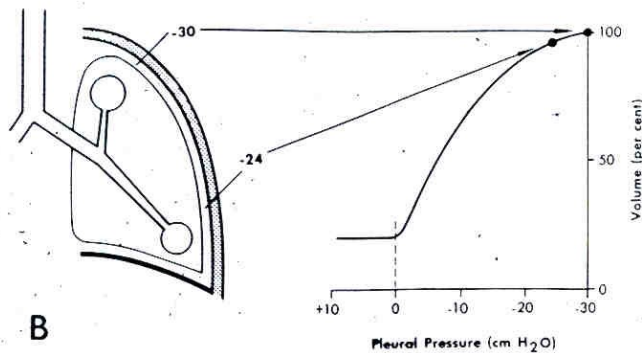
- Il gradiente verticale di P_{pl} (P_{es}) e di volume regionale polmonare dipende dalla gravità;
- Il polmone pesa



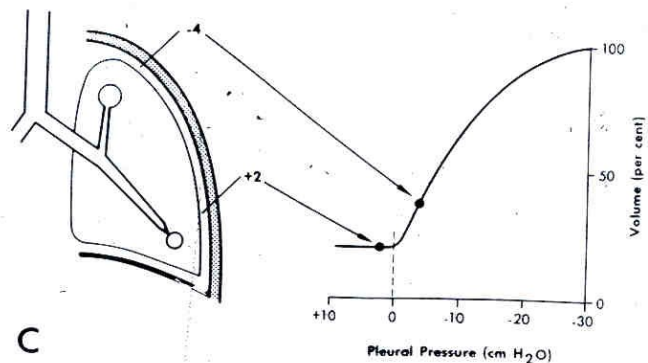
Distribuzione della ventilazione



A



B



C

Effetto del gradiente di pressione pleurica sull'espansione regionale del polmone a diversi volumi polmonari.

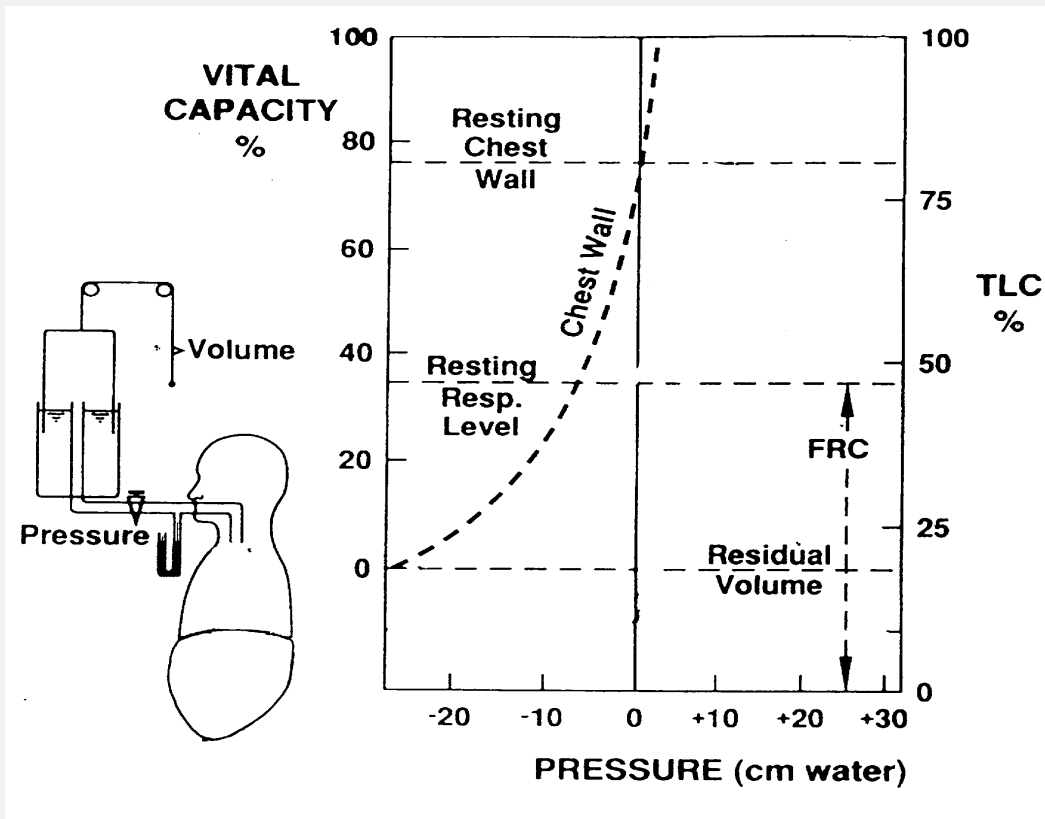
Ad **FRC (A)** la maggior parte del gas inspirato va agli alveoli della base perchè gli alveoli sono situati sulla parte più ripida (maggiore compliance) della curva pressione-volume.

A **CPT (B)** la maggior parte del gas va ancora agli alveoli della base, ma la differenza è minima. A **VR (C)**, l'aria inspirata va agli alveoli degli apici prima che inizi il flusso verso le basi.

