

Meccanica respiratoria



La meccanica respiratoria è fortemente dipendente dalla distensibilità o compliance polmonare che si basa su:

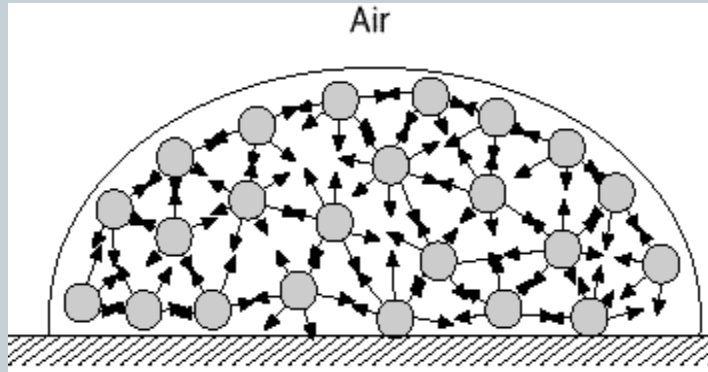
- 1. Composizione fibroelastica del tessuto polmonare**
- 2. Tensione superficiale**

Meccanica respiratoria



La meccanica respiratoria è fortemente dipendente dalla distensibilità o compliance polmonare che si basa su:

- 1. Composizione fibroelastica del tessuto polmonare**
- 2. Tensione superficiale**



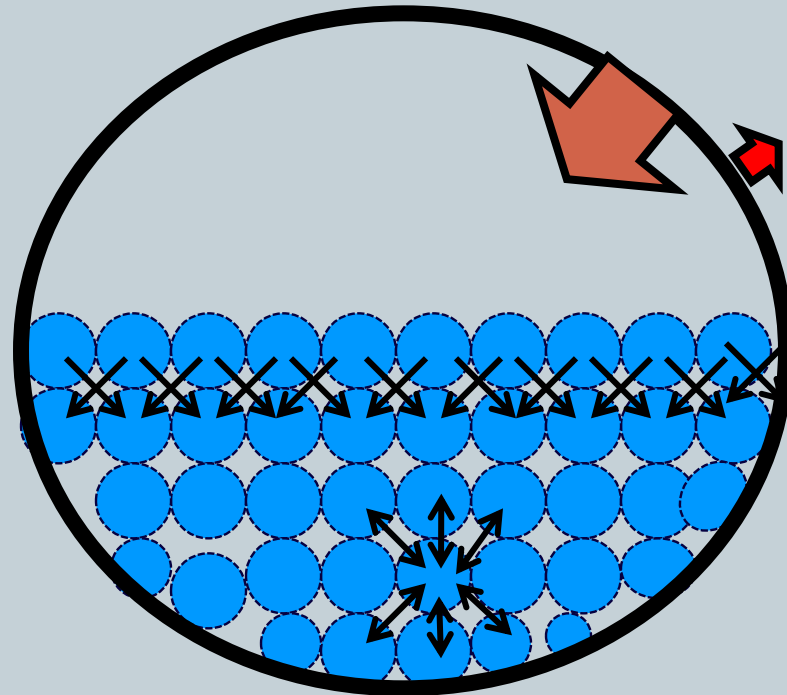
Meccanica respiratoria



La tensione superficiale nel polmone è esercitata dal film liquido che riveste gli alveoli che tende a condizionare la meccanica respiratoria :

1) Favorendo la riduzione delle dimensioni degli alveoli spontaneamente

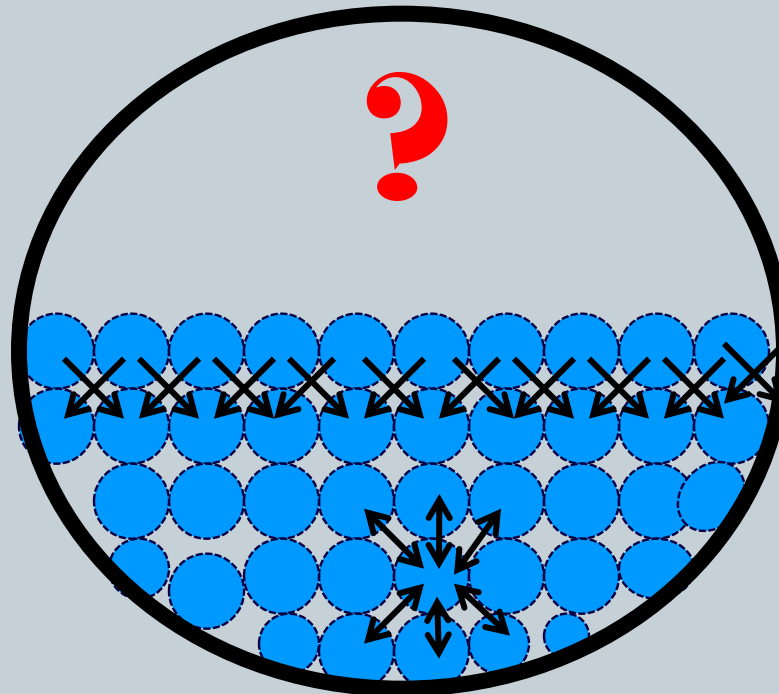
2) Opponendosi alla distensione degli alveoli



Meccanica respiratoria



Come ci siamo accorti dell'esistenza della tensione superficiale ?



Meccanica respiratoria

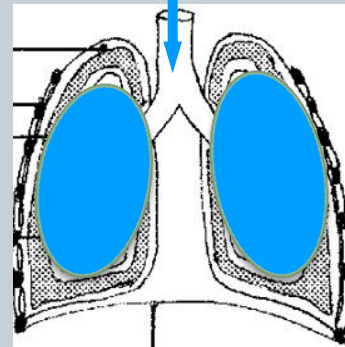


Esperimento:
sul polmone isolato si promuovono
variazioni di volume introducendo:

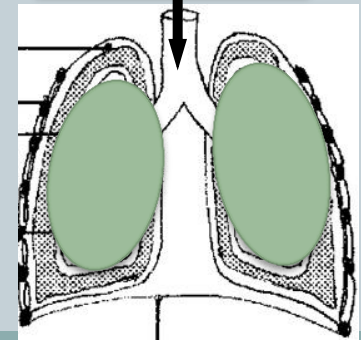
- 1** Aria
- 2** H₂O.

Si registrano le variazioni di volume
polmonare promosse e si graficano in F(x)
dei Volumi di liquido o aria introdotti
espressi sotto forma di Pressione

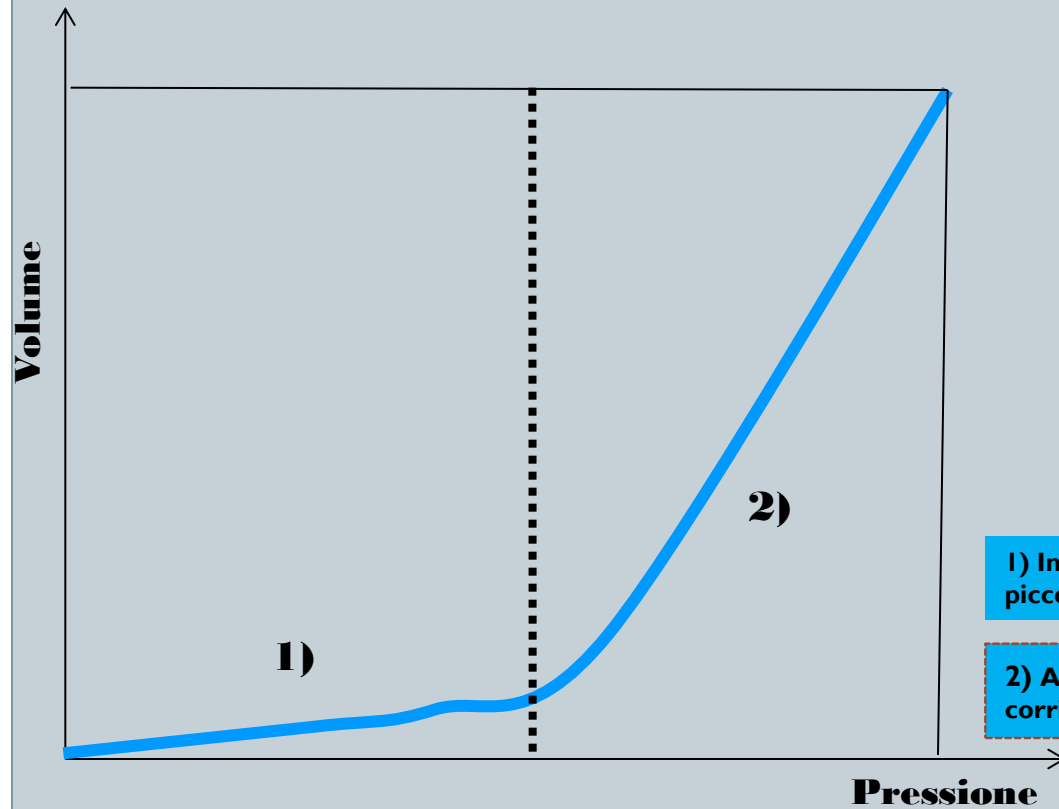
1. Aria



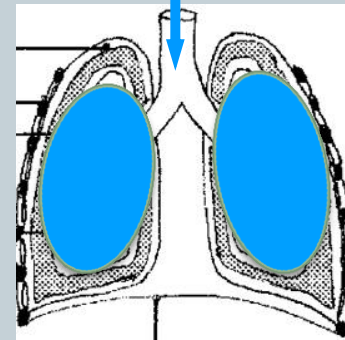
2. Acqua



Meccanica respiratoria



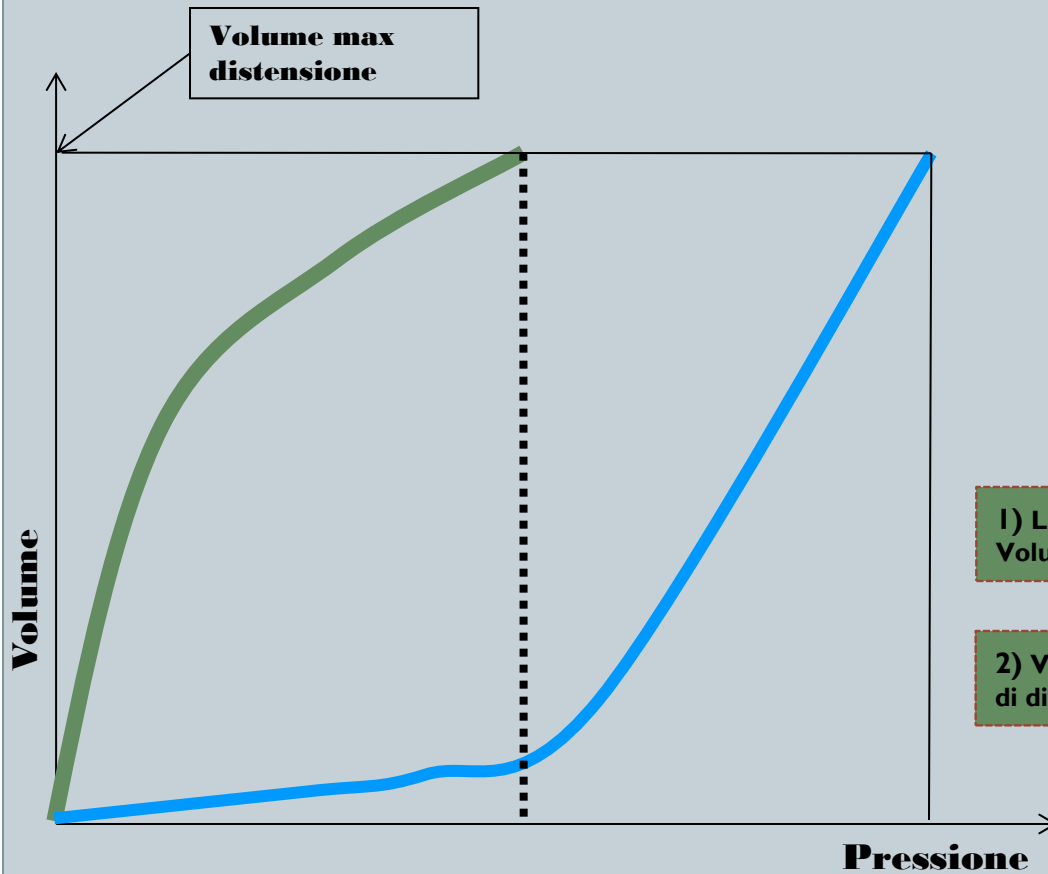
1. Aria



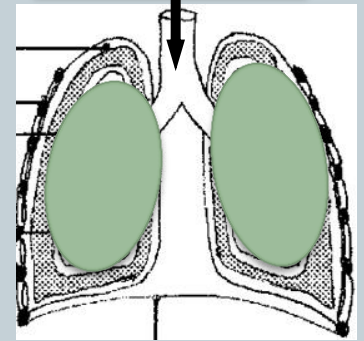
1) Inizialmente bisogna introdurre volumi d'aria senza generare piccole modificazioni di volume

2) Ad un certo momento ogni variazione di pressione di aria corrisponde ad un lineare aumento del volume polmonare

Meccanica respiratoria



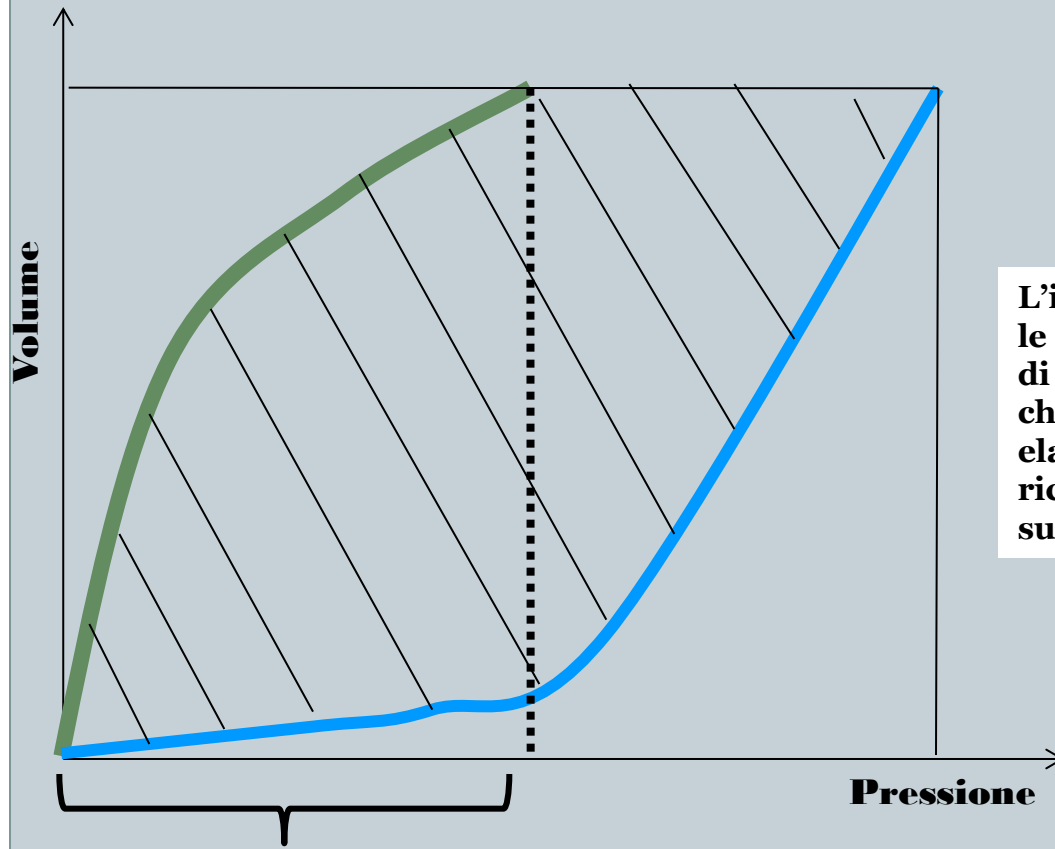
2. Acqua



1) L'introduzione d'H₂O promuove un'immediata modificazione di Volume del tessuto polmonare