Nota che tutti gli alveoli sono sulla stessa curva P-V, ma, in funzione del grado di espansione, giacciono su parti differenti della curva.

Curva P-V del Torace

- Relazione $V_t - P_{tt}$
- La pressione esercitata dalla parete toracica (P_{tt}) è uguale alla differenza tra P_{pl} e la pressione atmosferica.
- Se i muscoli sono rilasciati in condizioni **statiche** a vie **aeree chiuse** $P_{tt} = P_{pl} (P_{es})$

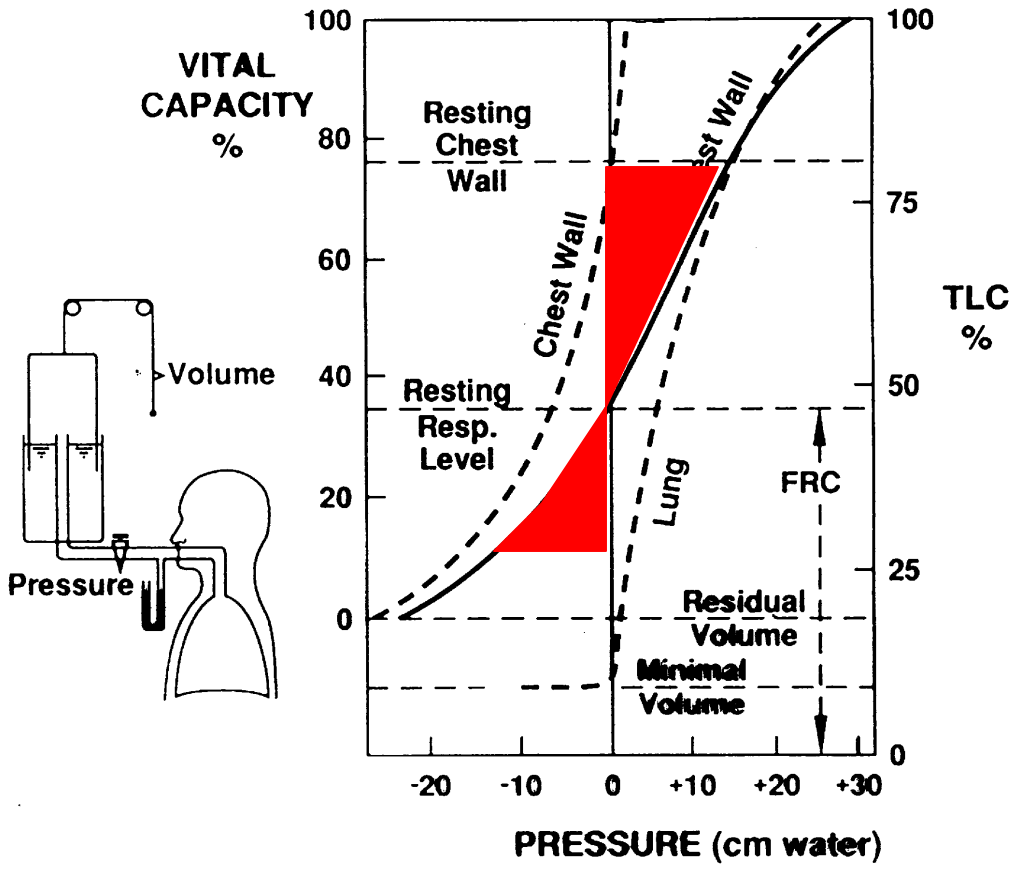


- Il ritorno elastico della cassa toracica è *bi-direzionale*
- Tende ad espandersi per volumi $< 75\% CV$
- Tende a contrarsi per volumi $> 75\% CV$
- $C_{tt} = 200 \text{ ml /cm H}_2\text{O}$

Curva P-V del sistema combinato

- Il sistema respiratorio è formato da due strutture poste in serie: polmone e cassa toracica
- La pressione esercitata dal sistema combinato (P_{rs}) è la somma algebrica delle pressioni esercitate da queste due strutture: $P_{rs} = P_{tp} + P_{tt}$
- $P_{rs} = P_A$ con **vie aeree chiuse e muscoli rilasciati**
- La variazione di volume è identica nelle due strutture
- La compliance totale è il reciproco della somma dei due reciproci delle singole compliance polmonare e toracica: $1/C_{rs} = 1/C_p + 1/C_t$

Curva P-V del sistema combinato



- Lavoro meccanico positivo che deve essere compiuto da MP
- Il volume in corrispondenza del quale P_{tp} è equilibrata da P_{tt} è un punto di equilibrio **CFR**
- In un'inspirazione o di un'espirazione forzata questo lavoro si trova sotto forma di energia potenziale elastica che serve a riportare il sistema ad equilibrio

Bibliografia

- **Fisiologia dell'Uomo, autori vari, Edi.Ermes, Milano**
 - **Capitolo 12: I polmone (Capitolo 12.5)**
- Fisiologia Medica, a cura di Conti F, seconda edizione, Edi.Ermes, Milano
 - Capitolo 50.1: Statica del sistema toracopolmonare
- West JB, Fisiologia della Respirazione, IV edizione italiana, PICCIN, Padova