2) Velocemente il tessuto polmonare raggiunge il massimo volume di distensione e quindi la curva va in plateau

Meccanica respiratoria

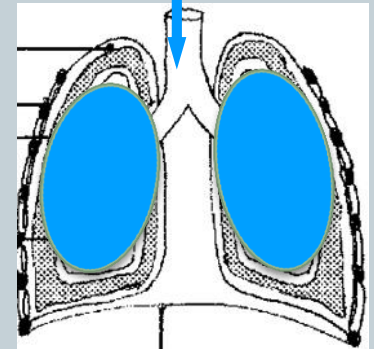


Minor pressione per modificare Volume polmone con H₂O perché bisogna vincere solo tensione elastica

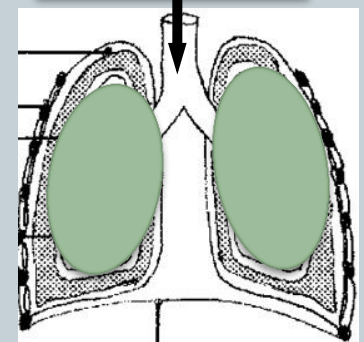
Con aria la pressione deve superare sia tensione superficiale che forza elastica prima di modificare Vol polmone con aria

L'integrale che sottende le due curve ci consente di stimare la differenza che esiste tra forza elastica (1/3) e forza richiesta per vincere T surficiale (2/3)

1. Aria



2. Acqua



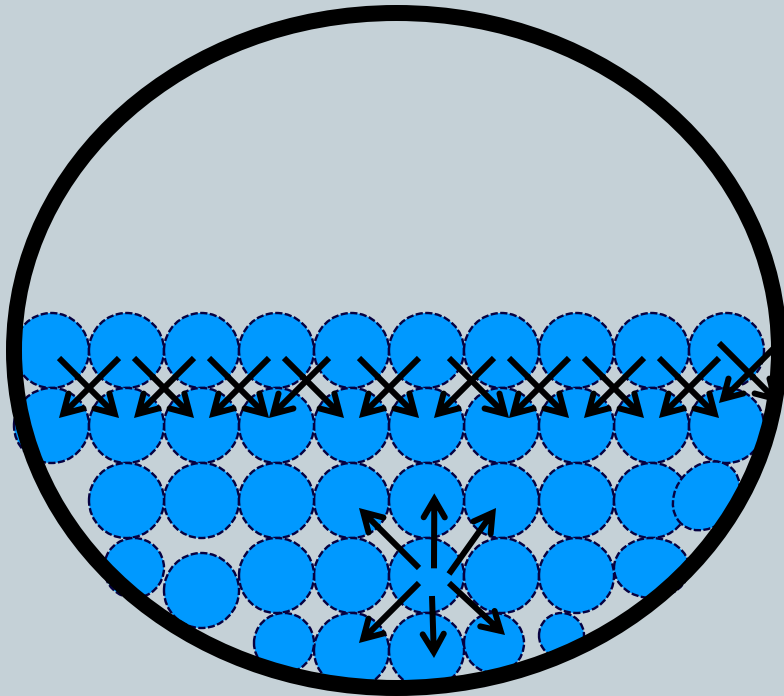
Meccanica respiratoria



Tensione superficiale ed inspirazione

Le molecole d' H_2O che troviamo a livello alveolare dipendono dall'evaporazione alla temperatura corporea del secreto mucoso.

Esse interagendo l'un l'altra originano una forza di attrazione che tende ad opporsi alla sua dilatazione (tensione superficiale)



Se esistesse un semplice rivestimento di molecole di H_2O a ricoprire l'alveolo il polmone non riuscirebbe ad essere dilatato dal lavoro muscolare durante la fase inspiratoria.

Meccanica respiratoria

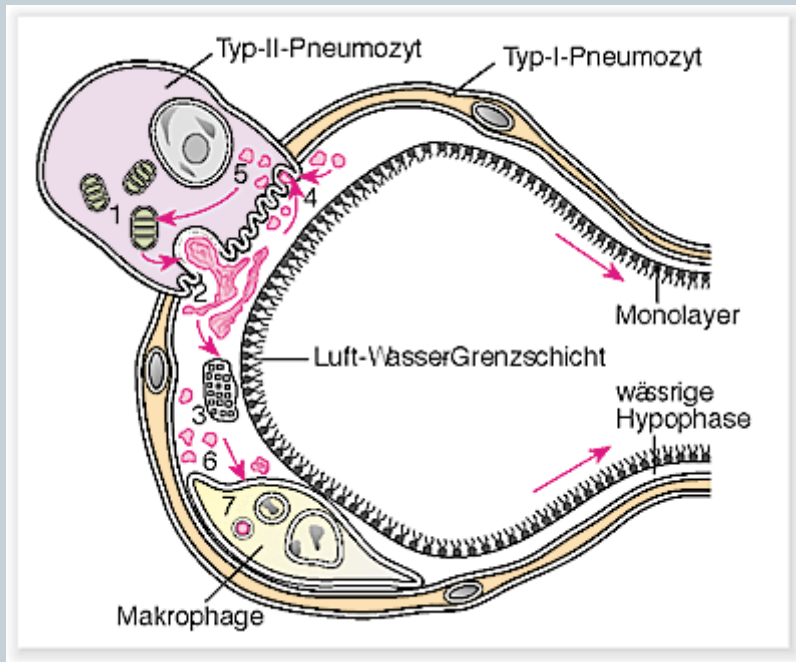


Tensioattivo o surfactant



← **Coda idrofobica**

← **Testa idrofilica**



Questo secreto è prodotto specializzate che troviamo a livello alveolare: pneumociti secondo ordine.

Meccanica respiratoria

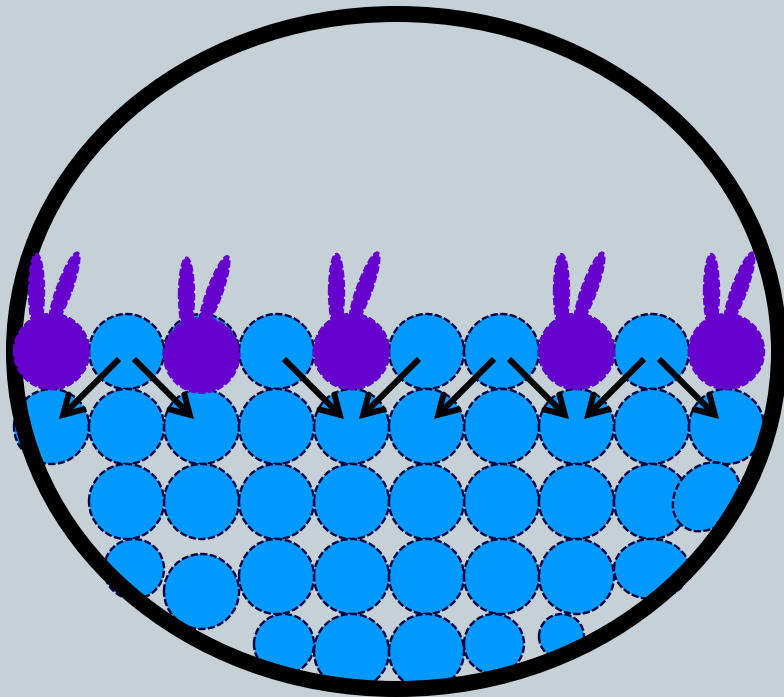


Tensioattivo o surfactant



Coda idrofobica

Testa idrofilica

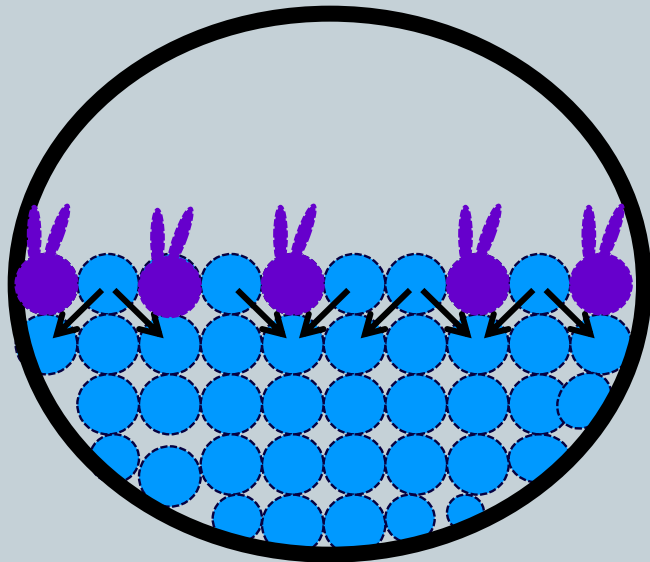
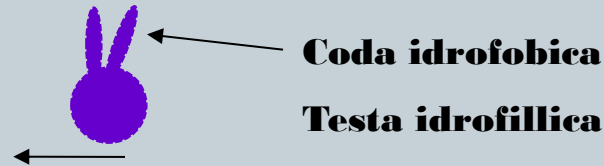


I fosfolipidi che compongono il secreto sono molecole anfi-filliche che si interpongono con la loro porzione idrofilica fra le molecole d'H₂O riducendone le forze di attrazione. E la porzione idrofobica a contatto con versante alveolare contenete aria.

Meccanica respiratoria

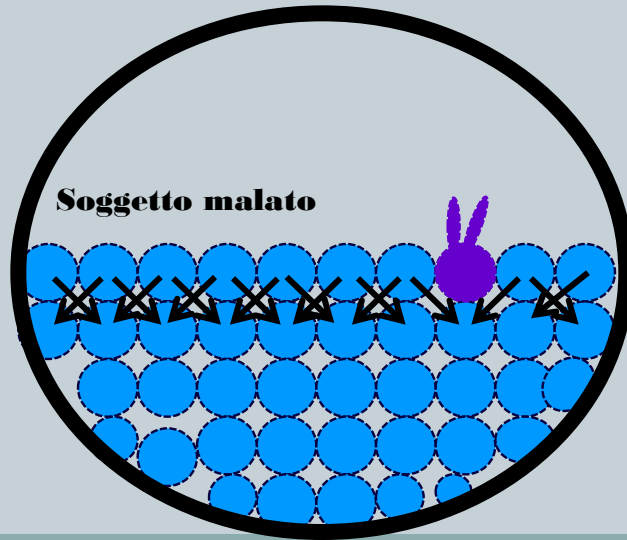
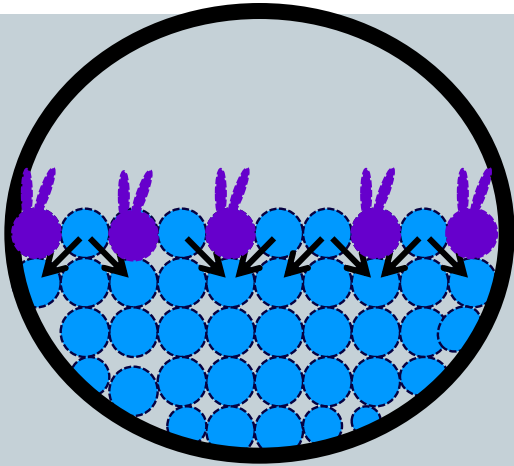


Tensioattivo o surfactant factor



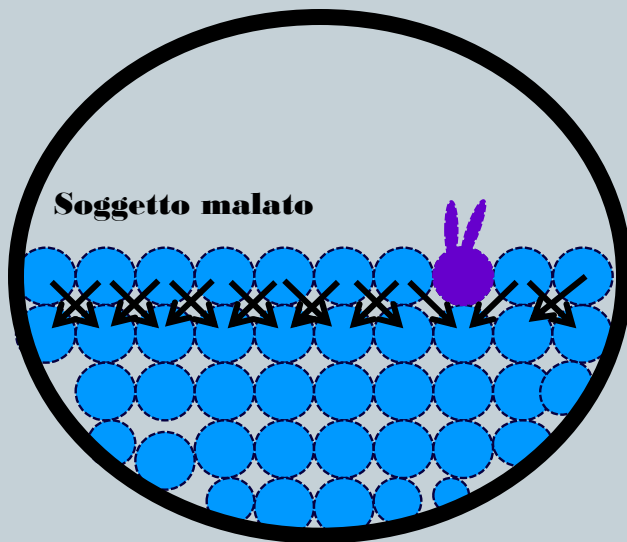
In assenza di tensioattivo la funzione inspiratoria viene fortemente compromessa fino ad essere impedita perché il lavoro muscolare non riesce a vincere la tensione superficiale esercitata dal film liquido (riduzione della compliance polmonare).

Meccanica respiratoria



Ci sono condizioni patologiche in cui la produzione del tensioattivo polmonare può ridursi (soggetto adulto) o può essere assente (nascituro).

Meccanica respiratoria



Nell'adulto la produzione di tensioattivo si riduce in modo cronico (condizione compatibile con la vita) in pazienti affetti da:

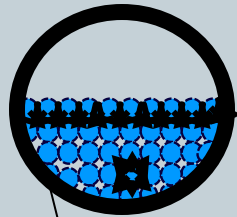
- Diabete (conseguenza dell'alterato metabolismo lipidico generale)
- Fumatori cronici

In modo acuto (Sindrome da distress respiratorio dell'adulto: ARDS) determinando anche la morte del soggetto in concomitanza di:

- gravi traumi a carico del tessuto polmonare,
- sepsi,
- infezioni polmonari virali

Meccanica respiratoria

Sindrome da distress respiratorio del neonato



Eziologia: nascita prematura

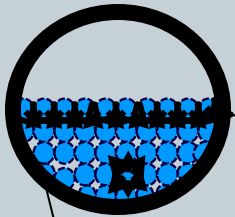
Patogenesi: I pneumociti di II ordine producono tensioattivo verso la fine della gravidanza in seguito alla produzione di cortisolo fetale.

In caso di nascita prematura la mancata secrezione di cortisolo fetale è alla base dell'immaturità del tessuto polmonare con la mancata produzione del tensioattivo.

Prognosi: Infausta se non si interviene rapidamente. Non è compatibile con un'autonoma funzione respiratoria.

Meccanica respiratoria

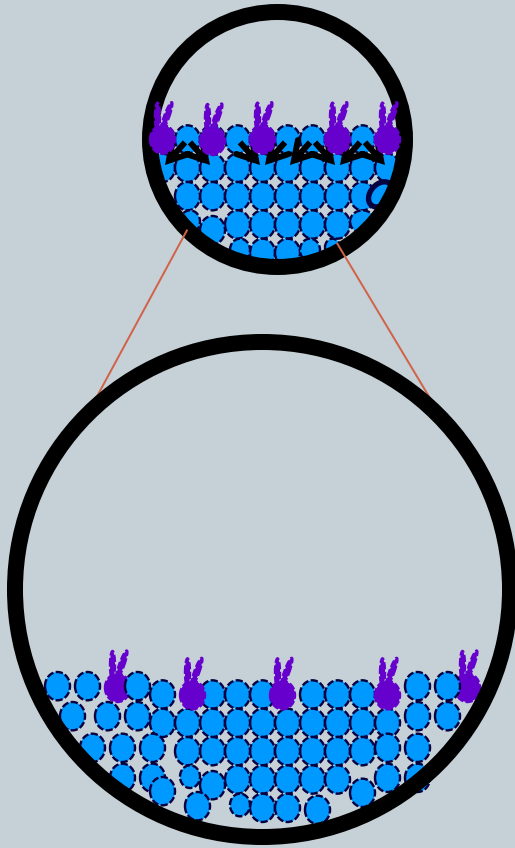
Sindrome da distress respiratorio del neonato



- A causa della carenza di tensioattivo si interviene con:*
- ventilazione artificiale (intubazione tracheale e cannula nasale che immette un flusso costante nelle vie aeree)
 - incubatrice con ambiente controllato (alto tasso di ossigeno).
 - Somministrati tensioattivi ausiliari artificiali o naturali estratti per lo più dal maiale e bovino.
 - Inoltre viene somministrata una terapia per favorire la maturazione dei polmoni a base di cortisone che in tre-quattro giorni induce i pneumociti di II ordine a sintetizzare autonomamente il tensioattivo

Meccanica respiratoria

Ruolo del tensioattivo



Fase inspiratoria:

Riduce la tensione superficiale e quindi il lavoro necessario per espandere-ventilare gli alveoli polmonari.

Fase espiratoria:

Tensioattivo si concentra perché diminuisce superficie interna e riduce sensibilmente forza attrazione fra molecole di acqua che porterebbero alveolo a collassare

Meccanica respiratoria

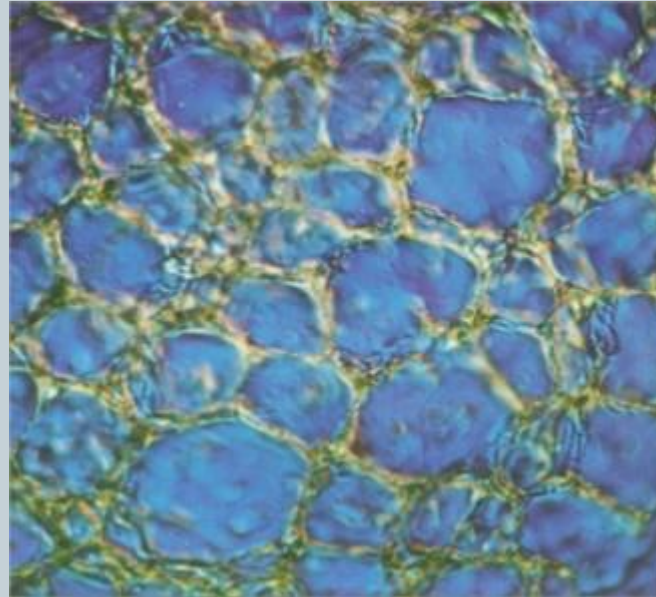
Ruolo tensioattivo nella fase di riposo



La tensione superficiale è quella forza che si oppone alla distensione delle pareti di una struttura elastica a conformazione circolare.

Nel palloncino la tensione superficiale è in funzione del materiale di cui è fatto (elasticità materiale) e del suo spessore

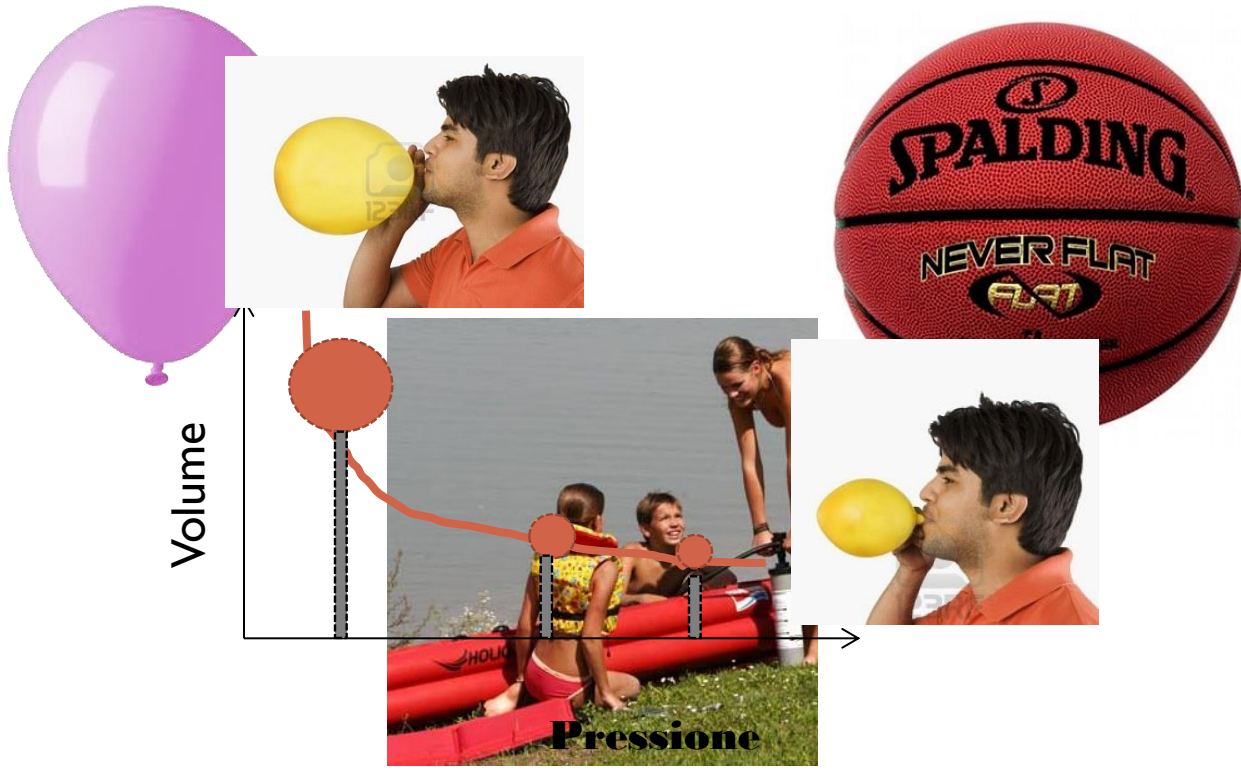
Meccanica respiratoria



**L'alveolo ha una struttura, in condizioni fisiologica , fissa :
parete alveolare, spazio interstiziale, letto capillare e film liquido**

**La tensione superficiale cambia in funzione della concentrazione del
tensioattivo**

Meccanica respiratoria

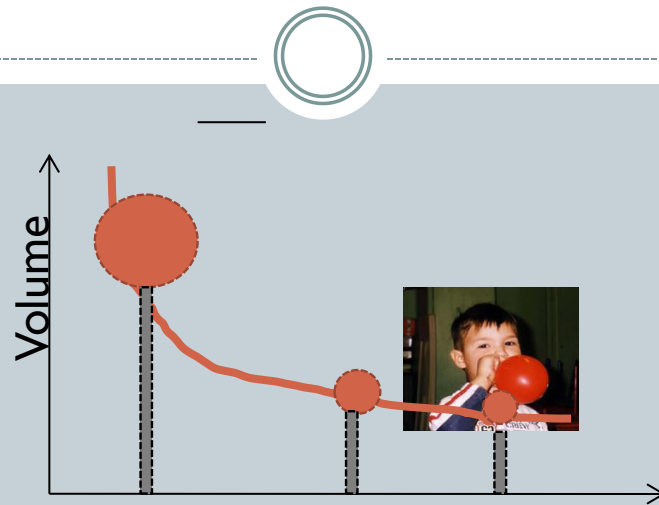


Se si vuole vincere la tensione superficiale e distendere le pareti di una struttura elastica a conformazione circolare bisogna esercitare una pressione che sarà:

1) Proporzionale alla tensione superficiale da vincere

2) Inversamente proporzionale al raggio

Meccanica respiratoria



Legge Laplace

La legge di Laplace dice esattamente questo:

$$P = \frac{2T}{R}$$

A microscopic image of lung tissue, showing a network of alveoli. The alveoli are small, sac-like structures that are interconnected by thin walls. The image is stained, with the alveoli appearing in shades of blue and purple, and the connecting walls appearing in shades of green and yellow. The overall structure is highly porous and interconnected.

Fase equilibrio:

Il polmone contiene 300×10^6 alveoli connessi fra loro e di dimensioni diverse.

Se non ci fosse tensioattivo secondo la Legge di Laplace ogni alveolo richiederebbe una pressione diversa per essere mantenuto perfuso.

E' il tensioattivo che consente a riposo la coesistenza di alveoli di raggio diverso.

Meccanica respiratoria

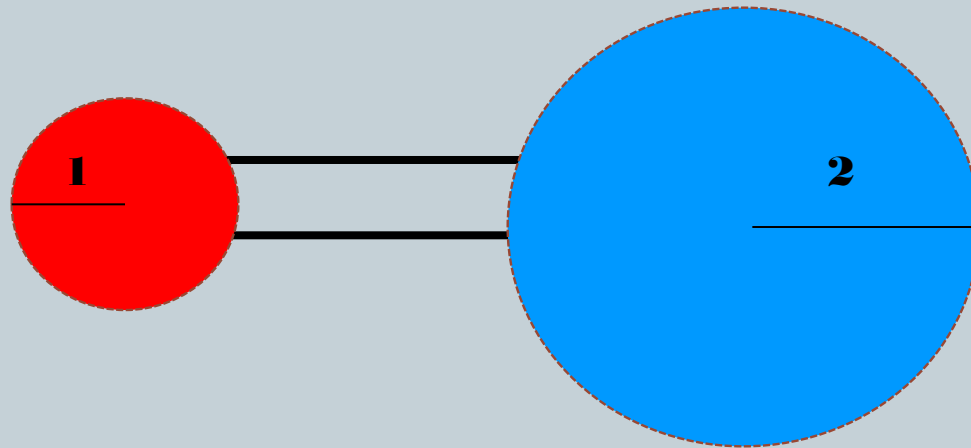


Esempio: In assenza di tensioattivo

Alveolo ₁ raggio 2 mm

Alveolo ₂ raggio 1 mm

Tensione superficiale = 20



Meccanica respiratoria

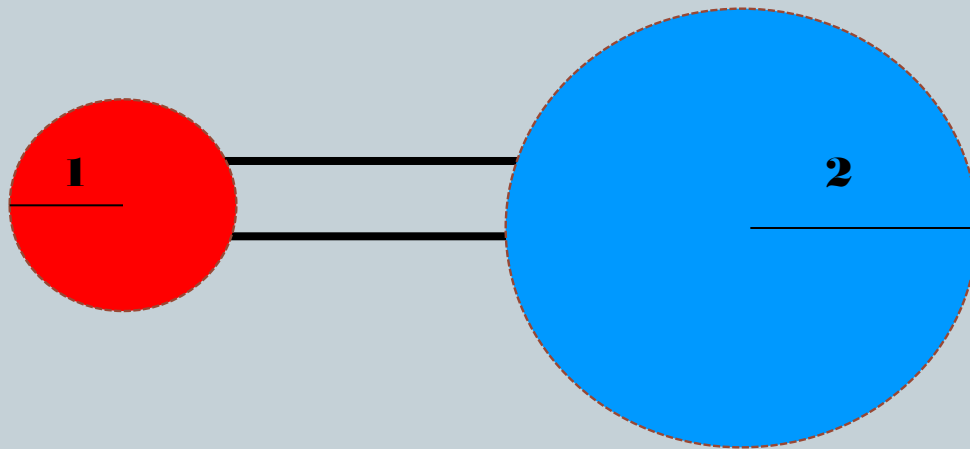


Esempio: In assenza di tensioattivo

Alveolo ₁ raggio 2 mm

Alveolo ₂ raggio 1 mm

Tensione superficiale = 20



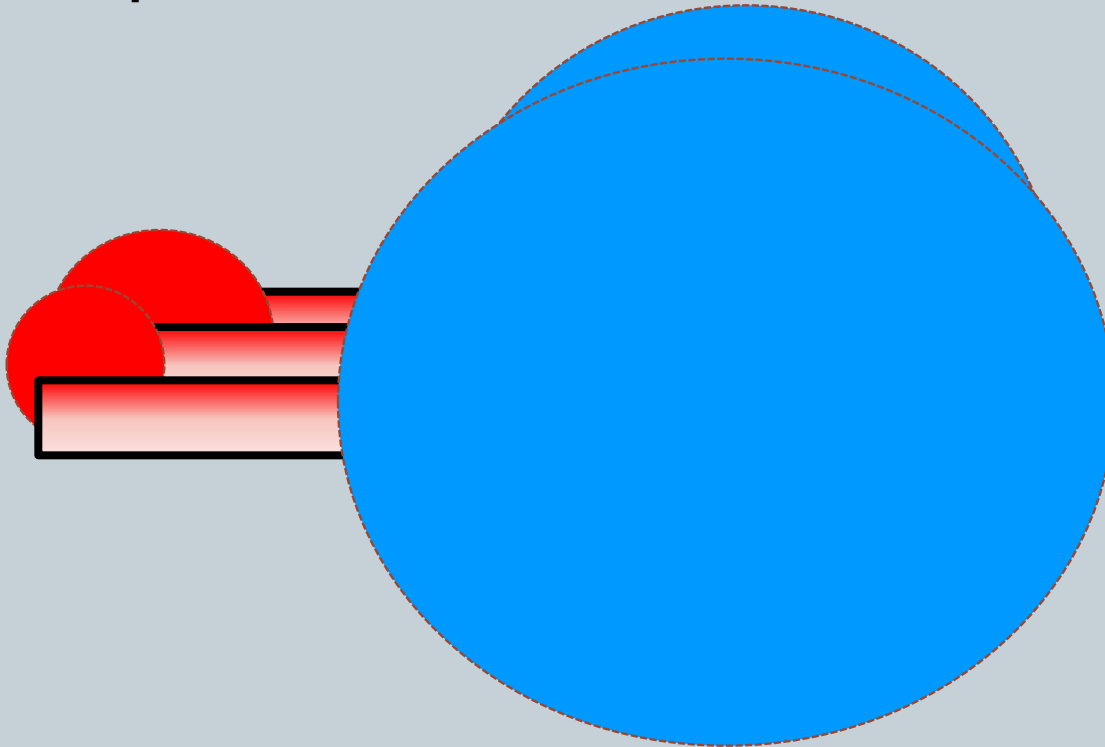
$$P = \frac{2 \times 20}{2} = 20$$

$$P = \frac{2 \times 20}{1} = 40$$

Meccanica respiratoria



Esempio: In assenza di tensioattivo



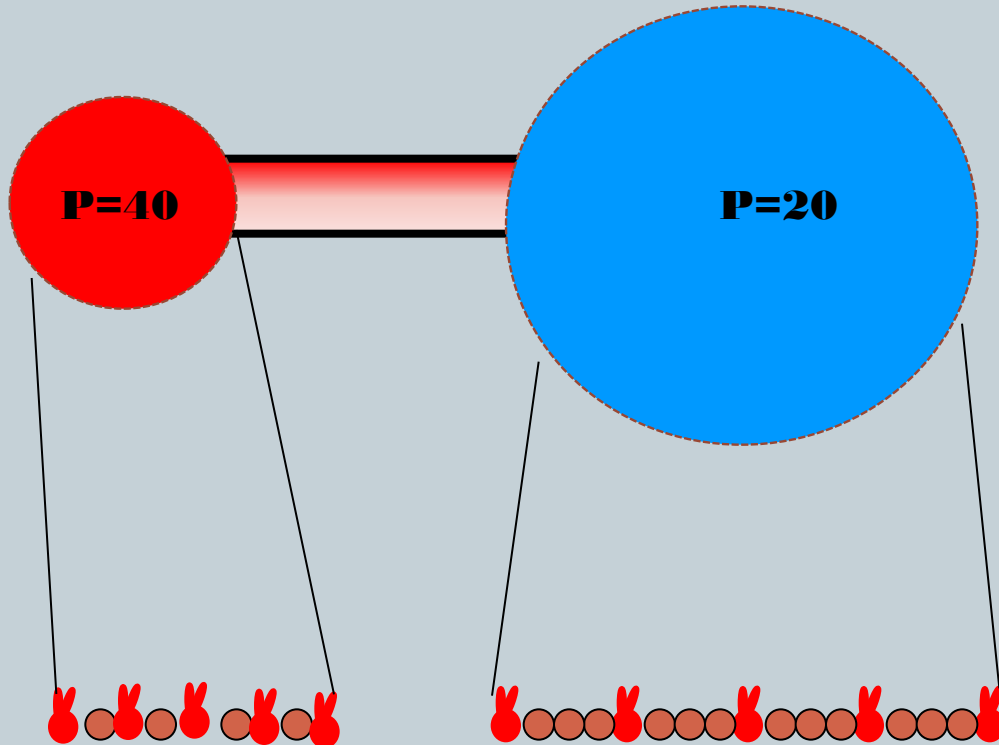
Il sistema così sarebbe instabile perché gli alveoli a raggio minore tenderebbero a trasferire il loro contenuto d'aria a favore di quelli a diametro maggiore e quindi a scomparire seguendo il gradiente pressorio.

Il polmone raggiungerebbe l'equilibrio solo al formarsi di un unico grosso alveolo. Questa organizzazione non è compatibile con scambi gassosi perché ridurrebbe drasticamente la superficie di scambio.

Meccanica respiratoria



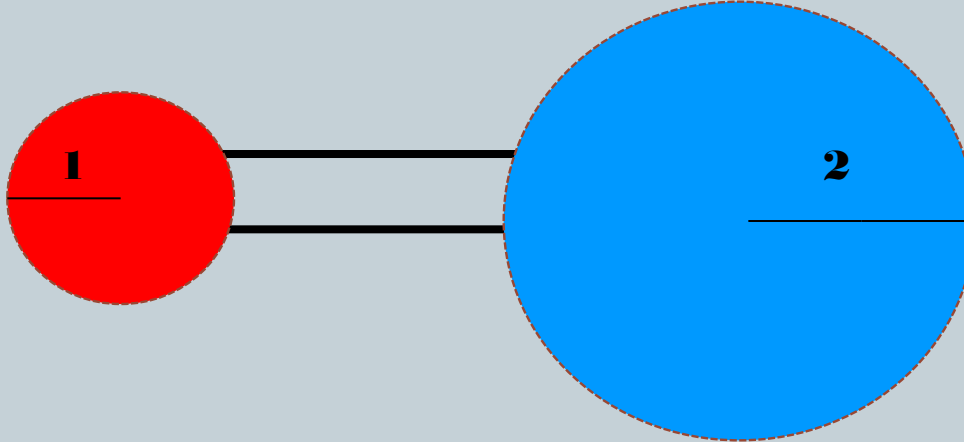
Fase equilibrio:
Instabilità del sistema alveolare?



Questo non avviene fisiologicamente per la presenza del tensioattivo. Il tensioattivo viene secreto costantemente (esempio 5 molecole al giorno). E si ripartisce uniformemente fra gli alveoli di diametro diverso. Questo comporta che le (5) molecole le ritroviamo sia nell'alveolo 1 che in quello 2

Meccanica respiratoria

Esempio: In presenza di tensioattivo



Alveolo ₁ raggio 2 mm Tensione superficiale 10

Alveolo ₂ raggio 1 mm Tensione superficiale 5

Tensione superficiale = 20

Questo comporta che negli alveoli a diametro minore il tensioattivo produce una maggiore riduzione di tensione superficiale vista la sua maggior concentrazione x unità di superficie.

Questo riesce ad equilibrare le pressioni fra alveoli di dimensioni diverse.

$$P = \frac{2 \times 5}{1} = 10$$

$$P = \frac{2 \times 10}{2} = 10$$

Alterata meccanica respiratoria



Ritmicità respiratoria alterata

Respiro Toracico

Gravidanza

Meteorismo

Algie addominali

Respiro Addominale

Pleuriti

Coste rotte

Scoliosi, Lordosi

Ridotta elasticità polmonare

Volumi respiratori



La meccanica respiratoria deve garantire che arrivino costantemente ai polmoni. In base ai volumi d'aria che riesce a muovere l'apparato respiratorio si garantisce corretta:

O₂ ai tessuti

CO₂ rimozione

Volumi respiratori



La meccanica respiratoria deve garantire che arrivino costantemente ai polmoni. In base ai volumi d'aria che riesce a muovere l'apparato respiratorio si garantisce corretta:

O₂ ai tessuti

CO₂ rimozione

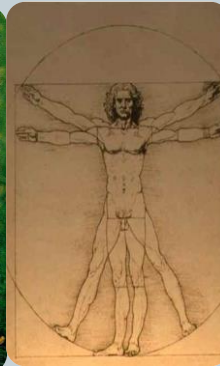
Volume tidalico



Il volume tidalico cambia In funzione della mole dell'animale e quindi della capacità dell'apparato respiratorio:



Animali di grossa taglia circa 5 litri
(Bovino 3-4 lt e cavallo 5-6lt)

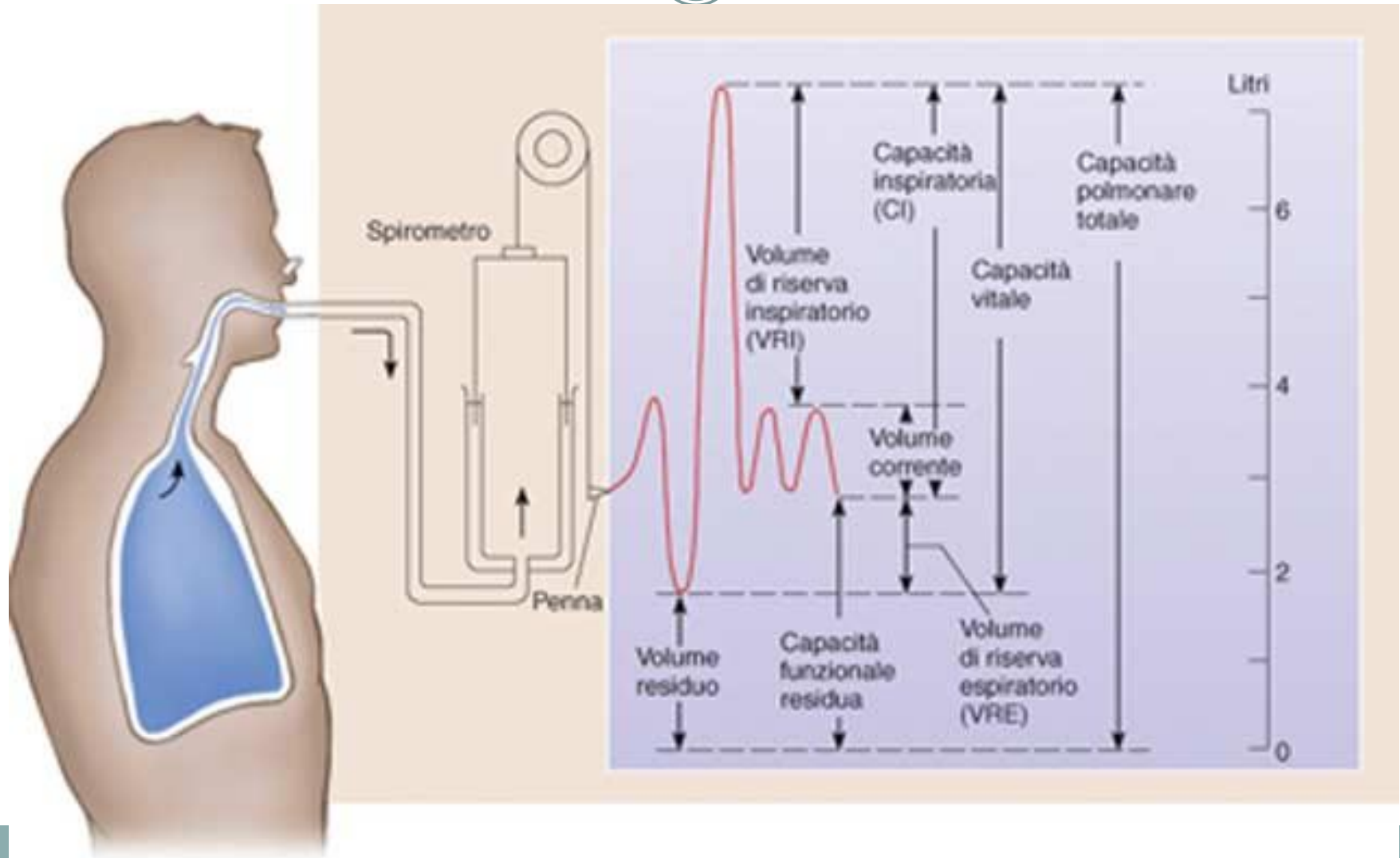


Animali di media taglia circa 500 ml aria (Pecora, Suino, uomo)



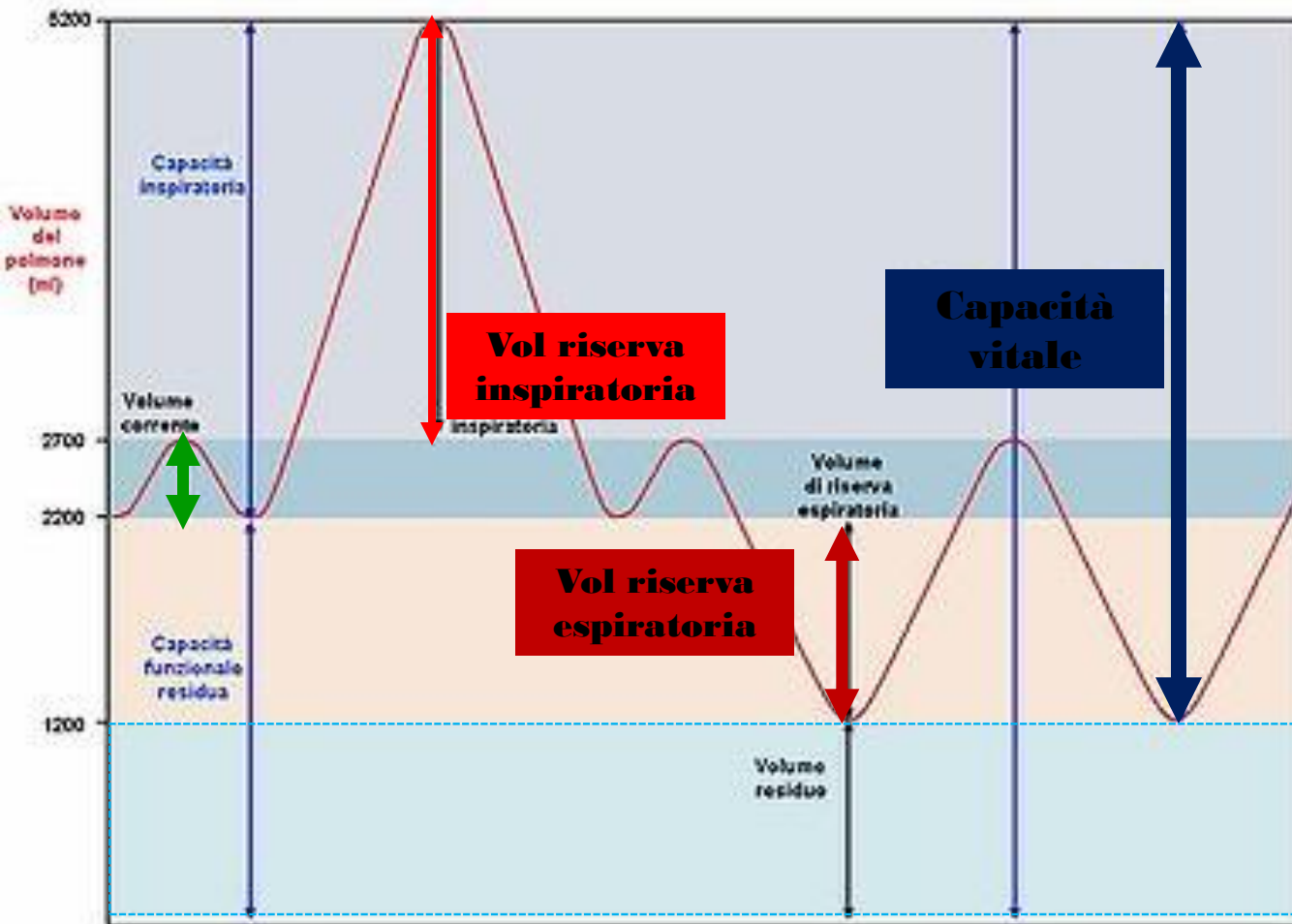
Animali di piccola taglia circa 8-10 ml/Kg di peso (cane gatto)

Volumi respiratori



Ventilazione

Grandezze respiratorie



Vol Tidalico/corrente:

Vol di aria che entra ed esce a ciascun atto respiratorio (500 ml)

Vol Riserva Inspiratoria:

Vol massimo di aria che può essere introdotta dopo respirazione forzata (2000-3000 ml)

Vol Riserva Espiratoria:

Vol massimo di aria che può essere allontanata durante respirazione forzata (1000-1500 ml)

Capacità vitale:

È la somma del vol tidalico + Vol riserva Inspiratoria + Vol di riserva espiratoria (3500-5000 ml)

Volume residuo:

È l'aria che rimane sempre intrappolata nell'albero respiratorio anche dopo esperizione forzata

Grandezze respiratorie alterate



Determinazione dei Volumi respiratori fornisce indizi diagnostici:

Patologie restrittive

Ridotta capacità dilatativa della cassa toracica-pleura-polmone (ridotta compliance polmonare)

Sindromi ostruttive

Aumentate resistenze al flusso aria lungo vie respiratorie



Test di respirazione forzata

Interpretazione



Indici funzionali	Patologie restrittive	Patologie ostruttive
CVF Capacità vitale forzata	<i>Diminuita</i>	<i>Normale o diminuita</i>
VRE Volume riserva espiratoria	<i>Diminuita in modo proporzionale alla CVF</i>	<i>Diminuita in modo più consistente rispetto CVF</i>
Rapporto VRE/CFV (%)	<i>Normale</i>	<i>Diminuita</i>